



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE MECÁNICA**  
**CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN ASIENTO DE PILOTO PARA  
GO KART ELÉCTRICO DE LA CARRERA DE INGENIERÍA  
AUTOMOTRIZ, FABRICADO DE UN MATERIAL COMPUESTO  
DE MATRIZ DE POLIÉSTER Y REFUERZO DE CABUYA**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**AUTORES:**

**JEFFERSON MAURICIO GAVILANES MOLINA**

**ALEJANDRO SEBASTIÁN ORTIZ VILLENA**

Riobamba – Ecuador

2023



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE MECÁNICA**  
**CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN ASIENTO DE PILOTO PARA  
GO KART ELÉCTRICO DE LA CARRERA DE INGENIERÍA  
AUTOMOTRIZ, FABRICADO DE UN MATERIAL COMPUESTO  
DE MATRIZ DE POLIÉSTER Y REFUERZO DE CABUYA**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**AUTORES:** JEFFERSON MAURICIO GAVILANES MOLINA

ALEJANDRO SEBASTIÁN ORTIZ VILLENA

**DIRECTOR:** ING. EDISON PATRICIO ABARCA PEREZ

Riobamba – Ecuador

2023

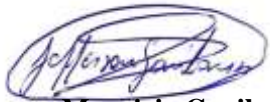
© 2023, Jefferson Mauricio Gavilanes Molina & Alejandro Sebastián Ortiz Villena

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Nosotros, Jefferson Mauricio Gavilanes Molina y Alejandro Sebastián Ortiz Villena, declaramos que el presente Trabajo de Integración Curricular es de nuestra autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 06 de diciembre de 2023



**Jefferson Mauricio Gavilanes Molina**

**C.I.: 025010950-1**





**Alejandro Sebastián Ortiz Villena**

**C.I.: 180475367-9**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE MECÁNICA**  
**CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto Técnico, **DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN ASIENTO DE PILOTO PARA GO KART ELÉCTRICO DE LA CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ, FABRICADO DE UN MATERIAL COMPUESTO DE MATRIZ DE POLIÉSTER Y REFUERZO DE CABUYA**, realizado por los señores: **JEFFERSON MAURICIO GAVILANES MOLINA** y **ALEJANDRO SEBASTIÁN ORTIZ VILLENA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Ing. Juan Carlos Rocha Hoyos <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>		2023-12-06
Ing. Edison Patricio Abarca Pérez <b>DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>		2023-12-06
Ing. Edwin Rodolfo Pozo Safla <b>ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>		2023-12-06

## **DEDICATORIA**

Dedico el presente trabajo de integración curricular a Dios por poder concluir con éxito una etapa de mi vida, con la sabiduría e inteligencia que amerita. A mis padres Rómulo y América, que con mucho amor y respeto han estado siempre pendientes, apoyándome en cada momento, a mis hermanas Carina y Marcela, que han sido un pilar muy fundamental, que siempre me alientan a seguir adelante a pesar de las adversidades y me han enseñado a nunca rendirme. A mis amigos que confían plenamente en mí y me impulsan a seguir en busca de nuevos desafíos.

Mauricio Gavilanes

El presente trabajo de titulación es el fruto de largas horas de investigación y análisis, pero también de momentos de inspiración y reflexión. Quiero dedicar este trabajo a todas las personas que han sido parte de mi camino en este proceso. A mi familia, principalmente a mis padres Juan y Sofía, por su amor incondicional, su apoyo y paciencia durante mi carrera universitaria, a mis hermanos Carolyn y Mathías, quienes han sido una mano guía durante este proceso y me han llenado de inspiración, motivación y perseverancia. A mis profesores y mentores, por compartir su conocimiento y por su orientación valiosa en mi formación académica. Espero que este trabajo pueda contribuir de alguna manera al conocimiento en mi campo de estudio y que pueda inspirar a otros a seguir sus propias pasiones y objetivos con determinación y compromiso.

Alejandro Ortiz

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por darme salud y vida, por guiarme por el camino del bien y darme la sabiduría de alcanzar mis metas y objetivos. A mis padres por haberme inculcado valores como el respeto, la responsabilidad y el solidarismo que me caracteriza. A mi querida ESPOCH, especialmente a mi carrera Ingeniería Automotriz, por abrirme las puertas para poder ser un profesional de éxito, a los docentes que han hecho de la carrera una convivencia muy agradable y a cada persona que ha estado en el trayecto, por las experiencias y enseñanzas que han plasmado en mí, con mucho amor.

Mauricio Gavilanes

Quiero comenzar reconociendo y agradeciendo a Dios por ser el guía y protector en todo el proceso de mi carrera universitaria. Gracias por darme la fuerza y la perseverancia necesarias para superar los desafíos y obstáculos que encontré en el camino. También quiero agradecer a mi familia, amigos y seres queridos por su apoyo incondicional y amor en todo momento, gracias por brindarme su tiempo, paciencia, comprensión y por su motivación constante, cada uno de ustedes ha sido una parte fundamental en este proceso, y les estaré eternamente agradecido. Agradezco a mis profesores y asesores, por su valiosa orientación, sabiduría y experiencia, gracias por su compromiso, paciencia y dedicación en cada etapa de mi trabajo de titulación.

Alejandro Ortiz

## INDICE DE CONTENIDO

INDICE DE TABLAS.....	xi
INDICE DE ILUSTRACIONES.....	xii
INDICE DE ANEXOS .....	xvi
RESUMEN.....	xvii
SUMMARY .....	xviii
INTRODUCCIÓN .....	1

### CAPÍTULO I

<b>1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA .....</b>	<b>2</b>
<b>1.1 Planteamiento del problema .....</b>	<b>2</b>
<i>1.1.1 Antecedentes .....</i>	<i>2</i>
<i>1.1.2 Alcance.....</i>	<i>3</i>
<b>1.2 Justificación.....</b>	<b>3</b>
<b>1.3 Objetivos.....</b>	<b>3</b>
<i>1.3.1 Objetivo General.....</i>	<i>3</i>
<i>1.3.2 Objetivos Específicos .....</i>	<i>4</i>

### CAPÍTULO II

<b>2. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>5</b>
<b>2.1 El karting.....</b>	<b>5</b>
<b>2.2 Historia del Karting.....</b>	<b>5</b>
<b>2.3 El Go-Kart.....</b>	<b>6</b>
<i>2.3.1 El asiento del Go-Kart .....</i>	<i>7</i>
<b>2.4 Resina Poliéster .....</b>	<b>11</b>



2.4.1	<i>Proceso de curado</i> .....	12
2.4.2	<i>Precauciones de seguridad</i> .....	14
2.5	<b>Fibras Naturales</b> .....	14
2.5.1	<i>Fibra natural Cabuya</i> .....	15
2.6	<b>Fibras naturales usadas en compuestos de matriz polimérica</b> .....	17
2.7	<b>Aplicaciones de las fibras naturales en la industria automotriz</b> .....	18
2.8	<b>Ensayos destructivos de materiales compuestos</b> .....	21
2.8.1	<i>Tracción</i> .....	22
2.8.2	<i>Flexión</i> .....	23
2.8.3	<i>Impacto</i> .....	24
2.9	<b>Proceso de fabricación</b> .....	26
2.9.1	<i>Moldeo por laminación</i> .....	26
2.10	<b>Modelación 3D</b> .....	27
2.11	<b>Mallado de un elemento 3D</b> .....	28
2.12	<b>Análisis estático</b> .....	30
2.13	<b>Análisis dinámico</b> .....	31

### CAPÍTULO III

3.	<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	33
3.1	<b>Tipo de investigación</b> .....	33
3.1.1	<i>Investigación deductiva</i> .....	33
3.1.2	<i>Investigación descriptiva</i> .....	33
3.1.3	<i>Investigación experimental</i> .....	33
3.2	<b>Adquisición de la materia prima</b> .....	34
3.2.1	<i>Asiento base para la obtención del molde</i> .....	34
3.2.2	<i>Fibra de cabuya</i> .....	35
3.2.3	<i>Resina de poliéster</i> .....	36

<b>3.3</b>	<b>Probetas para ensayos destructivos e identificación de Normas .....</b>	<b>37</b>
3.3.1	<i>Dimensionamiento de moldes para las probetas.....</i>	37
3.3.2	<i>Fabricación de moldes para pruebas del material.....</i>	38
3.3.3	<i>Procedimiento para realizar las probetas (Muestras del material).....</i>	41
<b>3.4</b>	<b>Ensayos destructivos del material compuesto .....</b>	<b>49</b>
3.4.1	<i>Ensayo de tracción.....</i>	49
3.4.2	<i>Ensayo de flexión.....</i>	50
3.4.3	<i>Ensayo de impacto .....</i>	51
<b>3.5</b>	<b>Diseño asistido por ordenador CAD .....</b>	<b>52</b>
3.5.1	<i>Diseño y modelado del asiento .....</i>	52
<b>3.6</b>	<b>Ingeniería asistida por computador CAE.....</b>	<b>55</b>
3.6.1	<i>Aplicación de mallado a modelado 3D.....</i>	56
3.6.2	<i>Aplicación de cargas a modelado 3D.....</i>	58
<b>3.7</b>	<b>Obtención del molde del asiento.....</b>	<b>59</b>
3.7.1	<i>Componentes empleados .....</i>	59
3.7.2	<i>Preparación del asiento base.....</i>	60
3.7.3	<i>Aplicación de la espuma de poliuretano .....</i>	61
3.7.4	<i>Secado y extracción del molde.....</i>	62
3.7.5	<i>Preparación del molde.....</i>	63
<b>3.8</b>	<b>Proceso de Construcción del asiento .....</b>	<b>64</b>
3.8.1	<i>Preparación de la cabuya .....</i>	64
3.8.2	<i>Preparación de la resina de poliéster .....</i>	64
3.8.3	<i>Proceso de laminación.....</i>	65
3.8.4	<i>Curado del asiento .....</i>	66
3.8.5	<i>Desmoldeado del asiento .....</i>	67
3.8.6	<i>Pulido de asperezas.....</i>	67

## CAPÍTULO IV

<b>4.</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>69</b>
<b>4.1</b>	<b>Caracterización del Material Compuesto.....</b>	<b>69</b>
<i>4.1.1</i>	<i>Resultados del ensayo de tracción.....</i>	<i>69</i>
<i>4.1.2</i>	<i>Resultados del ensayo de flexión.....</i>	<i>73</i>
<i>4.1.3</i>	<i>Resultados del ensayo de impacto .....</i>	<i>77</i>
<b>4.2</b>	<b>Densidad del material compuesto del asiento.....</b>	<b>78</b>
<i>4.2.1</i>	<i>Método aplicando fórmula para la densidad .....</i>	<i>78</i>
<i>4.2.2</i>	<i>Método para obtener la densidad por el Principio de Arquímedes .....</i>	<i>79</i>
<i>4.2.3</i>	<i>Comparación de los resultados.....</i>	<i>81</i>
<i>4.2.4</i>	<i>Caracterización del material compuesto.....</i>	<i>81</i>
<b>4.3</b>	<b>Validación del diseño asistido por computadora .....</b>	<b>81</b>
<i>4.3.1</i>	<i>Resultados del análisis estático .....</i>	<i>82</i>
<b>4.4</b>	<b>Asiento de Go-Kart fabricado .....</b>	<b>86</b>
<i>4.4.1</i>	<i>Durabilidad y longevidad.....</i>	<i>87</i>
<i>4.4.2</i>	<i>Sostenibilidad y Aspectos Ambientales .....</i>	<i>87</i>
<b>4.5</b>	<b>Aplicación del asiento al Go-Kart Eléctrico.....</b>	<b>88</b>

## CAPÍTULO V

<b>5.1</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>90</b>
<b>5.2</b>	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>90</b>

## BIBLIOGRAFÍA

## ANEXOS

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 2-1:</b> Pernos milimétricos de cabeza hexagonal según la norma ISO 4017. ....	10
<b>Tabla 2-2:</b> Propiedades de algunas fibras naturales y sintéticas. ....	15
<b>Tabla 2-3:</b> Características mecánicas de la fibra de cabuya.....	16
<b>Tabla 2-4:</b> Aplicaciones de los compuestos de biofibras en la industria automotriz. ....	20
<b>Tabla 3-1:</b> Dimensionamiento de probetas para ensayos mecánicos. ....	37
<b>Tabla 3-2:</b> Características de las probetas de tracción. ....	38
<b>Tabla 3-3:</b> Datos promedio de los ensayos de tracción.....	50
<b>Tabla 3-4:</b> Datos promedio de los ensayos de flexión. ....	51
<b>Tabla 3-5:</b> Datos obtenidos del ensayo de impacto.....	52
<b>Tabla 3-6:</b> Operaciones realizadas del modelo CAD.....	53
<b>Tabla 3-7:</b> Cantidades porcentuales y en gramos para la preparación de la resina. ....	65
<b>Tabla 4-1:</b> Datos obtenidos del ensayo de tracción.....	69
<b>Tabla 4-2:</b> Datos obtenidos del ensayo de flexión .....	73
<b>Tabla 4-3:</b> Informe de pruebas de impacto. ....	77
<b>Tabla 4-4:</b> Densidad de los componentes. ....	79
<b>Tabla 4-5:</b> Propiedades mecánicas de la fibra de cabuya.....	81

## INDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 2-1:</b> Karting en los años 70. ....	6
<b>Ilustración 2-2:</b> Asiento del Go-Kart.....	7
<b>Ilustración 2-3:</b> Asiento de fondo plano. ....	8
<b>Ilustración 2-4:</b> Asiento de fondo redondo.....	9
<b>Ilustración 2-5:</b> Tornillo de sujeción. ....	10
<b>Ilustración 2-6:</b> Aplicación de la resina de poliéster. ....	11
<b>Ilustración 2-7:</b> Planta de cabuya. ....	16
<b>Ilustración 2-8:</b> Fibra vegetal aplicada en un vehículo.....	19
<b>Ilustración 2-9:</b> Mordazas y probeta para ensayo de tracción. ....	23
<b>Ilustración 2-10:</b> Fuerzas implicadas en los ensayos de flexión.....	24
<b>Ilustración 2-11:</b> Máquina de ensayos de impacto. ....	25
<b>Ilustración 2-12:</b> Proceso de laminación manual.....	26
<b>Ilustración 2-13:</b> Modelado 3D en software SolidWorks.....	27
<b>Ilustración 2-14:</b> Mallado de un elemento 3D en software Ansys. ....	29
<b>Ilustración 2-15:</b> Análisis estático en software Ansys.....	31
<b>Ilustración 2-16:</b> Análisis dinámico en software Ansys. ....	32
<b>Ilustración 3-1:</b> Asiento base para obtención del molde. ....	35
<b>Ilustración 3-2:</b> Local comercial de fibras naturales. ....	35
<b>Ilustración 3-3:</b> Distribución de fibra de cabuya (cabuya tejida). ....	36
<b>Ilustración 3-4:</b> Componentes utilizados en la mezcla. ....	36
<b>Ilustración 3-5:</b> Diseño de probeta de tracción.....	38
<b>Ilustración 3-6:</b> Diseño de probeta de flexión. ....	39
<b>Ilustración 3-7:</b> Diseño de probeta de impacto.....	39
<b>Ilustración 3-8:</b> Corte láser del acrílico para los moldes. ....	40
<b>Ilustración 3-9:</b> Construcción de los moldes. ....	40
<b>Ilustración 3-10:</b> Moldes de las probetas para tracción (A), flexión (B) e impacto (C).....	40

<b>Ilustración 3-11:</b> Cera desmoldante.....	41
<b>Ilustración 3-12:</b> Moldes para tracción, flexión e impacto encerados.....	41
<b>Ilustración 3-13:</b> Preparación de tejido de cabuya. ....	42
<b>Ilustración 3-14:</b> Fibra de cabuya recortada. ....	42
<b>Ilustración 3-15:</b> Componentes químicos para preparar la resina. ....	43
<b>Ilustración 3-16:</b> Aplicación de resina de poliéster insaturada.....	44
<b>Ilustración 3-17:</b> Aplicación de monómero de estireno. ....	44
<b>Ilustración 3-18:</b> Aplicación del talco industrial. ....	45
<b>Ilustración 3-19:</b> Aplicación del octoato de cobalto.....	46
<b>Ilustración 3-20:</b> Aplicación del metiletilcetona. ....	46
<b>Ilustración 3-21:</b> Aplicación de resina en moldes. ....	47
<b>Ilustración 3-22:</b> Aplicación de la fibra en moldes. ....	48
<b>Ilustración 3-23:</b> Probetas del material almacenadas para secado.....	48
<b>Ilustración 3-24:</b> Laboratorio CTT - FICM.....	49
<b>Ilustración 3-25:</b> Ensayo de tracción en probeta 1. ....	50
<b>Ilustración 3-26:</b> Ensayo de flexión en probeta 1.....	51
<b>Ilustración 3-27:</b> Cuerpo usado en ensayo de impacto.....	52
<b>Ilustración 3-28:</b> Ensayo de impacto en probeta 1. ....	52
<b>Ilustración 3-29:</b> Imágenes del asiento base para referencia del modelo CAD.....	53
<b>Ilustración 3-30:</b> Diseño del asiento Go-Kart en SolidWorks.....	55
<b>Ilustración 3-31:</b> Importación del asiento Go-Kart en software Ansys.....	56
<b>Ilustración 3-32:</b> Detalles de malla del asiento Go-Kart. ....	57
<b>Ilustración 3-33:</b> Mallado del asiento Go-Kart en Ansys.....	57
<b>Ilustración 3-34:</b> Aplicación de condiciones de frontera.....	58
<b>Ilustración 3-35:</b> Aplicación de carga. ....	58
<b>Ilustración 3-36:</b> Condiciones de carga aplicadas en el asiento. ....	59
<b>Ilustración 3-37:</b> Asiento base.....	59
<b>Ilustración 3-38:</b> Componentes A y B de la espuma de poliuretano. ....	60

<b>Ilustración 3-39:</b> Asiento base forrado. ....	61
<b>Ilustración 3-40:</b> Aplicación de espuma de poliuretano en asiento base. ....	61
<b>Ilustración 3-41:</b> Espuma de poliuretano expandida en asiento base. ....	62
<b>Ilustración 3-42:</b> Proceso de secado del molde del asiento. ....	62
<b>Ilustración 3-43:</b> Extracción del molde del asiento. ....	63
<b>Ilustración 3-44:</b> Preparación del molde. ....	63
<b>Ilustración 3-45:</b> Preparación del tejido de cabuya. ....	64
<b>Ilustración 3-46:</b> Corte del tejido de cabuya. ....	64
<b>Ilustración 3-47:</b> Preparación de la resina para el asiento. ....	65
<b>Ilustración 3-48:</b> Aplicación de la resina en el molde del asiento. ....	66
<b>Ilustración 3-49:</b> Aplicación de la fibra en el molde del asiento. ....	66
<b>Ilustración 3-50:</b> Proceso de curado del asiento. ....	67
<b>Ilustración 3-51:</b> Asiento desmoldado. ....	67
<b>Ilustración 3-52:</b> Pulido del asiento. ....	68
<b>Ilustración 4-1:</b> Gráfica ensayo de tracción en probeta 1. ....	69
<b>Ilustración 4-2:</b> Gráfica ensayo de tracción en probeta 2. ....	70
<b>Ilustración 4-3:</b> Gráfica ensayo de tracción en probeta 3. ....	70
<b>Ilustración 4-4:</b> Gráfica ensayo de tracción en probeta 4. ....	71
<b>Ilustración 4-5:</b> Gráfica ensayo de tracción en probeta 5. ....	71
<b>Ilustración 4-6:</b> Gráfica ensayo de flexión en probeta 1. ....	73
<b>Ilustración 4-7:</b> Gráfica ensayo de flexión en probeta 2. ....	74
<b>Ilustración 4-8:</b> Gráfica ensayo de flexión en probeta 3. ....	74
<b>Ilustración 4-9:</b> Gráfica ensayo de flexión en probeta 4. ....	75
<b>Ilustración 4-10:</b> Gráfica ensayo de flexión en probeta 5. ....	75
<b>Ilustración 4-11:</b> Gráfica ensayo de impacto. ....	77
<b>Ilustración 4-12:</b> Volumen del recipiente. ....	78
<b>Ilustración 4-13:</b> Volumen de agua del recipiente sin colocar el asiento. ....	79
<b>Ilustración 4-14:</b> Asiento sumergido en el recipiente. ....	80

<b>Ilustración 4-15:</b> Diseño validado del asiento. ....	82
<b>Ilustración 4-16:</b> Deformación total del asiento. ....	83
<b>Ilustración 4-17:</b> Deformación direccional “Y” del asiento. ....	83
<b>Ilustración 4-18:</b> Deformación direccional “X” del asiento. ....	84
<b>Ilustración 4-19:</b> Deformación direccional “Z” del asiento. ....	84
<b>Ilustración 4-20:</b> Deformación elástica equivalente del asiento. ....	85
<b>Ilustración 4-21:</b> Esfuerzo equivalente del asiento. ....	85
<b>Ilustración 4-22:</b> Factor de seguridad del asiento. ....	86
<b>Ilustración 4-23:</b> Deformación del asiento del Go-Kart. ....	86
<b>Ilustración 4-24:</b> Deformación del asiento del Go-Kart. ....	87
<b>Ilustración 4-25:</b> Aplicación del asiento en el Go-Kart eléctrico (1). ....	88
<b>Ilustración 4-26:</b> Aplicación del asiento en el Go-Kart eléctrico (2). ....	89
<b>Ilustración 4-27:</b> Aplicación del asiento en el Go-Kart eléctrico (3). ....	89



## **INDICE DE ANEXOS**

**ANEXO A:** INFORME DE ENSAYO A FLEXIÓN

**ANEXO B:** INFORME DE ENSAYO A TRACCIÓN

**ANEXO C:** INFORME DE ENSAYO DE IMPACTO

## RESUMEN

El presente trabajo de titulación está enfocado en el diseño y construcción de un asiento destinado a un Go-Kart eléctrico perteneciente a la carrera de Ingeniería Automotriz, Facultad de Mecánica de la ESPOCH. El objetivo principal se basa en la utilización de un material compuesto por matriz de poliéster y un refuerzo de fibra natural como lo es la cabuya, con el propósito de que, mediante la utilización de materiales inusuales, se obtenga un equilibrio óptimo entre resistencia, durabilidad, peso y funcionalidad, y a su vez cumpliendo con estándares de calidad bajo la normativa CIK FIA. La metodología adoptada para alcanzar los objetivos inició con la obtención del material compuesto mediante el proceso de laminación, para posteriormente llevar a cabo ensayos destructivos del material obtenido, centrándose particularmente en la evaluación de la resistencia de la cabuya como elemento de refuerzo. Estos ensayos brindaron información crucial para comprender las características mecánicas del material compuesto y su confiabilidad para la aplicación en la construcción del asiento. A continuación, se procedió con la modelación 3D utilizando el software SolidWorks, con el fin de plasmar el diseño del asiento obteniendo una visualización detallada y precisa de su geometría y dimensiones. La simulación a través de elementos finitos del comportamiento estructural se llevó a cabo mediante el software ANSYS, para lo cual se debió generar un mallado adecuado del asiento y con ello realizar el análisis estático bajo cargas esperadas en condiciones de uso. La etapa final se centró en la construcción del asiento utilizando el proceso de laminación, esta fase implicó la estratificación adecuada de las capas de matriz de poliéster y refuerzo de cabuya y una vez cumplido su proceso de curado, el asiento final obtenido fue capaz de garantizar su funcionalidad en este tipo de deportes como lo es el Karting.

**Palabras clave:** <ASIENTO DE GO-KART>, <CABUYA (*Furcraea cabuya*)>, <MATRIZ DE POLIÉSTER>, <RESISTENCIA DE MATERIALES>, <SIMULACIÓN ESTRUCTURAL>, <MOLDEO POR LAMINACIÓN>.

0102-DBRA-UPT-2024



## SUMMARY

This degree work is focused on the design and construction of a seat for an electric Go-Kart belonging to the career of Automotive Engineering, Mechanics Faculty at ESPOCH. The main objective is based on the use of a material composed of polyester matrix and a natural fiber reinforcement such as cabuya, to obtain an optimal balance between strength, durability, weight and functionality through the use of unusual materials, while complying with quality standards under CIK FIA regulations. The methodology adopted to achieve the objectives began with obtaining the composite material through the lamination process, to subsequently carry out destructive tests on the material obtained, focusing particularly on the evaluation of the strength of the cabuya as a reinforcement element. These tests provided crucial information to understand the mechanical characteristics of the composite material and its reliability for the application in the construction of the seat. Next, 3D modeling was carried out using SolidWorks software, in order to capture the seat design by obtaining a detailed and accurate visualization of its geometry and dimensions. The finite element simulation of the structural behavior was carried out using ANSYS software, for which it was necessary to generate an adequate mesh of the seat and thus perform the static analysis under expected loads under conditions of use. The final stage focused on the construction of the seat using the lamination process, this phase involved the proper layering of the layers of polyester matrix and cabuya reinforcement and once completed its curing process, the final seat obtained was able to ensure its functionality in this type of sports such as Karting.

**Keywords:** <GO-KART SEAT>, <CABUYA (Furcraea cabuya)>, <POLYESTER MATRIX>, <MATERIAL STRENGTH>, <STRUCTURAL SIMULATION>, <LAMINATION MOLDING>.



Lic. Sandra Paulina Porras Pumalema. Mgs  
C.I. 0603357062

## INTRODUCCIÓN

La industria automotriz ha estado evolucionando constantemente durante los últimos años, dentro de esta industria existen diversas ramas las cuales se encuentran encaminadas a diferentes ámbitos y sectores, una de ellas, el deporte Karting y todo lo que conlleva su desarrollo. Por otro lado, actualmente la búsqueda de alternativas sostenibles, amigables con el medio ambiente y reducidos costos en la fabricación es un tema de interés común y que se encuentra en auge con el uso de materiales naturales y endémicos en la fabricación de piezas y componentes. El karting es una competencia automovilística en la que el diseño y construcción del Go-Kart juegan un papel importante para el desempeño de éste, es decir, cada uno de los elementos que componen el mismo, cumplen una función específica y previamente analizada, con el propósito de mejorar el rendimiento en las pistas. El presente trabajo está enfocado exclusivamente a la fabricación de un asiento en material compuesto de fibra natural de cabuya y resina de poliéster, el mismo que debe cumplir normativas de la CIK FIA, debe ser ergonómico, resistente y de bajo peso con el objetivo de beneficiar tanto al conductor como al Go-Kart durante el manejo del mismo. El diseño y construcción de un asiento de Go-Kart en fibras naturales es un gran desafío para el sector de la industria automotriz.

La fabricación del asiento será para el Go-Kart eléctrico que cuenta la Carrera de Ingeniería Automotriz de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, con la utilización de materiales compuestos de fibras naturales y resina poliéster, donde se llevarán a cabo pruebas experimentales como ensayos destructivos, que se realizan sobre el material para determinar sus propiedades mecánicas, tales como su resistencia a la tracción, flexión e impacto. Estos ensayos permiten evaluar la calidad y durabilidad del material, así como para determinar su aplicación, a su vez se busca obtener un equilibrio entre las propiedades mecánicas y la sostenibilidad ambiental.

Se evaluará el desempeño del asiento a través de simulaciones empleando métodos CAD/CAE para contrastar el comportamiento de este componente ante diferentes cargas y condiciones de uso. Las simulaciones permiten identificar problemas potenciales con el diseño del asiento antes de que se construya el prototipo físico, esto nos permite ahorrar tiempo y recursos al evitar la necesidad de construir varios prototipos antes de lograr el diseño óptimo.

Con este trabajo se busca contribuir al desarrollo de nuevas alternativas sostenibles en la fabricación de piezas y elementos mecánicos, fomentando el uso de materiales naturales y reduciendo la dependencia de materiales sintéticos y no renovables en la industria automotriz.

## **CAPÍTULO I**

### **1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA**

#### **1.1 Planteamiento del problema**

Hoy en día el karting es un deporte en el que los aspectos técnicos son primordiales al momento del diseño y construcción de los Go-Karts, uno de ellos es la funcionalidad que debe brindar el asiento tanto para el karting como para el mismo piloto. Los conocimientos técnicos que hay que tener en cuenta son muchos a los cuales se debe regir al momento de fabricar el asiento, con el fin de cubrir las necesidades que este deporte conlleva.

El karting es un deporte en el que el peso es determinante, por lo cual es importante aliviar pesos en lo posible, es aquí donde el asiento del Go-Kart juega un papel importante al momento de la repartición del peso, ya que este también influye en el rendimiento del vehículo, por lo tanto, la decisión sobre cómo se debe fabricar el asiento del Go-Kart va en función a las variables que proporcionen la mejor configuración sin dejar de lado otros aspectos importantes como el confort y comodidad para el piloto.

Actualmente, los asientos de los Go-Karts están siendo fabricados en su mayoría en materiales como fibra de vidrio o plásticos, conllevando consigo la contaminación ambiental al momento de ser desechados, por tal motivo se analiza la construcción del asiento en fibras naturales reduciendo con ello la contaminación ambiental y que a su vez proporcione las mismas funcionalidades y características que un material común.

##### ***1.1.1 Antecedentes***

Actualmente en la industria de kartings, se está optando por la fabricación de asientos en materiales comúnmente ya utilizados, como lo es la fibra de vidrio, sin tomar en cuenta que esta presenta desventajas al momento de su aplicación, un claro ejemplo es el impacto ambiental que este genera por la eliminación de residuos y componentes químicos al cumplir su vida útil. Hoy en día las fibras naturales han logrado ser un material sustitutivo a la fibra de vidrio, en vista de que presenta ventajas como: bajo costo, baja densidad y fácil biodegradabilidad, siendo de esta manera un material asequible, funcional y amigable con el ambiente.

Es importante recalcar que el uso de fibras naturales ha sido utilizado para reforzar materiales rígidos, con lo cual se ha mejorado la tenacidad y resistencia, con lo que se ve reflejado el comportamiento mecánico, dentro de las propiedades que ofrecen las fibras naturales, se destaca la resistencia a la tensión, resistencia a la fatiga, así cumpliendo con las exigencias reglamentarias nacionales e internacionales.

### ***1.1.2 Alcance***

Analizar a detalle los procesos de diseño y construcción para este tipo de componentes, así como los materiales que serán empleados para lograr obtener un elemento que cumpla con las especificaciones técnicas y funcionales que este requiere, realizando además un estudio mediante análisis de esfuerzos y elementos finitos, donde se va a realizar ensayos de tracción, flexión e impacto, donde se podrá determinar el límite de fluencia, el alargamiento, se podrá medir la dureza dando como resultado final un asiento que satisfaga la norma vigente de construcción de karting.

## **1.2 Justificación**

La industria de los kartings ha ido tomando importancia y acogida en la actualidad, el diseño del asiento no deja de ser parte fundamental para el Go-Kart por lo que conlleva consigo un determinado análisis y estudio en cuanto a su forma y desempeño. En el mercado se puede encontrar asientos para Go-Karts de distintas dimensiones, pesos, profundidades, ángulos de inclinación y en diferentes materiales más o menos flexibles. La elección del asiento para un Go-Kart es muy importante, ya que de ello dependerá la comodidad para el piloto, como también el comportamiento y eficacia del Go-Kart, que se verá reflejado en el rendimiento durante un circuito o competición.

La finalidad del presente proyecto es construir un asiento amigable con el medio ambiente, con buenas propiedades físicas y mecánicas y que cumpla con las normas establecidas por la CIK FIA, teniendo en cuenta que el asiento debe ubicarse de acuerdo a las necesidades del piloto debido a que este fija el centro de gravedad del Go-Kart y de esto depende la fuerza que debe resistir los diferentes puntos del Go-Kart de tal manera que el piloto no se mueva hacia los lados o de frente en las curvas o en un frenado. Es importante recalcar que el material de la fabricación del asiento no se encuentra especificado, lo cual permite que estudiantes de ingeniería automotriz puedan aplicar conocimientos sobre el del diseño, construcción y tecnificación de los vehículos karting.

## **1.3 Objetivos**

### ***1.3.1 Objetivo General***

Fabricar un asiento para el Go-Kart eléctrico de la Carrera de Ingeniería Automotriz con matriz de resina poliéster y refuerzo de cabuya bajo la norma CIK FIA, empleando métodos CAD/CAE y ensayos destructivos para caracterización de materiales.

### ***1.3.2 Objetivos Específicos***

- Obtener el material mediante proceso de laminación para su posterior caracterización mecánica empleando ensayos destructivos.
- Modelar el asiento mediante software CAD basándose en la norma CIK FIA para su verificación de resistencia mecánica empleando un software CAE.
- Construir el asiento de Go-Kart empleando un pre-molde y la técnica de las mezclas con refuerzo de cabuya para su implementación en el Go-Kart eléctrico de la CIA.

## **CAPÍTULO II**

### **2. MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 El karting**

El karting es un deporte de carreras en el que los participantes conducen pequeños vehículos de cuatro ruedas, llamados Go-Karts, en circuitos especialmente diseñados. Los Go-Karts están equipados con motores de gasolina o eléctricos, y pueden alcanzar velocidades de hasta 160 km/h, aunque las velocidades típicas en las carreras de karting son generalmente de alrededor de 70-80 km/h.

El karting es una forma popular y accesible de carreras de motor, ya que los karts son relativamente fáciles de manejar y los circuitos son más pequeños y menos intimidantes que los de otras disciplinas de carreras de motor como la Fórmula 1. A menudo, el karting se utiliza como una forma de entrenamiento para pilotos más jóvenes antes de que pasen a competir en categorías de carreras de motor más grandes y rápidas.

“El karting es la disciplina ideal para la formación de pilotos, ya que fomenta el desarrollo de los reflejos, la fuerza y la capacidad de concentración de los pilotos” (Lizárraga & Sara, 2019, p.10).

#### **2.2 Historia del Karting**

El deporte del karting se originó en el año de 1951 en Estados Unidos, en una base aeronáutica. Es así que el primer prototipo de un Go-Kart fue construido con un motor de podadora, tubos de calefacción, ruedas y un volante de un antiguo avión en desuso. Al principio, los Go-Karts eran muy básicos y apenas alcanzaban velocidades de máximo 50km/h. Con el pasar de los años se fueron consolidando en otras bases militares estadounidenses y comenzaron a surgir mejoras, perfeccionando notablemente su tecnología.

Para los años 60, el karting se llegó a Europa, siendo más exactos a Francia e Inglaterra, llegando finalmente a España en la década de los 70. A lo largo de la historia del karting, se ha ido generando un avance constante, con mejoras técnicas en los chasis, los motores, los frenos, neumáticos, la estabilidad y la aerodinámica.

*“En los últimos 50 años, el karting ha obtenido un gran respeto y reconocimiento como un deporte completo y una excelente escuela de conducción. Pilotos de talla mundial, como Senna (Subcampeón del Mundo de Karting en 1979 y 1980), Prost, Schumacher, Herbert, Frentzen, Alesi, Hakkinen, Coulthard, Barrichello, Alonso y muchos otros, han*



*colaborado en sus inicios deportivos para convertir el karting en uno de los deportes más populares en todo el mundo y, sobre todo, en la base más importante del deporte automovilístico actual” (Ociokart, 2016)*



**Ilustración 2-1:** Karting en los años 70.

Fuente: Faluga Racing, 2020

### 2.3 El Go-Kart

Un Go-Kart es un pequeño vehículo monoplace de carreras conformado por cuatro ruedas diseñado para conducirse en circuitos cerrados y pistas netamente asfaltadas. Posee un bajo centro de gravedad, lo que lo hace idóneo para una maniobrabilidad ágil y táctica. Este tipo de vehículo es una gran opción para el mundo del entretenimiento y el deporte.

*“Un kart es un vehículo terrestre monoplace con elementos de carrocería, pero sin techo, habitáculo ni suspensión. Tiene cuatro ruedas no alineadas que están en contacto con el suelo: las dos ruedas delanteras controlan la dirección, mientras que las dos ruedas traseras (conectadas por un eje de una sola pieza) impulsan el kart. Solo los neumáticos pueden entrar en contacto con el suelo cuando el conductor está a bordo” (FIA Karting, 2023, p.2).*

Los Go-Karts actualmente han tomado cierta popularidad entre personas de todas las edades y se consideran una forma emocionante de disfrutar de la velocidad y la competencia en un entorno controlado y seguro. Cabe mencionar que la práctica de este deporte está al alcance de todos, ya sea en una pista de alquiler de Go-Karts o bien en circuitos más profesionales que requerirán así mismo muchas más normas de seguridad.

### **2.3.1 El asiento del Go-Kart**

El asiento del Go-Kart es una de las partes más fundamentales de estos vehículos al momento de ser desarrollados. Aquí el conductor se sienta y se conecta directamente al Go-Kart, brindando comodidad y control durante la conducción. Aunque esta característica puede parecer simple, el diseño y la ergonomía de los asientos de los Go-Karts son factores importantes para aumentar el rendimiento tanto del piloto como del Go-Kart, y por ende la seguridad ante cualquier siniestro o golpe.



**Ilustración 2-2:** Asiento del Go-Kart.

**Realizado por:** Gavilanes, M Ortiz, A. 2023.

Los asientos de los Go-Karts deben ser cómodos para el conductor, ya que estará sentado en la pista en ocasiones durante largas horas de competición. Los asientos suelen estar diseñados ergonómicamente para adaptarse a la forma del cuerpo y brindar un soporte adecuado para la espalda y las caderas del conductor, así mismo deben soportar el peso del conductor. Ayuda a reducir el cansancio y las molestias durante la competición o largas sesiones de entrenamiento. Además de ser cómodo, el asiento también debe permitir al conductor tener un buen control sobre el Go-Kart. Debe ser lo suficientemente fuerte para transmitir la sensación de la carretera al conductor y garantizar un movimiento rápido y preciso.

Los asientos mejorados tienen refuerzos laterales que mantienen al conductor en su lugar durante giros cerrados y maniobras sin permitir que se deslice o se mueva demasiado e inclusive pueden ser acolchados. La posición del asiento como la sujeción de este, también es fundamental para garantizar una distribución adecuada del peso en el Go-Kart.

Un asiento ubicado correctamente permitirá al conductor optimizar el centro de gravedad y aumentar la estabilidad. La posición del asiento se puede ajustar según los deseos del conductor

y las características específicas del kart. Por razones de seguridad, los asientos de los karts deben estar asegurados al chasis para evitar movimientos no deseados durante la conducción. Los sistemas de sujeción, como correas o tornillos, se utilizan para sujetar el asiento de forma segura y garantizar que permanezca en su lugar incluso en caso de choque o vuelco.

### 2.3.1.1 Tipos de asiento para Go-Kart

En el mercado existen diferentes tipos de asiento para Go-Kart, cada uno de ellos enfocados a brindar comodidad y seguridad para los pilotos, además deben tener la capacidad para ajustarse a las dimensiones del bastidor del Go-Kart y cumplir también ciertas variables funcionales como el aerodinamismo, bajo peso y centros de gravedad. Entre los diferentes tipos de asiento se tiene:

- Asientos de Fibra de Vidrio
- Asientos de Plástico
- Asientos Acolchados
- Asientos de Posición Baja
- Asientos de Posición Alta
- Asientos Ajustables
- Asientos de Personalizados

En cuanto a los asientos establecidos bajo normas, existen dos tipos de asientos: asientos de fondo plano y asientos de fondo redondo. El diseño de estos dos tipos de asiento están enfocados simplemente a dar solución a cada tipo de piloto, es decir a su comodidad en función de la altura y características físicas.



**Ilustración 2-3:** Asiento de fondo plano.

**Fuente:** KF Rancing Products, 2023.



**Ilustración 2-4:** Asiento de fondo redondo.

**Fuente:** Faluga Racing, 2020

#### 2.3.1.2 Normativa CIK-FIA

Para la construcción de un asiento de Go-Kart es necesario seguir las normas preestablecidas por la CIK-FIA con el propósito de brindar mayor seguridad al piloto, así como también comodidad. Además, las normas también están enfocadas para mejorar el rendimiento del Go-Kart en las pistas.

*“El asiento del conductor debe estar diseñado para evitar que se mueva hacia los lados o hacia adelante al tomar una curva o frenar. Puede estar hecho de material compuesto. Se recomiendan encarecidamente los asientos altos según la norma FIA 88732018 para el Grupo 3. Se requieren placas de refuerzo para soportar la parte superior del asiento. Deben tener un espesor mínimo de 1,5 mm, una superficie mínima de 13 cm<sup>2</sup> y un diámetro mínimo de 40 mm”* (FIA Karting, 2023, p.10).

Para mayor seguridad del piloto es importante que el asiento se encuentre anclado correctamente al bastidor para lo cual se debe tener en cuenta los puntos de sujeción. Estos soportes deberán estar atornillados. Los soportes del asiento deberán ser capaces de aguantar el peso sin sufrir deformación plástica. Se realizarán 2 soportes inferiores, y dos soportes laterales para asegurar una buena fijación (Ruiz, 2020, p.37).

#### 2.3.1.3 Tornillos de sujeción para el asiento Go-Kart

Es de suma importancia seleccionar cuidadosamente los tornillos que serán utilizados para la sujeción del asiento al Go-Kart, ya que la seguridad es una prioridad fundamental que se requiere en este tipo de vehículos. Se recomienda utilizar tornillos de marcas reconocidas y que cuenten con una clasificación de resistencia entre 8.8, 10.9 o 12.9 ya que, estos tornillos ofrecen una alta capacidad de carga y resistencia a la tracción, lo que garantiza una sujeción sólida y confiable del

asiento al bastidor. La elección de tornillos de calidad no solo brinda una mayor durabilidad y estabilidad, sino que a su vez desempeña un papel clave en la seguridad del conductor al momento de conducir. Al utilizar tornillos de alta resistencia, se minimizan los riesgos de aflojamiento o falla estructural durante la conducción, lo que contribuye a mantener al conductor seguro y protegido en todo momento y a su vez brindándole confianza y tranquilidad.



**Ilustración 2-5:** Tornillo de sujeción.

**Realizado por:** Gavilanes, M Ortiz, A. 2023.

Cabe mencionar que el asiento debe encajar perfectamente con los apoyos o bases sobre los que se colocará en el bastidor. Además, los orificios para los tornillos de fijación deben estar ubicados con precisión milimétrica para garantizar un ajuste firme, estable y nivelado.

**Tabla 2-1:** Pernos milimétricos de cabeza hexagonal según la norma ISO 4017.

PROPIEDAD MECÁNICA O FÍSICA		CLASE DE PROPIEDAD			
		8.8		10.9	12.9
		≤ M16	M16		
Resistencia a la tracción	Nominal	800		1000	1200
	Mínimo	800	830	1040	1220
Limite elástico al 0.2% a compensar la elongación no proporcional	Nominal	640	640	900	1080
	Mínimo	640	660	940	1100
Porcentaje de alargamiento después de la fractura para una muestra mecanizada	Mínimo	12	12	9	8
Estrés bajo prueba de carga	Nominal	580	600	830	970
Dureza Rockwell, HCR	Mínimo	22	23	32	39
	Máximo	32	34	39	44

**Fuente:** Norma ISO 4017.

**Realizado por:** Gavilanes M & Ortiz A. 2023.

## 2.4 Resina Poliéster

La resina de poliéster es un tipo de polímero termoestable, formada por la reacción de ácidos orgánicos dibásicos y alcoholes polihídricos. Este tipo de resina se utiliza habitualmente en ciertas industrias debido a las propiedades que presenta y a su versatilidad frente a otras resinas. Está compuesto por una mezcla de polímeros líquidos y un agente de endurecimiento, los mismos que al combinarse y ser sometidos posteriormente a un proceso de curado, forman de esta manera un material sólido y rígido.

La resina de poliéster se utiliza en una amplia gama de aplicaciones e industrias, es un material ampliamente utilizado en diversos sectores debido a las propiedades que presenta. En la construcción, por ejemplo, se utiliza para el desarrollo y fabricación de elementos prefabricados, revestimientos de pisos y baldosas, tanques de almacenamiento, tuberías, piezas decorativas y más. En la industria automotriz y náutica, es utilizada para la elaboración o fabricación de carrocerías como tal, piezas estructurales, molduras, accesorios y reparaciones. También se utiliza en la industria artesanal con la fabricación de productos y manualidades como joyas, esculturas y elementos decorativos.

Una de las múltiples ventajas que presenta la resina de poliéster es su capacidad para combinarse con diversos materiales, incluidas las fibras naturales. Cuando se mezcla con fibras naturales, la resina de poliéster puede mejorar las propiedades mecánicas del material compuesto final y esto se debe a que las fibras naturales añaden resistencia y rigidez al compuesto, mientras que la resina a su vez proporciona una matriz sólida que mantiene las fibras incorporadas unidas y distribuye de esta manera las cargas que sean aplicadas de manera eficiente y estable.



**Ilustración 2-6:** Aplicación de la resina de poliéster.

**Fuente:** Resinpax - Químicos y resinas, 2023.

Las resinas de poliéster son líquidas a temperatura ambiente y pueden ser llevadas a estado sólido, en el caso de las resinas pre-aceleradas, por la adición de un catalizador; y para resinas no pre-aceleradas un acelerador y un catalizador. (Gil, 2012, p.2).

Algunas de las propiedades y beneficios de la resina de poliéster en comparación con otros componentes son:

- Resistencia: Ofrece una buena resistencia a la tracción, flexión e impacto. Esto permite que sea adecuada para aplicaciones que requieran de un material resistente y duradero.
- Versatilidad: Puede adaptarse a diferentes aplicaciones mediante la adición de aditivos, rellenos y otros agentes, brindando así una amplia gama de propiedades y la capacidad de cumplir con los requisitos específicos para la aplicación a la que sea sometida.
- Resistencia a la corrosión: Al tratarse de un compuesto no metálico, está exento de adquirir un proceso de deterioro del material por corrosión, lo que la hace adecuada para aplicaciones en entornos agresivos y expuestos a la intemperie.
- Facilidad de procesamiento: La resina de poliéster se puede moldear fácilmente en una amplia variedad de formas y tamaño, lo que permite una fabricación eficiente y una mayor libertad de diseño.
- Costo: La resina de poliéster es relativamente económica en comparación con otros agentes, por lo cual es una opción viable y atractiva en términos de costos de producción o fabricación.

Por otro lado, también es importante tener en cuenta ciertas limitaciones o desventajas que posee la resina de poliéster, como su baja resistencia a altas temperaturas y su tendencia a amarillear con el paso del tiempo al ser expuesta a la luz ultravioleta. Cabe mencionar que las propiedades de dureza o resistencia también serán limitadas acordes a las fuerzas que sean ejercidas en ella.

#### **2.4.1 *Proceso de curado***

La resina poliéster es un agente termoendurecible que llega a un acabado final mediante un proceso de curado. Dicho proceso se refiere a la transformación de estado líquido a sólido, también conocido como endurecimiento o polimerización, que a su vez viene acompañado de una reacción que desprende calor, también conocida como reacción exotérmica. Este curado se logra mediante la adición de catalizadores u otros agentes, como peróxidos, que inician una reacción química conocida como polimerización. El tiempo de curado de la resina poliéster varía dependiendo del entorno, la temperatura, así como también de la calidad y cantidad de catalizador utilizado para dicho proceso.

*“Este cambio de estado no se presenta inmediatamente se, adicionan los promotores de curado (acelerador y catalizador), es una reacción que ocurre a medida que transcurre el tiempo y se genera de forma gradual, pasando de estado líquido a estado gelatinoso (conocido como estado o tiempo de gel) y finalmente a estado sólido” (Gil, 2012, p.3).*

Existen ciertos factores que intervienen en el proceso de curado de la resina de poliéster, los cuales son los siguientes:

- La calidad, tipo y referencia de resina empleada.
- La temperatura ambiente a la que se encuentra ya que, la mayoría de las resinas no curan a temperaturas inferiores a los 160 °C.
- La calidad, naturaleza y cantidad tanto del catalizador como del acelerador.
- La naturaleza y cantidad de las cargas a las que se encuentra expuesta ya que si estas son elevadas retrasan el proceso de curado.
- La humedad relativa a la que se encuentre sometida. Es necesario mantener una humedad relativa entre el 40% y 54 %
- El tiempo de exposición al sol. La temperatura ambiente a la que sea sometida no debe sobrepasar los 27 °C
- El incremento de la temperatura durante el proceso, la cual reduce el tiempo de gelificación.
- Espesor del laminado, ya que a mayor espesor disminuye el tiempo de gelificación.

El proceso de curado viene dado por el siguiente procedimiento, cabe mencionar que puede variar dicho proceso para los tipos de resinas existentes en el mercado, sin embargo, este es un proceso general que se puede llevar a cabo:

- Preparación de la resina: Se mezcla la resina de poliéster con el catalizador adecuado siguiendo las proporciones e indicaciones recomendadas por el fabricante. El catalizador es necesario para iniciar la reacción de curado y acelerar el proceso.
- Aplicación: Se vierte la resina de poliéster sobre el sustrato o molde deseado. Para este procedimiento se puede utilizar brochas, rodillos o pistolas de pulverización para de esta manera conseguir aplicar la resina de manera uniforme.
- Gelificación: Después de haber aplicado la resina de poliéster, ésta comenzará a gelificar. Durante esta etapa, la resina se volverá más viscosa y pegajosa, pero aún se podrá moldear de acuerdo a las necesidades que se requieran.



- Curado: Durante este proceso final, a medida que la reacción de curado progresa, la resina de poliéster se volverá sólida y rígida, es decir se endurecerá. El tiempo que toma este proceso varía según el tipo de resina y las condiciones ambientales en las que se realice este curado que por lo general toma varias horas.

Es importante tener en cuenta que para el proceso de curado es recomendable seguir las instrucciones proporcionadas por el fabricante de la resina, ya que pueden existir variaciones específicas según el tipo, calidad y la marca de la resina empleada.

#### **2.4.2 Precauciones de seguridad**

Al trabajar con resina de poliéster, es de suma importancia tomar ciertas precauciones de seguridad:

- Se recomienda el uso de equipos de protección personal como gafas, guantes y ropa adecuada ya que, la resina y los catalizadores pueden ser irritantes para la piel y los ojos.
- Se debe trabajar con esta resina en áreas donde exista abundante ventilación o a su vez utilizar equipos de protección respiratoria en caso de ser necesario.
- Mantener el producto y los recipientes que contengan la resina de poliéster alejados de fuentes de calor, chispas o llamas, con el propósito de evitar incendios o explosiones.
- La resina de poliéster se debe almacenar en lugares frescos que oscilen entre los 18°C y 21°C

#### **2.5 Fibras Naturales**

Una de las principales ventajas de las fibras naturales es su alta resistencia mecánica. A pesar de que el material es ligero, tiene una excelente capacidad para soportar tensiones y deformaciones. Esta propiedad los convierte en excelentes refuerzos para polímeros, aumentando en gran medida su resistencia a la tracción y a la flexión. Además, las fibras naturales son amigables con el medio ambiente, ya que son biodegradables y renovables, lo que las hace atractivas desde el punto de vista medioambiental. A diferencia de las fibras sintéticas, que pueden tardar décadas o incluso siglos en descomponerse, las fibras naturales se descomponen naturalmente sin producir desechos tóxicos. Esto ayuda a reducir el impacto ambiental de los productos elaborados con estos compuestos.

A continuación, se muestran ciertas propiedades que poseen algunas de estas fibras:

**Tabla 2-2:** Propiedades de algunas fibras naturales y sintéticas.

<b>Fibras</b>	<b>Fuerza tensil (MPa)</b>	<b>Módulo tensil (GPa)</b>	<b>Gravedad específica</b>	<b>Fuerza específica</b>	<b>Rapidez específica</b>	<b>Falla de tensión</b>
Vidrio clase E	2500 -3500	70-73	2.56	27	29	2.5-3.0
Carbón	2500-600	220-700	1.75-1.9	116	400	1.4-2
Lino	500-900	50-70	1.4-1.5	33	50	1.3-3.3
Sisal	80-840	9-22	1.3-1.45	6	17	3-7
Yute	200-450	20-55	1.3-1.4	14	42	1.16-1.5
Cáñamo	310-750	30-60	1.48	20	41	2-4
Plátano	530-750	7-20	1.4	5	14	1-4

Fuente: Martínez et al. 2021.

Realizado por: Gavilanes, M Ortiz, A. 2023.

### **2.5.1 Fibra natural Cabuya**

Como es de conocimiento general, la cabuya es un tipo de planta que la podemos ubicar con mayor concentración en la región central del Ecuador. El uso de esta planta es variado, pues en ciertas comunidades lo usan para la extracción de una bebida de uso humano, también lo usan para alimentar al ganado vacuno y finalmente el uso también como una fibra natural para la elaboración de distintos objetos.

El proceso para obtener la fibra natural de cabuya empieza con la elección de las plantas de las cuales se extraerá la fibra para proseguir con el despenque de ésta, luego se procede a machar sus hojas para luego llevarlas a un proceso de cocción, finalmente está el secado de las fibras durante un periodo de 4 a 5 días para luego clasificarlo y elaborar distintas presentaciones de la fibra, sea en hilachas, cuerdas o tejidos.

*“Esta fibra es extraída de la hoja de la cabuya (Furcraea Andina), la misma que es una planta que crece en forma silvestre o cultivada en los valles y laderas de los Andes y pertenece a la familia de las agaváceas. La cabuya es ampliamente distribuida en la sierra del Ecuador, esta se cultiva en los valles y en las estribaciones de la cordillera para la obtención de su fibra. Se trata de una planta arrosetada que alcanza hasta 1,5 metros de altura en su parte vegetativa y si se incluye la estructura reproductora” (Paredes, 2012, p.73).*

La cabuya es una fibra resistente, durable y áspera, sus propiedades mecánicas se muestran en la Tabla 2-3.

**Tabla 2-3:** Características mecánicas de la fibra de cabuya.

<b>Resistencia a la tracción</b>	305 MPa
<b>Resistencia al corte</b>	112 MPa
<b>Módulo de elasticidad</b>	7.5 MPa
<b>Elongación a la fractura</b>	5%
<b>Densidad</b>	1.3 g/cm <sup>3</sup>

Fuente: Dávila et al. 2011

Realizado por: Gavilanes, M Ortiz, A. 2023.



**Ilustración 2-7:** Planta de cabuya.

Fuente: Allpa – Cabuya, 2018.

La cabuya es una fibra natural que se obtiene de la planta *Agave sisalana*, también conocida como fique o pita, es una planta fibrosa originaria de México y presente en América Latina, especialmente en países como Colombia, Ecuador y Venezuela, sin embargo, se cultiva en varias partes del mundo por su alto valor como fuente de fibra.

La fibra de cabuya se utiliza en una variedad de aplicaciones, incluida la industria automotriz, en la cual se utiliza principalmente en la fabricación de componentes interiores y pocas veces en exteriores. Algunas de las aplicaciones más comunes son:

- Paneles de puertas: Las fibras de cabuya se utilizan para reforzar los paneles de las puertas para una mayor resistencia y rigidez. Esto ayuda a reducir el peso del vehículo y mejorar la eficiencia energética.
- Revestimientos de techos: Se utilizan como refuerzos para techos de automóviles. Tiene excelentes propiedades acústicas y térmicas que ayudan a reducir el ruido y mejorar el aislamiento térmico de la cabina.

- Revestimientos interiores: Se emplea al fabricar revestimientos interiores como alfombras y tapicería. Estos materiales tienen buena resistencia al desgaste, son biodegradables y son más ecológicos que los materiales sintéticos tradicionales.
- Componentes de insonorización: Se aplica para la fabricación de materiales de insonorización, como paneles y aislantes. Estos elementos ayudan a reducir la transmisión de ruido y vibraciones no deseadas al interior del vehículo.

Una de las principales ventajas de la fibra de cabuya es su dureza y resistencia, lo que la hace idónea para aplicaciones en la industria automotriz. Como fibra natural, la cabuya también es biodegradable y renovable, lo que la convierte en una solución más sostenible en comparación con los materiales sintéticos, es decir, es netamente amigable con el medio ambiente.

La cabuya, por lo tanto, es muy utilizada en la fabricación de diversos productos debido a las propiedades que esta posee. A continuación, se mencionan ciertas propiedades de la cabuya:

- Resistencia
- Flexibilidad
- Biodegradabilidad
- Absorción de humedad
- Resistencia a la abrasión
- Aislamiento térmico

## **2.6 Fibras naturales usadas en compuestos de matriz polimérica**

Las fibras naturales o vegetales han sido utilizadas durante ya varios años atrás en diversas aplicaciones en las diferentes industrias, y su incorporación en compuestos de matriz polimérica actualmente ha alcanzado más popularidad en la industria moderna. Estas fibras, provenientes de fuentes renovables como plantas y animales, ofrecen una serie de ventajas que las hacen llamativas para su uso en la fabricación de materiales compuestos. Además de su abundancia y disponibilidad, las fibras naturales presentan propiedades mecánicas, térmicas y acústicas excepcionales, lo que las convierte en una alternativa atractiva en comparación a las fibras sintéticas existentes. Las diferentes fibras naturales utilizadas en compuestos de matriz polimérica están ampliamente inclinadas a la sostenibilidad, rendimiento y aplicaciones potenciales en diferentes áreas.

*“El uso de fibras de origen natural como refuerzos en compuestos poliméricos es ampliamente beneficioso en comparación con los materiales no reforzados con propiedades mecánicas, eléctricas, amortiguadoras, tribológicas, térmicas y morfológicas. Existen varios tipos de fibras naturales disponibles para su uso como refuerzo en el desarrollo de materiales compuestos poliméricos reforzados con fibras naturales”* (Martínez et al., 2021, p.3).

Los compuestos de matriz polimérica reforzados con fibras naturales combinan las propiedades únicas de versatilidad y resistencia, creando así productos innovadores y sostenibles. Las fibras naturales utilizadas en estos compuestos pueden ser de origen vegetal, como el algodón, la cabuya, el abacá, el lino, el cáñamo y la celulosa, o de origen animal, como la seda, la lana, y entre otros. Cada una de estas fibras tiene características distintas que pueden ser aprovechadas en diferentes aplicaciones.

Las fibras naturales, reforzadas con matriz polimérica, se utilizan en diversas áreas, como la industria automotriz, la construcción, la producción de muebles, los envases y la industria textil. Estas fibras proporcionan alternativas sostenibles y altas a los materiales tradicionales sin comprometer tanto la calidad como la funcionalidad.

La mejora de las propiedades mecánicas y térmicas de los materiales compuestos poliméricos reforzados con fibra natural depende de los siguientes factores:

- Tipo de fibra
- Tipo de matriz
- Tipo de rellenos
- Porcentaje de fibras en los materiales compuestos
- Forma de la fibra (cilíndrica, esférica, prismas rectangulares de sección transversal o plaquetas)
- Métodos/ técnicas de fabricación

## **2.7 Aplicaciones de las fibras naturales en la industria automotriz**

El uso de fibras naturales en la industria automotriz se ha vuelto más popular en los últimos años debido a su capacidad para brindar alternativas más sostenibles y livianas a los materiales tradicionales utilizados en la producción de autopartes.

Es relevante resaltar que las industrias automotrices en Ecuador se están inclinando hacia el uso de materiales compuestos en diversos componentes que forman parte de los vehículos, como los

guardachoques, tableros, paneles de las puertas, cobertores de llantas, faldones, alerones. Estos materiales han ganado una amplia aceptación en el sector automotriz, así como en otras áreas como la aeronáutica, la construcción y otros campos relacionados con el uso de materiales compuestos. Es fundamental tener en cuenta que la implementación de estos materiales compuestos está estrechamente vinculada al proceso de fabricación, ya que requiere la participación de mano de obra especializada en la fabricación de autopartes y accesorios. Esto destaca la importancia de la capacitación y experiencia de los trabajadores involucrados en este proceso para garantizar la calidad y durabilidad de los productos fabricados. Además, el uso de materiales compuestos también está enfocado al cuidado ambiental al usar elementos más amigables con el ambiente y dándole con ello un valor agregado al producto de acuerdo a intereses actuales de la comunidad.

En la actualidad, existen notables tendencias hacia la sustitución de materiales ya establecidos por varios tipos de fibras vegetales incrustadas en matrices poliméricas (Velásquez et al., 2016: p.82).

Las fibras naturales más comunes utilizadas en la industria automotriz son el sisal, el cáñamo, el lino y el kenaf. Estas fibras se derivan de plantas renovables y son biodegradables, lo que las convierte en una solución más respetuosa y amigable con el medio ambiente en comparación con las fibras sintéticas o los materiales derivados del petróleo que actualmente siguen siendo usadas. Uno de los usos más destacados de las fibras naturales en la industria automotriz es la producción de componentes interiores como paneles de puertas, plásticos y capós. Estos componentes a menudo requieren materiales livianos pero resistentes, y las fibras naturales ofrecen una buena combinación de ambos. Además, las fibras naturales pueden proporcionar un aspecto y una sensación agradable tanto al interior como al exterior de un vehículo.



**Ilustración 2-8:** Fibra vegetal aplicada en un vehículo.

**Fuente:** Infobae, 2022.

**Tabla 2-4:** Aplicaciones de los compuestos de biofibras en la industria automotriz.

<b>Empresa</b>	<b>Modelo</b>	<b>Biofibras</b>	<b>Matriz</b>	<b>Aplicaciones</b>
<b>Audi</b>	A2, A3, A4, A6, A8, Roadster, Cupé, Q7	Fibra de madera, lino, cabuya	PP, epoxi, PUR	Respaldos de los asientos, paneles de las puertas traseras y laterales, forro de maletero, perchero, forro de llanta de repuesto.
<b>BMW</b>	3, 5 y 7 series	Kenaf, lino, cáñamo, fibra de madera	PP	Paneles embellecedores de puerta, panel de techo interior, revestimiento maletero, respaldos de los asientos, paneles de aislamiento acústico, tablero, paneles de puertas interiores de fibra de madera.
<b>Chrysler</b>	Sebring	Flax, cabuya, Abacá	PP	Paneles de puerta, Cojín de asiento, reposacabezas
<b>Fiat</b>	Punto, Brava, Marea, Alfa Romeo 146, 156	Lino, Sisal, Cáñamo, Algodón, Fibra de coco	PP	Revestimiento de puertas, revestimientos de respaldo y piso, paneles, fondos de asientos, cojines de respaldo y reposacabezas.
<b>Ford</b>	Flex, Ford Focus BEV, Freestar	Fibra de madera, Trigo, Paja, fibra de coco, soja, paja de arroz	PP, PUR	Contenedores de almacenamiento interiores, piso de carga, espuma de asientos, reposacabezas, techo interior.
<b>Mercedes Benz</b>	Clase A, Clase C, Clase E, Clase M, Clase R Clase S	Abacá / plátano, cáñamo, lino, sisal, yute	PUR, PP, Epoxy	Paneles de puerta, cojín del asiento, reposacabezas, Paneles de los bajos, respaldos de los asientos, tapa de llanta de refacción, tapa motor y transmisión.

<b>Toyota</b>	Lexus CT 200, Prius, Raum	Kenaf, bambú, Polvo de coco	PET, Sorona, EP, PP, PLA	Maletero, altavoces, suelo alfombrillas, panel de instrumentos, ventilación aire acondicionado, cubierta de llanta de repuesto, estantes.
<b>PP:</b> polipropileno, <b>PUR:</b> poliuretano, <b>PLA:</b> ácido poliláctico, <b>PBS:</b> succinato de polibutileno, <b>PET:</b> tereftalato de polietileno, Sorona, <b>EP-poli</b> (tereftalato de trimetileno)				

Fuente: Montufar, 2021.

Realizado por: Gavilanes, M Ortiz, A. 2023.

El uso de fibras naturales en la industria del automóvil ofrece importantes ventajas en términos de sostenibilidad, bajo peso y propiedades mecánicas adecuadas. Se espera que el uso de fibras naturales en la fabricación de automóviles continúe creciendo en el futuro a medida que la industria busque soluciones más respetuosas con el medio ambiente.

## 2.8 Ensayos destructivos de materiales compuestos

Un ensayo destructivo es un método utilizado para poder inspeccionar las propiedades físicas, químicas y mecánicas que posee un material o compuesto con el cual se va a realizar, diseñar o fabricar un componente. Para dicho proceso, bajo normas preestablecidas y ante organismos reguladores, se debe tomar las muestras del material a estudiar en moldes que tomarán el nombre de “probetas” las cuales posteriormente serán sometidas a un deterioro o desgaste del material con la aplicación de diferentes cargas o condiciones extremas hasta llegar a un punto de quiebre, falla, elongación o destrucción del material.

La caracterización de un material compuesto se hace a través de ensayos destructivos, ya que estos permiten conocer el comportamiento durante la aplicación de cargas y los límites de tolerancia de los mismos. (Guijarro, 202, p.26).

Existen diferentes tipos de ensayos destructivos, y cada uno de ellos está enfocado a determinar diferentes características y cualidades de un material, según sea la aplicación que se desee para el material. Estos procesos son estrictamente necesarios antes de emplear un nuevo material para la construcción o aplicación en elementos o piezas de fabricación. Cabe recalcar que, para dichos ensayos, existen normas a las cuales se deben regir para realizar un proceso confiable, de calidad y bajo el respaldo de que se está realizando una prueba de material bajo las condiciones y requisitos que las normas y los organismos reguladores lo establecen para el sector manufacturero.

Entre los ensayos destructivos de materiales mayormente utilizados se tiene:



- Tracción
- Flexión
- Compresión
- Abrasión
- Impacto
- Simulación de condiciones de envejecimiento acelerado
- Identificación de composición química
- Compatibilidad con productos químicos
- Propiedades reológicas
- Propiedades térmicas

Entre las normas por las cuales se debe regir este tipo de ensayos se tiene las ISO, ASTM, DIN, EN, UNE, WW y PSA, además existen las normas que rigen dentro de cada país, por ejemplo, para el Ecuador se pueden emplear normas INEN.

Una vez que la probeta o muestra ha sido sometida al ensayo destructivo se obtendrán los resultados de esta, obteniendo información detallada acerca del comportamiento estructural, propiedades, factores críticos, características y defectos de los materiales analizados con el fin de asegurar las prestaciones del producto, realizar mejoras en el empleo o adecuación de otros productos base, optimización de la vida útil del compuesto, mejorar el diseño y el ahorro en materias primas.

### ***2.8.1 Tracción***

El ensayo de tracción en materiales poliméricos se emplea para poder determinar y analizar las propiedades de resistencia y deformación de un cierto material compuesto. Este ensayo permite la caracterización del material, según los datos obtenidos una vez finalizada la prueba. Este ensayo básicamente aplica una fuerza axial de tracción a una muestra del material para posteriormente calcular la respuesta del material ante dicha fuerza aplicada.

Es uno de los ensayos que se realizan comúnmente, consiste en aplicar una carga en forma uniaxial, a lo largo del eje longitudinal, tirando de los extremos de la probeta en forma gradual que se deforma hasta la rotura. (Guijarro, 202, p.26).

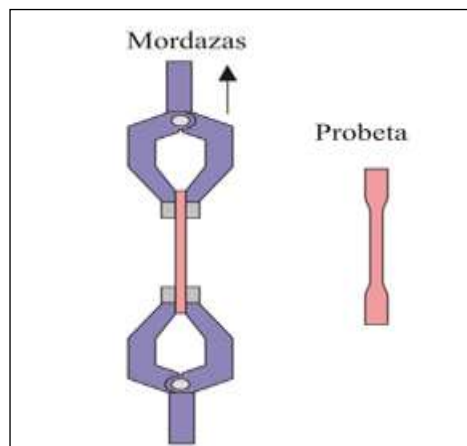
Las normas que determinan los requisitos para este ensayo se deben considerar en cuestión al tipo de material con el cual estemos trabajando. Para un ensayo de tracción empleado en materiales compuestos reforzados con fibras, se debe realizar la prueba bajo las indicaciones y parámetros

que las normas lo disponen. Algunas de las normas que se emplean en este tipo de ensayo de tracción en materiales poliméricos son: ASTM D3039, ASTM D638, NTE INEN 2043.

El procedimiento para realizar este ensayo comienza como anteriormente se expuso, con la toma de una muestra de forma rectangular, a la cual se la llamará probeta, esta muestra debe haber pasado anteriormente por los procesos de curado y secado, es decir, el material debe encontrarse en el estado final al cual se quiere llegar.

La probeta será colocada en una máquina llamada máquina universal de ensayos que debe estar regida bajo las normas preestablecidas, la probeta será sujeta por la máquina de sus extremos mediante mordazas y empieza a realizar la prueba aplicando progresivamente una fuerza de tracción, es decir, estirando el material hasta que la probeta llegue a un punto de quiebre o rotura.

Durante todo este proceso, se va registrando la fuerza aplicada y la deformación experimentada por la muestra hasta el punto de rotura, con esto se determina la resistencia a la tracción, el límite elástico del material, la elongación, entre otras características que presente el material.



**Ilustración 2-9:** Mordazas y probeta para ensayo de tracción.

**Fuente:** Beltrán et al, 2012.

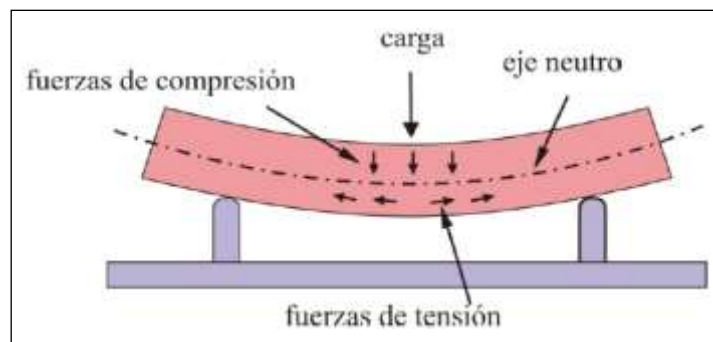
### 2.8.2 Flexión

El ensayo de flexión que se realiza en ciertos materiales como metales, plásticos, maderas, polímeros, entre otros, tiene como objetivo principal el determinar la resistencia a la flexión, la rigidez del compuesto, como también el comportamiento de fractura al insertar cargas y esfuerzos al material.

La resistencia a la flexión de un material es su capacidad para soportar fuerzas aplicadas en su eje longitudinal. Los esfuerzos inducidos por una carga de flexión son realmente una combinación de esfuerzos de tracción, compresión y cizalla (Beltrán, Marcilla, 2012, p.44).

Las normas que determinan los requisitos para este ensayo se deben considerar en cuestión al tipo de material empleado. Para un ensayo de flexión aplicado a materiales poliméricos reforzados con fibras, se debe ensayar bajo las indicaciones y parámetros que las normas lo establecen. Algunas de las normas que se emplean en este tipo de ensayo de flexión en materiales poliméricos son: ASTM D7264, ASTM D790, NTE INEN 2047. Estas normas se encargan de detallar las indicaciones y especificaciones tanto de la configuración del ensayo, los equipos y herramientas utilizadas, los procedimientos de carga y descarga, y además los métodos para la obtención de los resultados y su respectivo análisis posterior.

Para el procedimiento del ensayo, se comenzará realizando probetas en los moldes adecuados, las mismas que servirán de muestras en las cuales se efectuarán las pruebas correspondientes al ensayo de flexión, Estas probetas deberán llevar a cabo su debido proceso de curado y secado y una vez listas pasarán a ser montadas en el equipo encargado de realizar el ensayo, en donde se aplicará las cargas y esfuerzos necesarios para obtener los resultados deseados sobre las propiedades de flexión y resistencia que posee el material estudiado. Cabe mencionar que la información y resultados obtenidos son de gran utilidad para el diseño y análisis de estructuras.



**Ilustración 2-10:** Fuerzas implicadas en los ensayos de flexión.

**Fuente:** Beltrán et al, 2012.

### 2.8.3 Impacto

El ensayo de impacto tiene como principal objetivo el determinar la respuesta de un material u objeto sometido ante fuerzas de impacto, es decir, se encarga del análisis para medir la resistencia, la tenacidad y la capacidad de absorción de energía del material compuesto.

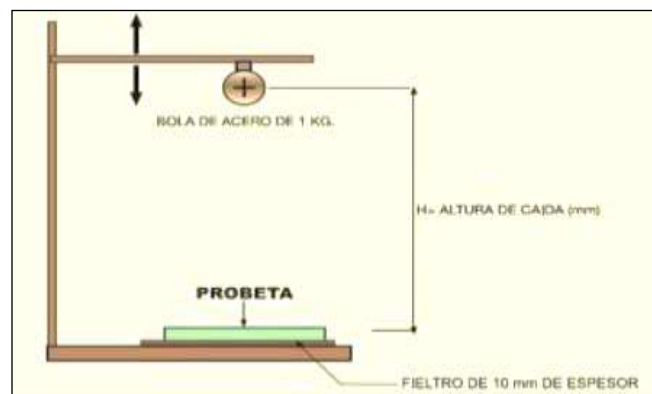
*“Se define la resistencia al impacto como la energía absorbida por un material por unidad de área de sección transversal ante un impacto. La capacidad de absorber energía depende no sólo del material, sino también de su forma, tamaño, espesor, etc”* (Beltrán, Marcilla, 2012, p.46).

El procedimiento para realizar una prueba o ensayo de impacto comienza con la realización de las muestras del material también llamadas probetas, las mismas que, según sea el área de aplicación deberán llevar a cabo de igual manera un proceso de curación o secado del material hasta que llegue al punto final a cuál se desee llegar con este material. Una vez obtenidas las muestras, es necesaria una máquina de ensayo de impacto capaz de aplicar una fuerza de impacto controlada sobre el material, y con ello poder determinar y medir la energía absorbida por el material, durante el proceso.

*“El ensayo de resistencia al impacto IZOD mediante un péndulo Charpy, define el proceso para determinar la resistencia al impacto de materiales plásticos. La máquina que se utiliza en este ensayo usa la caída de un martillo que se mueve en forma pendular, que romperá la probeta en el impacto y registra la energía empleada para esta rotura”* (Gujarro, 2022, p.27).

Las normas bajo las cuales se debe realizar este ensayo se deben elegir según el tipo de material a estudiar. Para un ensayo de impacto aplicado a materiales poliméricos reforzados con fibras, se debe ensayar bajo las indicaciones y parámetros que las normas lo establecen.

Algunas de las normas que se emplean en este tipo de ensayo de impacto en materiales poliméricos son: ASTM D6110, ASTM D265, ISO 179-1, ISO 179-2, ISO 180 y ASTM D5628. Estas normas se encargan de detallar las indicaciones y especificaciones necesarias para la realización de este ensayo según sea el material empleado.



**Ilustración 2-11:** Máquina de ensayos de impacto.

**Fuente:** Materiales de Ingeniería, 2013

## 2.9 Proceso de fabricación

En la fabricación de un material compuesto existen diversos procesos convencionales compatibles con los materiales en fibra natural y de la resina poliéster lo cual se ve reflejado en una serie de pasos y actividades secuenciales para transformar la materia prima en un producto final, es importante recalcar que se debe tener en cuenta con que materiales se va a trabajar para así poder preparar y procesar el material.

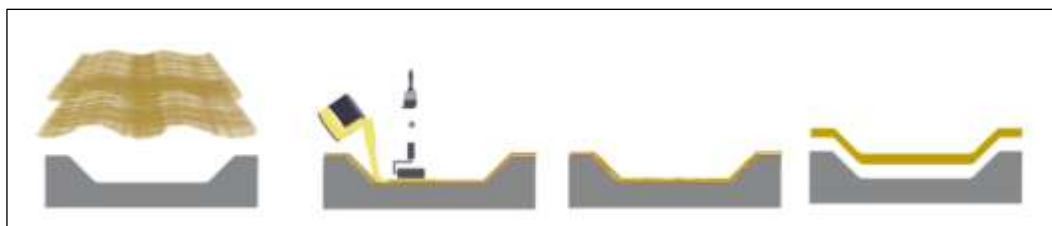
### 2.9.1 Moldeo por laminación

*“El proceso de laminado manual consiste en la aplicación de sucesivas capas de material (fieltros, tejidos y ensamblados) impregnadas con una resina, y consolidadas mediante la acción de un rodillo o brocha. La acción de pasa el rodillo sobre la superficie tiene dos razones fundamentales: la primera es ayudar a la impregnación del refuerzo, y la segunda, intentar evitar que queden burbujas de aire atrapadas entre las sucesivas capas de estratificado”* (Besednjak, 2011: p.1).

El proceso de laminado manual es muy utilizado gracias a su bajo costo y su fácil manejo de materiales, pero cabe recalcar que las propiedades que se genera en este proceso son inferiores a otros tipos de procesos porque puede existir porosidad, zonas con exceso de resina poliéster.

Durante en proceso de impregnación se basa en la aplicación de la resina líquida sobre las fibras naturales, donde que las fibras absorben la resina para una mejor adhesión y unión entre las fibras y matriz de resina, donde se puede aplicar presión manual o utilizar un rodillo con el fin de reducir el exceso de resina para una mejor consolidación.

Después de aplicar todas las capas de resina y fibra de cabuya, se permite que el material cure y se endurezca. Durante este proceso, la resina poliéster se solidifica, creando una estructura rígida y resistente. Una vez curado, el elemento se extrae del molde y se somete a cualquier proceso adicional, como recorte, acabado y pintura, según sea necesario.



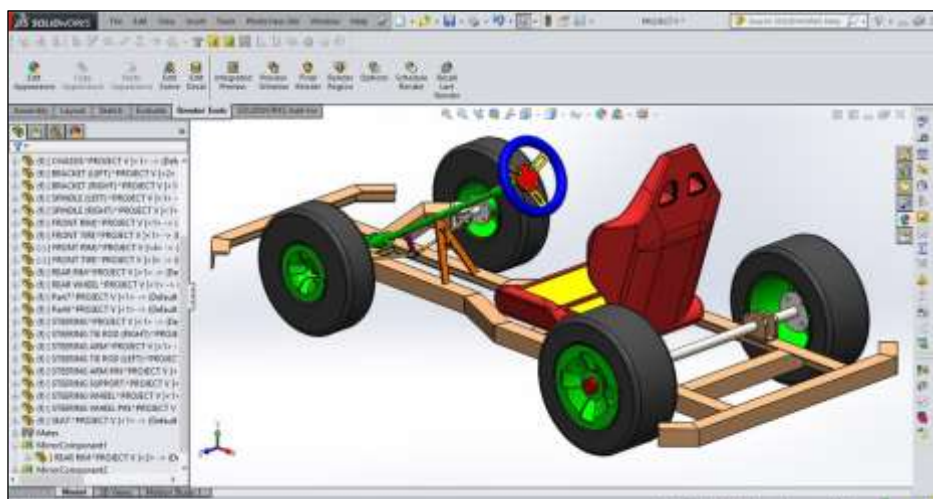
**Ilustración 2-12:** Proceso de laminación manual.

**Fuente:** Moldeo de metales y polímeros, 2020.

## 2.10 Modelación 3D

Este proceso de modelado 3D de elementos o piezas se los puede realizar en diferentes softwares existentes en el mercado. Se trata de un proceso en el cual se crea o se dibuja una representación tridimensional de un cierto objeto, y lo hacemos con la ayuda de un ordenador, por lo tanto, viene a ser una interpretación digital del objeto, para ello se utilizan diferentes herramientas y operaciones que poseen los softwares CAD (Diseño asistido por computadora).

La utilización del diseño asistido por ordenador ofrece la ventaja de acortar significativamente el tiempo requerido para desarrollar un proyecto, en comparación con tiempo que implicaría hacerlo de manera manual al plasmarlo en un papel. El propósito al emplear estos softwares no es eliminar por completo el uso del papel, sino utilizarlo como un respaldo final una vez que el diseño esté completo y que sirva de ayuda para la realización de pruebas (Quizhpe, 2021: p.32.)



**Ilustración 2-13:** Modelado 3D en software SolidWorks.

Fuente: GrabCAD, 2016.

Entre los softwares más utilizados en este campo tenemos:

- Autodesk AutoCAD
- Autodesk Fusion 360
- SolidWorks
- Blender
- CATIA
- Rhino

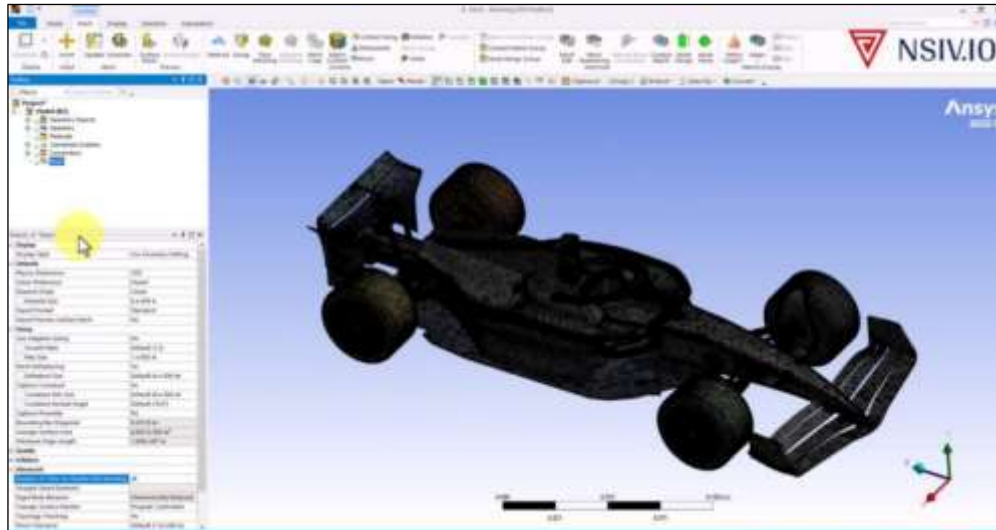
Los pasos por seguir para representar un modelo 3D de un elemento u objeto pueden ser los siguientes:

1. Definir la geometría básica del elemento o pieza, se puede iniciar identificando formas geométricas básicas para posteriormente ir fusionando entre ellas e ir formando la forma a la que se requiere llegar.
2. Acotación e ingreso de las medidas correctas que posee el elemento original a modelar.
3. Operaciones como extruir y modificar u otras herramientas que nos ayudan a mejorar o modificar las distintas formas que posee la pieza con el propósito de crear la geometría deseada.
4. Se agregan detalles y características que posea la pieza.
  - a. En el caso de que el elemento requiera de la elaboración de varias partes, se procede a organizar los diferentes componentes para su posterior ensamblaje.
5. Se puede agregar el material deseado, realizar análisis y simulaciones que corroboren la funcionalidad del elemento.
6. Como último paso, el elemento ya modelado se lo exporta en uno o más de los diferentes formatos existentes para su posterior empleo en trabajos CAD, CAE o para la tarea que se lo requiera.

### **2.11 Mallado de un elemento 3D**

El proceso de mallado en un elemento 3D es fundamental para la realización del análisis estático y dinámico de la pieza mediante simulaciones. Este proceso consiste en dividir la geometría de la pieza tridimensional en un determinado número de subelementos mucho más pequeños que el elemento original conocido como elementos finitos, que no son más que formas geométricas como tetraedros o hexaedros que conforman toda la parte geométrica del elemento planteado.

El software ANSYS proporciona una herramienta versátil de mallado, inteligente y de alto rendimiento que se adapta a una amplia gama de aplicaciones. Este software automatizado genera mallas de alta calidad para garantizar soluciones precisas y eficientes en problemas que se presenten en el modelo 3D, el proceso va desde mallados simples y automáticos hasta diseños de mallas personalizados (Quinga Hernández 2021)



**Ilustración 2-14:** Mallado de un elemento 3D en software Ansys.

**Fuente:** NSIV.IO, 2019.

Para llegar a poseer un mallado correcto y adecuado para las futuras simulaciones y análisis, se puede llegar a requerir de ciertos ajustes dentro del software con el que se trabaje, con la finalidad de generar un mallado con precisión geométrica y capaz de brindar resultados confiables.

Algunos de los softwares que nos ayudan a realizar un mallado de un elemento 3D son los siguientes:

- Ansys
- Abaqus
- Nastran
- MSC
- Comsol

Los pasos por seguir para la creación del mallado de un elemento 3D pueden ser los siguientes:

1. Se debe como primer punto importar la geometría al software con el cual se va a trabajar para este proceso.
2. Se revisa que el elemento 3D posea su geometría correcta y que no existan bordes o superficies mal definidas.
3. Se debe seleccionar el tipo de elemento finito adecuado en función de la forma y características que posea la pieza.
4. Se realiza los ajustes necesarios para el mallado, como los parámetros de mallado, tamaño y densidad, con el propósito de obtener un mallado adecuado y preciso.



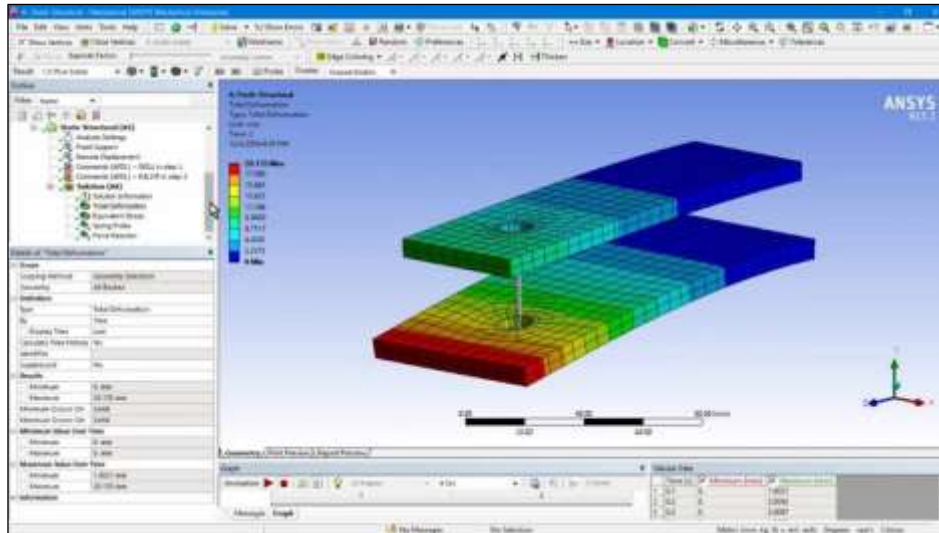
5. Generar la malla. Este proceso lo realiza el software una vez preestablecido los ajustes necesarios.
6. Se verifica la calidad de la malla y se revisa que no exista errores en la malla como elementos degenerados, distorsiones, etc.
7. Se debe además asignar propiedades del material, condiciones de contorno, sujeciones y cargas del elemento.
8. El elemento estará listo para ser analizado y simulado según sea el campo de estudio al cual se aplicará. Para este análisis se debe emplear puntos de anclaje, como también fuerzas o condiciones externas.

### **2.12 Análisis estático**

Se enfoca en analizar y estudiar el comportamiento de una pieza o elemento como tal en equilibrio y para ello lo hace bajo diferentes cargas y condiciones estáticas, es decir, cargas que no varían conforme el tiempo.

Para el análisis del comportamiento estructural de la pieza se toma en consideración las deformaciones, la tensión y la distribución de cargas o esfuerzos. Cabe mencionar que las fuerzas y condiciones a las que se somete el elemento, se mantendrán constantes a lo largo de toda la simulación.

El análisis estático implica aplicar de manera gradual y constante fuerzas laterales o desplazamientos a un modelo matemático de una estructura que no sigue un comportamiento lineal. Este proceso continúa hasta que el desplazamiento en el nodo de control alcance un valor específico o deseado conocido como "desplazamiento objetivo" o "target displacement", todo esto proporciona realizar un análisis más profundo de un elemento modelado. (Mejía et al, 2020: p.49.)



**Ilustración 2-15:** Análisis estático en software Ansys.

**Fuente:** Geofumadas, 2019.

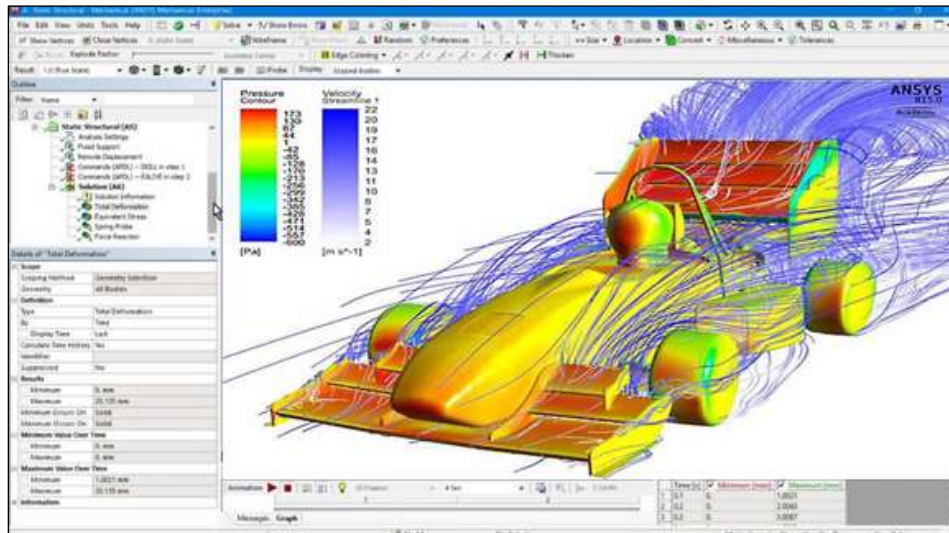
Algunos de los análisis estáticos mayormente utilizados son los siguientes:

- Análisis de esfuerzos lineales.
- Análisis de deformaciones.
- Análisis de tensiones térmicas.
- Análisis de flexión.
- Análisis de pandeo.
- Análisis de fatiga.
- Análisis modal.
- Análisis de contactos.
- Análisis de materiales no lineales.

### 2.13 Análisis dinámico

Se enfoca en analizar y estudiar el comportamiento estructural de un elemento o pieza en movimiento. Es decir, las cargas o condiciones a las que se somete el cuerpo varían en relación con el tiempo.

Este tipo de análisis se efectúa cuando se requiere analizar el comportamiento de un elemento bajo cargas cíclicas, impactos o vibraciones, por lo tanto, permite evaluar las respuestas transitorias por las que puede pasar el elemento.



**Ilustración 2-16:** Análisis dinámico en software Ansys.

Fuente: NSIV.IO, 2019

Algunos de los análisis dinámicos mayormente utilizados son los siguientes:

- Análisis de respuesta dinámica en el dominio del tiempo.
- Análisis de frecuencia modal.
- Análisis de respuesta espectral.
- Análisis de espectro de respuesta de desplazamiento (RSA)
- Análisis de choque y vibración.
- Análisis de fatiga dinámica.

## CAPÍTULO III

### 3. MARCO METODOLÓGICO

En este capítulo se aborda los procesos de investigación y desarrollo que implicó la realización de este proyecto, para ello fue esencial recopilar la información requerida y adecuada, así como también verificar varios parámetros que se utilizaron para llevar a cabo tanto los ensayos destructivos de material para su debida caracterización mecánica, como también para la simulación del asiento mediante el método de elementos finitos y la aplicación de diferentes cargas, y con ello finalmente, la construcción del elemento.

#### 3.1 Tipo de investigación

Se ha realizado un análisis exhaustivo de los diferentes tipos de investigación que han sido aplicados para alcanzar los objetivos planteados antes, durante y después de culminar este proyecto. El tipo de investigación adoptado cumple un rol fundamental en la forma en que se abordan los problemas, se da solución a los mismos y se generan conocimientos para ponerlos en práctica durante el desarrollo de este trabajo.

##### 3.1.1 *Investigación deductiva*

Esta etapa identificó las áreas clave que requerían mayor investigación y comprensión para un correcto desarrollo. Mediante la exploración de diversas fuentes, se obtuvo una visión general del campo y se estableció una base sólida para el desarrollo del proyecto. Se recolectó información referente a las especificaciones técnicas, parámetros de diseño, reglamentaciones e información detallada que aportaron con la investigación y desarrollo de este.

##### 3.1.2 *Investigación descriptiva*

Se enfoca en proporcionar una descripción detallada y minuciosa de los fenómenos o variables involucradas en el proyecto. A través de técnicas como análisis de datos, se recopiló información precisa y se analizaron las relaciones entre las variables puestas en cuestión, permitiendo una comprensión más profunda de los aspectos relevantes y contribuyendo de esta manera a la generación de conclusiones sólidas capaces de entregar un proyecto con un alcance altamente educativo y experimental.

##### 3.1.3 *Investigación experimental*

El punto de partida del proyecto consistió en que, a partir de un asiento para karting, se generó el mismo elemento con la utilización de materiales de fibras naturales, haciendo referencia a que se

puede optar por elegir nuevas formas de fabricación para este tipo de elementos. Mediante la toma de medidas del asiento construido bajo Norma, se plasmó el asiento en un software CAD, obteniendo de esta manera el modelo 3D, para seguidamente con la ayuda del software CAE ANSYS realizar el análisis estático de cargas para validar la funcionalidad del asiento sin que este salga de los rangos establecidos por las especificaciones vigentes.

### **3.2 Adquisición de la materia prima**

Esta etapa fue parte esencial para la realización de este proyecto ya que, la selección adecuada tanto del asiento base para el molde como de los materiales garantizó que los resultados finales sean de calidad y nos permitan cumplir con las Normas y especificaciones que se plantearon.

Cabe recalcar que para la realización del proyecto en general, se adquirieron diversos insumos, sin embargo, en este apartado únicamente se planteó los materiales principales y de mayor influencia.

Al tratarse de un proyecto técnico el enfoque principal suele estar en la metodología utilizada, los resultados obtenidos y su interpretación, por tal motivo no se optó por detallar los precios de los materiales y equipos empleados.

#### **3.2.1 Asiento base para la obtención del molde**

Para seleccionar correctamente el asiento del Go-Kart se investigó sobre los diferentes tipos de asientos que se fabrican.

Como primer punto para poder elegir el asiento, fue el asegurarse que el tipo de asiento a emplear sea funcional y se acople perfectamente al chasis del Go-Kart eléctrico destinado, para ello se analizó con anterioridad el modelo de chasis y los soportes que este tenía, cabe mencionar además que el asiento debe ajustarse al centro de gravedad del bastidor.

Se consideró también la comodidad del piloto para optimizar el rendimiento de este en las pistas al momento de la conducción, por lo cual se escogió un asiento de base redonda, ergonómico, con un peso moderado, que pueda contribuir con un alto rendimiento y que a su vez su proceso de construcción tenga costos accesibles.

El asiento fue adquirido en Ambato con un proveedor de partes y accesorios para Go-Karts.



**Ilustración 3-1:** Asiento base para obtención del molde.

**Fuente:** Gavilanes, M Ortiz, A. 2023.

### 3.2.2 *Fibra de cabuya*

Para la adquisición de esta fibra se optó por realizar búsquedas en páginas web, habiendo encontrado un comerciante en la ciudad de Riobamba, provincia Chimborazo, para lo cual se acordó una visita al lugar comercial ubicado en el centro de la ciudad, calles Febres Cordero y Pichincha, para poder apreciar si el material era el adecuado para este proyecto y con ello adquirirlo.



**Ilustración 3-2:** Local comercial de fibras naturales.

**Fuente:** Gavilanes, M Ortiz, A. 2023.



**Ilustración 3-3:** Distribución de fibra de cabuya (cabuya tejida).

**Realizado por:** Gavilanes, M Ortiz, A. 2023.

### 3.2.3 *Resina de poliéster*

Esta resina se adquirió en una empresa dedicada a la distribución de este tipo de materiales, que lleva como nombre comercial “PINTULAC” Para ello se determinó que tipo de resina era la adecuada para la aplicación en este trabajo (Resina de poliéster insaturada).

Además, se adquirió otros componentes que se requerían para realizar una mezcla adecuada y que actúan con la resina de poliéster para el proceso a realizar como lo son: Monómero de estireno, metiletilcetona (MEC), talco industrial y octoato de cobalto.



**Ilustración 3-4:** Componentes utilizados en la mezcla.

**Realizado por:** Gavilanes, M Ortiz, A. 2023.

### 3.3 Probetas para ensayos destructivos e identificación de Normas

Para la elaboración de los moldes destinados a las probetas y la realización de los ensayos destructivos o pruebas del material, fue fundamental seguir las normas y estándares establecidos por organizaciones internacionales y nacionales como la ASTM (American Society for Testing and Materials) y la INEN (Servicio Ecuatoriano de Normalización). Las normas empleadas para el presente trabajo detallan el diseño de las probetas, los métodos de ensayo, las condiciones ambientales, equipos utilizados y cálculos por analizar.

#### 3.3.1 Dimensionamiento de moldes para las probetas

El procedimiento para realizar las probetas para la caracterización del material empleado en el presente proyecto se realizó bajo las Normas que se encuentran preestablecidas para los diferentes tipos de ensayos que se requirió realizar, siendo de tracción, flexión e impacto. Además, para el empleo de los diferentes materiales y equipos necesarios, se siguió las debidas medidas de precaución y seguridad con el objetivo de evitar contratiempos y principalmente salvaguardar la integridad de cada individuo.

Para la ejecución de los diferentes ensayos propuestos se ha determinado el siguiente desarrollo en el proceso de establecer un molde que permita la estratificación el material el cual se van a obtener las probetas requeridas.

Hay que considerar que el dimensionamiento de la normativa a utilizar tiene el alcance al largo y ancho de la probeta, así como su método de análisis de propiedades mecánicas correspondientes, lo que no ocurre para el espesor ya que está en función del espesor promedio determinado en la primera parte del estudio y que se obtuvo de la caracterización preliminar del material con el que se va a trabajar.

El dimensionamiento de las probetas está determinado para cada tipo de ensayo (tracción, flexión e impacto) sugeridas en el estudio y que corresponden a lo determinado en las normativas correspondientes, las cuales se detallan en la tabla 3-1.

**Tabla 3-1:** Dimensionamiento de probetas para ensayos mecánicos.

Tipo de Ensayo	Norma aplicada	Dimensión [mm]
Tracción (Probeta tipo D1)	NTE INEN 2043	250x50x10
Flexión	NTE INEN 2047	80x10x4
Impacto	ASTM D 5420-14	50x50x4

Realizado por: Gavilanes, M Ortiz, A. 2023.



**Tabla 3-2:** Características de las probetas de tracción.

Material	Tipo de Probeta	Procedimiento de preparación	Espesor recomendado	Velocidad de ensayo recomendado
Materiales termoestables: con refuerzo inorgánico en forma de fibras distribuidas al azar, fieltro textil de tejido con hilos gruesos o mercha.	D1	Mecanizado de una hoja	-	5 mm/min para control de rutina 2mm/min para pruebas de cualificación

Realizado por: Gavilanes, M Ortiz, A. 2023.

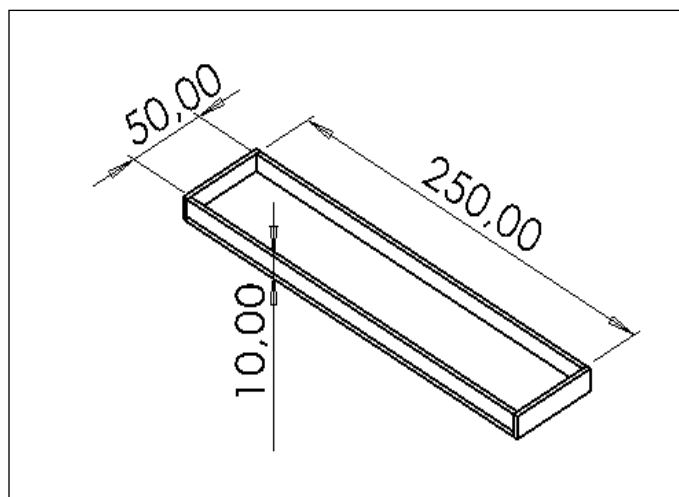
Fuente: NTE INEN, 2023.

### 3.3.2 Fabricación de moldes para pruebas del material

Para la construcción de los moldes de las probetas se optó por diseñarlos en el software SolidWorks, donde se realizó su geometría y se dimensionó según las normas respectivas para cada tipo de ensayo.

El dimensionamiento se realizó con base en la tabla 3-1 planteada anteriormente, a continuación, se representa el diseño de los moldes para cada uno de los ensayos que se planteó efectuar.

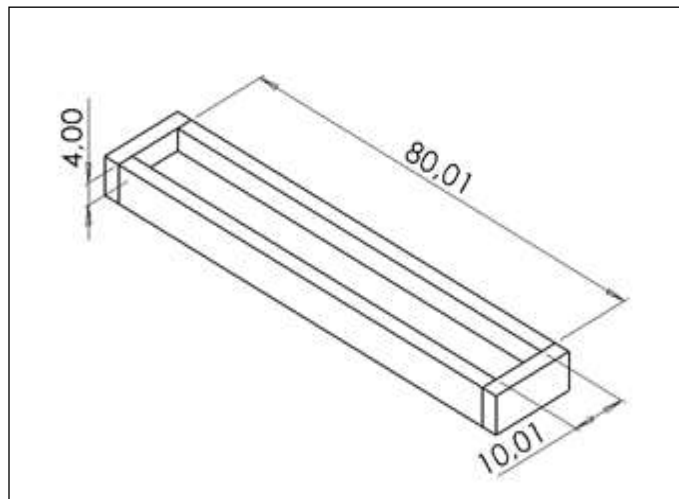
#### 3.3.2.1 Probeta para ensayo de tracción bajo la norma NTE INEN 2043



**Ilustración 3-5:** Diseño de probeta de tracción

Realizado por: Gavilanes, M Ortiz, A. 2023.

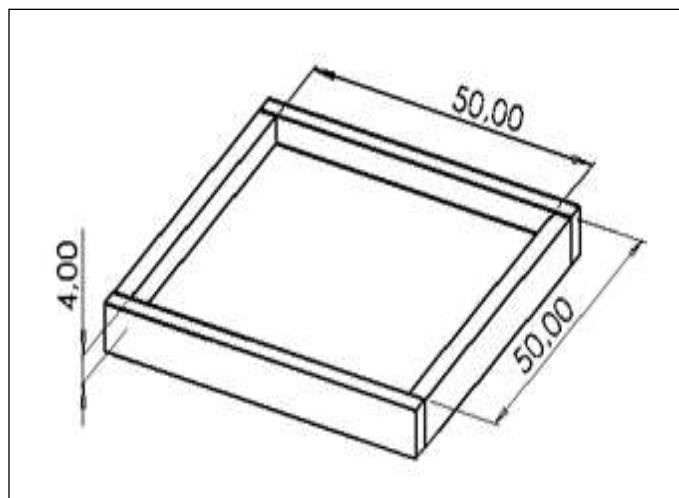
### 3.3.2.2 *Probeta para ensayo de flexión bajo la norma NTE INEN 2047*



**Ilustración 3-6:** Diseño de probeta de flexión.

**Realizado por:** Gavilanes, M Ortiz, A. 2023.

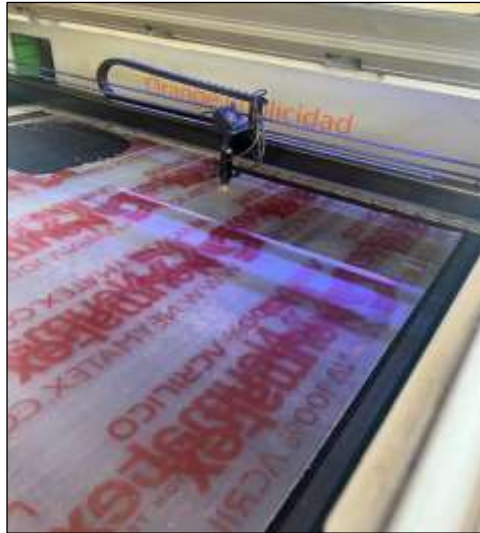
### 3.3.2.3 *Probeta para ensayo de impacto bajo la norma ASTM D 5420-14*



**Ilustración 3-7:** Diseño de probeta de impacto.

**Realizado por:** Gavilanes, M Ortiz, A. 2023.

Después de haber realizado los diseños de las probetas, se realizó la fabricación de las probetas en material acrílico, para lo cual se acudió a un local comercial dedicado a publicidad y realización de trabajos en acrílico. El trabajo realizado consistió en entregar el diseño de cada una de las probetas netamente acotadas y con la cantidad que se requería para posteriormente realizar un corte mediante láser en material acrílico con cada uno de los componentes, posteriormente se unió cada una de las piezas para finalmente obtener los moldes deseados.



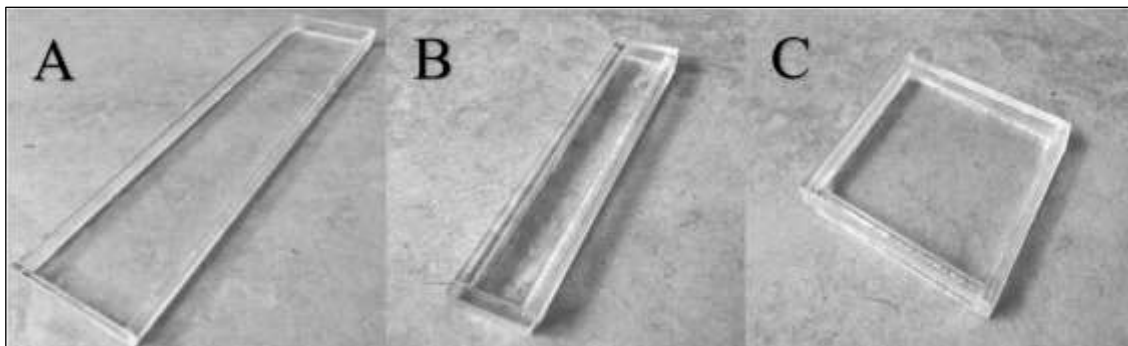
**Ilustración 3-8:** Corte láser del acrílico para los moldes.

**Realizado por:** Gavilanes, M Ortiz, A. 2023.



**Ilustración 3-9:** Construcción de los moldes.

**Realizado por:** Gavilanes, M Ortiz, A. 2023.



**Ilustración 3-10:** Moldes de las probetas para tracción (A), flexión (B) e impacto (C)

**Realizado por:** Gavilanes, M Ortiz, A. 2023.

### 3.3.3 Procedimiento para realizar las probetas (Muestras del material)

Una vez que se han obtenido los moldes adecuados y con las medidas regularizadas, se procedió a realizar las probetas del material empleado en esta investigación, para ello se siguió los siguientes pasos:

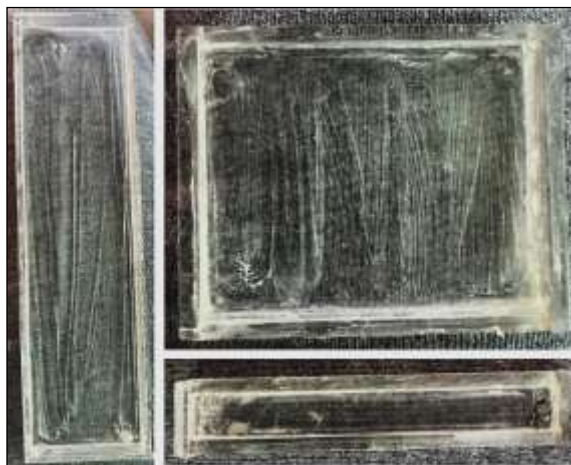
#### 3.3.3.1 Encerado de los moldes

Este proceso consistió en aplicar una capa de cera desmoldante sobre la superficie del molde, para ello primero se realizó una limpieza de este para asegurarse que se encuentre libre de suciedad, polvo u otros tipos de contaminantes. La cera empleada fue de marca AUTOCARE, la misma que posee propiedades específicas y adecuadas para un posterior desmontaje de la muestra. Para la aplicación de esta cera, se optó por realizarlo con la ayuda de una pequeña brocha, ya que nos ayudó a una aplicación uniforme y consistente sobre el molde.



**Ilustración 3-11:** Cera desmoldante

**Realizado por:** Gavilanes, M Ortiz, A. 2023.



**Ilustración 3-12:** Moldes para tracción, flexión e impacto encerados.

**Realizado por:** Gavilanes, M Ortiz, A. 2023.

### 3.3.3.2 Preparación de la fibra Cabuya

Para este procedimiento se debió recortar el material seleccionado de acuerdo a las dimensiones especificadas para cada una de las probetas y esto se realizó con la ayuda de una tijera con el fin de garantizar un corte limpio y preciso.

- Para la muestra destinada al ensayo de tracción, se empleó 3 capas de fibra de cabuya para cada probeta.
- Para la muestra destinada al ensayo de flexión, se empleó 1 sola capa de fibra de cabuya para cada probeta.
- Para la muestra destinada al ensayo de impacto, se empleó 2 capas de fibra de cabuya para cada probeta.



**Ilustración 3-13:** Preparación de tejido de cabuya.

Realizado por: Gavilanes, M Ortiz, A. 2023.



**Ilustración 3-14:** Fibra de cabuya recortada.

Realizado por: Gavilanes, M Ortiz, A. 2023.

### 3.3.3.3 Preparación de la resina de poliéster

La preparación de la resina de poliéster implicó la combinación de varios componentes para la obtención de una mezcla homogénea y de baja viscosidad capaz de brindar las propiedades y características idóneas para el trabajo a realizar. Cabe mencionar que, para este procedimiento, fue de suma importancia seguir las recomendaciones del fabricante de la resina como de los demás aditivos empleados, a su vez, se tomó las precauciones de seguridad adecuadas como usar equipo de protección personal, trabajar en un área bien ventilada y además el manejo correcto ante productos químicos.

Los productos empleados para la preparación de la resina de poliéster fueron:

- A. Resina poliéster insaturada
- B. Monómero de estireno
- C. Metiletilcetona (MEC)
- D. Talco industrial
- E. Octoato de cobalto



**Ilustración 3-15:** Componentes químicos para preparar la resina.

**Realizado por:** Gavilanes, M Ortiz, A. 2023.

Para la realización de este proceso, se necesitó de una balanza para poder pesar cada uno de los componentes con el objetivo de obtener una mezcla correcta. El procedimiento de mezcla de los diferentes componentes fue el siguiente:

- En un recipiente plástico se agregó 500 gramos de resina de poliéster insaturada. Se tomó como referencia que este es el 100% del cual nos guiamos para determinar las cantidades de los demás componentes a integrar.



**Ilustración 3-16:** Aplicación de resina de poliéster insaturada.

**Realizado por:** Gavilanes, M Ortiz, A. 2023.

- A continuación, se agregó un 20% de monómero de estireno es decir 100 gramos. La incorporación de este componente sirvió para bajar la viscosidad que posee la resina de poliéster insaturada, obteniendo una mezcla capaz de ayudar al proceso de realización de las probetas. Es importante tomar en consideración que el monómero de estireno puede ser volátil y tóxico en altas concentraciones, por lo cual el uso de mascarilla para este y todo el proceso en general fue de uso obligatorio.



**Ilustración 3-17:** Aplicación de monómero de estireno.

**Realizado por:** Gavilanes, M Ortiz, A. 2023.

- El siguiente componente por integrar fue el talco industrial, el cual se agregó en un 2%, es decir, 10 gramos. El empleo del talco industrial para la mezcla se lo hizo con el propósito de proporcionar una mayor resistencia del material final al impacto, aumentar



su rigidez, y además reducir la contracción durante el proceso de curado. En términos generales, el talco actúa como un agente de refuerzo dentro de este proceso.



**Ilustración 3-18:** Aplicación del talco industrial.

**Realizado por:** Gavilanes, M Ortiz, A. 2023.

- Una vez que se diluyó completamente el talco en la mezcla, se procedió por integrar el octoato de cobalto y se lo hizo en un 1% es decir, 5 gramos. El octoato de cobalto es un compuesto químico que se utilizó como catalizador para la resina de poliéster insaturada. El octoato de cobalto actuó como iniciador de la reacción de polimerización, acelerando la formación de enlaces químicos entre las moléculas de poliéster generando así dureza y resistencia una vez cumplido el proceso de laminado y curado de las probetas.

Para medir la cantidad adecuada de octoato de cobalto se empleó un gotero capaz de permitirnos tener un mejor control de las cantidades a integrar, ya que las medidas debieron ser en lo mayor posible exactas para una mezcla correcta e idónea para el proceso a realizar. Es importante tomar en consideración que para la incorporación del octoato de cobalto se realizó en las cantidades y condiciones ambientales adecuadas según las recomendaciones del fabricante de la resina de poliéster adquirida, ya que el uso incorrecto o desproporcional de este compuesto químico pudo haber afectado severamente las propiedades y el rendimiento de la resina, afectando el proceso de realización de las probetas o toma de muestras del material.





**Ilustración 3-19:** Aplicación del octoato de cobalto.

**Realizado por:** Gavilanes, M Ortiz, A. 2023.

- Como componente final tenemos al metiletilcetona o también conocido como MEC. Para la integración de este componente se lo realizó en 3 partes (2 gramos para cada parte) debido a que, para realizar las probetas de tracción e impacto, se iba a necesitar 3 y 2 aplicaciones respectivamente, tanto de la resina como de la fibra natural, es decir, el laminado se realizó por 3 y 2 ocasiones para estas probetas, lo que requería para cada aplicación un tiempo de espera de 10 a 15 minutos y si se hubiera integrado a toda la mezcla el MEC, el proceso de endurecimiento no nos hubiera permitido dejar pasar el tiempo de espera para cada laminación. El total en porcentaje de este componente final fue del 1%.



**Ilustración 3-20:** Aplicación del metiletilcetona.

**Realizado por:** Gavilanes, M Ortiz, A. 2023.

#### 3.3.3.4 Aplicación de la fibra y resina en los moldes

Para este procedimiento se requirió trabajar cuidadosamente con el propósito de obtener resultados precisos y muestras del material apropiadas. Además, nos aseguramos de tener los equipos de seguridad adecuados, como guantes, gafas protectoras y una zona de trabajo bien ventilada debido a que los componentes con los que se trabajó son medianamente tóxicos.

El procedimiento por seguir para la realización de las probetas fue el siguiente:

- Como primer paso, se vertió la mezcla de la resina y se esparció a lo largo y ancho de cada uno de los moldes de tracción, flexión e impacto. El proceso requirió ser trabajado con agilidad, debido a que la resina tiende a empezar su proceso termoquímico de endurecimiento.



**Ilustración 3-21:** Aplicación de resina en moldes.

**Realizado por:** Gavilanes, M Ortiz, A. 2023.

- Este proceso se lo realizó por laminación, por lo tanto, el próximo paso a seguir fue, introducir la fibra antes preparada a los moldes respectivos, para posteriormente agregar nuevamente otra parte de resina, asegurándonos de cubrir y empapar en su totalidad la fibra.

Este paso se repitió por tres ocasiones en las probetas destinadas a los ensayos de tracción, por dos ocasiones para las probetas destinadas al ensayo de impacto y por una ocasión para las probetas destinadas a los ensayos de flexión.



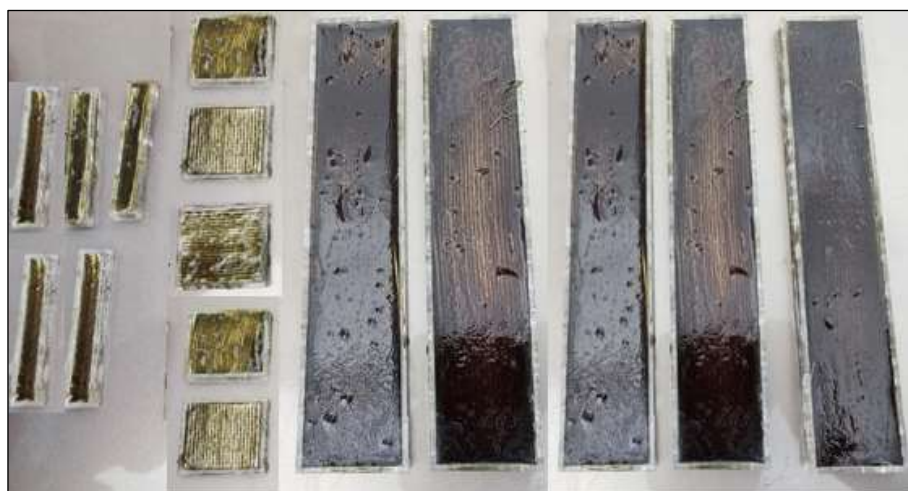
**Ilustración 3-22:** Aplicación de la fibra en moldes.

**Realizado por:** Gavilanes, M Ortiz, A. 2023.

### 3.3.3.5 *Proceso de curado de las probetas*

Una vez aplicada la resina y fibra, se procedió a almacenar las probetas en un lugar fresco y seco, para que el proceso de curado o secado de estas se cumpla con normalidad. El secado de las probetas se lo realizó durante un periodo de 5 días con el fin de obtener resultados idóneos de las muestras del material.

Se realizó un seguimiento periódico del proceso de secado de las probetas con el propósito de asegurarse que las condiciones se mantenían estables y consistentes, a su vez se constató que no exista ninguna filtración del material.



**Ilustración 3-23:** Probetas del material almacenadas para secado.

**Realizado por:** Gavilanes, M Ortiz, A. 2023.

### 3.4 Ensayos destructivos del material compuesto

Los ensayos destructivos representan una parte fundamental para el estudio del material empleado en este proyecto, el aporte que brindó estos ensayos ayudó a comprender las propiedades mecánicas y el comportamiento bajo ciertas carga,s como además otras propiedades propias del material utilizado.

El laboratorio elegido para la realización de los ensayos fue el Laboratorio “Centro de Transferencia y Tecnología” perteneciente a la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato. La elección del laboratorio para la realización de los ensayos se basó en una cuidadosa valoración tanto en experiencia, reputación, disponibilidad y equipamiento necesario que se requería para las pruebas del material de este trabajo. Los resultados obtenidos tras realizar los diferentes ensayos se encuentran mejor detallados en los informes entregados por el laboratorio, los mismos que han sido adjuntados en los anexos del presente trabajo.



**Ilustración 3-24:** Laboratorio CTT - FICM

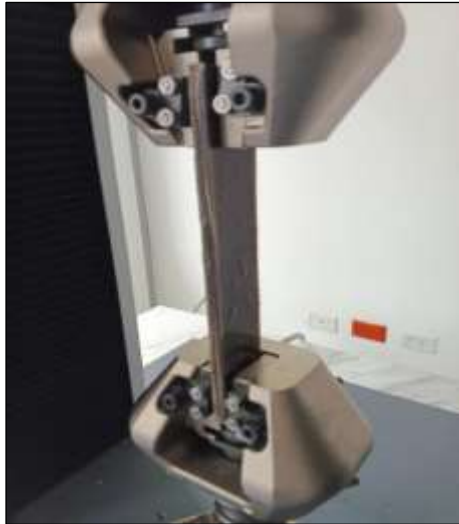
**Fuente:** UTA.

Una vez elaboradas y desmoldadas las probetas, se procedió a asegurarse de que la longitud y la sección transversal de cada una de las 15 probetas diferentes cumplan con los requisitos preestablecidos por la Norma y se encuentren listas para las diferentes pruebas a realizarse.

#### 3.4.1 *Ensayo de tracción*

Los ensayos de tracción fueron realizados bajo la Norma NTE INEN 2043, la cual establece el método para determinar la resistencia a la rotura por tracción en plásticos en forma de probetas normalizadas bajo ciertas condiciones, como también establece que el número de probetas para realizar el ensayo es de al menos 5 probetas, con el propósito de descartar el valor menos acorde a los resultados y sacar un promedio de cada una de las propiedades que caracterización el material.

Los datos obtenidos una vez realizadas las pruebas son el resultado de la relación entre la resistencia y la deformación por tracción. Estos datos fueron: fuerza (N), módulo elástico (GPa), resistencia a la tracción o tensión máxima (MPa) y la deformación máxima (%). Estos datos se encuentran en la tabla 3-3.



**Ilustración 3-25:** Ensayo de tracción en probeta 1.

**Fuente:** Laboratorio CTT - FICM UTA.

**Tabla 3-3:** Datos promedio de los ensayos de tracción.

PROPIEDADES	VALOR
Fuerza máxima	9073,848 N
Módulo elástico	0,450 GPa
Tensión máxima	18,148 Mpa
Deformación máxima	7,992 %

**Realizado por:** Gavilanes, M Ortiz, A. 2023.

### 3.4.2 *Ensayo de flexión*

Los ensayos de flexión fueron realizados bajo la Norma NTE INEN 2047, la cual establece el método para determinar la resistencia a la flexión de materiales plásticos rígidos en forma de probetas normalizadas bajo ciertas condiciones, como también establece que el número de probetas para realizar el ensayo es de al menos 5 probetas.

El procedimiento para determinar el esfuerzo máximo a la flexión de las probetas es a través del ensayo a tres puntos, Figura 3-25.

Los datos obtenidos una vez realizadas las pruebas fueron: fuerza (N), módulo de Young (GPa), tensión máxima (MPa) y la deformación máxima (%). Estos datos se encuentran en la tabla 3-4.



**Ilustración 3-26:** Ensayo de flexión en probeta 1.

**Fuente:** Laboratorio CTT - FICM UTA.

**Tabla 3-4:** Datos promedio de los ensayos de flexión.

PROPIEDADES	VALOR
Fuerza máxima	63,348 N
Módulo de Young	0,762 GPa
Tensión máxima	40,009 Mpa
Deformación máxima	5,657 %

**Realizado por:** Gavilanes, M Ortiz, A. 2023.

### 3.4.3 Ensayo de impacto

Los ensayos de impacto fueron realizados bajo la Norma ASTM D 5420-14, la cual establece el método para determinar la energía necesaria para la rotura por impacto en plásticos en forma de probetas normalizadas bajo ciertas condiciones, como también establece que el número de probetas para realizar el ensayo es de al menos 5 probetas. En este ensayo un cuerpo con una masa específica cae desde diferentes alturas e impacta a la probeta hasta llegar a fracturarla, de esta manera se determinó la energía necesaria para llegar a romper la probeta.

La energía requerida para hacer que la probeta falle, es decir se fracture, se emplea en este método de prueba para determinar la clasificación relativa del material.

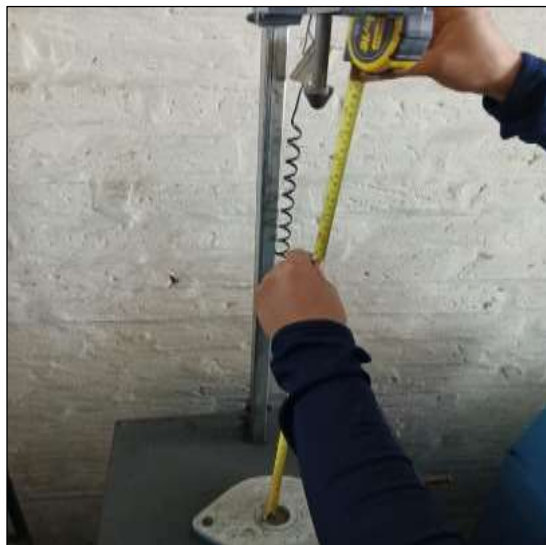
Los datos obtenidos una vez realizadas las pruebas son el resultado de realizar la caída de un cuerpo con una masa de 0.163 Kg (Fig. 3-26) y tras 5 alturas diferentes dando como resultado la ruptura de la probeta a una altura específica, como se muestra en la tabla 3-4.





**Ilustración 3-27:** Cuerpo usado en ensayo de impacto.

**Fuente:** Laboratorio CTT - FICM UTA.



**Ilustración 3-28:** Ensayo de impacto en probeta 1.

**Fuente:** Laboratorio CTT - FICM UTA.

**Tabla 3-5:** Datos obtenidos del ensayo de impacto.

DATOS	VALOR
Masa aplicada	0,163 Kg
Incremento de masa	0,406 Kg
Altura media de fallo	1000 mm
Energía media de fallo	5,5819 J

**Realizado por:** Gavilanes, M Ortiz, A. 2023.

### 3.5 Diseño asistido por ordenador CAD

#### 3.5.1 *Diseño y modelado del asiento*

Para la realización del asiento se utilizó el software SolidWorks que mediante las diferentes funciones y comandos que trae el software, se realizó el diseño por medio de superficie, para lo

cual primero se tomó fotos del asiento base, el modelo del asiento en el software CAD se basó en superficies por el diseño que tiene el asiento en la tabla 3-3 se indica como se llevó a cabo el proceso de modelación del asiento.



**Ilustración 3-29:** Imágenes del asiento base para referencia del modelo CAD.

Realizado por: Gavilanes, M Ortiz, A. 2023.

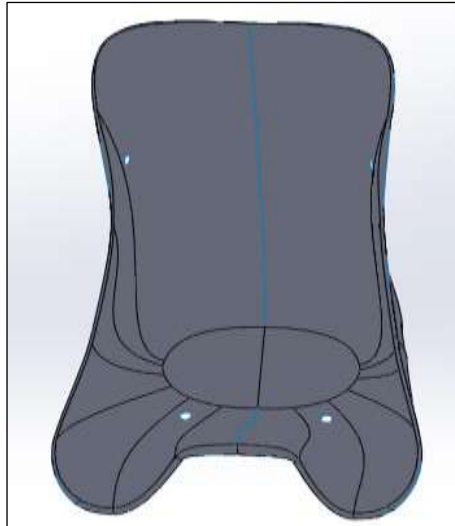
**Tabla 3-6:** Operaciones realizadas del modelo CAD.

OPERACIONES	DESCRIPCIÓN	FIGURAS
Imágenes de referencia sobre planos	Se utilizó los planos de planta y alzado respectivamente para ubicar las imágenes de croquis y así se generó las curvas de superficie y se empezó con el modelo 3D.	
Curva	A partir de un croquis alzado se proyectó una curva que permitió crear un croquis 3D, tomando de referencia la base del asiento.	
Croquis 3D	Se realizó los contornos de la parte superior con respecto a la base del asiento en un croquis 3D	



<p>Superficie límite</p>	<p>A partir del croquis 3D se generaron superficies que permitieron crear la base del modelo a simular.</p>	
<p>Simetría</p>	<p>Como se diseñó la mitad del asiento se procedió a utilizar simetría para completar la otra superficie y se generó la otra mitad del asiento.</p>	
<p>Coser superficie</p>	<p>Desde superficies divididas con la intención de unir superficies del modelo y crear detalles u operaciones.</p>	
<p>Cortar superficies</p>	<p>Se utilizó cortar superficies para los orificios de los anclajes creando un plano de acuerdo a dónde se necesitaban las perforaciones.</p>	

Realizado por: Gavilanes, M Ortiz, A. 2023.



**Ilustración 3-30:** Diseño del asiento Go-Kart en SolidWorks.

**Realizado por:** Gavilanes, M Ortiz, A. 2023.

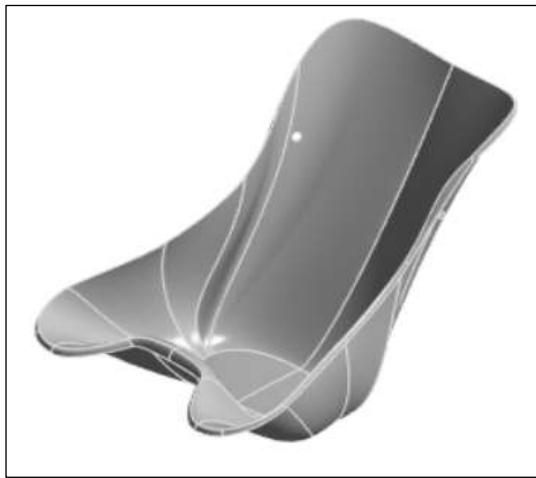
### **3.6 Ingeniería asistida por computador CAE**

Una vez que se obtuvo el diseño del asiento en SolidWorks se procedió a realizar el análisis estático del asiento donde se evaluó las cargas y fuerzas que actúan cuando el piloto este sentado sobre el Kart.

Para la simulación del asiento se utilizó Ansys Student donde se llevó a cabo una serie de pasos que se detallan a continuación:

1. Se generó el modelo en un software que sea compatible con Ansys, asegurando que el modelo esté correctamente dimensionado e incluya las características necesarias.
2. Se importó el modelo del asiento previamente creado en el software CAD utilizando la opción "Importar Geometría".
3. Una vez que el modelo esté importado, se generó la malla para discretizar la geometría. Esto se hace mediante el proceso de "meshing" o generación de malla. Se puede utilizar el módulo "Meshing" de Ansys para aplicar diferentes tipos de malla, como tetraédrica o hexaédrica, y asegurar que la malla esté refinada en áreas críticas del asiento donde se esperan altas concentraciones de tensiones.
4. Después de generar la malla, se define las condiciones de contorno para la simulación. Se estableció las restricciones como anclar los soportes que lleva el asiento y las cargas, las fuerzas o pesos aplicados sobre el asiento que actuarán durante la simulación. Se debe asignar propiedades de materiales al modelo, como la elasticidad y resistencia del material del asiento.

5. En el módulo "Static Structural" se configura los parámetros de la simulación, como el tipo de análisis (lineal o no lineal), el tipo de materiales, las condiciones de borde y cualquier otro factor relevante para tu estudio.
6. Una vez que se haya configurado todo, se inicia la simulación para que Ansys calcule las deformaciones y tensiones en el asiento, bajo las condiciones de carga y restricciones definidas.
7. Después de que la simulación se haya completado, se analizó los resultados para comprender cómo responde el asiento a las condiciones de carga.



**Ilustración 3-31:** Importación del asiento Go-Kart en software Ansys.

**Realizado por:** Gavilanes, M Ortiz, A. 2023.

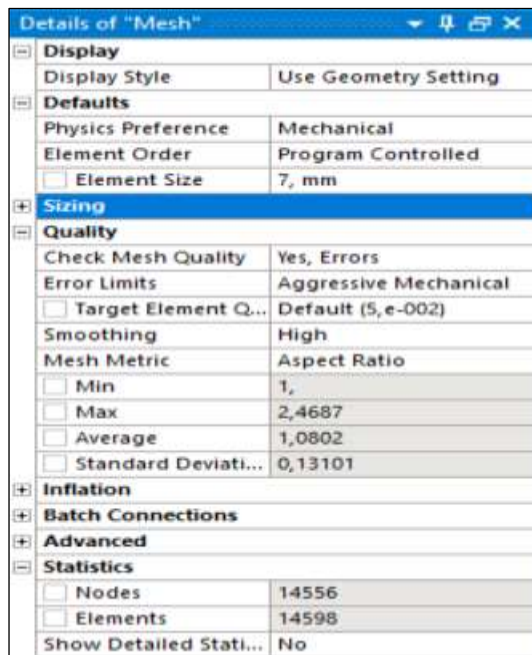
### **3.6.1 Aplicación de mallado a modelado 3D**

Para la aplicación del mallado sobre el asiento se optó por usar una malla adecuada para asegurar que la geometría sea precisa y que el análisis sea numéricamente estable y convergente.

1. Para el mallado del asiento se optó el método "Aspect Ratio" ya que, combina elementos cuadriláteros (quads) y elementos triangulares (tris) en una malla, porque se ha adaptado mejor a geometría del asiento, maximizando la eficiencia computacional y la precisión de la simulación.
2. Luego se determinó el tamaño de los elementos en la malla porque es un factor crucial, se debe asegurar que los elementos sean lo suficientemente pequeños para capturar las características importantes de la geometría del asiento, especialmente en áreas críticas donde se esperan altas concentraciones de tensión. Sin embargo, también es importante evitar un mallado excesivamente refinado que pueda aumentar significativamente el

tiempo de cálculo sin proporcionar beneficios significativos en la precisión de los resultados.

- Después se debe aplicar un criterio de malla, en este caso se escogió “Aspect Ratio” que es la relación de aspecto y este valor debe estar cercano o ser 1, para tener una malla de alta calidad y poder conducir a resultados más precisos en las simulaciones por elementos finitos.



Details of "Mesh"	
<b>Display</b>	
Display Style	Use Geometry Setting
<b>Defaults</b>	
Physics Preference	Mechanical
Element Order	Program Controlled
<input type="checkbox"/> Element Size	7, mm
<b>Sizing</b>	
<b>Quality</b>	
Check Mesh Quality	Yes, Errors
Error Limits	Aggressive Mechanical
<input type="checkbox"/> Target Element Q...	Default (5,e-002)
Smoothing	High
Mesh Metric	Aspect Ratio
<input type="checkbox"/> Min	1,
<input type="checkbox"/> Max	2,4687
<input type="checkbox"/> Average	1,0802
<input type="checkbox"/> Standard Deviat...	0,13101
<b>Inflation</b>	
<b>Batch Connections</b>	
<b>Advanced</b>	
<b>Statistics</b>	
<input type="checkbox"/> Nodes	14556
<input type="checkbox"/> Elements	14598
Show Detailed Stati...	No

**Ilustración 3-32:** Detalles de malla del asiento Go-Kart.

Realizado por: Gavilanes, M Ortiz, A. 2023.



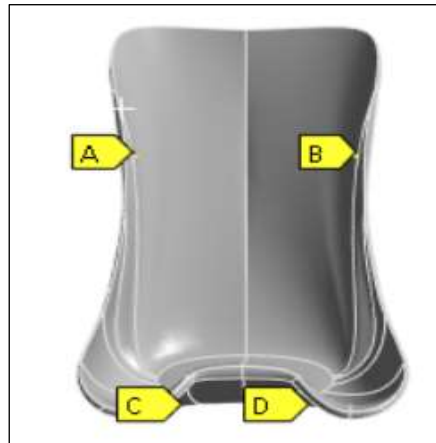
**Ilustración 3-33:** Mallado del asiento Go-Kart en Ansys.

Realizado por: Gavilanes, M Ortiz, A. 2023.

### 3.6.2 Aplicación de cargas a modelado 3D

Después de realizado el mallado del asiento del Go-Kart, se aplicó las cargas adecuadas para simular las condiciones reales de operación.

Se colocó las condiciones de frontera o restricciones de acuerdo al asiento, para lo cual se escogió “Remote Displacement” ya que, representa situaciones en las que no hay contacto directo, en este caso es sujetado por medio de tornillos.



**Ilustración 3-34:** Aplicación de condiciones de frontera.

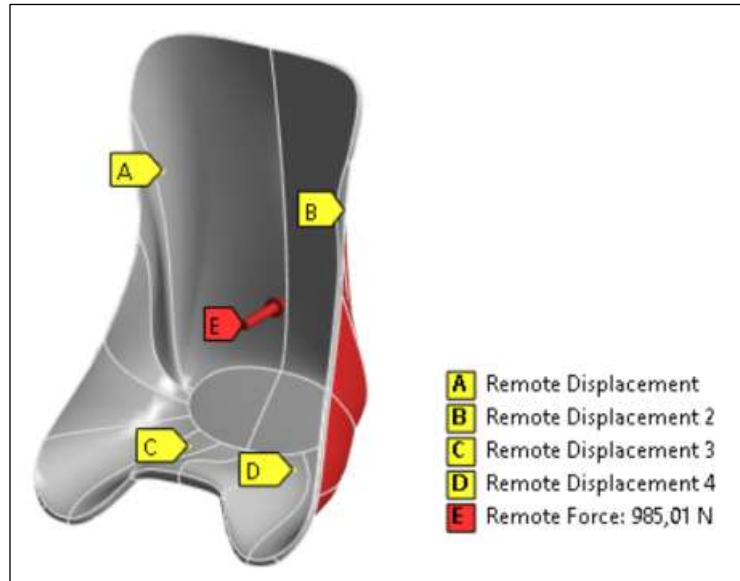
**Realizado por:** Gavilanes, M Ortiz, A. 2023.

Para la fuerza ejercida por el piloto sobre el asiento del Go-Kart se evaluó como responde el asiento a las cargas impuestas por el piloto durante la conducción. Se procedió a tomar un valor promedio de la masa de un piloto de un Go-Kart incluyendo el equipo de protección, para lo cual se tomó 71 Kg para seguidamente encontrar el peso del piloto multiplicando la masa del piloto con su respectivo equipo de protección por la gravedad  $9.81 \frac{m}{s^2}$



**Ilustración 3-35:** Aplicación de carga.

**Realizado por:** Gavilanes, M Ortiz, A. 2023.



**Ilustración 3-36:** Condiciones de carga aplicadas en el asiento.

Realizado por: Gavilanes, M Ortiz, A. 2023.

### 3.7 Obtención del molde del asiento

#### 3.7.1 Componentes empleados

Para obtener el molde sobre el cual nos basamos para la construcción del asiento del Go-Kart se optó por conseguir en el mercado un asiento ya fabricado y estandarizado que sirvió de guía y a su vez de base para realizar nuestro molde en negativo. La obtención del molde a partir de un elemento ya fabricado es un proceso útil y versátil para conseguir duplicar dicho elemento de manera eficiente y rápida.



**Ilustración 3-37:** Asiento base.

Realizado por: Gavilanes, M Ortiz, A. 2023.

El molde que se extrajo del asiento base fue realizado con la ayuda de la espuma de poliuretano, ya que es un material adecuado para la realización de moldes debido a sus propiedades de trabajo, su versatilidad y facilidad de uso. Para este proceso se adquirió en el mercado los componentes que intervienen para el proceso químico de la expansión de la espuma de poliuretano: El polioliol (Componente A) y el isocianato (Componente B).



**Ilustración 3-38:** Componentes A y B de la espuma de poliuretano.

**Realizado por:** Gavilanes, M Ortiz, A. 2023.

Cabe mencionar que al trabajar con espuma de poliuretano fue de suma importancia el seguimiento de las instrucciones del fabricante y la toma de precauciones debido a que son componentes irritables tanto para la piel como para las vías respiratorias, además se debió seguir normas de seguridad adecuadas como el uso de protección personal y el trabajar en un ambiente adecuado y ventilado.

### **3.7.2 Preparación del asiento base**

Para la obtención del molde se escogió la espuma de poliuretano por su fácil aplicación, como también por las propiedades que posee de adherirse y expandirse a la geometría del cuerpo en donde se aplica. El procedimiento para su aplicación inició con la limpieza del asiento para asegurarnos que no haya ninguna impureza, polvo o suciedad sobre este. Seguidamente, se optó por forrar con fundas plásticas y cinta la superficie donde se aplicará la espuma de poliuretano con el propósito de evitar que la espuma se adhiriera directamente con el asiento y con ello se nos dificulte la extracción del molde. Es importante que las fundas plásticas adopten la forma correcta de cada moldura del asiento, pues de eso dependerá que el molde tome su forma en lo más exactamente posible.

Una vez forrado el asiento, se aplicó además cera desmoldante sobre las fundas plásticas con el propósito de facilitar aún más la posterior extracción del molde en espuma de poliuretano.



**Ilustración 3-39:** Asiento base forrado.

**Realizado por:** Gavilanes, M Ortiz, A. 2023.

### ***3.7.3 Aplicación de la espuma de poliuretano***

Para este procedimiento se siguió las instrucciones del fabricante para preparar y mezclar adecuadamente los componentes A y B que dan lugar a la espuma de poliuretano. Las cantidades de cada uno de los componentes dependerá mucho de la expansión que se requiera. La mezcla se realizó en un recipiente para seguidamente verter cuidadosamente sobre el asiento base, asegurándonos que la aplicación sea uniforme por sobre toda la superficie.

Este procedimiento se realizó por varias ocasiones, es decir, se realizó por capas con un tiempo de expansión menor a 3 minutos para cada aplicación. El objetivo de este modo de aplicación fue cubrir en su totalidad el asiento y conseguir un molde robusto y firme.



**Ilustración 3-40:** Aplicación de espuma de poliuretano en asiento base.

**Realizado por:** Gavilanes, M Ortiz, A. 2023.





**Ilustración 3-41:** Espuma de poliuretano expandida en asiento base.

**Realizado por:** Gavilanes, M Ortiz, A. 2023.

#### **3.7.4 *Secado y extracción del molde***

Una vez que se aplicó la espuma de poliuretano y que éste haya terminado con su reacción química y proceso de expansión, el elemento debió ser colocado en un lugar fresco, seco y libre de humedad, para que el proceso de secado que se llevó a cabo durante cuatro días se cumpla adecuadamente y nos brinde mayor seguridad al momento de desmontar el molde del asiento base.



**Ilustración 3-42:** Proceso de secado del molde del asiento.

**Realizado por:** Gavilanes, M Ortiz, A. 2023.

Una vez pasado los cuatro días de secado, se procedió a desmontar el molde del asiento base, para ello se debió realizar la extracción de este en partes debido a que el asiento poseía molduras que dificultaban la extracción completa del molde. Para poder desmontar por partes el molde, se realizó dos cortes longitudinales capaces de dividir al molde por la mitad y con ello se pueda realizar su extracción sin complicación alguna.



**Ilustración 3-43:** Extracción del molde del asiento.

**Realizado por:** Gavilanes, M Ortiz, A. 2023.

### **3.7.5 Preparación del molde**

Como procedimiento final para obtener el molde adecuado para la posterior construcción del asiento, se unió las 3 partes como fueron extraídas del molde y esto se realizó con la ayuda de pegamento blanco y cinta. Además, posteriormente se lijó la superficie del molde con el propósito de eliminar cualquier desigualdad en la misma y corregir su forma en caso de ser necesario.

Una vez que la superficie se encuentra lista, se procedió a envolver todo el molde con cinta masking de manera uniforme. Esto se realizó bajo la finalidad de que una vez aplicada la resina poliéster y refuerzo de cabuya dentro del proceso de construcción, la extracción del asiento sea fácil y segura.



**Ilustración 3-44:** Preparación del molde.

**Realizado por:** Gavilanes, M Ortiz, A. 2023.

### 3.8 Proceso de Construcción del asiento

El proceso de fabricación que se empleó para elaborar el asiento del Go-Kart se realizó mediante la aplicación de capas de resina poliéster y fibra de natural en el molde del asiento base, a este método se lo conoce como "método de laminación".

#### 3.8.1 Preparación de la cabuya

Este proceso consistió en asegurarse que la fibra se encuentre libre de impurezas para posteriormente cortarla en la forma que mejor se acople al molde y esto se logró sobreponiendo la fibra sobre el molde del asiento base y realizando cortes según sea necesario. Se debe obtener 2 patrones del tejido de cabuya para realizar el proceso de laminado posterior.



**Ilustración 3-45:** Preparación del tejido de cabuya.

Realizado por: Gavilanes, M Ortiz, A. 2023.



**Ilustración 3-46:** Corte del tejido de cabuya.

Realizado por: Gavilanes, M Ortiz, A. 2023.

#### 3.8.2 Preparación de la resina de poliéster

Las cantidades porcentuales y el proceso de preparación de la resina fueron las mismas que se emplearon para realizar las probetas. Tomando en cuenta que para el proceso de construcción del asiento por laminación se requirió mayor cantidad de resina a aplicar. Las cantidades fueron las

mostradas en la tabla 3-2. El proceso de laminación que se llevó posteriormente a cabo requirió que se realice esta mezcla de resina por dos ocasiones, debido a que se colocó dos capas de fibra de cabuya.

**Tabla 3-7:** Cantidades porcentuales y en gramos para la preparación de la resina.

Componentes	Cantidad porcentual	Cantidad en gramos
Resina poliéster insaturada	100%	1000 gr.
Monómero de estireno	20%	200 gr.
Talco industrial	2%	20 gr.
Octoato de cobalto	1%	10 gr.
Metiletilcetona	1%	10 gr.

**Realizado por:** Gavilanes, M Ortiz, A. 2023.



**Ilustración 3-47:** Preparación de la resina para el asiento.

**Realizado por:** Gavilanes, M Ortiz, A. 2023.

### 3.8.3 *Proceso de laminación*

Para el proceso de laminación se utilizó la resina poliéster en combinación con otros elementos químicos que permitieron tener una mejor solidificación de la resina que en combinación con la fibra de cabuya se tenga un material compuesto eficiente.

Para la laminación primero se agregó una capa de resina compuesta y mediante el uso de una brocha de 2 pulgadas se propagó la resina en todo el molde para que la resina cubra en su totalidad la superficie del asiento. Como siguiente paso se procedió a aplicar la primera capa de tejido de la fibra de cabuya en conjunto con la resina.

Es importante que la capa de cabuya se encuentre completamente impregnada con resina, así se aseguró una unión sólida entre la fibra y la matriz de resina.

Se continuó aplicando la segunda capa de resina y fibra de cabuya alternativamente hasta alcanzar el espesor deseado y asegurar una buena adhesión.



**Ilustración 3-48:** Aplicación de la resina en el molde del asiento.

**Realizado por:** Gavilanes, M Ortiz, A. 2023.



**Ilustración 3-49:** Aplicación de la fibra en el molde del asiento.

**Realizado por:** Gavilanes, M Ortiz, A. 2023.

#### **3.8.4 Curado del asiento**

Una vez completado el proceso de laminado, se procedió a dejar curar el asiento durante un período prudente de tiempo en un lugar fresco y seco con el propósito de que la resina y el refuerzo de cabuya se adhieran completamente y el asiento adquiriera su forma y resistencia finales.



**Ilustración 3-50:** Proceso de curado del asiento.

**Realizado por:** Gavilanes, M Ortiz, A. 2023.

### **3.8.5 Desmoldeado del asiento**

Este proceso se realizó una vez que la resina cumplió su proceso de curado por completo. El asiento se removió cuidadosamente del molde de espuma de poliuretano en donde fue necesario el uso de la fuerza y la ayuda de herramientas que nos permitan desmoldar el asiento de forma segura sin dañar el mismo.



**Ilustración 3-51:** Asiento desmoldado.

**Realizado por:** Gavilanes, M Ortiz, A. 2023.

### **3.8.6 Pulido de asperezas**

En este punto se optó por realizar un pulido de las superficies ásperas y del material excedente que se encontró en el asiento construido, obteniendo un acabado más suave y estéticamente agradable.





**Ilustración 3-52:** Pulido del asiento.

**Realizado por:** Gavilanes, M Ortiz, A. 2023.

## CAPÍTULO IV

### 4. RESULTADOS

#### 4.1 Caracterización del Material Compuesto

Los datos obtenidos de las pruebas destructivas realizadas de tracción, flexión e impacto a las probetas con el material compuesto de matriz de poliéster y refuerzo de cabuya arrojaron los datos necesarios para la debida caracterización mecánica, y esto se realizó debido a que el material no se encuentra en ninguna librería de software CAD ni CAE. Se obtuvo los siguientes resultados:

##### 4.1.1 Resultados del ensayo de tracción

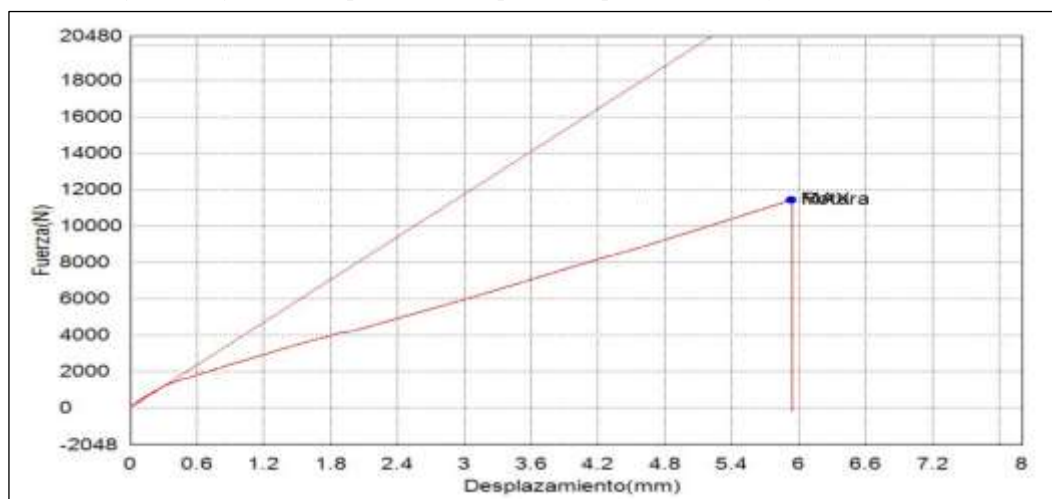
###### 4.1.1.1 Valores obtenidos de las probetas ensayadas

**Tabla 4-1:** Datos obtenidos del ensayo de tracción

N° Probeta	Fuerza máxima aplicada (N)	Módulo Elástico (GPa)	Tensión Máxima (Mpa)	Desplazamiento mm	Deformación máxima %
1	11422,4	0,47038	22,8448	5,93499	9,89165
2	9874,4	0,53445	19,7488	4,69003	7,81672
3	5365,55	0,4733	10,7311	3,632	6,05333
4	8457,36	0,34828	16,9147	4,39438	7,32396
5	10249,53	0,42208	20,4991	5,32558	8,87596

Realizado por: Gavilanes, M Ortiz, A. 2023.

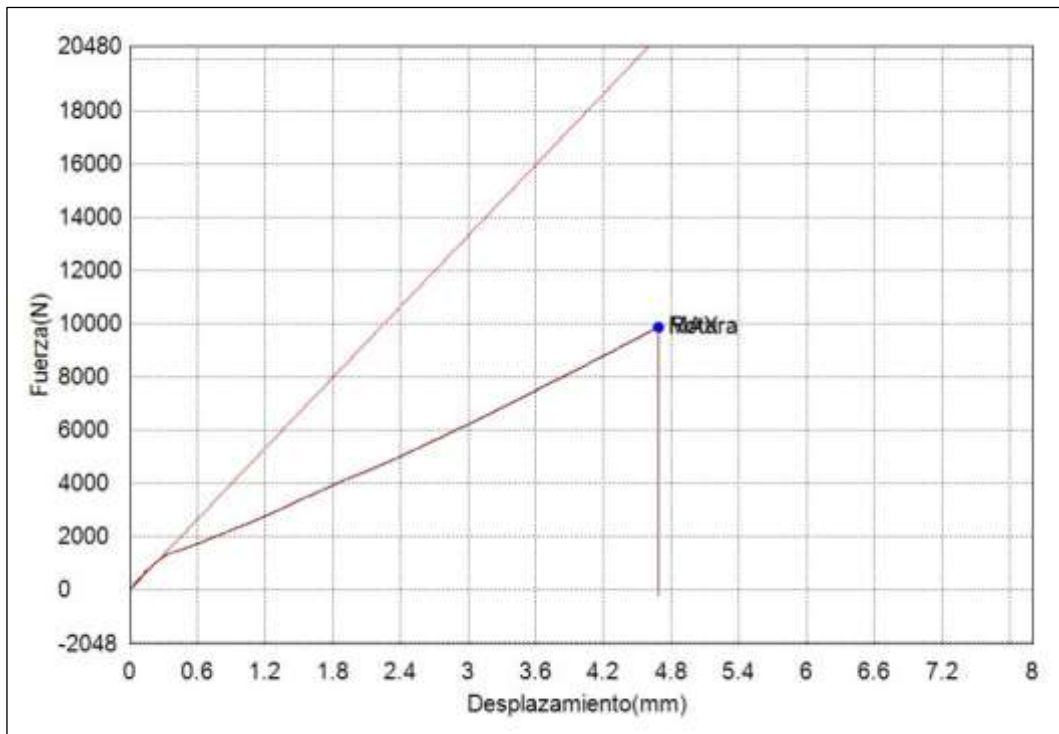
###### 4.1.1.2 Gráficas de fuerza-desplazamiento para las probetas ensayadas



**Ilustración 4-1:** Gráfica ensayo de tracción en probeta 1.

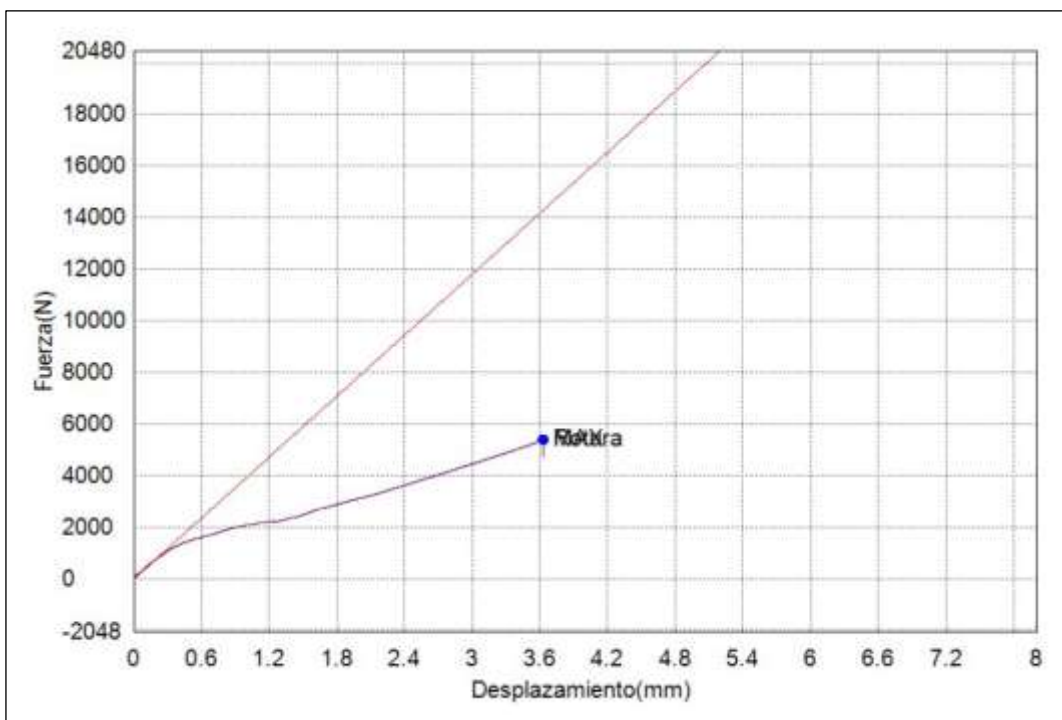
Fuente: Laboratorio CTT - FICM UTA.





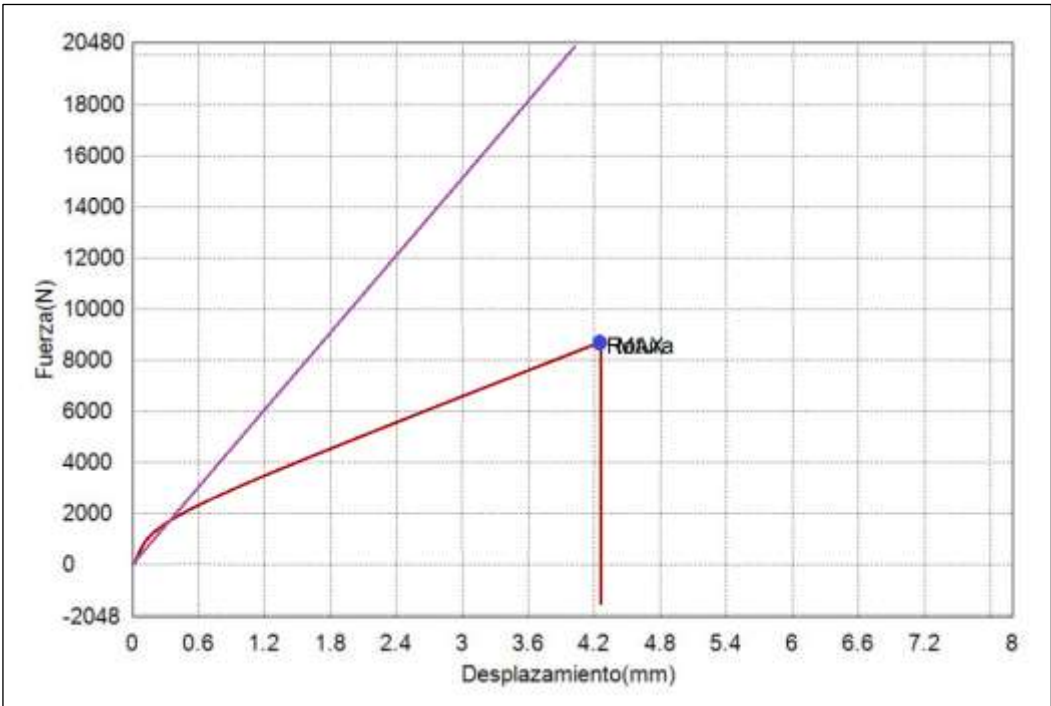
**Ilustración 4-2:** Gráfica ensayo de tracción en probeta 2.

Fuente: Laboratorio CTT - FICM UTA.



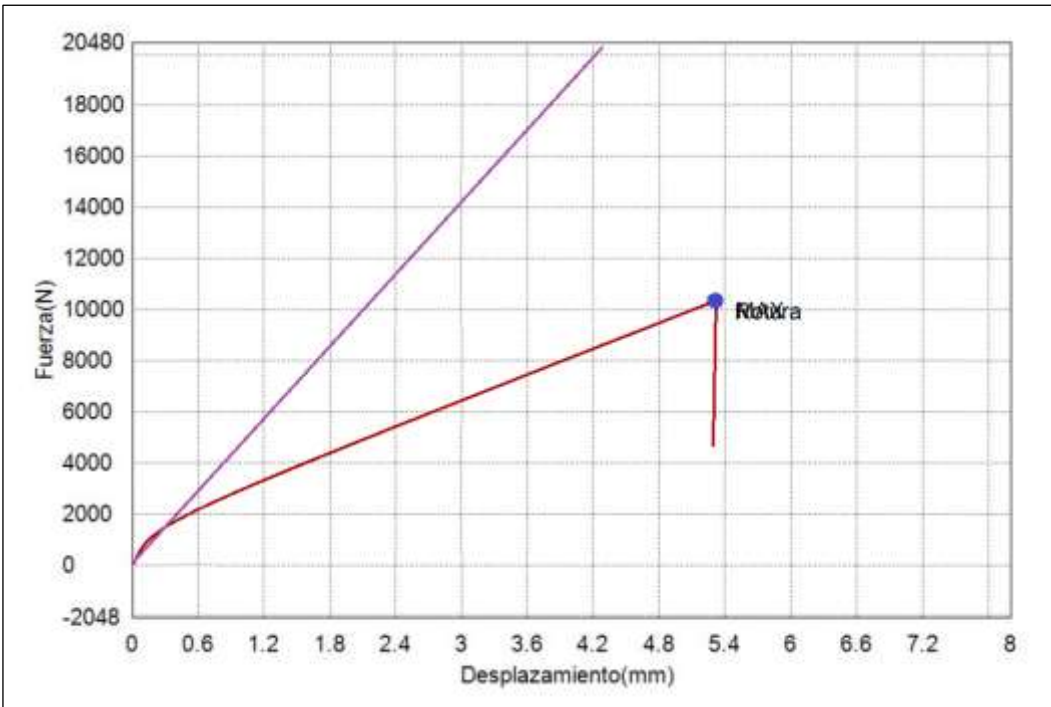
**Ilustración 4-3:** Gráfica ensayo de tracción en probeta 3.

Fuente: Laboratorio CTT - FICM UTA.



**Ilustración 4-4:** Gráfica ensayo de tracción en probeta 4.

Fuente: Laboratorio CTT - FICM UTA.



**Ilustración 4-5:** Gráfica ensayo de tracción en probeta 5.

Fuente: Laboratorio CTT - FICM UTA.

4.1.1.3 *Análisis de los resultados y comparativa con materiales convencionales.*

Resistencia máxima a la tracción:

- Material compuesto de fibra de cabuya y resina poliéster: ~20 MPa
- Material compuesto de fibra de vidrio y resina: ~30-40 MPa
- Acero típico: ~250 MPa
- Aluminio típico: ~300 MPa

Los resultados obtenidos del ensayo de tracción para la obtención de la resistencia máxima del material compuesto arrojó un valor ligeramente menor a la del material de fibra de vidrio, y una diferencia considerable en cuanto a los valores altos que presenta el acero y aluminio, por lo tanto, se concluye que la fibra de vidrio es ligeramente más resistente que el material compuesto planteado en esta investigación, lo que permite considerar que se puede optar por la fabricación de elementos con el material compuesto de fibra natural de cabuya.

Módulo Elástico:

- Material compuesto de fibra de cabuya y resina poliéster: ~0,5 GPa
- Material compuesto de fibra de vidrio y resina: ~5-10 GPa
- Acero típico: ~200 GPa
- Aluminio típico: ~70 GPa

El módulo elástico del material compuesto de fibra de cabuya y resina poliéster es moderadamente más bajo que el material compuesto de fibra de vidrio y resina, y extensamente más bajo que el acero y el aluminio debido a la gran diferencia del material. Como conclusión, el material es menos rígido y más propenso a deformarse bajo ciertas cargas.

Deformación Máxima:

- Material compuesto de fibra de cabuya y resina poliéster: ~8 %
- Material compuesto de fibra de vidrio y resina: ~4-5%
- Acero típico: ~20%
- Aluminio típico: ~15%

La deformación máxima que se obtuvo en el ensayo destructivo de tracción en el material compuesto de fibra de cabuya y resina poliéster es ligeramente mayor que la del material de fibra

de vidrio y resina, y en comparación con el acero y aluminio, la cabuya presenta un valor mucho menor.

#### 4.1.2 Resultados del ensayo de flexión

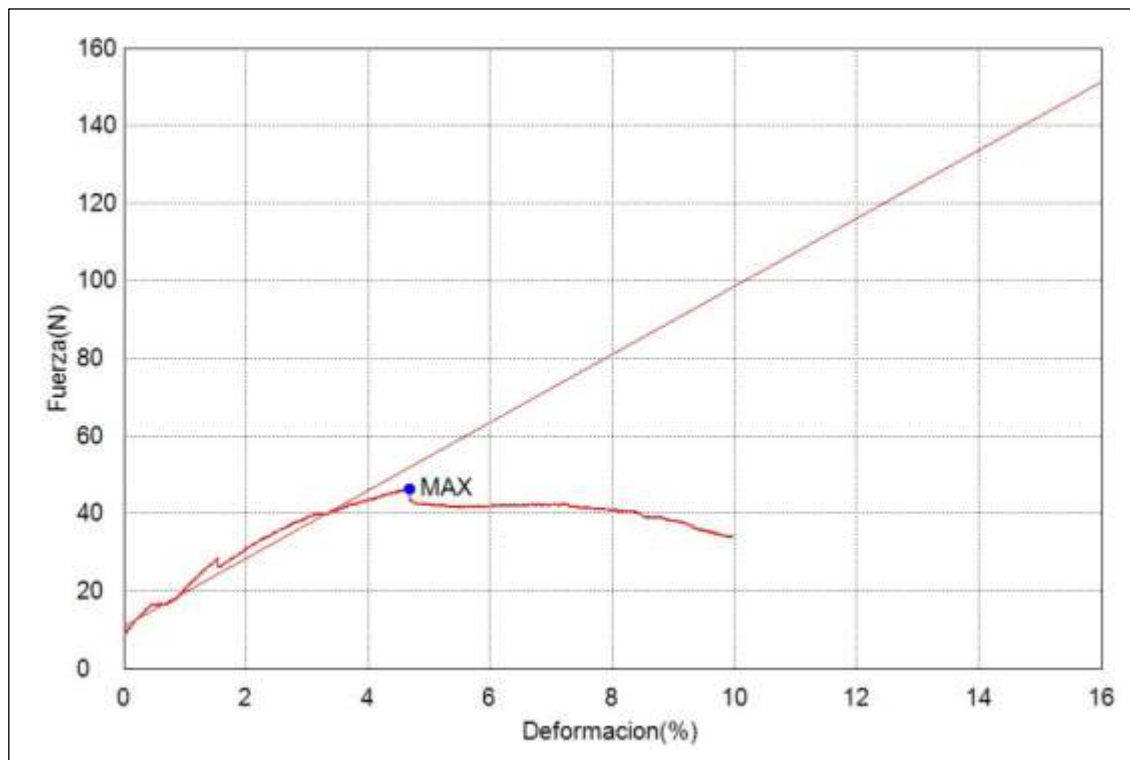
##### 4.1.2.1 Valores obtenidos de las probetas ensayadas

**Tabla 4-2:** Datos obtenidos del ensayo de flexión

N° Probeta	Fuerza máxima aplicada (N)	Módulo Elástico (GPa)	Tensión Máxima (Mpa)	Desplazamiento mm	Deformación máxima %
1	46,2691	0,55396	29,2226	7,9763	4,67361
2	39,7285	0,70766	25,0917	10,22801	5,99299
3	104,253	1,03564	65,8437	8,263	4,8416
4	58,5241	0,70067	36,9626	10,08873	5,91136
5	67,9643	0,81369	42,9248	11,71607	6,86487

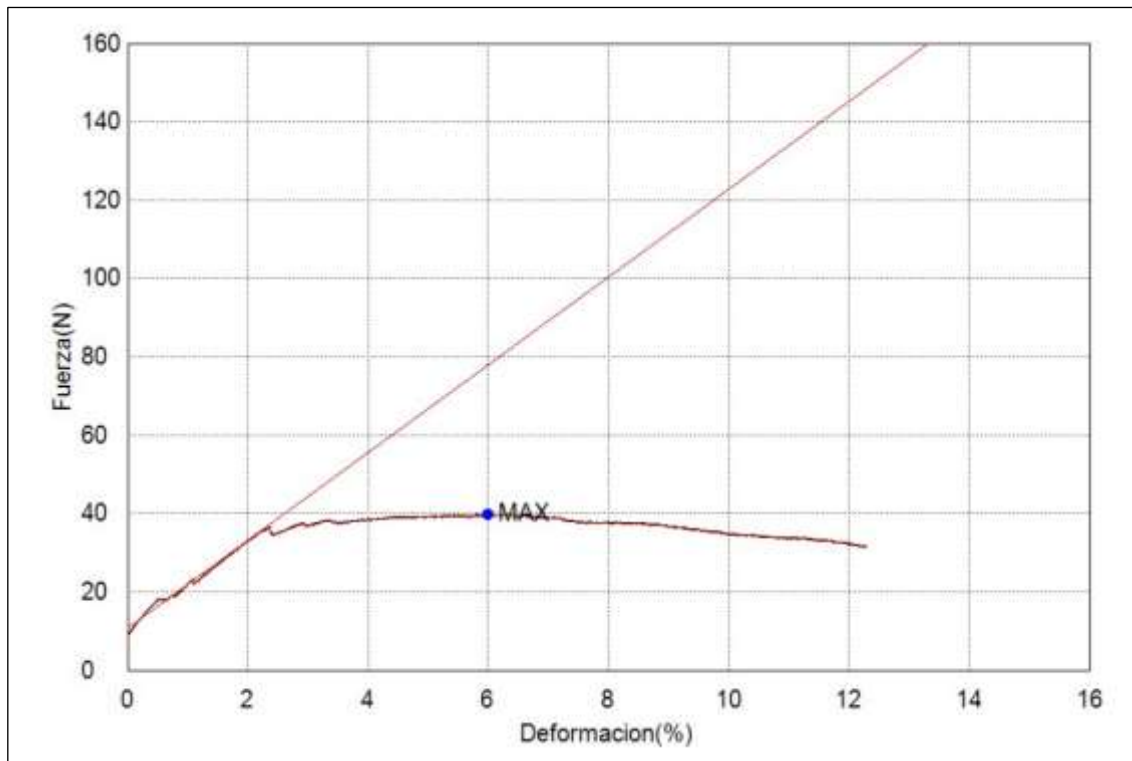
Realizado por: Gavilanes, M Ortiz, A. 2023.

##### 4.1.2.2 Gráficas de fuerza-deformación para las probetas ensayadas



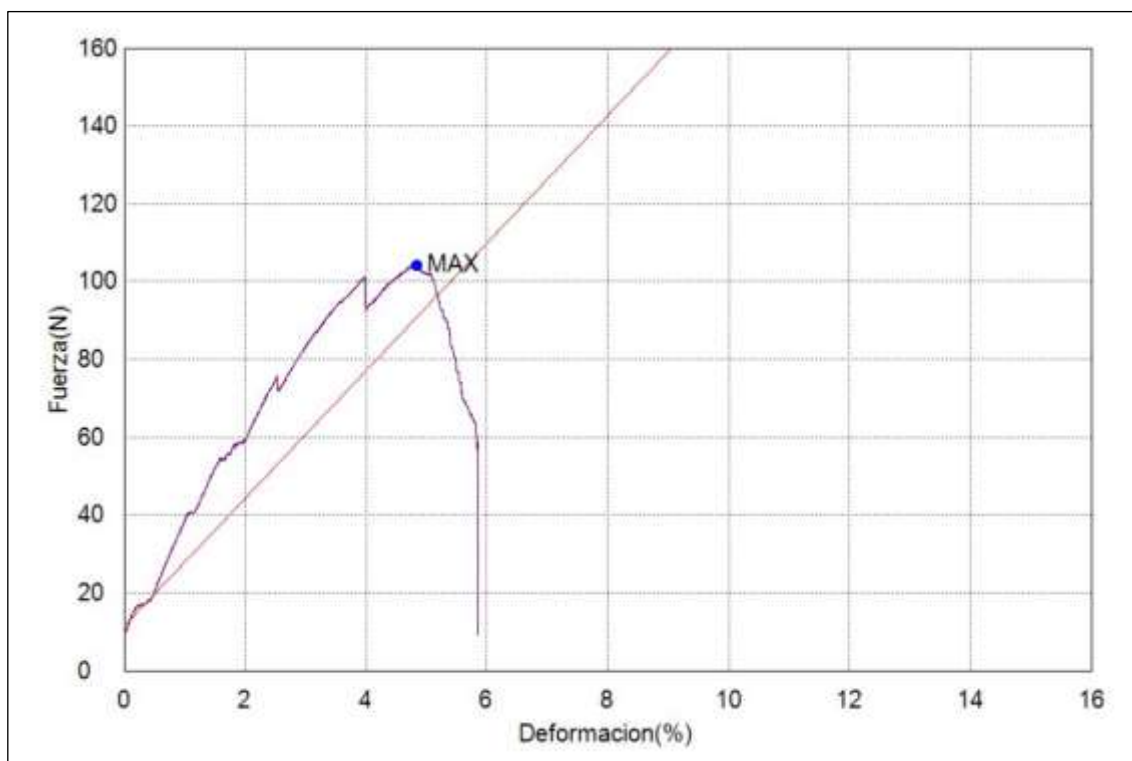
**Ilustración 4-6:** Gráfica ensayo de flexión en probeta 1.

Fuente: Laboratorio CTT - FICM UTA.



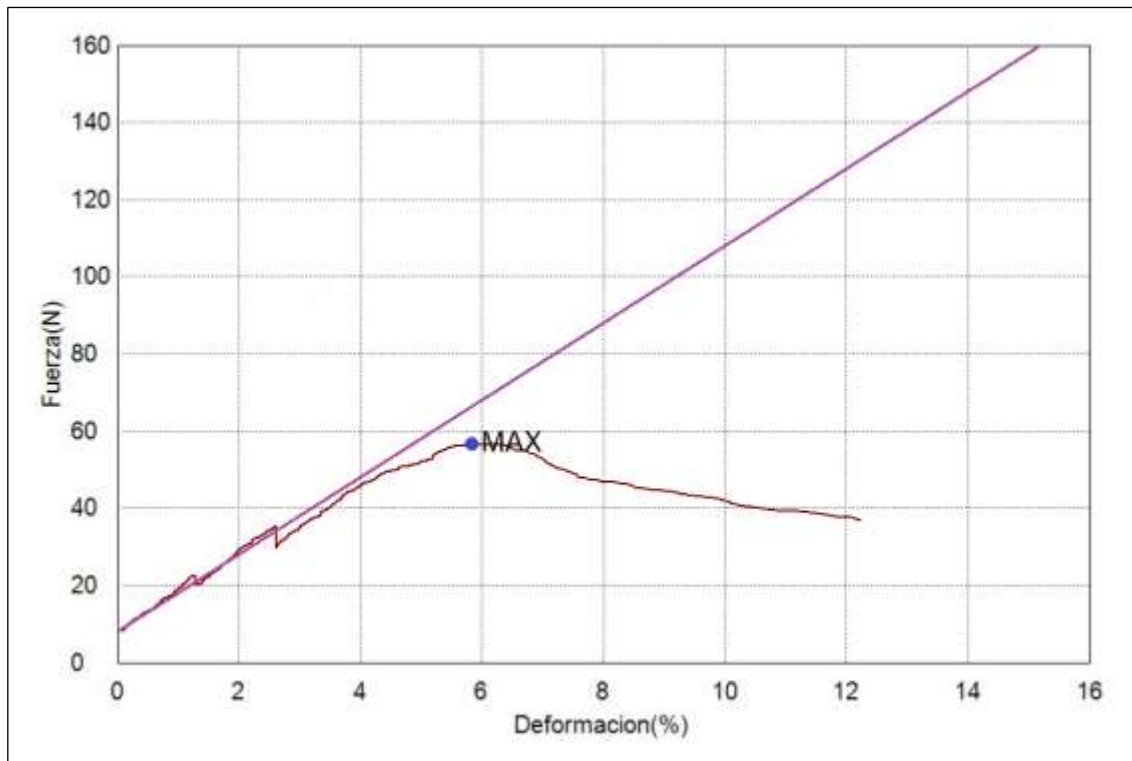
**Ilustración 4-7:** Gráfica ensayo de flexión en probeta 2.

Fuente: Laboratorio CTT - FICM UTA.



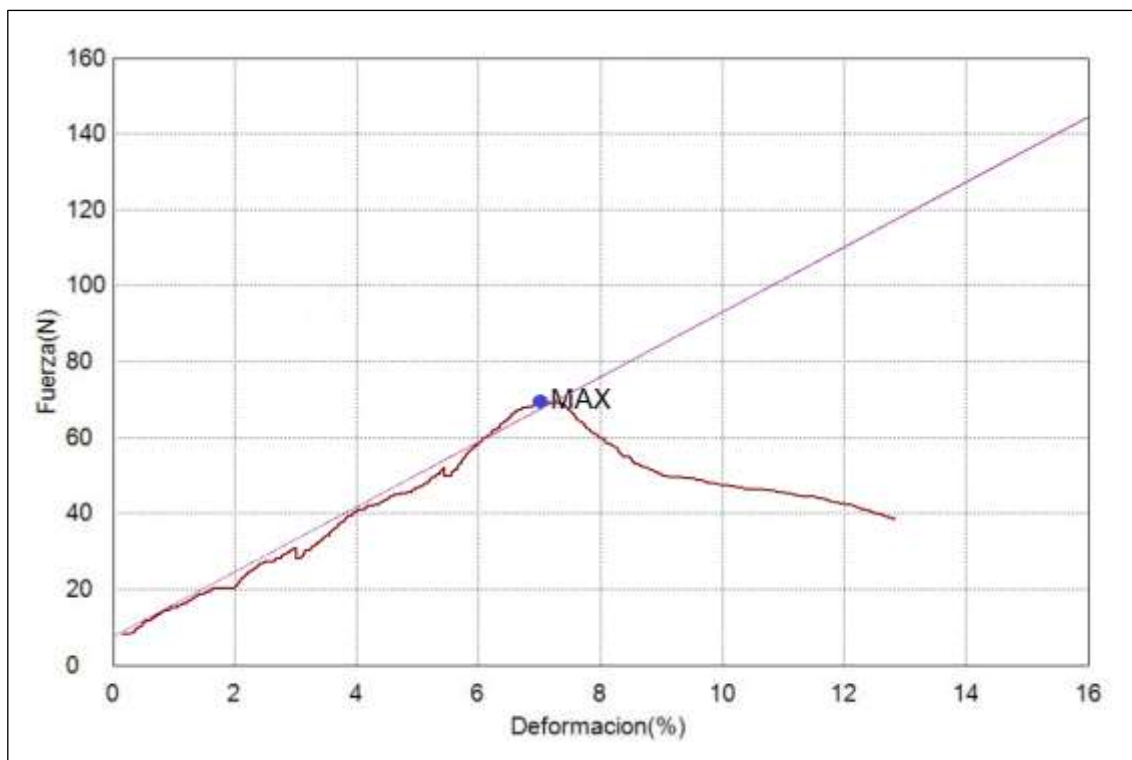
**Ilustración 4-8:** Gráfica ensayo de flexión en probeta 3.

Fuente: Laboratorio CTT - FICM UTA.



**Ilustración 4-9:** Gráfica ensayo de flexión en probeta 4.

**Fuente:** Laboratorio CTT - FICM UTA.



**Ilustración 4-10:** Gráfica ensayo de flexión en probeta 5.

**Fuente:** Laboratorio CTT - FICM UTA.

#### 4.1.2.3 *Análisis de los resultados y comparativa con materiales convencionales.*

Resistencia máxima a la flexión:

- Material compuesto de fibra de cabuya y resina poliéster: ~40 MPa
- Material compuesto de fibra de vidrio y resina: ~250 MPa
- Acero típico: ~300-2000 MPa
- Aluminio típico: ~100-700 MPa

Durante la realización del ensayo de flexión para obtener el esfuerzo máximo del material compuesto de fibra de cabuya y resina poliéster se observa que es bastante menor a la del material común de fibra de vidrio y resina poliéster, además es más bajo que el acero y aluminio. Por lo tanto, se concluye que la fibra de cabuya no es tan resistente ni rígida como la del material con la que se fabrican tradicionalmente como lo es la fibra de vidrio y resina.

Módulo Elástico:

- Material compuesto de fibra de cabuya y resina poliéster: ~0,8-1 GPa
- Material compuesto de fibra de vidrio y resina: ~5-10 GPa
- Acero típico: ~200 GPa
- Aluminio típico: ~70 GPa

El módulo elástico obtenido tras el ensayo de flexión del material compuesto de fibra natural y resina poliéster es moderadamente más bajo que el material comúnmente usado de fibra de vidrio y resina, y extensamente más bajo que el acero y el aluminio. Como conclusión, el material es menos rígido y más propenso a deformarse bajo ciertas cargas.

Deformación Máxima:

- Material compuesto de fibra de cabuya y resina poliéster: ~6 %
- Material compuesto de fibra de vidrio y resina: ~2-4%
- Acero típico: ~0.1-0.5%
- Aluminio típico: ~10-20%

La deformación máxima obtenida en el ensayo de flexión para el material compuesto estudiado es ligeramente mayor que la del material de fibra de vidrio, mientras que en comparación con el acero es mucho mayor y en cuanto con el aluminio se encuentra dentro de su rango.

#### 4.1.3 Resultados del ensayo de impacto

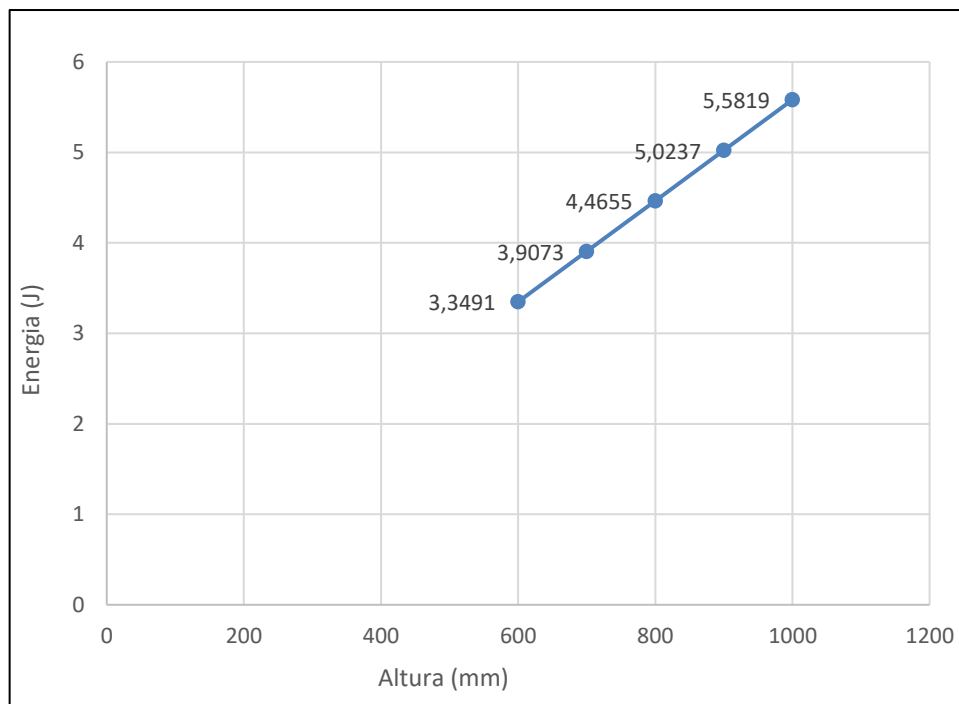
Para los ensayos de impacto arrojaron los siguientes datos:

**Tabla 4-3:** Informe de pruebas de impacto.

N° Probeta	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
1	51	51	5	0,163	0,406	600	3,3491	No falla
2	51	51	5	0,163	0,406	700	3,9073	No falla
3	51	51	5	0,163	0,406	800	4,4655	No falla
4	51	51	5	0,163	0,406	900	5,0237	No falla
5	51	51	5	0,163	0,406	1000	5,5819	Falla

**Realizado por:** Gavilanes, M Ortiz, A. 2023.

**Fuente:** Centro de Transferencia y Tecnología Facultad De Ingeniería Civil y Mecánica – UTA



**Ilustración 4-11:** Gráfica ensayo de impacto.

**Fuente:** Gavilanes, M Ortiz, A. 2023.



## 4.2 Densidad del material compuesto del asiento

Para determinar la densidad del material compuesto del asiento y que este valor sea más preciso, se optó por realizar dos métodos de cálculo: el primer método se basó en la aplicación de fórmulas en donde intervienen las densidades de cada compuesto que intervino, como también la masa del objeto. El segundo método fue basado en el principio de Arquímedes.

Uno de los datos necesarios para emplear ambos métodos es la masa del asiento, para lo cual empleamos una balanza digital para poder obtenerla, dándonos como resultado:

- Peso del asiento: 5.4 Lb = 2449.4 g.



**Ilustración 4-12:** Volumen del recipiente.

Fuente: Gavilanes, M Ortiz, A. 2023.

### 4.2.1 Método aplicando fórmula para la densidad

La densidad teórica del material compuesto se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\delta = \frac{((\delta A * mA) + (\delta B * mB) + (\delta C * mC) + (\delta D * mD) + (\delta E * mE) + (\delta F * mF))}{\text{Masa total del compuesto}}$$

Donde:

- $\delta$ = Densidad
- m= masa
- A= Resina Poliéster Insaturada
- B= Monómero de Estireno

- C= Talco
- D= Octoato de Cobalto
- E= Metiletilcetona
- F= Fibra de Cabuya

Ademas, las densidades de cada componente son:

**Tabla 4-4:** Densidad de los componentes.

Resina Poliéster Insaturada	1,2 g/cm <sup>3</sup>
Monómero de Estireno	0,9 g/cm <sup>3</sup>
Talco	2,7 g/cm <sup>3</sup>
Octoato de Cobalto	1,3 g/cm <sup>3</sup>
Metiletilcetona (MEC)	1,0 g/cm <sup>3</sup>
Fibra de Cabuya	1.3 g/cm <sup>3</sup>

**Realizado por:** Gavilanes, M Ortiz, A. 2023.

Por los tanto:

$$\delta = ((1.2 \text{ g}/(\text{cm}^3) * 1382.725\text{g}) + (0.9 \text{ g}/(\text{cm}^3) * 276.545\text{g}) + (2.7 \text{ g}/(\text{cm}^3) * 27.654\text{g}) + (1.3 \text{ g}/(\text{cm}^3) * 13.827\text{g}) + (1 \text{ g}/(\text{cm}^3) * 13.827) + (1.3 \text{ g}/(\text{cm}^3) * 734.82\text{g}))/2449.4\text{g}$$

$$\delta = 1.21 \text{ g}/\text{cm}^3 (\text{Densidad teórica})$$

#### 4.2.2 Método para obtener la densidad por el Principio de Arquímedes

Para obtener la densidad mediante este método, en primera instancia se registraron los volúmenes relevantes que intervienen en este proceso:

Las dimensiones del recipiente para calcular el volumen del asiento fueron: el ancho del tanque de 70 cm x 162 cm de largo y 40 cm de altura de agua para tener la referencia sin colocar el asiento.



**Ilustración 4-13:** Volumen de agua del recipiente sin colocar el asiento.

**Fuente:** Gavilanes, M Ortiz, A. 2023.

Las dimensiones del recipiente para calcular el volumen del asiento fueron: el ancho del tanque de 70 cm x 162 cm de largo y 40.2 cm de altura introducido el asiento en el recipiente.



**Ilustración 4-14:** Asiento sumergido en el recipiente.

**Fuente:** Gavilanes, M Ortiz, A. 2023.

Se calculó el volumen de los recipientes, y los resultados son:

- Volumen total del tanque: 759780 cm<sup>3</sup>
- Volumen ocupado por el agua en el tanque: 453600 cm<sup>3</sup>
- Volumen resultante cuando el asiento fue sumergido: 455868 cm<sup>3</sup>

Para calcular el volumen del asiento sumergido, se restó el volumen ocupado por el agua del volumen total del asiento sumergido:

$$V = 455868 \text{ cm}^3 - 453600 \text{ cm}^3$$
$$V = 2268 \text{ cm}^3$$

Ahora, con la masa medida del asiento que fue de 2449,4 g, se aplicó la fórmula de densidad:

$$\delta = m / V$$
$$\delta = 2449.4g / 2268 \text{ cm}^3$$
$$\delta = 1,078 \text{ g/cm}^3 \text{ (Densidad real)}$$

#### 4.2.3 Comparación de los resultados

La densidad calculada mediante el método de Arquímedes fue de aproximadamente 1.078 g/cm<sup>3</sup>, mientras que la densidad teórica obtenida a partir de la fórmula fue de 1.21 g/cm<sup>3</sup>. Las diferencias entre estos valores, aunque sutiles, resaltan la influencia de varios factores en la determinación real de la densidad, incluyendo la exactitud de las mediciones, la precisión de los cálculos y posibles variaciones en la composición del material. Esta comparación subraya la importancia de considerar tanto los resultados teóricos como los prácticos al analizar las propiedades de un material compuesto. En conjunto, los resultados obtenidos a través de ambos métodos ofrecen un panorama más completo y preciso de la densidad del material compuesto utilizado en la fabricación del asiento de karting.

#### 4.2.4 Caracterización del material compuesto

Para la caracterización del material compuesto

Asignación de las propiedades de la fibra de cabuya. El material que se utiliza para el análisis estático del asiento ergonómico, es la fibra de cabuya, cuyas propiedades mecánicas se obtuvieron del programa de ingeniería CES EduPack 2013, las cuales están tabuladas en la Tabla 3.1

**Tabla 4-5:** Propiedades mecánicas de la fibra de cabuya

Densidad	1,47e-3 – 1,5e3 Kg/ m <sup>3</sup>
Composición	Celulosa 70 wt% y Lignia 12 wt%
Material Natural	100 %
Módulo de Young	9,4 – 22 GPa
Módulo de Flexión	9,4 – 22 GPa
Módulo de Corte	3,67 – 9,17 GPa
Coefficiente de Poisson	0.359 – 0.374
Límite Elástico	460 – 560 MPa
Resistencia a la Tracción	511 – 640 MPa
Tenacidad a la Fractura	19,6 – 101 MPa
Elongación	2 – 7 %

**Realizado por:** Gavilanes, M Ortiz, A. 2023.

**Fuente:** CES EduPack 2013 Selector

#### 4.3 Validación del diseño asistido por computadora

Para la validación del asiento para el Go-Kart se realizó cumpliendo los requisitos de medidas establecidos por las normas y estándares vigentes, garantizando un funcionamiento eficiente, seguro para ser implementado en el Karting eléctrico de la Carrera de Ingeniería Automotriz de la ESPOCH.



**Ilustración 4-15:** Diseño validado del asiento.

**Realizado por:** Gavilanes, M Ortiz, A. 2023.

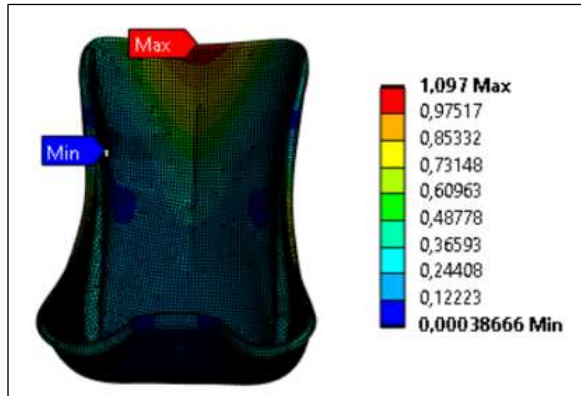
#### **4.3.1 Resultados del análisis estático**

Bajo las cargas simuladas, el asiento experimentó deformaciones dentro de los límites aceptables. Las deformaciones máximas se producen en las áreas de mayor carga, lo que permite ver la integridad del asiento, mientras tanto que la deformación mínima no requiere una atención especial.

##### **4.3.1.1 Deformación total**

Es necesario encontrar la deformación total para evaluar la integridad estructural y determinar si el asiento es capaz de soportar las cargas aplicadas sin experimentar deformaciones excesivas. La deformación total es una medida de cuánto se desplazará o deformará el elemento en respuesta a las cargas aplicadas, y es esencial para garantizar que el asiento funcione de manera segura y eficiente.

Se procedió, por lo tanto, a encontrar la deformación total, dándonos como resultado la deformación máxima de 1.097 mm y la deformación mínima de 0.00038666 mm. Lo cual indica que la deformación es relativamente pequeña y no va a afectar en el rendimiento del asiento. La Federación Internacional del Automóvil (FIA) establece normativas y regulaciones para diversos aspectos de la seguridad en el automovilismo deportivo, pero no proporciona especificaciones detalladas sobre deformaciones en los asientos destinados a los Go-Kart.

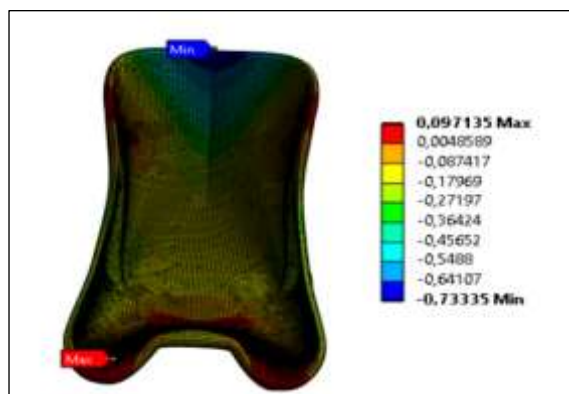


**Ilustración 4-16:** Deformación total del asiento.

Realizado por: Gavilanes, M Ortiz, A. 2023.

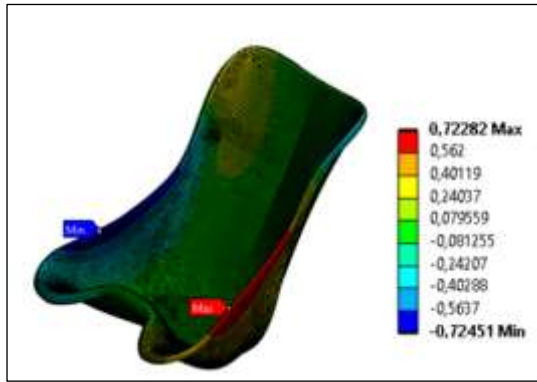
#### 4.3.1.2 Deformación direccional en los ejes X, Y y Z

Las deformaciones direccionales se refieren a las deformaciones que ocurren en una dirección específica en un material o componente cuando se somete a una carga o fuerza externa, además, los resultados de las deformaciones direccionales son cruciales para verificar como se comporta el asiento ante dichas cargas, comprender las deformaciones direccionales puede ayudar a optimizar el diseño del asiento para reducir deformaciones no deseadas en áreas críticas y mejorar su rendimiento en términos de comodidad y resistencia. En el análisis de las deformaciones para las direcciones X, Y y Z, se pudo constatar las partes en donde el asiento sufre una deformación máxima, y es fácil deducir que dichas deformaciones se llegan a producir por la geometría del asiento, como también por las perforaciones que fueron realizadas para la sujeción del asiento al chasis, debilitando en estos puntos de cierta forma, pero a su vez no comprometiendo de manera drástica el asiento como tal.



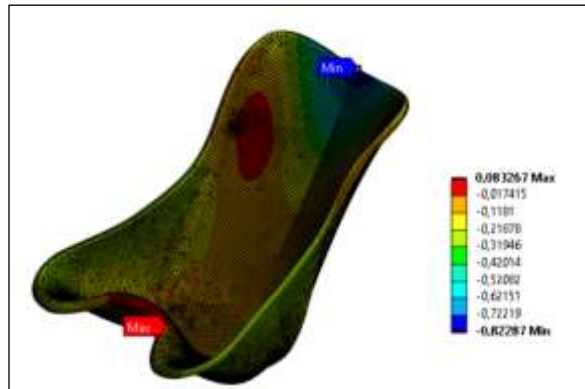
**Ilustración 4-17:** Deformación direccional “Y” del asiento.

Realizado por: Gavilanes, M Ortiz, A. 2023.



**Ilustración 4-18:** Deformación direccional “X” del asiento.

**Realizado por:** Gavilanes, M Ortiz, A. 2023.



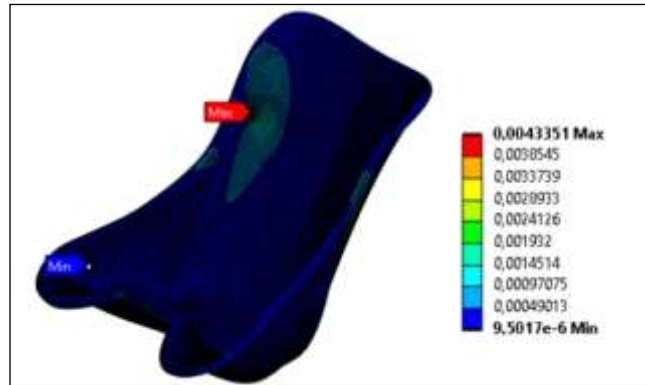
**Ilustración 4-19:** Deformación direccional “Z” del asiento.

**Realizado por:** Gavilanes, M Ortiz, A. 2023.

#### 4.3.1.3 Deformación elástica

Al tratarse de un material compuesto por fibra de cabuya y resina de poliéster, la falta de una mayor deformación elástica en un análisis estático se debe a la naturaleza termoestable del material, su anisotropía y las propiedades mecánicas que limitan la capacidad de deformación elástica. En lugar de una deformación elástica significativa, estos materiales tienden a mostrar una respuesta rígida y no elástica bajo carga, lo que es importante tener en cuenta en el diseño y análisis del asiento construido en este material.

Con los resultados obtenidos a través del software en cuanto a la deformación elástica del asiento, se puede afirmar la coherencia de los resultados obtenidos en las pruebas de ensayos destructivos del material que fueron realizadas.

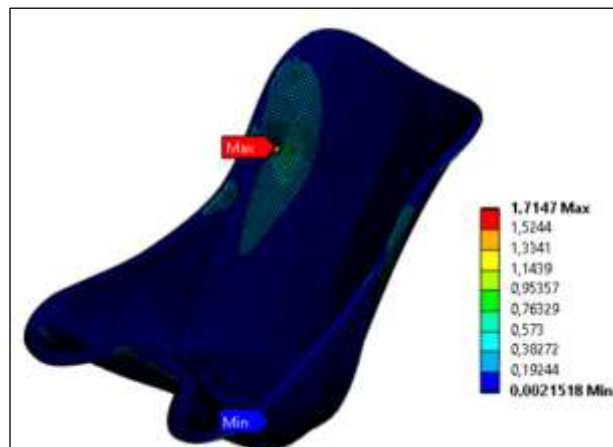


**Ilustración 4-20:** Deformación elástica equivalente del asiento.

Realizado por: Gavilanes, M Ortiz, A. 2023.

#### 4.3.1.4 Esfuerzo equivalente

El esfuerzo equivalente proporciona una evaluación crucial de la resistencia y la seguridad del asiento construido en fibra de cabuya y resina de poliéster. Los resultados indican que el asiento puede soportar la carga máxima sin exceder los límites de resistencia del material, lo que es un indicio positivo de su idoneidad para la aplicación específica en el Go-Kart.



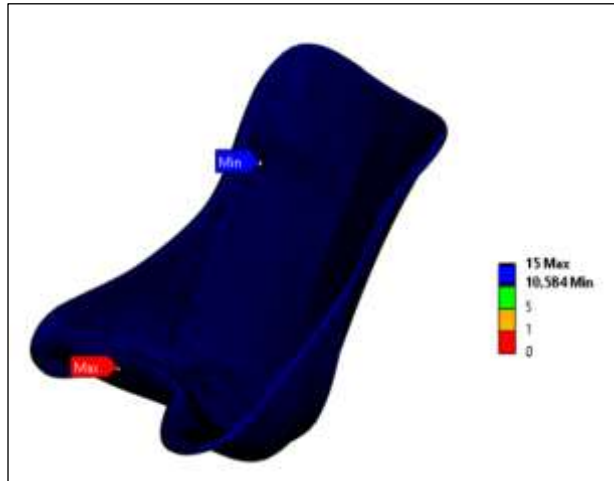
**Ilustración 4-21:** Esfuerzo equivalente del asiento.

Realizado por: Gavilanes, M Ortiz, A. 2023.

#### 4.3.1.5 Factor de seguridad

Se debe considerar un factor de seguridad adecuado para garantizar la confiabilidad y la durabilidad del asiento. Un factor de seguridad se calcula dividiendo la resistencia del material por el esfuerzo máximo aplicado. Un factor de seguridad mayor a 1 indica que el asiento tiene capacidad de sobrecarga y es más seguro.





**Ilustración 4-22:** Factor de seguridad del asiento.

**Realizado por:** Gavilanes, M Ortiz, A. 2023.

#### 4.4 Asiento de Go-Kart fabricado

Una vez culminado el estudio del material compuesto, el análisis de la viabilidad para usar este material, el diseño del asiento a construir y el análisis estático del modelo del asiento, se procedió con la construcción de éste, obteniendo un asiento fabricado en fibra de cabuya y resina como se muestra en la ilustración 4-23.

EL asiento de Go-Kart construido presenta una propuesta llamativa entre lo orgánico y lo moderno, ofreciendo una combinación entre resistencia e innovación. La fibra de cabuya junto con la matriz de poliéster, proporciona un equilibrio viable entre la tradición artesanal, la ingeniería contemporánea y la sostenibilidad ambiental.



**Ilustración 4-23:** Deformación del asiento del Go-Kart.

**Realizado por:** Gavilanes, M Ortiz, A. 2023.



**Ilustración 4-24:** Deformación del asiento del Go-Kart.

**Realizado por:** Gavilanes, M Ortiz, A. 2023.

#### ***4.4.1 Durabilidad y longevidad***

La fibra de vidrio se aplica masivamente en la fabricación de diferentes elementos y componentes debido a que suele ser un material con propiedades mejoradas para ser más duradero y resistente que una fibra natural como el de la fibra de cabuya, sin embargo, las propiedades mecánicas de ambos materiales no están lejos de llegar a ser iguales una de otra según los resultados y datos obtenidos en los ensayos destructivos que se realizaron, por lo que se considera entonces que la fibra natural puede ser un material viable para la construcción y fabricación de elementos similares a los construidos en fibra de vidrio, en este caso para la construcción del asiento del Go-Kart, que en la mayoría de casos es fabricado en fibra de vidrio o fibra de carbono.

En cuanto a la durabilidad y longevidad que presentan estos materiales, la fibra de vidrio tiende a ser un material muy duradero y resistente a ciertos factores como: la intemperie, la humedad y ciertos agentes corrosivos, mientras que, la fibra de cabuya al tratarse de un material compuesto natural puede llegar a ser menos resistente a los agentes y factores antes mencionados, lo que ocasiona que el elemento o pieza fabricada con esta materia prima posea un deterioro mucho más rápido que los elementos fabricados en fibra de vidrio.

#### ***4.4.2 Sostenibilidad y Aspectos Ambientales***

La fibra de cabuya posee algunas ventajas sobre la sostenibilidad y aspectos ambientales como:

- La fibra de cabuya es de procedencia natural lo que lo convierte en un recurso renovable, a diferencia de la fibra de vidrio que se obtiene mediante materiales no renovables como el vidrio y productos químicos derivados del petróleo.
- La de fibra de cabuya para el proceso de obtención reduce significativamente el uso intensivo de energía como también de emisiones de carbono a diferencia de la fibra de

vidrio y resina de poliéster que implica altos niveles de consumo de energía y emisiones de carbono en sus procesos de fabricación, mientras que la cabuya

- La fibra de cabuya al provenir de una planta natural se degrada fácilmente, lo que lo convierte en un material óptimo para la aplicación como materia prima, ya que al momento en que un elemento fabricado con este material es desechado ya sea por daño o por tiempo de vida útil, al ser fabricado con un material biodegradable, reduce significativamente el impacto ambiental, mientras que la fibra de vidrio al tratarse de un material no biodegradable puede tardarse en degradarse y formaría parte del gran impacto mundial.
- El uso de la fibra de vidrio como materia prima genera ciertas emisiones de sustancias químicas, así como también partículas finas que son perjudiciales para la salud de quien lo emplea o manipula. El uso de cabuya como reemplazo de la fibra de vidrio es capaz de reducir estos riesgos para la salud al tratarse de un material natural y menos tóxico.

#### **4.5 Aplicación del asiento al Go-Kart Eléctrico.**

Después de haber completado todos los procedimientos que fueron necesarios para la construcción del asiento para el Go-Kart eléctrico, utilizando un material poco común de fibra natural, específicamente cabuya, como refuerzo, y resina de poliéster, como matriz y una vez que se constató la calidad y resistencia del diseño construido, se procedió a instalar el asiento fabricado en el Go-Kart eléctrico perteneciente a la facultad de Mecánica, Escuela de Ingeniería Automotriz de la ESPOCH. Se aseguró el asiento con sus pernos respectivos, y encajando a la perfección en el chasis del Go-Kart eléctrico destinado.



**Ilustración 4-25:** Aplicación del asiento en el Go-Kart eléctrico (1).

**Realizado por:** Gavilanes, M Ortiz, A. 2023.



**Ilustración 4-26:** Aplicación del asiento en el Go-Kart eléctrico (2).

**Realizado por:** Gavilanes, M Ortiz, A. 2023.



**Ilustración 4-27:** Aplicación del asiento en el Go-Kart eléctrico (3).

**Realizado por:** Gavilanes, M Ortiz, A. 2023.

## CAPÍTULO V

### 5.1 CONCLUSIONES

- Mediante los ensayos realizados al material compuesto, se concluyó que el material tiene la capacidad de soportar cargas considerables antes de llegar a su fractura, pero a su vez es capaz también de deformarse significativamente antes de alcanzar la rotura. En cuanto a la fiabilidad que brinda el material para la realización de asientos para Go-Karts, se asume que tiene un 75% de fiabilidad en comparación con los asientos realizados en fibra de vidrio, que es el material mayormente usado para este tipo de elementos.
- El material compuesto de fibra de cabuya y resina de poliéster posee propiedades similares al material de fibra de vidrio, dependiendo de la calidad de las fibras de cabuya utilizadas. Además, tiene alta resistencia debido a la dirección de las fibras, pero llega a ser menos rígido que los compuestos de fibra de vidrio.
- La fibra natural de cabuya al ser un material anisotrópico, ofrece una combinación única de resistencia y dureza en ciertas direcciones, lo que lo hace ideal para la aplicación donde se requiere una alta relación resistencia-peso
- Mediante el modelado 3D realizado en SolidWorks y su posterior análisis estático realizado a través del software ANSYS, el asiento del Go-Kart muestra una resistencia estructural adecuada para soportar las cargas estáticas típicas a las que estarían expuestas durante su uso en condiciones normales, lo que indica que el diseño inicial cumple con los requisitos establecidos en cuanto a dimensiones y seguridad de la Norma CIK FIA.
- El asiento fabricado en fibra de cabuya y resina emerge como una opción altamente apta y prometedora tanto para la protección del medio ambiente como para su aplicación y funcionalidad en el karting.

### 5.2 RECOMENDACIONES

- Explorar opciones para mejorar el proceso de laminación, buscando una distribución más uniforme de la resina y la cabuya para lograr propiedades mecánicas más consistentes y resultados mejorados. Investigar tecnologías avanzadas de laminación, como el uso de vacío o prensas controladas, con el fin de obtener productos finales de mayor calidad y durabilidad.
- Realizar un análisis exhaustivo de la durabilidad del asiento en condiciones ambientales adversas, como la exposición prolongada al sol, la humedad y las variaciones de temperatura. Evaluar cómo la fibra de cabuya y la resina de poliéster mantienen sus propiedades mecánicas y estructurales a lo largo del tiempo y bajo diferentes condiciones climáticas.

- Llevar a cabo un análisis detallado de los costos comparativos entre la fabricación de asientos con fibra de cabuya y resina de poliéster en comparación con los materiales tradicionales, como la fibra de vidrio.
- Examinar el impacto ambiental del uso de la cabuya en términos de recursos renovables y reducción de emisiones de carbono en comparación con la fibra de vidrio, considerando los aspectos de sostenibilidad en la producción.
- Realizar ensayos experimentales o simulaciones numéricas para evaluar cómo el asiento responde a cargas cíclicas o dinámicas, como aquellas generadas por el uso repetido.
- Analizar la capacidad de la fibra de cabuya y la resina de poliéster para mantener su integridad estructural y sus propiedades bajo cargas variables a lo largo del tiempo.
- Explorar posibles mejoras en la geometría y la disposición de los materiales para lograr un equilibrio óptimo entre rendimiento y eficiencia.
- Investigar la viabilidad de aplicar la tecnología de fibra de cabuya y resina de poliéster en otros campos industriales y de diseño, como la fabricación de productos automotrices, mobiliario u objetos cotidianos.

## BIBLIOGRAFÍA

1. **ALLPA-CABUYA.** *CABUYA JOVEN - ALLPA*. [blog]. 2018. [Consulta: 5 septiembre 2023]. Disponible en: <https://www.allpa.org/cabuya/>
2. **BELTRÁN RICO, MARIBEL & MARCILLA GOMIS, ANTONIO.** *Tecnología de polímeros*. Alicante-España. Universidad de Alicante, 2012. ISBN 978-84-9717-232-5.
3. **BESEDNJAK, ALEJANDRO.** *Moldeo por contacto*. [en línea]. Barcelona-España: Universitat Politècnica de Catalunya, 2005. [Consulta: 5 septiembre 2023]. Disponible en: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/340600/22639-3142.pdf?sequence=5>
4. **DÁVILA, JOSE L., GALEAS, SALOMÉ, GUERRERO, VICTOR H., PONTÓN, PATRICIA, ROSAS, NELLY M., SOTOMAYOR, VERÓNICA AND VALDIVIESO, CARLA.** *Nuevos materiales: Aplicaciones estructurales e industriales*. [en línea]. Quito-Ecuador. Escuela Politécnica Nacional, 2011. ISBN 978-9978-383-20-9. [Consulta: 5 septiembre 2023]. Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/4532>
5. **FALUGA, RACING.** *La historia del karting desde su invención*. [blog]. 2020. [Consulta: 5 septiembre 2023]. Disponible en: <https://es.falugaracing.com/blog/la-historia-del-karting-desde-su-invencion/>
6. **FIA KARTIN.** *Reglamento CIK FIA 2023*. [blog]. 2023. [Consulta: 11 mayo 2023]. Disponible en: <https://www.fiakarting.com/page/technical-specifications>
7. **GEOFUMADAS.** *Curso de introducción al diseño usando ANSYS WORKBENCH – GEOFUMADAS – GIS – CAD – BIM resources*. [blog]. 2019. [Consulta: 5 septiembre 2023]. Disponible en: <https://www.geofumadas.com/workflows-curso-de-introduccion-al-diseno-usando-ansys-workbench/>
8. **GIL, ALEXANDER.** *Resinas de poliéster. Guía de manejo*. [en línea]. 2012. [Consulta: 5 septiembre 2023]. Disponible en: <https://www.eafit.edu.co/servicios/centrodelaboratorios/Documents/guia%20de%20manejo%20de%20resinas.pdf>

9. **GRABCAD.** *Modified Go Kart - 3D CAD Model Library – GrabCAD.* [blog]. 2016. [Consulta: 5 septiembre 2023]. Disponible en: <https://grabcad.com/library/modified-go-kart-1>
10. **GUIJARRO PAGUAY, GRACIELA INÉS.** Análisis de las propiedades de absorción de energía de un material compuesto de abacá - poliéster, mediante pruebas de impacto simulados y su incidencia en la seguridad del conductor de un autobús. [ en línea]. (Trabajo de titulación) (Maestría). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba- Ecuador. 2022. pp. 4-30. [ Consulta: 8 septiembre 2023]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/18308>
11. **INFOBAE.** *Materiales sustentables: Prueban autopartes fabricadas con fibras vegetales - Infobae.* [blog]. 2022. [Consulta: 5 septiembre 2023]. Disponible en: <https://www.infobae.com/autos/2022/06/06/materiales-sustentables-prueban-autopartes-fabricadas-con-fibras-vegetales/>
12. **KF RACING PRODUCTS.** *Equipamiento para motores.* [blog]. 2023. [Consulta: 5 septiembre 2023]. Disponible en: <https://www.kfracing.es/tienda/>
13. **MARTINEZ, OMAR A., SÁENZ, AIDÉ, NARRO, ROSA I., SORIANO, FLORENTINO AND CASTAÑEDA, ADALÍ O.** “Polímeros reforzados con fibras naturales para su aplicación en la industria automotriz”. *Afinidad Revista de química teórica y aplicada.* [en línea], 2022, (México), vol. 79 (595) pp. 237-247. [Consulta: 5 septiembre 2023]. ISSN 0001-9704 Disponible en: <https://raco.cat/index.php/afinidad/article/view/399445/492722>
14. **MATERIALES DE INGENIERÍA.** *Resistencia al Impacto + Fatiga.* [ blog]. 2013. [Consulta: 5 septiembre 2023]. Disponible en: <http://materialesdeingenieria2013.blogspot.com/2013/05/resistencia-al-impacto-fatiga.html>
15. **MEJIA AUQUILLA, PAOLA & RIVERA REYES, FRANCISCO X.** Análisis estático no lineal de una estructura mediante el método de control de desplazamientos. [ en línea]. (Trabajo de titulación). Universidad de Cuenca. Cuenca-Ecuador. 2020. [ Consulta: 5 septiembre 2023]. Disponible en: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/34528>




16. **MOLDEO ABIERTO.** *Moldeo de metales y polímeros. Moldeo por contacto a mano Laminado manual.* [blog] 2020 [Consulta: 5 septiembre 2023]. Disponible en: <https://modelodemetalesypolimeros.wordpress.com/2020/05/04/moldeo-por-contacto-a-mano-laminado-manual/>
17. **MONTUFAR, ALEXANDER & REMACHE ABEL.** “Materiales compuestos de polímero reforzado con fibra de cabuya y coco aplicado al sector automotriz”. *Dominio de las Ciencias.* [en línea]. 2021, (Ecuador), vol. 7 (3), pp. 436-465. [Consulta: 5 septiembre 2023]. ISSN 2477-8818. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/8229738.pdf>
18. **NSIV.IO.** *ANSYS Meshing- Mallado en Paralelo.* [blog]. 2019. [Consulta: 5 septiembre 2023]. Disponible en: <https://nsiv.io/tag/ansys-mallado-en-paralelo/>
19. **OCIOKART.** *Historia del Karting.* [blog]. 2016 [Consulta: 22 mayo 2023]. Disponible en: <https://www.ociokart.com/historia-del-karting/>
20. **PAREDES, JUAN G. & CÓRDOVA, MANOLO A.** 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. [en línea]. (Trabajo de titulación) (Maestría). Universidad Técnica de Ambato. Ambato – Ecuador. 2012. pp. 50-83. [ Consulta: 5 septiembre 2023]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/2609>
21. **QUINGA, JEFFERSON X. & CABRERA, SANTIAGO P.** Análisis de la combustión de un quemado de gas tipo venturi con premezcla del laboratorio de energía de la facultad de ingeniería civil y mecánica utilizando simulación CFD mediante el software ANSYS Fluent. [en línea]. (Trabajo de titulación) Universidad Técnica de Ambato. Ambato-Ecuador. 2021. pp. 8-22. [ Consulta: 5 septiembre 2023]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/32704>
22. **QUIZHPE, ERIK R. & TAPIA, DARWIN G.** Algoritmo de diseño, modelado 3D y simulación térmica para comparar la temperatura base en diferentes tipos de superficies extendidas. [en línea]. (Trabajo de titulación). Universidad Nacional de Loja. Loja-Ecuador. 2021. pp. 29-39. [ Consulta: 5 septiembre 2023]. Disponible en: <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/23925>

- 23. RESINPAX QUIMICOS Y RESINAS.** *Resinpax*. [blog]. 2023 [ Consulta: 5 septiembre 2023]. Disponible en: <https://www.resinpax.com/>
- 24. RUIZ JUBANY, KEVIN.** Diseño de un Kart. [en línea]. (Trabajo de titulación). Universidad Politécnica de Catalunya. Barcelona-España. 2020. pp. 23-67. [Consulta: 5 septiembre 2023]. Disponible en: <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/331857>
- 25. VELASQUEZ, SANDRA M., PELAÉZ, GABRIEL J. AND GIRALDO, DIEGO H.** “Uso de fibras vegetales en materiales compuestos de matriz polimérica: una revisión con miras a su aplicación en el diseño de nuevos productos”. *Revistas SENA*. [en línea], 2015, (Colombia), vol. 80 (1). pp. 77-86. [Consulta: 5 septiembre 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.23850/22565035.324>

# ANEXOS

## ANEXO A: INFORME DE ENSAYO A FLEXIÓN

 										
DATOS DEL CLIENTE				DATOS INFORMATIVOS						
Empresa / Cliente:		Alejandro Sebastián Ortiz Villena Jefferson Mauricio Gavilanes Molina		Laboratorio: Resistencia de Materiales				Método de ensayo: NTE INEN 2047		
Fecha de Inicio:		14-Jul-2023		Designación del material: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN ASIENTO DE PILOTO PARA GO KART ELÉCTRICO DE LA CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ, FABRICADO DE UN MATERIAL COMPUESTO DE MATRIZ DE POLIÉSTER Y REFUERZO DE CABUYA						
#	Identificación de probeta	Temp (°C)	Humedad Relativa (%)	Dimensiones mm		Fuerza máxima (N)	Modulo Elastico (GPa)	Tensión Maxima (Mpa)	Desplazamiento mm	% Deformación máxima
				Ancho	Espesor					
1	F - 1	19,0	58,2	10,00	3,90	46,2691	0,55396	29,2226	7,97630	4,67361
2	F - 2			9,90	4,00	39,7285	0,70766	25,0917	10,22801	5,99299
3	F - 3			10,10	4,00	104,2530	1,03564	65,8437	8,26300	4,84160
4	F - 4			10,10	3,90	58,5241	0,70067	36,9626	10,08873	5,91136
5	F - 5			10,00	4,00	67,9643	0,81369	42,9248	11,71607	6,86487
Promedio						63,348	0,762	40,009	9,654	5,657
Mediana						58,524	0,708	36,963	10,089	5,911
Desviación estándar						25,335	0,179	16,001	1,543	0,904
Coeficiente de variación						0,400	0,234	0,400	0,160	0,160
Maximo						104,253	1,036	65,844	11,716	6,865
Minimo						39,729	0,554	25,092	7,976	4,674
Rango						64,525	0,482	40,752	3,740	2,191

**ANEXOS FOTOGRAFICOS**














Realizado por: Ing. Byron Lopez  
TÉCNICO DE LABORATORIO  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

## ANEXO B: INFORME DE ENSAYO A TRACCIÓN

										
DATOS DEL CLIENTE				DATOS INFORMATIVOS						
<b>Empresa / Cliente:</b>		Alejandro Sebastián Ortiz Villena Jefferson Mauricio Gavilanes Molina		<b>Laboratorio:</b> Resistencia de Materiales			<b>Método de ensayo:</b> NTE INEN 2043			
<b>Fecha de inicio:</b>		14-Jul-2023		<b>Designación del material:</b> DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN ASIENTO DE PILOTO PARA GO KART ELÉCTRICO DE LA CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ, FABRICADO DE UN MATERIAL COMPUESTO DE MATRIZ DE POLIÉSTER Y REFUERZO DE CABUYA						
#	Identificación de probeta	Temp (°C)	Humedad Relativa (%)	Dimensiones mm		Fuerza máxima (N)	Modulo Elastico (GPa)	Tensión Maxima (Mpa)	Desplazamiento mm	% Deformación máxima
				Ancho	Espesor					
1	F - 1	19,0	58,2	50,10	9,90	11422,40	0,47038	22,8448	5,93499	9,89165
2	F - 2			50,30	10,00	9874,40	0,53445	19,7488	4,69003	7,81672
3	F - 3			50,00	9,90	5365,55	0,47330	10,7311	3,63200	6,05333
4	F - 4			50,10	10,00	8457,36	0,34828	16,9147	4,39438	7,32396
5	F - 5			50,00	10,00	10249,53	0,42208	20,4991	5,32558	8,87596
<b>Promedio</b>						9073,848	0,450	18,148	4,795	7,992
<b>Mediana</b>						9874,400	0,470	19,749	4,690	7,817
<b>Desviación estándar</b>						2327,571	0,069	4,655	0,881	1,468
<b>Coefficiente de variación</b>						0,257	0,154	0,257	0,184	0,184
<b>Maximo</b>						11422,400	0,534	22,845	5,935	9,892
<b>Minimo</b>						5365,550	0,348	10,731	3,632	6,053
<b>Rango</b>						6056,850	0,186	12,114	2,303	3,838

**ANEXOS FOTOGRAFICOS**

**Realizado por:** Ing. Byron Lopez  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

ANEXO C: INFORME DE ENSAYO DE IMPACTO



CENTRO DE TRANSFERENCIA Y TECNOLOGÍA FACULTAD INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA - UTA



<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>			
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA			
Centro de Transferencia y Tecnología			
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS			
<b>DATOS INFORMATIVOS:</b>			
Fecha:	14/07/2023	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Laboratorios de Materiales		Campus Huachi
Equipo:	Máquina tipo caída de masas de Impacto		
Realizado por:	Ing. Byron Lopez		
Tema de investigación:	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN ASIENTO DE PILOTO PARA GO KART ELÉCTRICO DE LA CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ, FABRICADO DE UN MATERIAL COMPUESTO DE MATRIZ DE POLIÉSTER Y REFUERZO DE CABUYA		
Composición	MATRIZ DE POLIÉSTER Y REFUERZO DE CABUYA		
<b>PARAMETROS DE ENSAYO</b>			
Tipo de Medición:	Energía Media de impacto (J)	Norma:	ASTM D 5420-14
Dimensiones (mm):	50mm x 50mm	Nº de probetas:	5

CODIFICACIÓN	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
1	50	50	4	0,163	0,406	600	3,3491	No falla
2	50	50	4	0,163	0,406	700	3,9073	No falla
3	50	50	4	0,163	0,406	800	4,4655	No falla
4	50	51	4	0,163	0,406	900	5,0237	No Falla
5	51	50	4	0,163	0,406	1000	5,5819	Falla