

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE MECÁNICA

TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL

TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO

TEMA:

“ANÁLISIS DE PROPIEDADES MECÁNICAS A UTENSILIOS BIODEGRADABLES”

AUTOR: Kevin Ricardo Araujo Pérez

Marlon Joel Reinoso Manobanda

TUTOR: Ing. Jorge Enrique López Velástegui, Mg.

AMBATO – ECUADOR

Febrero - 2025

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del Trabajo Experimental, previo a la obtención del Título de Ingeniero Mecánico, con tema: **"ANÁLISIS DE PROPIEDADES MECÁNICAS A UTENSILIOS BIODEGRADABLES"**, elaborado por los Sres. Kevin Ricardo Araujo Pérez, portador de la cédula de ciudadanía: C.I. 1804776233, y Marlon Joel Reinoso Manobanda, portador de la cédula de ciudadanía: C.I. 1850604818, estudiantes de la Carrera de Mecánica de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico:

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

Ambato, febrero 2025

.....

Ing. Jorge Enrique López Velástegui, Mg.

TUTOR

AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Kevin Ricardo Araujo Pérez, con C.I. 1804776233, y Marlon Joel Reinoso Manobanda, con C.I. 1850604818, declaramos que todas las actividades y contenidos expuestos en el presente trabajo experimental con el tema: **"ANÁLISIS DE PROPIEDADES MECÁNICAS A UTENSILIOS BIODEGRADABLES"**, así como también las ideas de diseño, parámetros, criterios, análisis, graficas, conclusiones y recomendaciones son de nuestra exclusiva responsabilidad como autores del trabajo experimental, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, febrero 2025

.....

Kevin Ricardo Araujo Pérez
C.I. 1804776233
AUTOR

.....

Marlon Joel Reinoso Manobanda
C.I. 1850604818
AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

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

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

Ambato, febrero 2025

.....

Kevin Ricardo Araujo Pérez
C.I. 1804776233
AUTOR

.....

Marlon Joel Reinoso Manobanda
C.I. 1850604818
AUTOR

APROBACIÓN DE TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Trabajo Experimental, realizado por los estudiantes Kevin Ricardo Araujo Pérez y Marlon Joel Reinoso Manobanda de la Carrera de Mecánica, bajo el tema: **"ANÁLISIS DE PROPIEDADES MECÁNICAS A UTENSILIOS BIODEGRADABLES".**

Ambato, febrero 2025

Por constancia firma:

.....

Ing. Diego Fernando Núñez Núñez, MSc.
MIEMBRO CALIFICADOR

.....

Ing. Wilson Henry Vaca Ortega, Mg.
MIEMBRO CALIFICADOR

DEDICATORIA

Con profunda reverencia, dedico este trabajo de Titulación a Dios, quien ilumino cada paso en este largo camino. Por ser la brújula en mis momentos de incertidumbre, el refugio en mis horas de agotamiento y el impulso que llevo a lograr esta meta.

A mis padres, Ricardo Araujo y Gladys Pérez, mis compañeros de vida, quienes me acompañaron en este caminar, que a pesar de las dificultades estuvieron ahí conmigo apoyándome. Sus palabras, miradas y abrazos han sido el combustible de mi espíritu y la fortaleza en cada obstáculo. Sus oraciones, palabras de aliento y gestos de apoyo me hicieron recordar que nunca camino solo. Les dedico este proyecto de Titulación porque este logro alcanzado es más de ellos que mío.

A mis hermanas Karina y Nancy Araujo, a mis cuñados Geovanni y Hugo Ramírez, junto con mis sobrinos Doménica, Leonel, Emily y Eliana Ramírez Araujo, por sus risas compartidas, consejos sabios y el apoyo incondicional que me brindaron en los días difíciles. En cada logro mío, hay un pedazo de su esfuerzo y cariño.

A mis tíos, primos y toda mi familia, por creer en mí incluso cuando las fuerzas parecían menguar.

Este logro no solo es mío; es nuestro, es fruto del esfuerzo, la dedicación, la confianza y la fe que me han brindado. Me han hecho recordar de lo que soy capaz y que todo lo que me proponga lo puedo lograr.

Con todo mi corazón, dedico este triunfo a ustedes, mi mayor bendición en la vida.

No hay nada imposible mientras uno sueñe en grande

Araujo Pérez Kevin Ricardo

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de titulación principalmente a Dios, quien ha dado la sabiduría, perseverancia, salud, fuerza y vida para lograr las metas que me he propuesto a lo largo del camino.

A mis queridos padres, Marco Reinoso Moya y Carmen Manobanda Galora, por ser mi fuerza, mi motivo y mi inspiración en cada momento de la vida. Su amor incondicional, sus palabras de aliento y los sacrificios silenciosos que han hecho para que logre alcanzar mis sueños, les dedico mi trabajo de titulación ya que este logro no sería posible sin ustedes. Gracias por enseñarme a soñar en grande y a nunca rendirme. Este trabajo es tanto mío como suyo, porque ustedes son la raíz de todo lo que he alcanzado.

A mis hermanos, Leslie Reinoso Manobanda y Leonel Reinoso Manobanda por estar en los momentos difíciles, por las risas compartidas y por el apoyo incondicional que me han brindado, gracias a ellos me han permitido cumplir con este objetivo.

A mis tíos y a mis primos quienes de igual manera me han brindado sus consejos, comprensión y por ese apoyo incondicional brindado a lo largo de la carrera.

También quiero dedicar este trabajo a mi novia, Evelyn Quishpe. Por tu paciencia, por tu comprensión, por tu fuerza, por tu amor. Realmente, tu infinito apoyo me ayudo a alcanzar el equilibrio que me permite dar todo mi potencial y lograr cumplir esta meta.

Y finalmente, a los que creyeron en mí y me apoyaron en todo en todo momento, me brindaron palabras de motivación, pero también se la dedico a quienes no creyeron en mí, con su actitud lograron que tomará más impulso.

Reinoso Manobanda Marlon Joel

AGRADECIMIENTO

Al concluir este capítulo tan significativo en mi vida, mi corazón se llena de gratitud hacia todas las personas que, de una u otra manera, han sido parte esencial de este camino.

A Dios, a quien debo todo lo que soy y todo lo que he logrado. Por ser mi fuerza en los momentos de debilidad, mi luz en la oscuridad y la guía que me condujo hasta aquí. Cada paso dado y cada logro alcanzado han sido posibles gracias a su infinita gracia.

A mis padres, Ricardo Araujo y Gladys Pérez, quienes, con su amor incondicional y sabias enseñanzas, me enseñaron el verdadero valor del esfuerzo y la perseverancia. Su fe en mí ha sido el motor que impulsó mis días y la calma que mantuvo mis noches.

A mis hermanas Karina y Nancy Araujo, a mis cuñados Geovanni y Hugo Ramírez, junto con mis sobrinos Doménica, Leonel, Emily y Eliana Ramírez Araujo, por sus palabras de aliento, su compañía y por recordarme que los grandes logros siempre se disfrutan más en familia.

A mis tíos, primos y a toda mi familia, por ser mi red de apoyo constante. Sus oraciones, palabras de ánimo y cariño incondicional fueron el empuje que necesitaba cuando las fuerzas flaqueaban.

A mis amigos, por compartir conmigo risas y palabras que se convirtieron en refugio en los momentos más difíciles. Su presencia ha sido un recordatorio de que el camino se hace más llevadero cuando se camina acompañado. En especial a Rolando Procel, Mateo Flores y Leydi Freire. Además, quiero agradecer a Nataly Mejía que en este último tiempo me apoyo de una manera incondicional, gracias por tu paciencia, compresión y amor.

A mi amigo y compañero de tesis, Joel Reinoso, por su dedicación, paciencia y compromiso. En este arduo trayecto, juntos descubrimos que el trabajo en equipo es clave para superar desafíos y alcanzar metas.

A mi tutor de tesis, Ing. Jorge López, por su guía y sus valiosas enseñanzas, por creer en el proyecto y ayudarme a moldear mis ideas hasta convertirlas en lo que hoy presento con orgullo.

A los docentes de la universidad, por ser faros de conocimiento y sabiduría, por su paciencia para enseñar y por encender en mí la pasión por aprender. Cada lección suya fue una piedra fundamental en esta construcción.

A todos ustedes, mi más profundo agradecimiento

Araujo Pérez Kevin Ricardo

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, quiero agradecer a Dios por darme fuerza, salud y vida, para seguir adelante, por iluminar mi camino y darme la determinación de cumplir mis metas.

Agradezco profundamente a mis padres, Marco Reinoso Moya y Carmen Manobanda Galora, por su amor incondicional y el apoyo constante que me han brindado en cada uno de los objetivos que me he propuesto. Gracias a su ejemplo, sus sacrificios y su esfuerzo incansable, hoy puedo celebrar la culminación de esta meta. Les agradezco de todo corazón por nunca haber perdido la esperanza en mí. A mis hermanos, quienes han estado a mi lado en todo momento, ofreciéndome su apoyo moral y su fe inquebrantable en mis capacidades, les expreso mi más sincera gratitud. A mis tíos y primos, que con sus consejos y palabras de aliento han contribuido a mi crecimiento personal y profesional, también les dedico este logro con mucho aprecio.

De igual manera, quiero expresar mi profundo agradecimiento a la mujer que ha estado a mi lado a lo largo de este importante capítulo de mi vida, mi novia Evelyn Quishpe. Gracias por brindarme tu apoyo incondicional, tu amor, tu infinita paciencia y tu comprensión en cada momento. Has sido un pilar fundamental en mi camino hacia el cumplimiento de esta meta, y por ello siempre te estaré profundamente agradecido.

A mi amigo y compañero de tesis, Kevin Araujo, por su gran amistad, dedicación y apoyo incondicional a lo largo de este proceso. Gracias a nuestro trabajo en equipo y esfuerzo conjunto, hemos logrado alcanzar nuestro tan anhelado título.

A mi mejor amigo Samuel Quishpe quien ha sido un pilar fundamental en mi vida estudiantil y moral, quien me brindo su apoyo incondicional, por sus palabras de aliento y esos consejos que me han ayudado en gran parte cuando sentía que me rendía, agradezco por su gran amistad y por estar en los momentos difíciles, me ayudo a lograr alcanzar este objetivo.

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a mi tutor de tesis, el Ing. Jorge López, Mg., cuya comprensión, paciencia y dedicación fueron fundamentales en mi experiencia a lo largo del complejo y gratificante camino de la investigación. Su guía no solo ha enriquecido mi formación académica, sino que también ha dejado una huella significativa en mi desarrollo personal. Asimismo, extiendo mi gratitud a todos los docentes que formaron parte de mi trayectoria universitaria. Cada uno de ellos, con su dedicación y esfuerzo, contribuyó a transmitirme los conocimientos necesarios para alcanzar esta meta.

Reinoso Manobanda Marlon Joel

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL TUTOR ii
AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN iii
DERECHOS DE AUTOR iv
APROBACIÓN DE TRIBUNAL DE GRADO v
DEDICATORIA vi
AGRADECIMIENTO viii
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS x
ÍNDICE DE TABLAS xiv
ÍNDICE DE FIGURAS xix
RESUMEN EJECUTIVO xxii
ABSTRACT xxiii
CAPÍTULO I 1
MARCO TEÓRICO 1
1.1 Antecedentes Investigativos 1
1.1.1 Tema del trabajo experimental 1
1.1.2 Antecedentes 1
1.1.3 Justificación 3
1.1.4 Fundamentación Teórica ODS 5
1.1.4.1 Plásticos 5
1.1.4.1.1 Problemática de los Plásticos 5
1.1.4.1.2 Problemática de los Plásticos en Ecuador 6
1.1.4.2 Biodegradabilidad en polímeros 7
1.1.4.3 Materiales Biodegradables 8
1.1.4.3.1 Polímeros Biodegradables 9
1.1.4.3.1.1 Tipos de Polímeros Biodegradables 9
1.1.4.3.1.2 Ventajas y Desventajas de Polímeros Biodegradables 11
1.1.4.3.2 Propiedades de algunos materiales biodegradables 13
1.1.4.3.3 Materiales biodegradables más comerciales 16
1.1.4.4 Fibras naturales 17
1.1.4.5 Tenedores 19
1.1.4.5.1 Tipos de tenedores 19
1.1.4.6 Cucharas 21
1.1.4.6.1 Tipos de cucharas 21
1.1.4.7 Utensilios Biodegradables 22
1.1.4.7.1 Tenedores Biodegradables 22

1.1.4.7.2 Cucharas Biodegradables 22
1.1.4.7.3 Materiales más vendidos para utensilios biodegradables 23
1.1.4.8 Tamaño de mercado mundial de cubiertos biodegradables vs cubiertos de plástico 23
1.1.4.8.1 Utensilios biodegradables en el mercado mundial 2024-2032 23
1.1.4.8.2 Utensilios plásticos en el mercado mundial 2024-2031 24
1.1.4.9 Economía circular 25
1.1.4.10 Normas 26
1.1.4.11 ARCSA 28
1.1.4.12 Objetivos de Desarrollo Sostenible 29
1.1.4.13 Polimerización 30
1.1.4.14 Propiedades mecánicas 32
1.1.4.15 Hidrofobicidad en materiales 35
1.1.4.16 Método para análisis de elementos finitos 35
1.2 Objetivos 37
1.2.1 Objetivo General 37
1.2.2 Objetivos Específicos 37
1.3 Planteamiento de la Hipótesis 37
CAPÍTULO II 39
METODOLOGÍA 39
2.1 Materiales, equipos y herramientas 39
2.1.1 Materiales 39
2.1.2 Equipos 40
2.1.3 Herramientas 40
2.2 Métodos 42
2.2.1 Enfoque mixto 42
2.2.2 Tipo de Investigación 43
2.2.3 Procedimientos 43
2.2.3.1 Selección del material biodegradable según sus propiedades mecánicas 43
2.2.3.2 Diseño y selección del modelo de cuchara y tenedor 44
2.2.3.3 Ejecución de los ensayos mecánicos para evaluar las propiedades mecánicas de los utensilios biodegradables y de plástico 45
2.2.3.4 Ensayo de hidrofobicidad en los utensilios biodegradables y de plástico 48
2.2.3.5 Encuesta sobre el diseño y rendimiento de la cuchara y tenedor biodegradable 49
2.2.3.6 Análisis de resultados y tabulación de datos 49
2.2.3.7 Conclusiones y recomendaciones 50
2.2.3.8 Etapas del trabajo experimental 50
2.2.3.9 Etapas del diseño y selección 52
CAPÍTULO III 53

RESULTADOS Y DISCUSIÓN 53
3.1 Selección del material biodegradable según sus propiedades mecánicas 53
3.2 Diseño y selección del modelo de cuchara y tenedor 60
3.2.1 Diseño de los modelos de los tenedores 60
3.2.2 Diseño de los modelos de las cucharas 62
3.2.3 Selección del modelo de cuchara y tenedor 63
3.2.3.1 Selección del modelo del tenedor 63
3.2.3.2 Selección del modelo de la cuchara 69
3.2.4 Utensilios fabricados 75
3.2.5 Fichas de los ensayos de flexión de cada material biodegradable y plástico 78
3.2.6 Fichas de los ensayos de tracción de cada material biodegradable y plástico 105
3.2.7 Fichas de los ensayos de dureza de cada material biodegradable y plástico 131
3.2.8 Fichas de los ensayos de hidrofobicidad de cada material biodegradable y plástico 147
3.2.9 Encuesta sobre el diseño y rendimiento de la cuchara y tenedor biodegradable. ... 165
3.2.10.1 Encuesta sobre el diseño y rendimiento de la cuchara. 165
3.2.10.2 Anexos de pruebas de funcionamiento de la cuchara sobre diferentes alimentos 165
3.2.10.3 Encuesta sobre el diseño y rendimiento del tenedor. 166
3.2.10.4 Anexos de pruebas de funcionamiento del tenedor sobre diferentes alimentos. 167
3.2.11 Comparación de los resultados obtenidos. 168
3.2.11.1 Comparación de los resultados de los ensayos de flexión. 168
3.2.11.2 Comparación de los resultados de los ensayos de tracción. 170
3.2.11.3 Comparación de los resultados de los ensayos de dureza. 172
3.2.11.4 Comparación de los resultados de los ensayos de hidrofobicidad. 174
3.2.11.5 Comparación de los pesos de tenedores y cucharas biodegradables y plásticas. 176
3.2.12 Recursos financieros para el análisis de propiedades mecánicas de utensilios biodegradables 177
3.2.12.1 Costos directos 177
3.2.12.2 Costos transporte 179
3.2.12.3 Costos de mano de obra 179
3.2.12.4 Costos de los ensayos 179
3.2.12.5 Costos totales 180
3.2.13 Validación de la hipótesis 181
3.2.13.1 Computo del chi cuadrado 181
CAPÍTULO IV 188
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 188
4.1 Conclusiones 188
4.2 Recomendaciones 189

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 191
ANEXOS 196

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA I. RESIDUOS QUE CAUSAN MAYOR CONTAMINACIÓN EN EL PAÍS 6
TABLA II. AGENTES EXTERNOS Y SUS DIFERENTES TIPOS DE DEGRADABILIDAD 7
TABLA III. POLÍMEROS Y SU BIODEGRADABILIDAD 8
TABLA IV. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS POLÍMEROS BIODEGRADABLES 12
TABLA V. POLÍMERO BIODEGRADABLE A BASE DE PLA REFORZADO CON FIBRA DE ABACÁ 14
TABLA VI. ABSORCIÓN DEL AGUA EN LOS CUBIERTOS COMPUESTOS POR GLICEROL Y SORBITOL 14
TABLA VII. PORCENTAJE DE ABSORCIÓN DE AGUA 15
TABLA VIII. RANGO DE DUREZA SHORE A EN EL BIOPOLÍMERO CON RESIDUOS DE MAÍZ 16
TABLA IX. PROPIEDADES MECÁNICAS DE OTROS MATERIALES BIODEGRADABLES 16
TABLA X. EMPRESAS FABRICANTES DE DIVERSOS PRODUCTOS BIODEGRADABLES 17
TABLA XI. CRECIMIENTO ECONÓMICO DE UTENSILIOS BIODEGRADABLES EN EL MERCADO MUNDIAL 2024-2032 24
TABLA XII. TAMAÑO DE MERCADO MUNDIAL DE UTENSILIOS DE PLÁSTICO 2024-2031. 25
TABLA XIII. REPROCESAMIENTO A DIFERENTES MATERIALES PLÁSTICOS 26
TABLA XIV. LISTA DE MATERIALES 39
TABLA XV. LISTA DE EQUIPOS 40
TABLA XVI. LISTA DE HERRAMIENTAS 41
TABLA XVII. TABLA PARA UTILIZAR EN LA COMPARACIÓN DE BIOPLÁSTICOS Y PLÁSTICOS JUNTO CON SUS PROPIEDADES MECÁNICAS 44
TABLA XVIII. TABLA PARA UTILIZAR EN LA COMPARACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS DIFERENTES DISEÑOS DE CUCHARA Y

TENEDOR 45
TABLA XIX. TABLA PARA UTILIZAR EN EL ENSAYO DE HIDROFOBICIDAD 49
TABLA XX. ETAPAS DEL TRABAJO EXPERIMENTAL 51
TABLA XXI. PROPIEDADES MECÁNICAS DE BIOPLÁSTICOS Y PLÁSTICOS TRADICIONALES 53
TABLA XXII. COMPARACIÓN DE DATOS DE LOS MODELOS DE TENEDORES 68
TABLA XXIII. COMPARACIÓN DE DATOS DE LOS MODELOS DE CUCHARAS 74
TABLA XXIV. PRUEBAS REALIZADAS PARA LA OBTENCIÓN DE UTENSILIOS CON BIOPLÁSTICO DE MAÍ 75
TABLA XXV. PRUEBAS REALIZADAS PARA LA OBTENCIÓN DE UTENSILIOS CON BIOPLÁSTICO DE TRIGO 77
TABLA XXVI. FICHA TÉCNICA ENSAYO DE FLEXIÓN EN TENEDORES BIOPLÁSTICOS DE ALMIDÓN DE MAÍZ 79
TABLA XXVII. FICHA TÉCNICA ENSAYO DE FLEXIÓN EN CUCHARAS BIOPLÁSTICOS DE ALMIDÓN DE MAÍZ 82
TABLA XXVIII. FICHA TÉCNICA ENSAYO DE FLEXIÓN EN TENEDORES PLÁSTICOS 85
TABLA XXIX. FICHA TÉCNICA ENSAYO DE FLEXIÓN EN CUCHARAS PLÁSTICAS 88
TABLA XXX. FICHA TÉCNICA ENSAYO DE FLEXIÓN EN CUCHARAS BIOPLÁSTICOS DE MAÍZ 91
TABLA XXXI. FICHA TÉCNICA ENSAYO DE FLEXIÓN EN TENEDORES BIOPLÁSTICOS DE MAÍZ 94
TABLA XXXII. FICHA TÉCNICA ENSAYO DE FLEXIÓN EN CUCHARAS BIOPLÁSTICOS DE TRIGO 97
TABLA XXXIII. FICHA TÉCNICA ENSAYO DE FLEXIÓN EN TENEDORES BIOPLÁSTICOS DE TRIGO 101
TABLA XXXIV. FICHA TÉCNICA ENSAYO DE TRACCIÓN EN TENEDORES BIOPLÁSTICOS DE ALMIDÓN DE MAÍZ 105
TABLA XXXV. FICHA TÉCNICA ENSAYO DE TRACCIÓN EN CUCHARAS

BIOPLÁSTICOS DE ALMIDÓN DE MAÍZ 108
TABLA XXXVI. FICHA TÉCNICA ENSAYO DE TRACCIÓN EN TENEDORES PLÁSTICOS 111
TABLA XXXVII. FICHA TÉCNICA ENSAYO DE TRACCIÓN EN CUCHARAS PLÁSTICAS 114
TABLA XXXVIII. FICHA TÉCNICA ENSAYO DE TRACCIÓN EN CUCHARA BIOPLÁSTICOS DE MAÍZ 117
TABLA XXXIX. FICHA TÉCNICA ENSAYO DE TRACCIÓN EN TENEDORES BIOPLÁSTICOS DE MAÍZ 120
TABLA XL. FICHA TÉCNICA ENSAYO DE TRACCIÓN EN CUCHARAS BIOPLÁSTICOS DE TRIGO. 123
TABLA XLI. FICHA TÉCNICA ENSAYO DE TRACCIÓN EN TENEDORES BIOPLÁSTICOS DE TRIGO. 127
TABLA XLII. FICHA TÉCNICA ENSAYO DE DUREZA EN TENEDORES BIOPLÁSTICOS DE ALMIDÓN DE MAÍZ 131
TABLA XLIII.. FICHA TÉCNICA ENSAYO DE DUREZA EN TENEDORES PLÁSTICOS 133
TABLA XLIV. FICHA TÉCNICA ENSAYO DE DUREZA EN CUCHARAS BIOPLÁSTICOS DE ALMIDÓN DE MAÍZ 135
TABLA XLV. FICHA TÉCNICA ENSAYO DE DUREZA EN CUCHARAS PLÁSTICAS. 137
TABLA XLVI. FICHA TÉCNICA ENSAYO DE DUREZA EN TENEDOR BIOPLÁSTICOS DE MAÍZ 139
TABLA XLVII.. FICHA TÉCNICA ENSAYO DE DUREZA EN CUCHARA BIOPLÁSTICO DE MAÍZ 141
TABLA XLVIII. FICHA TÉCNICA ENSAYO DE DUREZA EN CUCHARA BIOPLÁSTICO DE TRIGO 143
TABLA XLIX. FICHA TÉCNICA ENSAYO DE DUREZA EN TENEDOR BIOPLÁSTICOS DE TRIGO 145
TABLA L. FICHA TÉCNICA ENSAYO DE HIDROFOBICIDAD EN TENEDORES BIOPLÁSTICOS DE ALMIDÓN DE MAÍZ 147
TABLA LI. FICHA TÉCNICA ENSAYO DE HIDROFOBICIDAD EN CUCHARAS BIOPLÁSTICOS DE ALMIDÓN DE MAÍZ 149

TABLA LII. FICHA TÉCNICA ENSAYO DE HIDROFOBICIDAD EN TENEDORES PLÁSTICOS 152
TABLA LIII. FICHA TÉCNICA ENSAYO DE HIDROFOBICIDAD EN CUCHARAS PLÁSTICAS 154
TABLA LIV. FICHA TÉCNICA ENSAYO DE HIDROFOBICIDAD EN TENEDOR DE BIOPLÁSTICO DE MAÍZ 156
TABLA LV. FICHA TÉCNICA ENSAYO DE HIDROFOBICIDAD EN CUCHARAS DE BIOPLÁSTICO DE MAÍZ 158
TABLA LVI. FICHA TÉCNICA ENSAYO DE HIDROFOBICIDAD EN TENEDORES DE BIOPLÁSTICO DE TRIGO 161
TABLA LVII. FICHA TÉCNICA ENSAYO DE HIDROFOBICIDAD EN CUCHARAS DE BIOPLÁSTICO DE TRIGO 163
TABLA LVIII. ENCUESTA SOBRE EL DISEÑO Y RENDIMIENTO DE LA CUCHARA 165
TABLA LIX. ENCUESTA SOBRE EL DISEÑO Y RENDIMIENTO DEL TENEDOR 167
TABLA LX. COMPARACIÓN DEL ENSAYO DE FLEXIÓN EN TENEDORES 168
TABLA LXI. COMPARACIÓN DEL ENSAYO DE FLEXIÓN EN CUCHARAS 169
TABLA LXII. COMPARACIÓN DEL ENSAYO DE TRACCIÓN EN TENEDORES 170
TABLA LXIII. COMPARACIÓN DEL ENSAYO DE TRACCIÓN EN CUCHARAS 171
TABLA LXIV. COMPARACIÓN DEL ENSAYO DE DUREZA EN TENEDORES 172
TABLA LXV. COMPARACIÓN DEL ENSAYO DE DUREZA EN CUCHARAS 173
TABLA LXVI. COMPARACIÓN DEL ENSAYO DE HIDROFOBICIDAD EN TENEDORES 174
TABLA LXVII. COMPARACIÓN DEL ENSAYO DE HIDROFOBICIDAD EN CUCHARAS 175
TABLA LXVIII. COMPARACIÓN DE LOS PESOS DE LOS TENEDORES 176

TABLA LXIX. COMPARACIÓN DE LOS PESOS DE LAS CUCHARAS..... 177
TABLA LXX. COSTOS DE LOS MATERIALES..... 178
TABLA LXXI. COSTOS DE TRANSPORTE Y ENVÍOS..... 179
TABLA LXXII. COSTOS DE LOS ENSAYOS FLEXIÓN, TRACCIÓN Y DUREZA 180
TABLA LXXIII. COSTOS TOTALES 180
TABLA LXXIV. ESFUERZO MÁXIMO DE FLEXIÓN EN CUCHARAS 182
TABLA LXXV. ESFUERZO MÁXIMO DE FLEXIÓN EN TENEDORES..... 182
TABLA LXXVI. ESFUERZO MÁXIMO DE TRACCIÓN EN CUCHARAS..... 182
TABLA LXXVII. ESFUERZO MÁXIMO DE TRACCIÓN EN TENEDORES... 183
TABLA LXXVIII. DUREZA EN TENEDORES 183
TABLA LXXIX. DUREZA EN CUCHARAS..... 183
TABLA LXXX. HIDROFOBICIDAD EN TENEDORES 184
TABLA LXXXI. HIDROFOBICIDAD EN CUCHARAS 184
TABLA LXXXII. TABLA GENERAL DE DATOS..... 184
TABLA LXXXIII. RESULTADOS DE LA FRECUENCIA TEÓRICA ESPERADA 185
TABLA LXXXIV. TABLA DE DISTRIBUCIÓN CHI CUADRADO..... 187

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1. Microplásticos en el medio ambiente. 6
Fig. 2. Polímeros vs consumo energético para su producción. 13
Fig. 3. Fibras naturales vs fibras sintéticas. 18
Fig. 4. Clasificación de las fibras naturales. 19
Fig. 5. Algunos ejemplos de tenedores. 21
Fig. 6. Plásticos posconsumo. 26
Fig. 7. Máquina AllrondLine. 33
Fig. 8. Máquina ProLine. 33
Fig. 9. Máquina Z330E. 34
Fig. 10. Durómetro Vicker marca DuraScan lite. 34
Fig. 11. Elemento tipo Shell. 36
Fig. 12. Gráfica para utilizar en la comparación de las propiedades mecánicas de los diferentes bioplásticos y plásticos. 44
Fig. 13. Gráfica para utilizar en la comparación de las características de los diferentes diseños de cuchara y tenedor. 45
Fig. 14. Gráfica para utilizar en el ensayo de hidrofobicidad. 49
Fig. 15. Etapas de diseño y selección. 52
Fig. 16. Resultados prueba Dureza Shore D (HD). 54
Fig. 17. Resultados de resistencia a la Flexión. 55
Fig. 18. Resultados de resistencia a la Tracción. 56
Fig. 19. Resultados de Módulo de elasticidad. 56
Fig. 20. Resultados del % de elongación de los materiales biodegradables. 57
Fig. 21. Resultados de biodegradabilidad. 58
Fig. 22. Resultados de las propiedades mecánicas de los materiales biodegradables. 59
Fig. 23. Modelo 1 del tenedor. 60
Fig. 24. Modelo 2 del tenedor. 61
Fig. 25. Modelo 3 del tenedor. 61
Fig. 26. Modelo 1 de la cuchara. 62
Fig. 27. Modelo 2 de la cuchara. 62
Fig. 28. Modelo 3 de la cuchara. 63
Fig. 29. Peso del modelo 1 del tenedor. 63

Fig. 30. Peso del modelo 2 del tenedor. 64
Fig. 31. Peso del modelo 3 del tenedor. 64
Fig. 32. Cargas aplicadas en el modelo 1 del tenedor. 65
Fig. 33. Deformación del modelo 1 del tenedor. 65
Fig. 34. Factor de seguridad del modelo 1 del tenedor. 65
Fig. 35. Cargas aplicadas en el modelo 2 del tenedor. 66
Fig. 36. Deformación del modelo 2 del tenedor. 66
Fig. 37. Factor de seguridad del modelo 2 del tenedor. 66
Fig. 38. Cargas aplicadas en el modelo 3 del tenedor. 67
Fig. 39. Deformación del modelo 3 del tenedor. 67
Fig. 40. Factor de seguridad del modelo 3 del tenedor. 67
Fig. 41. Comparación del peso, deformación y factor de seguridad de los modelos de tenedores. 68
Fig. 42. Peso del modelo 1 de la cuchara. 69
Fig. 43. Peso del modelo 2 de la cuchara. 70
Fig. 44. Peso del modelo 3 de la cuchara. 70
Fig. 45. Cargas aplicadas en el modelo 1 de la cuchara. 71
Fig. 46. Deformación del modelo 1 de la cuchara. 71
Fig. 47. Factor de seguridad del modelo 1 de la cuchara. 71
Fig. 48. Cargas aplicadas en el modelo 2 de la cuchara. 72
Fig. 49. Deformación del modelo 2 de la cuchara. 72
Fig. 50. Factor de seguridad del modelo 2 de la cuchara. 72
Fig. 51. Cargas aplicadas en el modelo 3 del tenedor. 73
Fig. 52. Deformación del modelo 3 del tenedor. 73
Fig. 53. Factor de seguridad del modelo 3 del tenedor. 73
Fig. 54. Comparación del peso, deformación y factor de seguridad de los modelos de tenedores. 74
Fig. 55. Pruebas de funcionamiento de la cuchara sobre diferentes alimentos. 166
Fig. 56. Pruebas de funcionamiento del tenedor sobre diferentes alimentos. 167
Fig. 57. Comparación del ensayo de flexión de los tenedores. 168
Fig. 58. Comparación del ensayo de flexión de las cucharas. 169
Fig. 59. Comparación del ensayo de tracción de los tenedores. 170
Fig. 60. Comparación del ensayo de tracción de las cucharas. 171

Fig. 61. Comparación del ensayo de dureza de los tenedores. 172
Fig. 62. Comparación del ensayo de dureza de las cucharas. 173
Fig. 63. Comparación del ensayo de hidrofobicidad de los tenedores. 174
Fig. 64. Comparación del ensayo de hidrofobicidad de las cucharas. 175
Fig. 65. Comparación de los pesos de los tenedores. 176
Fig. 66. Comparación de los pesos de las cucharas. 177

RESUMEN EJECUTIVO

El presente análisis tiene como objetivo evaluar las propiedades mecánicas de cucharas y tenedores biodegradables para determinar su viabilidad como alternativa sostenible frente a los utensilios convencionales. La elaboración de prototipos a partir de materiales biodegradables permite la competencia en relación con los productos de plástico por su alta contaminación a nivel mundial.

Se analizaron parámetros mecánicos para determinar si el material utilizado en los prototipos de tenedor y cuchara son eficientes y comparables a los utensilios de plástico. Entre estos parámetros mecánicos se incluye flexión, tracción, dureza e hidrofobicidad, los tres primeros parámetros son realizados en una máquina universal para ensayos mecánicos, mientras que el ultimo es realizado de una manera convencional con un programa de diseño, donde se midió el ángulo de contacto. Los materiales empleados para los prototipos de tenedor y cuchara son un elemento clave para alcanzar propiedades similares a los utensilios de plástico y biodegradables ya existentes en el mercado, por lo que se escogieron el almidón de maíz y el almidón de trigo. El análisis de estos parámetros se comparó de manera cualitativa y cuantitativa.

Los resultados obtenidos mostraron que los utensilios fabricados a base de almidón de trigo presentan características similares, siendo en algunos aspectos superiores a los utensilios de plástico y biodegradables del mercado. Además, su comportamiento hidrofóbico fue el óptimo, ya que el ángulo de contacto superaba los 90 grados en la mayoría de sus puntos, siendo así una alternativa viable para la industria de utensilios biodegradables.

Palabras Clave: flexión, tracción, dureza, hidrofobicidad, biodegradable, ángulo de contacto, almidón de maíz, almidón de trigo.

ABSTRACT

This analysis aims to evaluate the mechanical properties of biodegradable spoons and forks to determine their viability as a sustainable alternative to conventional utensils. The development of prototypes from biodegradable materials allows competition in relation to plastic products due to their high contamination worldwide.

Mechanical parameters were analyzed to determine whether the material used in the fork and spoon prototypes are efficient and comparable to plastic utensils. These mechanical parameters include bending, tensile, hardness and hydrophobicity, the first three parameters are performed on a universal mechanical testing machine, while the last one is performed in a conventional way with a design program, where the contact angle was measured. The materials used for the fork and spoon prototypes are a key element to achieve similar properties to plastic and biodegradable utensils already on the market, so corn starch and wheat starch were chosen. The analysis of these parameters was compared qualitatively and quantitatively.

The results obtained showed that the utensils made from wheat starch have similar characteristics, being in some aspects superior to plastic and biodegradable utensils on the market. In addition, their hydrophobic behaviour was optimal, as the contact angle exceeded 90 degrees at most points, making them a viable alternative for the biodegradable utensil industry.

Keywords: bending, tensile, hardness, hydrophobicity, biodegradability, contact angle, corn starch, wheat starch.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 Antecedentes Investigativos

1.1.1 Tema del trabajo experimental

Análisis de propiedades mecánicas a utensilios biodegradables.

1.1.2 Antecedentes

Según [1], el desarrollo de nuevos biomateriales de origen natural como el maíz, trigo, bambú o aguacate (*biopolímeros*) representan una alternativa, que pueden sustituir a los polímeros derivados del petróleo, con el objetivo de disminuir la contaminación ambiental producidos por los plásticos. El estudio tuvo como objetivo desarrollar un biopolímero utilizando residuos de maíz (*Zea mays L.*) para producir films, donde se analizaron las propiedades del biopolímero resultante mediante pruebas físicas y químicas. Los resultados que se obtuvieron en el estudio determinaron que el rastrojo de maíz contiene 42.57±1.12% celulosa, 7.15%±0.81% lignina y 50.28±1.31% hemicelulosa con un rendimiento del 31.20±2.46% de celulosa. El biopolímero resultante presentó buenas propiedades termomecánicas y fisicoquímicas, con un tiempo de biodegradación de 40 días, además, el estudio reveló que la producción de este biopolímero es económicamente viable [1].

De acuerdo con [2], el creciente uso de plásticos y las partículas generadas por este, han elevado el número de contaminantes en el entorno humano y en la cadena alimentaria, lo cual representa un riesgo para la salud de los seres humanos. Por lo tanto, se han puesto como objetivo desarrollar plásticos biodegradables, una alternativa más sostenible y con un menor impacto ambiental causado por los plásticos. El estudio se centra en analizar las propiedades mecánicas de bandejas biodegradables elaboradas a partir de almidón de papa reforzadas con fibra de tusa de maíz amarillo y fibra de tocón de esparrago blanco. Para evaluar tanto sus propiedades mecánicas y sus características físicas, se probaron tres proporciones diferentes de almidón/fibra

(85/15, 95/5 y 90/10). La mezcla almidón/fibra de maíz de 85/15 fue la que presentó una mejor cohesión con las fibras, los resultados evidenciaron una fracturabilidad de 2.64 mm y una resistencia a la prueba de dureza de 17.29 kg, además, alcanzando 1.58% de elongación y 0.2132 MPa de resistencia a la tracción. Como consecuencia de estos resultados obtenidos podrían ser una alternativa a la utilización de bandejas de espuma de poliestireno [3].

La alimentación es un aspecto esencial en la vida de los seres humanos, en este sentido, los utensilios y platos tradicionales son elementos muy importantes, pero no se pueden utilizar en las comidas para llevar o comidas rápidas, por lo tanto, los utensilios y platos plásticos de un solo uso es una alternativa muy práctica [4]. Ahora bien, los utensilios y platos plásticos son difíciles de degradarse, además, no suelen ser reciclados debido a su baja rentabilidad, esto tiene como consecuencia que los vertederos están cada vez más saturados debido al exceso de estos residuos de plástico. En este artículo, para solucionar esta problemática causada por los plásticos proponen elaborar utensilios biodegradables utilizando semillas de mango actuando como un plastificante natural, los resultados para la fabricación de dichos utensilios arrojaron que la mejor fórmula es: 10-15% silicato de magnesio, 25-30% plastificante y 60-75% de almidón [5].

El análisis de las propiedades mecánicas respecto a los utensilios y materiales biodegradables ha tomado una gran importancia debido a la progresiva contaminación ambiental procedente de los desechos de plástico. Según [6], se investigaron las propiedades mecánicas de diversos utensilios biodegradables a base de la fibra del tallo de banano, enfatizando su potencial como una alternativa a los utensilios de plásticos convencionales. De esta manera, se profundizó en el análisis de la durabilidad y resistencia de los materiales biodegradables, en el cual nos señala la necesidad de evaluar las características mecánicas de estos materiales para garantizar su viabilidad en aplicaciones prácticas [2]. Estas investigaciones señalan la importancia de entender y comprender las propiedades mecánicas de los utensilios y materiales biodegradables como un paso primordial para su aceptación generaliza debido a que esto ayudará a mitigar los impactos ambientales provocados por el plástico.

1.1.3 Justificación

En la década de los 50 surgió un material derivado del petróleo, el plástico al tener una gran versatilidad y su bajo costo creció su producción en diferentes productos, esto tuvo como consecuencia la superación del consumo de otros materiales en la década de los 80 [7]. Según [8], a nivel mundial la fabricación de estos materiales poliméricos representa un consumo aproximado de 359 millones de toneladas, debido a su aplicación en diferentes campos de la industria, hoy en día estos plásticos están contribuyendo a un enorme problema ambiental debió a los residuos tóxicos que generan y los años que llevan en descomponerse. Además, gran parte de estos desechos plásticos terminan en vertederos o aún peor por la acción del viento o lluvias estos residuos han llegado al mar, lo que ha generado las conocidas islas de plástico que por lo general superan un millón de km^2 de superficie, estas grandes concentraciones de plástico están afectando la vida marina y humana [7].

En Latinoamérica se desechan 17.000 toneladas de desechos plásticos diariamente. Los plásticos tienen la capacidad de liberar plastificantes tóxicos y al ser plásticos de un solo uso forman microplásticos, esto genera que ciertas bacterias pueden formar recubrimientos sobre las superficies de los microplásticos, los cuales pueden incorporar agentes patógenos convirtiéndose asi en algo muy perjudicial para la salud de los seres vivos. La ONU en sus estadísticas analizadas, ha detectado microplásticos en la sal de mesa, conjuntamente, se encontró en el 90% del agua embotellada y en el 83% del agua que se consume en nuestros hogares. Además, en 2017 se reportó una evidente contaminación de estos microplásticos en los suelos [9].

Según [9], en el Ecuador el 80% de los hogares para adquirir alimentos utilizan bolsas plásticas, y diariamente cada persona desecha al menos dos productos plásticos (utensilios). La generación de desechos plásticos en el año 2019 ascendió a 528.000 toneladas esto equivale al 11% del total de desechos generados durante este año. Es importante resaltar que los plásticos producidos en Ecuador son a partir del derivado del petróleo, y aunque se recicla sus componentes siempre permanecerán contaminando varios años. Para mitigar esta problemática, se han venido desarrollando diversos tipos de materiales como son los biopolímeros o materiales biodegradables,

esto ayudará a descubrir aplicaciones más ecológicas con el medio ambiente y reemplazar al plástico [8].

Los materiales biodegradables están compuestos por una matriz polimérica reforzado con fibras naturales, que se puede utilizar para elaborar productos para varios campos de la industria entre ellos el sector de la construcción, automotriz y alimenticio, etc. Los polímeros biodegradables están siendo considerados como una buena alternativa para reemplazar a los polímeros tradicionales garantizando sus propiedades mecánicas como flexibilidad, tracción y tenacidad, con el objetivo de mitigar en cierta parte el impacto ambiental generado por el plástico [8]. Según [7], durante la elaboración de productos bioplásticos se ha reducido las emisiones de CO2 entre 0.8 y 3.2 toneladas.

En Ecuador, se está utilizando a gran escala productos biodegradables entre ellos se encuentra los sorbetes de bambú, platos fabricados con hojas de plátano y harina de yuca y utensilios elaborados a partir de pepa de aguacate. Esto es una gran alternativa hacia los productos de plástico ya que la descomposición de estos biopolímeros es de forma acelerada y se utiliza como abono. Hoy en día, tenemos la necesidad de elaborar utensilios biodegradables siendo esta una alternativa hacia los utensilios de plástico [10].

El presente trabajo de investigación propone analizar las propiedades mecánicas de cucharas y tenedores biodegradables, esto permitirá identificar las fortalezas y debilidades de los utensilios biodegradables respecto a los de plástico. Así garantizaremos la calidad y seguridad de estos productos, ya que esto representa una alternativa para el reemplazo de las cucharas y tenedores de plástico. Finalmente, con este trabajo de investigación contribuiremos a mejorar cierta parte del impacto ambiental generado por los polímeros plásticos y contribuirá en los objetivos 12, 13 14, 15 y 17 de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

1.1.4 Fundamentación Teórica ODS

1.1.4.1 Plásticos

Es la denominación general que se utiliza para definir a una variedad de materiales a base de polímeros, en este sentido, son materiales que tienen propiedades únicas debió a su gran estructura molecular que presentan. El plástico más utilizado en la industria es el termoplástico, estos materiales tienen la capacidad de ser maleables al momento de calentarse y así adquirir la forma deseada al enfriarse. Por tener estas características extraordinarias hace que en la actualidad este plástico lo encontremos en una infinidad de aplicaciones [11].

1.1.4.1.1 Problemática de los Plásticos

A nivel mundial el crecimiento de la producción de plásticos ha aumentado, y como no es biodegradable, está trayendo graves consecuencias para el ecosistema en el que vivimos. Para empezar, su introducción en el mercado mundial desde el siglo pasado hasta el momento se ha elaborado 7.800 millones de Tn, equivalente a 1 Tn de plástico por cada habitante en el planeta. A pesar de todo esto, el plástico es un material excelente y sigue considerándose muy útil por su bajo costo y su alta rentabilidad en diferentes aplicaciones. Sin embargo, ahora estamos empezando poco a poco a darnos cuenta y comprender los problemas que conlleva su uso masivo. El problema principal de esto, el plástico, al no descomponerse y debido a los factores ambientales a los que se expone, por ejemplo, rayos UV, temperatura, viento, generan fragmentos y se desintegran en pequeñas partículas plásticas de micras y nanómetros invisibles para el ojo humano. Esto trae como consecuencia, según los estudios realizados en animales y humanos, que dichas partículas que se desintegran del plástico (microplásticos Figura 1) son cancerígenos, neurotóxicos y son perjudiciales para el sistema endocrino humano [12].

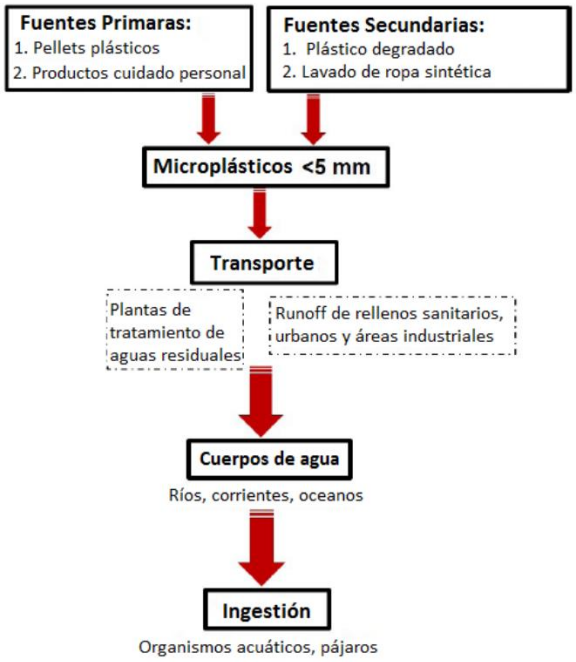


Fig. 1. Microplásticos en el medio ambiente [13].

1.1.4.1.2 Problemática de los Plásticos en Ecuador

No solo a nivel mundial afecta la contaminación por plásticos, Ecuador es uno de los países al que está afectando dicha problemática, por ejemplo, en el 2019 el 80% de los ciudadanos ecuatorianos emplearon bolsas plásticas para adquirir sus despensas, además, cada ciudadano desechó 2 productos plásticos al día. Como resultado, se produjeron 528 mil Tn de desechos plásticos, lo que corresponde al 11% de los desperdicios sólidos generados en ese año. Cabe destacar, en la Tabla I se han identificado 4 categorías de residuos que causan mayor contaminación en el país, según información del Ministerio del Ambiente (MAE) [9].

TABLA I

RESIDUOS QUE CAUSAN MAYOR CONTAMINACIÓN EN EL PAÍS [9]

REGIONES	RESIDUOS CONTAMINANTES			
	BOTELLAS PLÁSTICAS	TARRINAS DE COMIDA	TAPAS DE TARRINAS	COLILLAS DE CIGARRILLO
COSTA	92292	58102	81932	91107
SIERRA	55216	60552	28206	24933
AMAZONÍA	2201	10708	10324	8395
GALÁPAGOS	12877	1650	2318	7765

Todos estos desperdicios plásticos que se muestran en la Tabla 1, los podemos encontrar en el mar y esa es la gran problemática que tiene el Ecuador y el mundo. Según Juan Muñoz, podemos decir que de los 8 millones de Tn de desechos que van al mar, está cifra se aumentará para el año 2025, la cantidad de residuos plásticos en el mundo superará los 80 millones de Tn y se puede señalar que la basura plástica rebasará en cantidad a las especies marinas [9].

1.1.4.2 Biodegradabilidad en polímeros

Primero que todo, se debe comprender el concepto de degradabilidad en polímeros, ocurre cuando un material puede descomponerse o modifica su estructura debido a la acción de agentes externos, por ejemplo, agua, lluvia, sol, rayos UV, etc., en un tiempo determinado. Esta acción afecta el rendimiento del material y sus propiedades por los cambios químicos y físicos que sufre. Existe varios tipos de degradabilidad debido a distintos agentes existentes en el ambiente, en la Tabla II los observamos [14]:

TABLA II

AGENTES EXTERNOS Y SUS DIFERENTES TIPOS DE DEGRADABILIDAD [14]

Agente Externo	**Tipo de degradación**
Luz solar	Fotodegradación
Calor	Degradación térmica
Agentes atmosféricos	Degradación oxidativa
Humedad	Degradación hidrolítica
Hongos y microorganismos	Biodegradación
Luz + oxígeno	Fotodegradación oxidativa
Calor + oxígeno	Degradación termoxidativa
Luz + humedad	Degradación fotohidrolítica

Entonces, la biodegradabilidad en polímeros es un tipo de degradabilidad, todo comienza cuando el material se descompone en fragmentos más pequeños debido al rompimiento de sus enlaces de la cadena macromolecular, su descomposición se da por los agentes biológicos que se encuentran en el suelo, como los hongos y bacterias [14]. Hoy en día, los materiales poliméricos biodegradables y no biodegradables se descomponen en diferentes tiempos o incluso no se descomponen y necesitan varios

años para su descomposición, en la Tabla III podemos encontrar varios polímeros biodegradables y no biodegradables existentes en el mercado y su tiempo de biodegradabilidad [15].

TABLA III

POLÍMEROS Y SU BIODEGRADABILIDAD [15]

Polymer	Biodegradation (industrial)	Biodegradation (ocean)	GWP cradle-to-gate (tonne CO_2eq per tonne polymer)	AP cradle-to-gate (kg SO_2eq per tonne polymer)	Price (US$ per kg)[5,254]
Fossil-based and durable					
HDPE	NA	NA	1.8–2.6	6–22	1.4–1.6
LDPE	NA	NA	1.9–3.1	27	1.36
PP	NA	NA	1.5–3.6	49	1.1
PS	NA	NA	3.2	NA	0.7–1.5
PET	NA	NA	2.4–5	10–18	1.2–1.4
PVC	NA	NA	1.5–2.2	3	1.9
Fossil-based and degradable					
PBAT	2–3 months	>1 year	NA	NA	4.1
PBS	2–5 months	>1 year	NA	NA	4.5
PVA	1–2 weeks	4 months	NA	NA	2
PCL	4–6 weeks	6 weeks	NA	NA	NA
Bio-based and durable					
PEF	9 months	NA	2.1	NA	NA
bioPET	NA	NA	2–5.5	13–75	NA
bioPE	NA	NA	0.68	30	1.8–2.4
Bio-based and degradable					
bioPBS	>3 months	>1 year	2.2	75	NA
PLA	6–9 weeks	>1.5 years	0.5–2.9	7–21	2–3
PGA	2–3 months	1–2 months	NA	NA	NA
P3HB	1–4 months	1–6 months	−2.3–4	14–25	3–8
P4HB	4–6 weeks	1–6 months	NA	NA	3–8

1.1.4.3 Materiales Biodegradables

Los materiales biodegradables son aquellos que pueden ser deteriorados por nuestro entorno, tales materiales tienen la importante misión de reducir el impacto ambiental, después de ser utilizados. Para que un producto contenga material biodegradable va a depender mucho de la composición y de la estructura química por la que este constituida y no solo de la materia prima que se utilizó para su fabricación, por ejemplo, aquellos materiales obtenidos de las resinas naturales como el almidón ya sea de maíz o de yuca, entre otros y sintéticos que provienen de los derivados del petróleo [14].

1.1.4.3.1 Polímeros Biodegradables

Son aquellos que tienen propiedades análogas a los plásticos tradicionales, además, son muy beneficiosos porque disminuye la contaminación ambiental y los desechos emitidos por los plásticos no biodegradables. Los polímeros biodegradables son una innovación para la ingeniería de materiales, ya que se utilizan fuentes renovables agrícolas, este polímero al ser un subproducto del material biodegradable se descompone en tiempos muy cortos y de forma natural por la acción de bacterias y hongos, y da como resultado abono fusionado con H2O, CO2 y metano. La descomposición de los plásticos biodegradables es amigable con el medio ambiente y se puede dar de 2 maneras distintas, una de ellas es aeróbicamente, es un proceso rápido y limpio ya que contiene oxígeno y el otro proceso es anaeróbicamente, se da sin oxígeno y es más lento, además, produce metano [5].

1.1.4.3.1.1 Tipos de Polímeros Biodegradables

Polímeros naturales biodegradables:

Los polímeros naturales contienen monómeros que al ser derivados de productos naturales generan reacciones enzimáticas, este proceso es realizado por los seres vivos, siendo estos susceptibles al desgaste por los sistemas biológicos y químicos. Los polímeros al poseer una gran demanda despiertan el interés de diferentes científicos que en sus investigaciones crean conciencia ambiental en los lectores [16].

A continuación, se señalan ejemplos de polímeros naturales:

Celulosa: La celulosa un polisacárido estructural producido por las plantas, como las herbáceas y la madera extraída del árbol de pino, que están compuestos principalmente de glucosa [16].

Almidón: Es un polisacárido que se logra obtener del trigo, maíz y papa, está conformado por capas internas de amilosa y externas de amilopectina, la presentación del almidón es en gránulos hidrofílicos que están ordenados por capas, una de las características es su propiedad de semicristalinidad [16].

Quitina y quitosano: La quitina es uno de los polímeros que más abundan en la naturaleza, se caracteriza por ser un polisacárido y copolímero lineal, la misma que se produce en el organismo a partir de la glucosa y de las enzimas de la quitina sintetasa, una de las propiedades más representativas es su alta insolubilidad en el agua lo que llega a dificultar su procesamiento debido a su alto peso molecular y a una estructura porosa [16].

El quitosano de igual forma es insoluble en el agua, ya que presenta una estructura compacta y cristalina, presenta puentes de hidrogeno intramoleculares e intermoleculares, el quitosano es de forma N-desacetilada de la quitina [16].

Colágeno: contiene proteínas, siendo el tejido conectivo en el cuerpo humanos y los animales, está compuesto de aminoácidos entre ellos la lisina, prolina, hidroxiprolina y glicina, una de las propiedades del colágeno es la alta reactividad que posee, ya que permite entrecruzarse con los aldehídos y polietilengicol, para la obtención de productos de farmacología [16].

Polímeros sintéticos biodegradables:

Según [16], los polímeros sintéticos son inertes, sus propiedades son predecibles y uniformes, además en su elaboración contienen características únicas en aplicaciones específicas.

A continuación, se detallan los polímeros sintéticos biodegradables:

Ácido Poliláctico (PLA): su familia son los poliésteres alifáticos, obtenidos a partir del ácido láctico por medio de la polimerización, sin embargo, el PLA es uno de los mejores materiales sintéticos para sustituir a los polímeros, debido a sus optimas propiedades físicas y mecánicas, ya que se utilizan como materiales rígidos, flexibles y pueden copolimerizarce con otros, por esta razón es un material versátil aplicado a diferentes industrias [16].

Policaprolactona (PCL): poliéster semicristalino, permeable al agua que posee un punto de fusión bajo (-60 °C) por lo que su tiempo de descomposición es de 2 a 3 años,

siendo este mayor al resto de los polímeros sintéticos, por un lado, puede ser degradado por bacterias, hongos y organismos, pero no puede degradarse por el organismo humano, ya que carecen de enzimas necesarias. Es considerado un buen material para la elaboración de suturas, adhesivos, entre otros [16].

Poliuretanos (PUs): Son polímeros termoplásticos sintéticos, al realizar la hidrolisis del poliuretano se obtiene una diamina como resultado de la degradación, también es usado como material en la ingerida de tejidos, debido a sus propiedades biocompatibles para la colocación de "hueso inyectable sintético" para fracturas, también se aplica en hilos de sutura, asientos, colchones, calzado, entre otros [16].

Polianhidrido (PA): polímeros lábiles hidrolíticamente, posee enlaces de anhidrido alifático que es sensible en la cadena del polímero principal, su estructura impide la penetración del agua, esta propiedad se utiliza en los productos farmacéuticos y equipos médicos, una desventaja es la inestabilidad que poseen en la temperatura del ambiente [16].

Poliácido Glicólico (PGA): Se obtiene al realizar la polimerización por apertura del anillo del glicólido, es insoluble debido a la cristalinidad del 45-55% de igual forma se aplica en suturas que son absorbibles, ingeniería de tejidos y fármacos [16].

Poli p-dioxanona (PPDO): Es un polímero bioabsorbible, cristalino e incoloro, diseñado para la elaboración de suturas quirúrgicas, su cristalinidad es del 55% posee una temperatura de transición vítrea de 10 a 0°C, es utilizado para suturas (monofilamento) [16].

1.1.4.3.1.2 Ventajas y Desventajas de Polímeros Biodegradables

Así como los plásticos convencionales son muy bajos en costos, pero contaminan al ambiente por los residuos tóxicos que produce, los plásticos biodegradables también tienen sus ventajas y desventajas, a continuación, en la Tabla IV lo observamos:

TABLA IV

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS POLÍMEROS BIODEGRADABLES [16]

Polímeros Biodegradables	
Ventajas	**Desventajas**
Son fabricados con fuentes renovables y es amigable con el medio ambiente.	Alto costo para su producción un 20% mayor a los plásticos (esto se da cuando no se produce en varias cantidades sino por unidad).
Su degradación se da a partir de microorganismos y toma un tiempo de 1 a 6 meses.	Los materiales biodegradables fabricados a partir de celulosa tienen un costo energético mayor.
Los materiales biodegradables fabricados a partir de almidón tienen un costo energético menor.	Los polímeros biodegradables deben ser hidrofílicos porque al no serlo cuando entre en contacto con el agua se descompone rápidamente.
Tienen propiedades similares a los plásticos convencionales en especial los polímeros que son termoplásticos.	Por el momento, estos polímeros tienen limitaciones para ciertas aplicaciones.
Se reduce la tala de árboles y la explotación de petróleo.	Algunos polímeros biodegradables producen geles.
No producen desechos tóxicos.	

Los biopolímeros o polímeros naturales biodegradables tienen una cierta desventaja con los polímeros sintéticos biodegradables, por los que son los más utilizados a nivel comercial, pero una característica de estos dos polímeros es al momento de ser

combinados presentan una mejoría en las propiedades del producto fabricado [16].

Además, en la figura 2 podemos observar la comparación material vs energía de diversos polímeros biodegradables y no biodegradables, esto debemos tener muy en cuenta al momento de fabricar algún producto con dichos materiales.

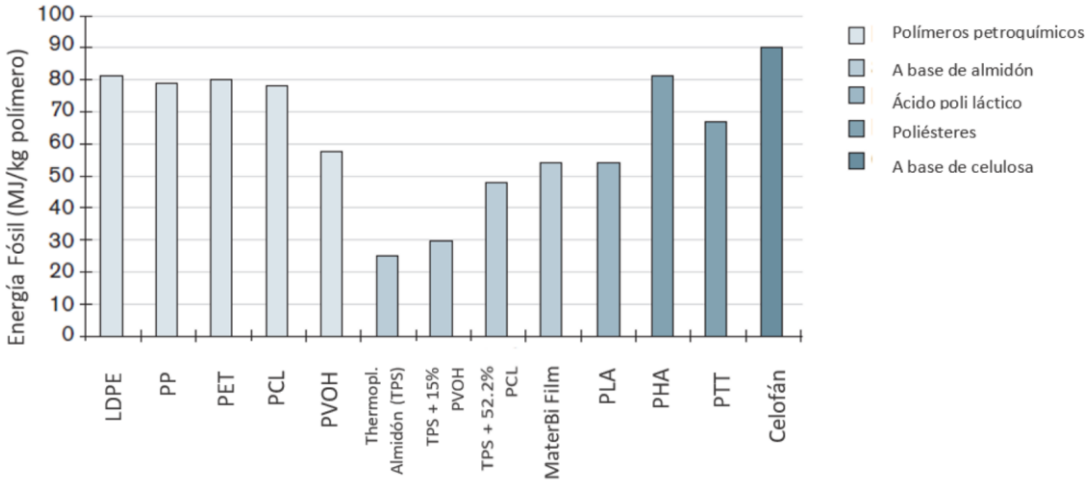


Fig. 2. Polímeros vs consumo energético para su producción [16].

1.1.4.3.2 Propiedades de algunos materiales biodegradables

Polímero biodegradable a base de PLA reforzados con fibras de abacá

Según [17], se investigaron las propiedades mecánicas de los polímeros biodegradable elaborados a base de PLA reforzados con fibras de abacá, los resultados evidenciaron tener una resistencia a la tracción de 132 MPa con un módulo de elasticidad de 9.223 MPa, además, 104.4 MPa de resistencia a la flexión y 5.570 MPa de módulo de elasticidad. Para poder obtener estas propiedades mecánicas que incluso superan a algunos plásticos convencionales, este polímero tiene 1.5 cm de espesor y se utilizó una orientación continúa de la fibra dispuesta en sentido longitudinal y 0.20 % de porcentaje de volumen, con el cual se obtuvo una resistencia al impacto 711.57 J/m.

TABLA V

POLÍMERO BIODEGRADABLE A BASE DE PLA REFORZADO CON FIBRA DE ABACÁ [17]

Tipo del material	Fracción volumétrica de fibra (%)	Resistencia al impacto (J/m)	Variación de la resistencia al impacto (%)
Matriz PLA	0	196,94	…
Compuesto de fibra corta de 10 mm	13	196,48	No sufre variaciones significativas
Compuesto de fibra corta de 10 mm	20	500,22	Aumento del 150
Compuesto de fibra continua orientada longitudinalmente	13	637,1	Aumento del 200
Compuesto de fibra continua orientada longitudinalmente	20	711,57	Aumento del 200

Biopolímero con semillas de mango

Se elaboraron utensilios biodegradables utilizando semillas de mango actuando como un plastificante natural, los resultados para la fabricación de dichos utensilios arrojaron que la mejor fórmula es: 10-15% silicato de magnesio, 25-30% plastificante y 60-75% de almidón [5]. En la Tabla VI y VII observamos las pruebas realizadas en 2 cubiertos en un tiempo de 30 minutos y el porcentaje de absorción de agua.

TABLA VI

ABSORCIÓN DEL AGUA EN LOS CUBIERTOS COMPUESTOS POR GLICEROL Y SORBITOL [5]

	Weight (g)	
Time (minutes)	2.5g glycerol	2.5g sorbitol
0	8.36	8.99
5	8.91	9.96
10	9.25	10.28
15	9.55	10.44
20	9.78	10.67
25	9.98	10.92
30	10.24	11.02

TABLA VII

PORCENTAJE DE ABSORCIÓN DE AGUA [5]

	Water absorption (%)	
Time (minutes)	2.5g glycerol	2.5g sorbitol
0	0	0
5	6.58	10.79
10	10.65	14.35
15	14.23	16.13
20	16.99	18.69
25	19.38	21.47
30	22.49	22.58

Polímero biodegradable a partir de almidón de papa reforzadas con fibra de tusa de maíz amarillo y fibra de tocón de esparrago

La mezcla almidón/fibra de maíz de 85/15 fue la que presentó una mejor cohesión con las fibras, los resultados evidenciaron una fracturabilidad de 2.64 mm y una resistencia a la prueba de dureza de 17.29 kg, además, alcanzando 1.58% de elongación y 0.2132 MPa de resistencia a la tracción [3].

Biopolímero con residuos de maíz

El biopolímero resultante presentó buenas propiedades termomecánicas y fisicoquímicas, con un tiempo de biodegradación de 40 días, además, el estudio reveló que la producción de este biopolímero es económicamente viable. Los resultados que se obtuvieron en el estudio determinaron que el rastrojo de maíz contiene 42.57±1.12% celulosa, 7.15%±0.81% lignina y 50.28±1.31% hemicelulosa con un rendimiento del 31.20±2.46% de celulosa. Además, 42.32±6.325% MPa de módulo de elasticidad, 6.27±0.275% MPa de resistencia a la tensión y por último 31.21±3.180% de deformación máx. [1]. A continuación, en la Tabla VIII observamos la Dureza Shore A.

TABLA VIII

RANGO DE DUREZA SHORE A EN EL BIOPOLÍMERO CON RESIDUOS DE MAÍZ [1]

Muestra	Dureza (Shore A)
M1	33,4 ± 1,67
M2	31,8 ± 1,48
M3	33,2 ± 1,79
Media	32,8 ± 1,69

Otros materiales biodegradables

En la Tabla IX podemos observar propiedades mecánicas de varios materiales biodegradables elaborados, esto nos ayudará como guía para realizar nuestro proyecto experimental.

TABLA IX

PROPIEDADES MECÁNICAS DE OTROS MATERIALES BIODEGRADABLES [14]

Composición del biopolímero	**Resistencia a la tensión (MPa)**	**Módulo elástico (MPa)**
Zeína de maíz/nanopartículas de quitosano/aceite esencial de canela y glicerina	0,95-2,15	40,6-20,15
Nano fibras de celulosa de cáscara de coco/PVA	2,56-6,72	-
Nano celulosa de cáscara de patata/PVA / quitosano	4,667-4,852	31-140
Celulosa de rastrojo de maíz y PVA	6,27 ± 0,275	42,32 ± 6,325
Luffa Cylindrica y etileno acetato de vinilo (EVA)	5-8,6	-
CNP/alcohol polivinílico y aceite esencial.	11,49	118,21
Celulosa regenerada y PVA	17,57	19,8
Nanofibras de celulosa derivadas de la palma de aceite y PVA	82-210	-

1.1.4.3.3 Materiales biodegradables más comerciales

En la actualidad, los materiales biodegradables están teniendo una gran demanda comercialmente, pero no todos los polímeros biodegradables que conocemos son

comerciales. Los más utilizados en las empresas fabricantes de diversos productos biodegradables son el almidón, la celulosa, PLA y quitina-quitosano. Además, los polisacáridos y poliésteres son las combinaciones más utilizadas, por ejemplo, PCL Y PLA [16].

A continuación, se detalla en la Tabla X las empresas que comercializan los productos biodegradables junto con su materia prima. Pero al ser con un costo alto son poco competitivos a comparación con las empresas que fabrican plásticos convencionales [14].

TABLA X

EMPRESAS FABRICANTES DE DIVERSOS PRODUCTOS BIODEGRADABLES [14]

Compañía	Producto registrado	Polímero	Aplicaciones de mercado
BASF	ECOVIO	Ecoflex + PLA	Bolsas de mercado
NOVAMONT	Mater-Bi, Origo-Bi	PHA-PHB; Poliésteres biodegradables	Film envolver Sustitutos de PEAD y PP
BBT-AG	Biopar	Ecoflex+PLA	Bolsas de mercado, film
Du Pont	Sonora	PDO (Propanediol)	Fibras textiles
NATURE WORKS	Nature Works Ingeo	PLA	Sustitución de PS
FKUR GMBH	Bioflex	PLA+poliéster	Film
INNOWARE	Eco-Line	PLA	Envases termoformados, vajillas

1.1.4.4 Fibras naturales

Son materiales naturales de refuerzo y muy amigables con el medio ambiente que se están combinando muy bien con los polímeros biodegradables, además, estas fibras naturales se están ganando un gran espacio en la ingeniería de materiales, ya que al fusionar perfecto con los polímeros ya mencionados tienen propiedades mecánicas más elevadas y sus grandes ventajas están tomando una gran importancia al momento de fabricarse algún producto biodegradable. Por ello, al tener una elevada resistencia a la tracción, gran flexibilidad, módulo de elasticidad excelso, una buena resistencia a la corrosión a las fibras naturales lo hacen un excelente material y están reemplazando a las fibras sintéticas como fibra de carbono, vidrio, Klever, etc., como se muestra en

la Figura 3. Además, las fibras al ser de fuentes renovables no son tóxicos para la salud, son de bajo costo y muy ligeras, por otra parte, así como tiene sus ventajas también tiene sus desventajas, no son muy compatibles con todos los polímeros biodegradables, absorben humedad y son anisotrópicos y tienen una baja homogeneidad. A pesar de todo esto, las fibras naturales están crecimiento aceleradamente en el mercado industrial [18].

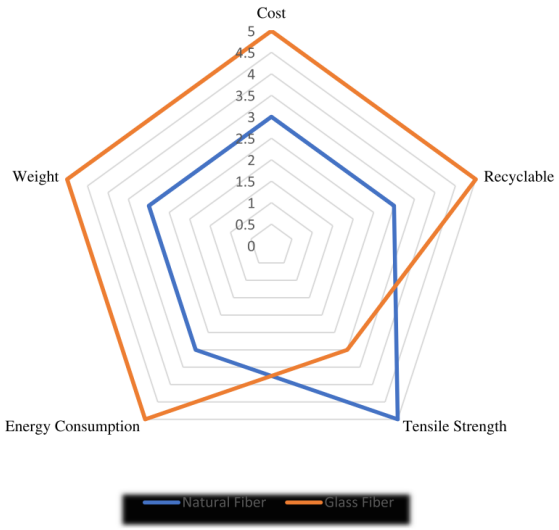


Fig. 3. Fibras naturales vs fibras sintéticas [18].

A continuación, en la Figura 4 observamos la clasificación de las fibras naturales, entre ellas las más utilizadas son el *bagazo y el bambú*, el bagazo son residuos fibrosos que nos ayudan como biomasa para la utilización en energía renovable. El bambú es una fibra celulósica, muy ligero, tiene una elevada resistencia y se utiliza para construcción de casas y muebles. La característica importante de estas dos fibras radica en que son materiales biodegradables renovables y nos ayuda como un excelente refuerzo en los compuestos poliméricos [18].

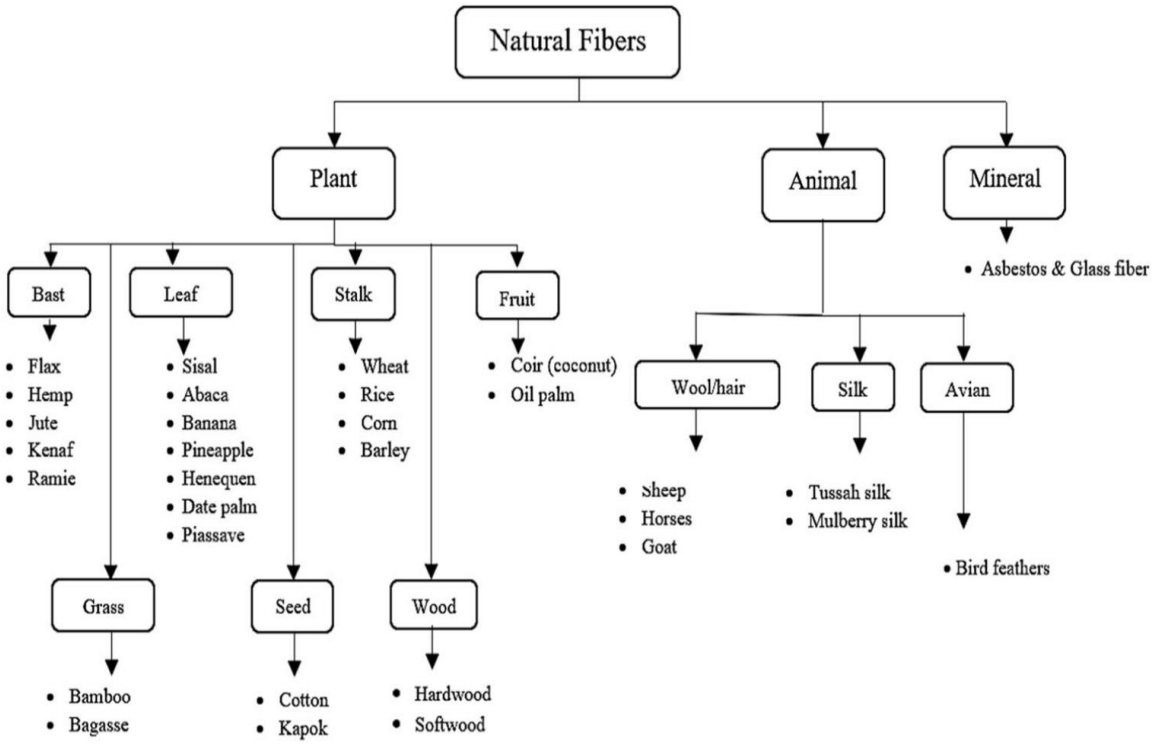


Fig. 4. Clasificación de las fibras naturales [18].

1.1.4.5 Tenedores

Los tenedores aparecieron más tarde a diferencia de los cuchillos y cucharas, por el simple hecho de que la comida se consumía con las manos. El primer tenedor fabricado fue a base de hueso y madera, contenía 2 dientes rectos y se usaban principalmente para cocinar y servir alimentos. Los tenedores con el avance de la industria metalurgia comenzaron a fabricarse con metales; el primer metal utilizado en un tenedor fue la plata. En la actualidad el tenedor posee 4 dientes y su diseño sirve para recoger los alimentos del plato fácilmente, mejorando así su funcionalidad en la cadena alimentaria [19].

1.1.4.5.1 Tipos de tenedores

Tenedor para pescado: Posee 3 dientes los cuales son cortos, planos y más anchos que los demás tenedores. Además, tienen una gran separación entre los dientes centrales, lo que permite un adecuado manejo del pescado [19].

Tenedor para postre: Su diseño permite tener 3 o 4 dientes con punta redondeada y es el más pequeño de todos los tenedores [19].

Tenedor para ostras: Su forma es similar al tenedor para postres, lo que le hace único es que dispone de 3 dientes muy gruesos y sólidos para poder extraer la comida que tiene la concha [19].

Tenedor para caracoles: Diseñados con un alargado mango y 2 dientes afiliados [19].

Tenedor para ensaladas: Generalmente es más corto en comparación al tenedor de mesa, tiene de 3 a 4 dientes y son ideales para manipular todo tipo de ensaladas [19].

Tenedor para mariscos: Es un tenedor pequeño con un diseño peculiar, contiene de 2 a 3 dientes afilados en forma de ganchos [19].

Tenedor de mesa o para carne: Este tenedor es el más utilizado y el más conocido de todos. Posee 4 dientes largos y levemente curvos, además, es más grande que los otros tenedores [19].

Tenedor para fruta: Similar al tenedor para postre, sin embargo, sus dientes son más afilados y poseen 3 [20].

Tenedor para espaguetis: Este tenedor es muy especial porque sus dientes son muy alargados y en sus extremos tienen espacios que permiten envolver los fideos [20].

Tenedor para quesos: Posee 2 dientes muy fuertes que permiten picar cualquier tipo de queso [20].



Fig. 5. Algunos ejemplos de tenedores [20].

1.1.4.6 Cucharas

La cuchara aparece por la necesidad de recoger líquidos para llevarlos a la boca, las primeras cucharas de la historia estaban fabricadas a base de piedras y tenían la forma de una concha. Con la evolución de la raza humana, se iba perfeccionando los modelos de las cucharas y por ende sus materiales, se comenzó a utilizar la madera, oro, plata, porcelana y marfil. A lo largo de la historia se mantuvo el primer modelo hecho de piedra, pero en el siglo XVIII toma su forma actual [20].

1.1.4.6.1 Tipos de cucharas

Cuchara para postre: Su diseño es igual al de la cuchara para sopa y es el más pequeño de todos [20].

Cuchara para café: Posee un tamaño pequeño y lo que le hace único es que sirve solo para mezclar líquidos con sacarosa, por ejemplo, leche con azúcar [20].

Cuchara para consomé: Como lo dice en su nombre esta cuchara se utiliza para sopas y es ligeramente ancha que la cuchara para postre [20].

Cuchara de caviar: Esta constituida de un largo mango y con una punta redondeada [20].

Cuchara sopera: Es de tamaño igual que el tenedor y cuchillo de mesa, es el más

conocido y utilizado [20].

1.1.4.7 Utensilios Biodegradables

Son aquellos cubiertos que tienen propiedades similares a los plásticos, por su reducido impacto ambiental y su descomposición natural en un corto tiempo están reemplazando a los cubiertos convencionales, además, están fabricados a base de polímeros biodegradables y reforzados con fibras naturales [21].

1.1.4.7.1 Tenedores Biodegradables

Los tenedores biodegradables más vendidos en el 2024 incluyen varias opciones populares qué se destacan por su durabilidad y compromiso con el medio ambiente algunos de los más vendidos incluyen [22]:

- **Horquillas Ecovita 100% compostable:** estos tenedores están hechos de recursos vegetales renovable y son certificados por el instituto de productos biodegradables (BPI). Son duraderos, resistentes al calor y vienen de un tamaño extralargo 6,7 pulgadas para un mejor agarre, además son ideales para picnics, bodas y restaurantes [22].
- **World Centric Compostable Forks:** Fabricados a partir de resina PLA cristalizada derivada de recursos renovables estos tenedores son comportables en instalaciones comerciales, son robustos aptos para microondas y lavavajillas lo que los hace ideales para eventos de gran escala como ferias y funciones empresariales [22].

1.1.4.7.2 Cucharas Biodegradables

Hay diversas marcas en el mercado que ofrecen cucharas incluidas BioWare, Bambooware y GreenGood, estas marcas son conocidas por su innovación en la utilización de materiales sostenibles [23].

- **BioWare:** marca que es especialista en utensilios hechos de bioplásticos particularmente PLA (Ácido Poliláctico) y almidón de maíz [23].

- **Bambooware:** utiliza bambú y otros materiales naturales para crear cubiertos duraderos y biodegradables [23].
- **Greenwood:** ofrece una gama de productos hechos de materiales cómo el bagazo de caña y PLA [24].

1.1.4.7.3 Materiales más vendidos para utensilios biodegradables

Los materiales más comunes para la fabricación de tenedores y cucharas biodegradables incluyen el **PLA** (ácido poliláctico), el bagazo de caña de azúcar y el almidón de maíz, estos materiales son populares por ser biodegradables y compostables lo que los convierte en opciones sostenibles frente a los plásticos tradicionales [24].

- **PLA (Ácido Poliláctico):** es un polímero derivado de recursos naturales como el maíz o la caña de azúcar, es uno de los materiales más utilizados debido a su capacidad para biodegradarse en condiciones de compostaje industrial [24].
- **Bagazo de caña de azúcar:** este material es un subproducto de la extracción del jugo de caña es altamente resistente al calor y compostable [25].
- **Almidón de maíz:** utilizado para fabricar bioplástico es una opción económica y biodegradable [24].

1.1.4.8 Tamaño de mercado mundial de cubiertos biodegradables vs cubiertos de plástico

1.1.4.8.1 Utensilios biodegradables en el mercado mundial 2024-2032.

El progresivo aumento de la contaminación plástica ha aumentado la conciencia ambiental de las personas sobre el medio ambiente, lo que ha impulsado la demanda por alternativas sostenibles, lo cual provoca un impacto positivo al mercado mundial. Las diferentes regulaciones ambientales en varios países están promoviendo el uso de utensilios y plásticos biodegradables, y prohibiendo los plásticos de un solo uso. Por este motivo, la Empresa IMARC ha hecho un estudio a nivel mundial sobre el crecimiento de los utensilios biodegradables, con el objetivo principal de ver el impacto que está generando económicamente esta alternativa sostenible en la

industrial mundial [26]. En la Tabla XI, podemos observar los resultados de este estudio con el año base 2023 y con previsión del mercado en 2032.

TABLA XI

CRECIMIENTO ECONÓMICO DE UTENSILIOS BIODEGRADABLES EN EL MERCADO MUNDIAL 2024-2032 [26]

INFORME	DETALLES
Año base	2023
Período pronóstico	2024-2032
Años históricos	2018-2023
Tamaño de mercado 2023	$ 45 000 000
Valor del tamaño del mercado 2032	$ 65 800 000
Tasa de crecimiento 2024/2032	4.2 %

1.1.4.8.2 Utensilios plásticos en el mercado mundial 2024-2031.

En la actualidad, los utensilios de plástico de un solo uso cada vez van creciendo en la industria alimentaria e industrias afines a comida, por ejemplo, en hostelería, supermercados, restaurantes, etc., son utilizados a gran escala. El principal problema de esto es que al ser plásticos que emiten gases de efecto invernadero y al mismo tiempo el aumento de contaminación de basura plástica ha tomado otro rumbo que está afectando la producción en el mercado mundial [27]. La solución a este problema es el reemplazo generalizado de utensilios de plástico por los utensilios biodegradables. En la Tabla 12, podemos observar los resultados del estudio realizado por la empresa Business Research con el año base 2022 y con previsión del mercado en 2031, donde podemos encontrar el decrecimiento de la economía referente a los utensilios de plástico en el mercado mundial a comparación del crecimiento económico de utensilios biodegradables vistos en la Tabla XII.

TABLA XII.

TAMAÑO DE MERCADO MUNDIAL DE UTENSILIOS DE PLÁSTICO 2024-2031 [27]

INFORME	DETALLES
Año base	2022
Período pronóstico	2024-2031
Años históricos	2019-2022
Tamaño de mercado 2023	$ 2 521 000 000
Valor del tamaño del mercado 2032	$ 2 900 400 000
Tasa de crecimiento 2021/2031	1.4 %

1.1.4.9 Economía circular

Las industrias a nivel general trabajan con una economía lineal, esto significa que dicha empresa produce un producto, los clientes consumen y lo desechan, además, del consumo energético y la contaminación en todo el proceso, esto trae como consecuencia la contaminación y si hablamos de plásticos de un solo uso, la contaminación ambiental por basura plástica está trayendo graves problemas ambientales. Por ello, varias empresas a nivel mundial están implementando una economía circular, este sistema consiste en usar las "3R" (reducir, reciclar y reutilizar), donde las materias primas utilizadas para fabricar un producto al finalizar su ciclo de vida vuelvan hacer reutilizadas en diferentes etapas de algún proceso o para la creación de nuevos productos. Esta economía circular también trae beneficios como el aprovechamiento de recursos energéticos mediante un buen ecodiseño en todas las fases del proceso del producto. En este caso, la economía circular se está utilizando en los plásticos, básicamente consiste en realizar un reprocesamiento a los productos plásticos que ya no se utilizan y así reutilizar esos residuos, por ejemplo, en Argentina hacen un reciclado mecánico que sirve en la creación de nuevos productos, además, realizan una recuperación de los componentes iniciales del plástico y se utiliza como materia prima en industrias petroquímicas, y el plástico al ser un buen combustible lo están utilizando en hornos de cemento [11]. En la Tabla XIII, podemos observar a los plásticos que se les ejecuta un reprocesamiento y en la Figura 6 se puede ver la reutilización o la economía circular que se les realiza a los plásticos posconsumo.

TABLA XIII

REPROCESAMIENTO A DIFERENTES MATERIALES PLÁSTICOS [11]

Proceso	Tipos de polímeros procesados	Producto	Capacidad de desconta-minación	Capacidad para tratar plásticos mezclados	Madurez de la tecnología
Reciclado mecánico	PE, PET, PP, PS	polímero	No	Si	Escala industrial
Purificación basada en solventes	PVC, PS, PE, PP	polímero	Si	No	Plantas piloto
Despolimerización química	PET, PU, PA, PLA, PC, PHA, PEF	monómero	Si	No	Plantas piloto para PET, PU y PA
Despolimerización térmica (pirólisis)	PMMA, PS	monómero	Si	No	Plantas piloto
Cracking térmico (pirólisis y gasificación)	Plásticos mezclados	hidrocarburos mezclados	Si	Si	Plantas piloto

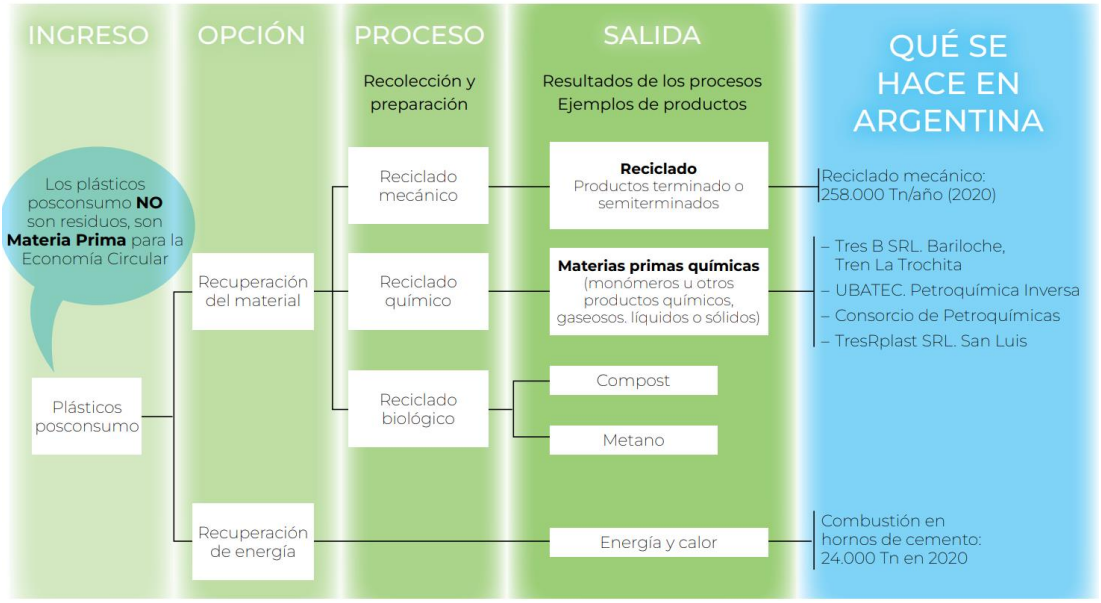


Fig. 6. Plásticos posconsumo [11].

Esto nos puede ayudar como un modelo a utilizar y aplicar en los polímeros biodegradables que se están fabricando y no solo hacerle abono, sino también reutilizar los residuos para la creación de nuevos productos o incorporación en alguna fase de la producción del producto.

1.1.4.10 Normas

En el presente proyecto se utiliza normas de control tanto nacional como internacional, en este caso es la norma europea EN 1672-2:2020 para la construcción de máquinas destinadas al proceso de alimentos [28], esta norma está adaptada al español y vigente por Servicio Ecuatoriano de Normalización INEN-EN 1672-2 [29], otra norma usada

para el procesamiento de alimentos es la RTE INEN 131 [30]. El proyecto tiene como fin producir tenedores y cucharas desechables de material biodegradable para el uso en varios alimentos, por lo que, las normas mencionadas son aceptables.

En cuanto a normas destinadas para conocer qué características deben poseer los materiales para ser denominados biodegradables se menciona en la norma EN 13432 [31]. La ausencia de normativas para evaluar propiedades mecánicas de materiales biodegradables se opta por utilizar la norma ASTM D5628-10 [32], en donde realiza el método de resistencia al impacto de plásticos y la norma ASTM D7264 para determinar las propiedades de flexión de materiales compuestos de matriz polimérica [33], la norma ASTM D3039 para determinar las propiedades de tracción de los materiales compuestos de matriz polimérica [34], y la norma ASTM D2240-15 para determinar las propiedades del caucho-dureza [35].

Posteriormente, se realiza una lista detallada de las normas mencionadas para el proyecto:

INEN-EN 1672-2

Esta norma está adaptada por el Servicio Ecuatoriano de Normalización INEN, de la norma europea EN 1672-2:2020, donde establece los requerimientos de higiene para la máquina que se usa para la elaboración y procesamiento de alimentos dirigidos al consumo humano, de esta manera evita la probabilidad de contagio, enfermedad, infección o lesión provocada por alimentos mal procesados. También detalla la información sobre los requerimientos que las máquinas deben poseer en cuanto al diseño y disminución de riesgos [29].

RTE INEN 131

Esta norma es un reglamento técnico donde detalla los requisitos de la maquinaria para el procesamiento de alimentos en el Ecuador, con el fin de precautelar la seguridad y la salud de las personas. Este servicio está distribuido en varias máquinas para elaborar productos alimenticios [30].

EN 13432

Esta norma europea trata sobre los requisitos de certificación de envases biodegradables en donde se debe cumplir que el material sea biodegradable en un 90%, en un tiempo máximo de degradación de 6 meses [31].

ASTM D5628-10

Es un método de prueba usado para agrietar o romper una muestra de plástico rígida para calcular el valor critico de energía de falla de impacto. Esta prueba se realiza mediante la caída libre de un dardo, en varias muestras [32].

ASTM D3039/D3039M-08

Este método de ensayo permite obtener propiedades de tracción para las especificaciones de los materiales, investigación y desarrollo. De igual manera se detalla sobre la colocación de la probeta, preparación, apilamiento, acondicionamiento, entorno para el ensayo, alineación y sujeción de la probeta [34].

ASTM D2240-15

Esta normativa se basa en la penetración de un tipo específico de indicador de fuerza, donde depende del módulo elástico y del comportamiento viscoelástico del material [35].

ASTM D7264

Esta normativa registra las propiedades de rigidez y resistencia a la flexión en materiales compuestos por una matriz polimérica. Esta prueba se realiza en dos métodos, el A y el B, el A se usa para una carga en tres puntos, el B es un procedimiento en cargas sobre cuatro puntos [33].

1.1.4.11 ARCSA

La Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria (ARCSA), es una entidad pública relacionada con el Ministerio de Salud Pública (MPS) la cual se encarga de vigilar las condiciones de higiene de los productos destinados al uso y consumo de las personas, al igual de otorgar permisos funcionamiento y las respectivas notificaciones sanitarias [36].

Esta entidad de igual manera posee normas de control para productos alimenticios, donde se debe cumplir con los requisitos de procesos de fabricación, producción, elaboración, preparación, envasado, empacado, comercialización, entre otras. Además de proporcionar condiciones de higiene para elaborar el producto [37].

Las normativas sanitarias que regulan los cubiertos biodegradables en Ecuador están bajo la supervisión de la Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria (ARCSA). Estos productos, al estar relacionados al contacto con alimentos, deben cumplir con las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM), que asegura que los materiales utilizados no comprometan la seguridad del usuario [38].

1.1.4.12 Objetivos de Desarrollo Sostenible

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), son una lista de 17 objetivos adaptados en el 2015 por las Naciones Unidas, con el propósito de poner fin a la pobreza, proteger al planeta y garantizar que para el 2030 las personas disfruten de paz y prosperidad [39]. El presente proyecto se adapta a los objetivos 12, 13, 14,15 y 17 de la ODS.

A continuación, se menciona los objetivos que se usara en el trabajo de titulación:

Objetivo 12: Garantizar modalidades de consumo y producción sostenible.

Este objetivo tiene como meta motivar a países y empresas a garantizar las modalidades de consumo y la producción sostenible, guiadas para el 2030, teniendo en cuenta el uso de recursos naturales. De igual manera gestionar el uso de químicos y de todos los desechos como una medida ecológica a largo plazo [39].

Objetivo 13: Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus

efectos.

Este objetivo tiene como meta reducir los cambios climáticos a consecuencia de los gases de efecto invernadero (GEI), ya que son emisiones producidas por los residuos de plásticos [39].

Objetivo 14: Conservar y utilizar sosteniblemente los océanos, los mares y los recursos marinos.

La meta de este objetivo es disminuir significativamente la contaminación marina de todo tipo hasta el 2025 para proteger sosteniblemente los ecosistemas marinos y costeros [39].

Objetivo 15: Gestionar sosteniblemente los bosques, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras, detener la pérdida de biodiversidad.

Tiene como meta velar por la conservación de ecosistemas, incluyendo la biodiversidad con el fin de proporcionar beneficios esenciales para el desarrollo sostenible [39].

Objetivo 17: Revitalizar la Alianza Mundial para el Desarrollo Sostenible.

Este objetivo tiene como meta promover el desarrollo de nuevas tecnologías ecológicas tanto racionales y su transferencia, divulgación y difusión a los países en desarrollo en condiciones favorables [39].

1.1.4.13 Polimerización

Es un proceso químico donde los monómeros, partículas de bajo peso molecular, se agrupan entre sí para formar macromoléculas. Este proceso es usado en la industria petroquímica para formar diferentes polímeros o elastómeros como: materias plásticas, cauchos, fibras sintéticas, revestimientos de protección y adhesivos. Las condiciones de polimerización pueden generar cambios en la estructura de las cadenas y en la

disposición de los grupos funcionales, se producen a escala industrial utilizando materias primas como gas natural, petróleo y carbón [40].

Tipos de polimerización.

Polimerización por Adición: es un proceso químico en el cual los monómeros con dobles enlaces, como los alquenos, se unen entre sí sin que ocurra la eliminación de ningún subproducto. Durante esta reacción, los monómeros se agregan a una cadena creciente, manteniendo intacta la estructura molecular de cada unidad básica. Este tipo de polimerización es característico de polímeros como el polietileno, el polipropileno, y el poliestireno, materiales ampliamente utilizados en la fabricación de plásticos de uso cotidiano. El control de este proceso permite ajustar las propiedades finales del polímero, como la resistencia mecánica y la flexibilidad [41].

Polimerización por Condensación: es una reacción en la que los monómeros con grupos funcionales reactivos, como alcoholes, ácidos o aminas, se combinan para formar un polímero, liberando al mismo tiempo una molécula pequeña como agua, amoníaco o alcohol como subproducto. Es típico en la producción de polímeros como los poliésteres, los policarbonatos y las poliamidas (como el nylon). El control preciso de las condiciones de reacción, como la temperatura y el catalizador, es crucial para determinar el peso molecular y las propiedades del polímero final [41].

Polimerización en Cadena: este proceso se caracteriza por una rápida adición de monómeros activados a un centro de crecimiento de tres etapas: iniciación, propagación y terminación. Este método es especialmente útil para la producción de polímeros de alto peso molecular, como el polietileno de baja densidad (LDPE) y el poliestireno, debido a su alta velocidad de reacción y control sobre la estructura del polímero [41].

Polimerización en Etapas: es un método de formación de polímeros que ocurre a través de la combinación gradual de monómeros que reaccionan en pequeños pasos. Las moléculas poliméricas se forman de manera progresiva, donde los monómeros y los oligómeros reaccionan entre sí para generar polímeros de mayor tamaño. Este tipo de polimerización es común en polímeros como los poliuretanos, donde cada paso de

reacción agrega una pequeña porción a la estructura final del polímero. Generalmente, esta reacción implica la eliminación de subproductos y se lleva a cabo a lo largo de varias etapas, lo que permite un control riguroso sobre las propiedades mecánicas y térmicas del material resultante [41].

Temperaturas de polimerización

La temperatura de polimerización para polímeros es un factor clave en la determinación de sus propiedades mecánicas, térmicas y de cristalización. Los polímeros tienen dos temperaturas críticas. La temperatura de transición vítrea (Tg), se comporta como un material rígido y quebradizo (estado vítreo), y por encima de la cual se vuelve más flexible y gomoso. Su varía según la composición del polímero. Por ejemplo, el polietileno tiene una Tg muy baja (-125°C), lo que lo hace flexible incluso a bajas temperaturas, mientras que el poliestireno tiene una Tg de 100°C, lo que lo hace más rígido a temperatura ambiente. La temperatura de fusión (Tm), la cual cambia de un estado sólido cristalino a un estado líquido. Un ejemplo es el polietileno, que tiene un Tm de 137°C, mientras que el politetrafluoroetileno (Teflón) tiene una Tm mucho más alto, de 327°C [42].

1.1.4.14 Propiedades mecánicas

Son pruebas que afectan a la resistencia mecánica y a su capacidad, cuando se aplica una fuerza. Al momento de aplicar una fuerza se puede anotar su valor, para obtener sus resistencia o deformación a dicha fuerza[43].

La dureza de un material determina la capacidad de resistir la deformación, desgaste y la abrasión cuando es expuesto a otro [44]. En cuanto a la fabricación de utensilios de cocina (tenedor y cuchara), la dureza influye en el mango para los dos utensilios de cocina.

La flexión es cuando se presenta un tipo de deformación en elemento alargado con dirección perpendicular a un eje longitudinal, es decir, un objeto es sometido a flexión por la aplicación de cargas normales al eje haciendo que el objeto se flexione [45].

Una prueba de tracción mecánica consiste en aplicar un esfuerzo axial a unas probetas hasta romperlo, la velocidad que se aplica en el objeto debe ser baja para no alterar el valor real del objeto. En este ensayo se mide la fuerza y la extensión de la probeta [46].

Maquinas usadas para realizar ensayos mecánicos

Para realizar ensayos mecánicos a materiales encontramos varias máquinas, en la Figura 7 observamos la máquina donde se obtiene los valores necesarios para detallar sus propiedades mecánicas.

AllroundLine



Fig. 7. Máquina AllrondLine [46].

Esta máquina es usada en un ámbito universal la cual puede aplicar una fuerza de 5 kN hasta 250 kN, de igual manera se puede realizar varios ensayos mecánicos como, por ejemplo, ensayo de tracción, ensayo de compresión y el ensayo de flexión [46].

ProLine



Fig. 8. Máquina ProLine [46].

Esta máquina (Figura 8) es usada de manera universal, puede medir de entre 5 kN hasta 100kN, puede realizar varios ensayos mecánicos como, por ejemplo, ensayo de tracción, ensayo de compresión y el ensayo de flexión [46].

Z330E (Maquina de ensayos a tracción)

Esta máquina (Figura 9) es usada en sectores textiles, compuestos metálicos textiles, puede medir de entre 330 kN hasta 2500kN, puede realizar varios ensayos mecánicos como, por ejemplo, ensayo de tracción y cizallamiento, ensayo de compresión y el ensayo de flexión, trabaja con las normas ISO 6892, ISO 15630 Y la ISO 898 [46].



Fig. 9. Máquina Z330E [46].

DuraScan 20 lite



Fig. 10. Durómetro Vicker marca DuraScan lite [47].

Esta máquina (Figura 10) es usada para realizar ensayos de dureza, tiene un rango de

carga de 0,00025 kg hasta 62,5 kg, esta máquina es semiautomática, las probetas para realizar el ensayo son colocadas en un carro cruzado de manera manual en la máquina [47].

1.1.4.15 Hidrofobicidad en materiales

Es la combinación de grupos de moléculas no polares en un medio acuoso la cual tiene la capacidad de repeler el agua, mientras que la hidrofilicidad es cuando atrae al agua. Por lo general este ensayo es medido al colocar una gota de agua de un volumen determinado sobre la muestra donde se va a medir. En este caso se mide el ángulo de la gota, si al colocarla tiene un ángulo de 90° es considerada hidrofóbica y si la gota tiene un ángulo menor a 90° es hidrofílica [48].

Los materiales hidrofóbicos poseen propiedades que influyen al estar en contacto con el agua como por ejemplo [49]:

- Angulo de contacto: mide el ángulo de la forma de la gota de agua en la superficie del material [49].
- Área de superficie: en el caso de los materiales hidrofóbicos (que repelen el agua), mientras mayor es la rugosidad o estructura de la superficie, más eficazmente puede repeler las gotas de agua [49].
- Materiales super hidrofóbicos: son aquellos que tienen una propiedad extrema para repeler el agua. Se definen por un ángulo de contacto con el agua mayor a 150 grados. Esto significa que las gotas de agua apenas tocan la superficie del material tienden a rodar fácilmente, como si estuvieran sobre una capa de aire [49].

1.1.4.16 Método para análisis de elementos finitos

Es un método el cual propone un número extenso de variables con el fin de obtener la solución numérica más aproximada de cuerpos, estructuras o dominios. Este método es la representación de un cuerpo dentro de un ensamble de subdivisiones llamadas elementos, los cuales se conectan por puntos llamados nodos, creando así un sistema de ecuaciones que se resuelven numéricamente el problema establecido, para obtener

desplazamientos, deformaciones y tensiones del material [50].

Para el presente proyecto se usa el análisis de elementos finitos tipo Beam y tipo Shell, a continuación, se muestra detalladamente estos análisis.

Elemento tipo viga (Beam):

Los elementos tipo viga poseen la simulación más simplificada, recomendado para el análisis de estructuras con formas tubulares. En el software ANSYS, se conoce como BEAM 188 que es un elemento tridimensional con formulación lineal o cuadrática, basado en el modelo de la viga de Timoshenko, el cual considera la contribución de las fuerzas cortantes y el efecto de la inercia rotacional. Este tipo de elementos soporta análisis restringidos a la torsión para la creación de siete grados de libertad en cada nodo de la viga [51].

Elementos tipo cáscara (Shell)

La teoría de Reissner-Mindlin, que describe las características analíticas de las estructuras de placa, estos elementos de placa también pueden utilizarse para elementos de pared delgada. Los elementos tipo cáscara se componen de cuatro nodos con seis grados de libertad [52]. En la Figura 11, observamos el elemento tipo Shell.

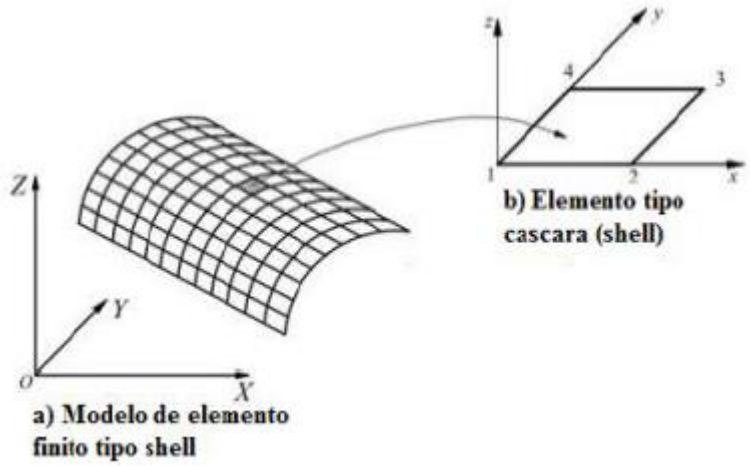


Fig. 11. Elemento tipo Shell [52].

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Analizar las propiedades mecánicas de cucharas y tenedores biodegradables.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Elaborar un tenedor y cuchara a partir del material biodegradable con la finalidad de realizar ensayos mecánicos.

- Realizar pruebas para determinar las propiedades mecánicas del producto biodegradable.

- Ejecutar un ensayo para medir la hidrofobicidad en el material biodegradable utilizado.

1.3 Planteamiento de la Hipótesis

Los utensilios (cucharas y tenedores) fabricados con materiales biodegradables, tienen propiedades mecánicas adecuadas y de hidrofobicidad, comparables a los utensilios tradicionales de plástico.

VARIABLES

- **Variable Independiente:**
  Los utensilios (cucharas y tenedores) fabricados con materiales biodegradables.
- **Variables Dependientes: ´**
  Propiedades mecánicas adecuadas y de hidrofobicidad comparables a los utensilios tradicionales de plástico.

HIPÓTESIS NULA Ho

Los utensilios biodegradables no tienen propiedades mecánicas adecuadas ni de hidrofobicidad, comparables a los utensilios tradicionales de plástico.

HIPÓTESIS ALTERNATIVA Ha

Los utensilios biodegradables tienen propiedades mecánicas adecuadas y de hidrofobicidad, comparables a los utensilios tradicionales de plástico.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1 Materiales, equipos y herramientas

2.1.1 Materiales

En la Tabla XIV, se observa los materiales que se emplearon en la elaboración del presente proyecto experimental.

TABLA XIV

LISTA DE MATERIALES

Material	Descripción	Imagen
Bioplástico de trigo	Material biodegradable que nos ayuda a elaborar las cucharas y tenedores biodegradables. Es un material que se logra obtener a partir de almidón de trigo, además, es un bioplástico amigable con la naturaleza y presenta propiedades similares al plástico común.	
Bioplástico de maíz	Material natural y muy amigable con el medio ambiente. Igual es un material principal para fabricar las cucharas y tenedores biodegradables. Es un material que se logra obtener a partir de almidón de maíz, además, es un bioplástico que presenta propiedades similares al plástico común.	

2.1.2 Equipos

En la Tabla XV, se observa los equipos que se emplearon en la elaboración del presente proyecto experimental.

TABLA XV

LISTA DE EQUIPOS.

Equipo	Descripción	Imagen
Maquina universal de ensayos WAW600B	Máquina para realizar el ensayo de tracción y flexión.	
Durómetro Shore D.	Instrumento para realizar el ensayo de Dureza.	
Computadora	Instrumento empleado para interpretar, analizar, contrastar y tabular los resultados obtenidos en los ensayos mecánicos. Además, nos ayuda a realizar las mediciones del ensayo de hidrofobicidad en AUTOCAD.	

2.1.3 Herramientas

En la Tabla XVI, se observa las herramientas que se emplearon en la elaboración del presente proyecto experimental.

TABLA XVI

LISTA DE HERRAMIENTAS

Herramientas	**Descripción**	**Imagen**
Balanza	Necesario para pesar la materia prima y así obtener con precisión el peso de cada uno de ellos.	
Guantes	Es un EPP para la protección de lesiones en las manos.	
Casco	Equipo de protección personal que nos ayuda a la protección de golpes o impactos en la cabeza.	
Mandil	Este EPP nos ayuda a la protección del vestuario contra el desgaste.	
Gafas de seguridad	Nos protege de residuos de materiales que nos pueden saltar hacia los ojos.	
Guantes quirúrgicos	Nos ayuda a no contaminar la materia prima y a controlar de una buena manera la misma.	

Desmoldante	Evita que el producto biodegradable se quede pegado en el molde. Se aplica antes de realizar la producción.	
Guaipe	Nos ayuda para la limpieza del molde, herramientas y equipos.	
Estilete	Nos ayuda a cortar el material biodegradable y el sobrante que se presenta en el producto terminado.	
Resistencia Térmica	Necesario para calentar el molde y así dar la forma necesaria al producto, en este caso, nos ayuda a calentar el material biodegradable con el molde a una temperatura adecuada y así dar forma al tenedor y cuchara.	

2.2 Métodos

2.2.1 Enfoque mixto

Este trabajo experimental tiene un enfoque cuantitativo y cualitativo, es decir, un enfoque mixto, el enfoque cuantitativo nos ayuda a la recopilación, tabulación y análisis de datos obtenidos a través de las pruebas mecánicas y el ensayo de hidrofobicidad que se realizará a las cucharas y tenedores biodegradables y plásticas,

y así responder a la hipótesis planteada. Este trabajo también utiliza un enfoque cualitativo porque se realizará encuestas no numéricas de las cucharas y tenedores a diferentes alimentos para ver su rendimiento respecto a los utensilios de plástico.

2.2.2 Tipo de Investigación

La presente investigación utiliza un enfoque experimental ya que se lleva a cabo ensayos experimentales para obtener datos reales. Por lo tanto, se establece 3 tipos de investigaciones que son necesarios para realizar el trabajo de titulación, una de ellas es la bibliográfica, este tipo de investigación se centra en la búsqueda de información relacionada con materiales biodegradables y sus propiedades mecánicas, la cual nos ayuda a identificar y seleccionar los materiales utilizados para la elaboración de los utensilios biodegradables. Por otra parte, se utiliza un tipo de investigación experimental esto nos ayudará a analizar las propiedades mecánicas de los utensilios biodegradables, por lo cual se realizará muestras o probetas para realizar los ensayos mecánicos. Finalmente, en este proyecto emplea un enfoque descriptivo, ya que una vez la probeta está sometida a las pruebas mecánicas, se debe describir lo que está sucediendo con los utensilios biodegradables. Además, dicho enfoque descriptivo nos ayudará a describir el rendimiento de nuestro producto (cuchara y tenedor biodegradables) en diferentes alimentos.

2.2.3 Procedimientos

2.2.3.1 Selección del material biodegradable según sus propiedades mecánicas

Para la selección del material biodegradable, se realizó una búsqueda bibliográfica de información de los diferentes tipos de bioplásticos y plásticos tradicionales existentes, junto con sus propiedades mecánicas. Se debe evaluar y comparar las propiedades mecánicas (dureza, resistencia a la flexión, resistencia a la tracción, % de elongación y biodegradabilidad) de los materiales disponibles y seleccionar el mejor material para elaborar las cucharas y tenedores biodegradables.

Se elaboró una tabla y gráfica (Tabla XVII y Figura 12) comparativa con los diferentes bioplásticos y plásticos junto con sus propiedades mecánicas, esto ayudará a realizar

una buena elección del material, se escogerá el bioplástico con las propiedades mecánicas similares o más cercanas a los del plástico tradicional.

TABLA XVII

TABLA PARA UTILIZAR EN LA COMPARACIÓN DE BIOPLÁSTICOS Y PLÁSTICOS JUNTO CON SUS PROPIEDADES MECÁNICAS

Propiedades / Materiales	Dureza shore	Resistencia a la Flexión (Mpa)	Resistencia a la Tracción (Mpa)	Modulo de elasticidad (Mpa)	% de Elongación	Biodegradabilidad
Material Plástico 1						
Material Plástico 2						
Bioplástico 1						
Bioplástico 2						
Bioplástico 3						
Bioplástico 4						
Etc.						

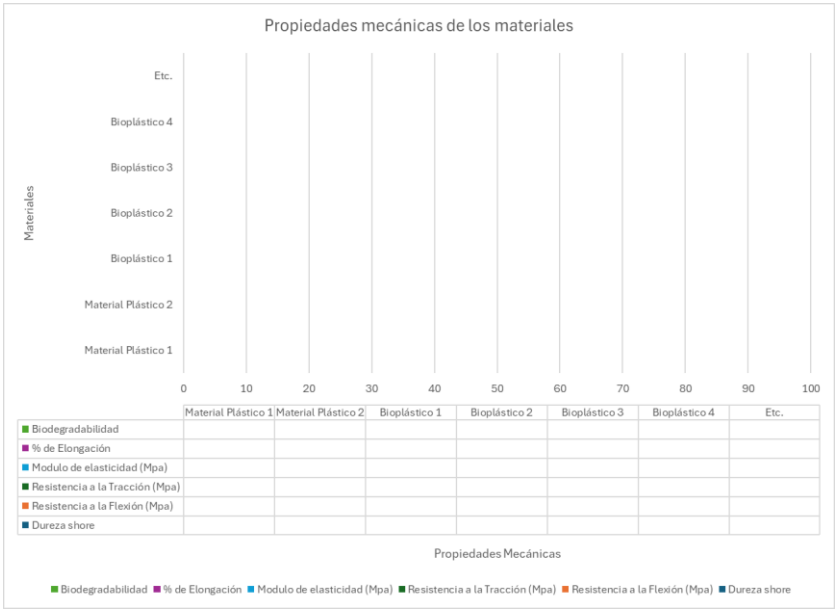


Fig. 12. Gráfica para utilizar en la comparación de las propiedades mecánicas de los diferentes bioplásticos y plásticos.

2.2.3.2 Diseño y selección del modelo de cuchara y tenedor

Para el diseño del modelo de cuchara y tenedor, se eligió 2 diseños existentes en el mercado, donde se escogió los modelos más vendidos y se conservó la ergonomía para la fácil utilización de los usuarios. Se realizó estos diferentes modelos en un software CAD (SOLIDWORKS), donde analizó sus propiedades, formas, tamaños, espesores y pesos para realizar una buena elección.

Para el proceso de selección del modelo tanto para cuchara y tenedor, se ejecutó un análisis en un software de elementos finitos (ANSYS), aquí se colocó las propiedades

del material biodegradable ya seleccionado en los diferentes diseños y se analizó los resultados obtenidos en las simulaciones, para elegir el mejor diseño, nos vamos a basar en el peso, deformación y factor de seguridad sean adecuados al aplicar una fuerza sobre las cucharas y tenedores. Por lo tanto, según las características mencionadas anteriormente se elegió la mejor opción para la elaboración de los utensilios biodegradables. Estos diseños y resultados de las simulaciones se compararon en una tabla y en una gráfica (Tabla XVIII y Figura 13).

TABLA XVIII

TABLA PARA UTILIZAR EN LA COMPARACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS DIFERENTES DISEÑOS DE CUCHARA Y TENEDOR

Simulaciones / **Diseño**	Deformación [mm]	Peso [gr]	Factor de seguridad
Opción 1			
Opción 2			
Opción 3			

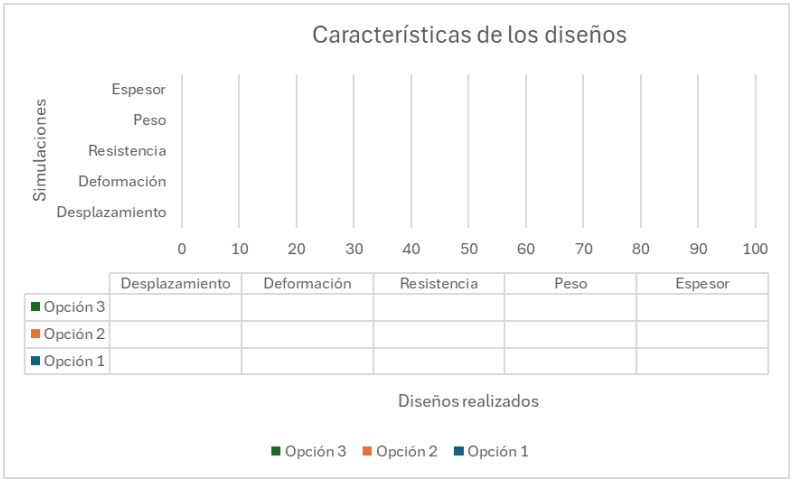


Fig. 13. Gráfica para utilizar en la comparación de las características de los diferentes diseños de cuchara y tenedor.

2.2.3.3 Ejecución de los ensayos mecánicos para evaluar las propiedades mecánicas de los utensilios biodegradables y de plástico

Se llevaron a cabo varios ensayos mecánicos para evaluar las propiedades de los utensilios biodegradables y de plástico, en el cual se utilizó la Máquina universal de polímeros para los ensayos de tracción y flexión. Además, para el ensayo de dureza se ejecutó en el Durómetro Shore D. El procedimiento será el siguiente para realizar los

ensayos:

Ensayos mecánicos para utensilios biodegradables y plásticos (cuchara y tenedor)

- **Ensayo de Tracción**

 # Muestras: 5 para utensilios biodegradables fabricados, 5 para utensilios de plástico y 5 para utensilios biodegradables de la marca ecogreen.

Equipo: Máquina universal de ensayos WAW600B.

Norma: ASTM D3039/D3039M-17

Procedimiento:

1. Se enceró la máquina para tener resultados exactos.
2. Se preparó las muestras en la máquina (cuchara y tenedor).
3. Se aplicó una fuerza de tracción a las muestras hasta que se rompa el material.
4. Se registró los valores obtenidos en el ensayo.

Nota: Para los ensayos de tracción realizados, se optó por no utilizar las dimensiones estándar establecidas en la norma ASTM D3039/D3039M-17 debido a la geometría y funcionalidad específica de los componentes evaluados. Estas particularidades hacían inviable la fabricación de probetas con las dimensiones requeridas sin alterar la estructura del material o el diseño original del componente. La norma en la sección 5 (Significance and Use) menciona que, los datos obtenidos mediante esta prueba pueden usarse para el diseño estructural y análisis, lo que sugiere adaptabilidad cuando el diseño involucra componentes completos, especialmente si hay restricciones de forma o tamaño. Además, en la sección 6 (Interferences), se enfatiza la importancia de evitar factores como mala alineación o preparación inadecuada de la probeta, que podrían ser más relevantes al probar componentes reales debido a su complejidad estructural.

- **Ensayo de Flexión**

 # Muestras: 5 para utensilios biodegradables fabricados, 5 para utensilios de plástico y 5 para utensilios biodegradables de la marca ecogreen. Además, es un ensayo de flexión en 3 puntos.

Equipo: Máquina universal de ensayos WAW600B.

Norma: ASTM D7264/D7264M-21

Procedimiento:

1. Se preparó y enceró la máquina para tener resultados exactos.
1. Se preparó las muestras (cuchara y tenedor).
2. Se colocó las muestras sobre los 2 apoyos de la máquina.
3. Se aplicó una fuerza de flexión en el centro de las muestras hasta que se rompa el material o la máquina ya no llegue a leer.
4. Se registró de los valores obtenidos en el ensayo.

Nota: En los ensayos realizados, no se utilizaron las dimensiones estándar especificadas por la norma ASTM D7264/D7264M-21, ya que el objetivo principal fue evaluar el comportamiento mecánico del componente final. Aunque la norma proporciona lineamientos para ensayos controlados y reproducibles, su aplicabilidad directa a componentes con geometrías complejas es limitada. Además, según la norma, las pruebas realizadas directamente en componentes finales permiten observar interacciones geométricas y estructurales que no pueden evaluarse mediante probetas estándar. Esta decisión permite comprender mejor el desempeño real del componente bajo condiciones específicas de uso.

- **Ensayo de Dureza**

 # Muestras: 1 para utensilios biodegradables fabricados, 1 para utensilios de plástico y 1 para utensilios biodegradables de la marca ecogreen.

Equipo: Durómetro Shore D (OTR).

Norma: ASTM D2240

Procedimiento:

1. Se preparó las muestras (cuchara y tenedor) y el equipo durómetro Shore D.
2. Realizó 5 mediciones por cada muestra.
3. Se calculó el valor promedio de los valores obtenidos.
4. Se registró los valores obtenidos en el ensayo.

2.2.3.4 Ensayo de hidrofobicidad en los utensilios biodegradables y de plástico

Para realizar el ensayo se colocó una gota de agua de un volumen determinado sobre la muestra donde se va a medir. En este caso se mide el ángulo de la gota, si al colocarla tiene un ángulo de 90° es considerada hidrofóbica y si la gota tiene un ángulo menor a 90° es hidrofílica [48] El procedimiento será el siguiente para realizar el ensayo:

 # Muestras: 1 para utensilios biodegradables fabricados, 1 para utensilios de plástico y 1 para utensilios biodegradables de la marca ecogreen.

Equipo: Computadora.

Procedimiento:

1. Se preparó las muestras (cuchara y tenedor) y la jeringa con agua.
2. Se colocó una gota de agua de un volumen determinado sobre la superficie de las muestras.
3. Se midió el ángulo formado por la gota con el software AUTOCAD.
4. Se registró los valores obtenidos en el ensayo.

Se realizó una tabla y gráfica (Tabla XIX y Figura 14) comparativa para observar el comportamiento de las muestras y determinar si es hidrofóbico o hidrofílica.

TABLA XIX

TABLA PARA UTILIZAR EN EL ENSAYO DE HIDROFOBICIDAD

Ensayo / **Utensilios**	Hidrofobicidad
Plástico	
Biodegradable fabricado	
Biodegradable ecogreen	

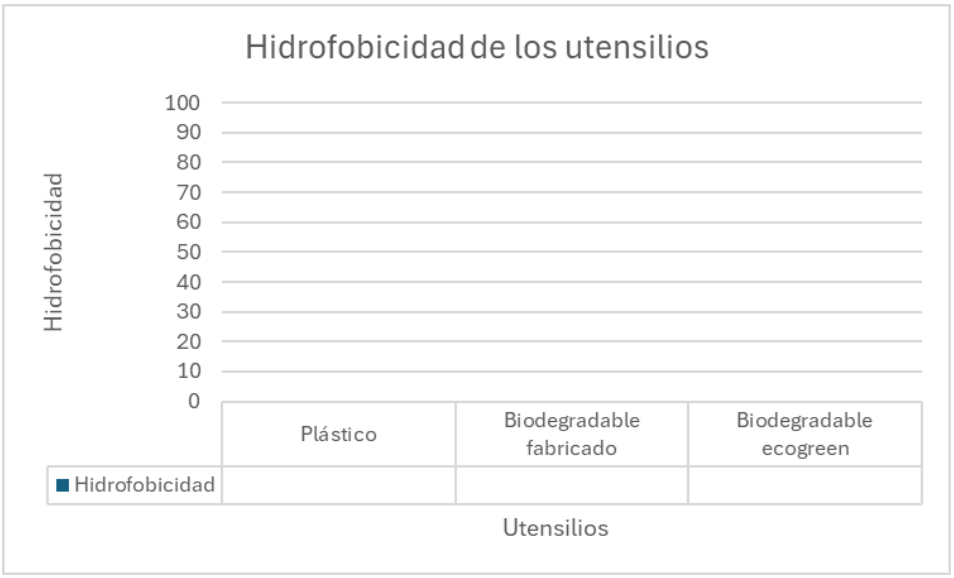


Fig. 14. Gráfica para utilizar en el ensayo de hidrofobicidad.

2.2.3.5 Encuesta sobre el diseño y rendimiento de la cuchara y tenedor biodegradable

Se realizó una encuesta cualitativa sobre las características estéticas del producto obtenido, por ejemplo, peso, diseño, comodidad, etc., además, se hizo pruebas en diferentes alimentos para ver su rendimiento respecto a los utensilios de plástico.

2.2.3.6 Análisis de resultados y tabulación de datos

Con todos los ensayos realizados se interpretó, analizó, contrastó y tabuló los resultados obtenidos en EXCEL de los utensilios biodegradables fabricados con las propiedades mecánicas de los utensilios de plástico mediante tablas y gráficas. Por último, para responder y verificar la hipótesis planteada se utilizó la prueba chi cuadrado. Por lo tanto, se evaluó el enunciado propuesto para el proyecto de titulación

si cumple o no.

2.2.3.7 Conclusiones y recomendaciones

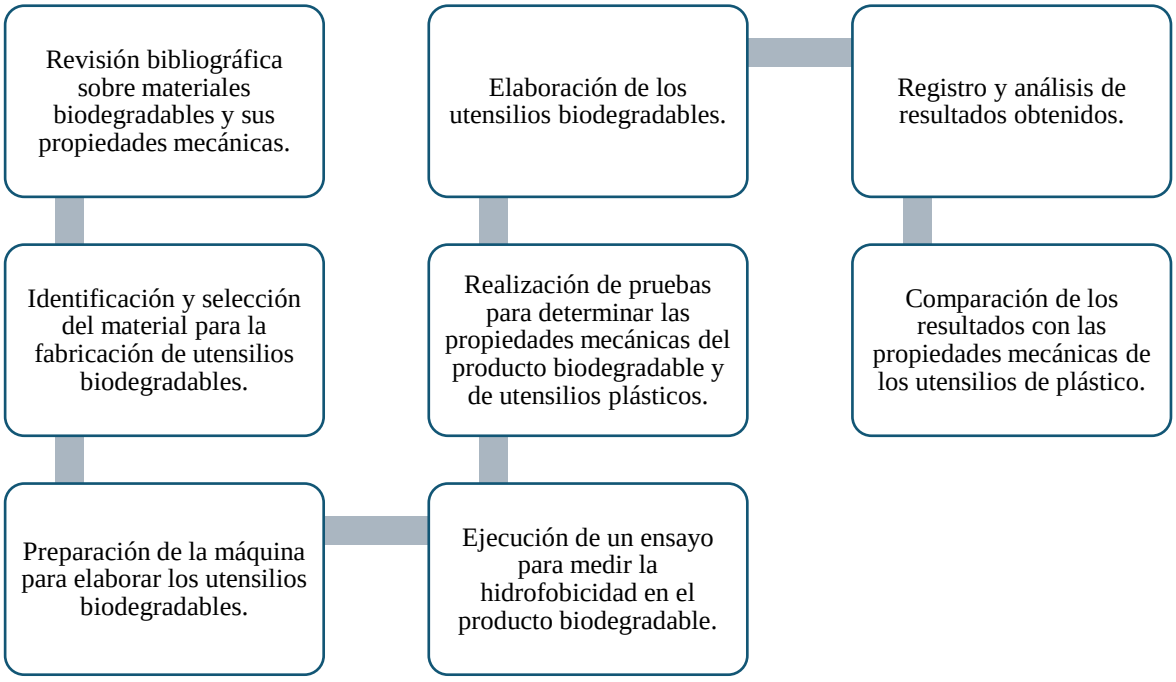
Se elaboró conclusiones respecto al potencial que puede presentar estos utensilios biodegradables vs los utensilios de plástico en base a sus propiedades mecánicas obtenidas. Por otro lado, se ejecutó recomendaciones basados en los resultados obtenidos para mejorar las desventajas presentadas en las propiedades mecánicas de los utensilios biodegradables respecto a los de plástico y en el proceso de fabricación.

2.2.3.8 Etapas del trabajo experimental

A continuación, en la Tabla XX se observa las etapas del trabajo experimental.

TABLA XX

ETAPAS DEL TRABAJO EXPERIMENTAL



2.2.3.9 Etapas del diseño y selección

A continuación, en la Figura 15 se observa las etapas del diseño y selección.

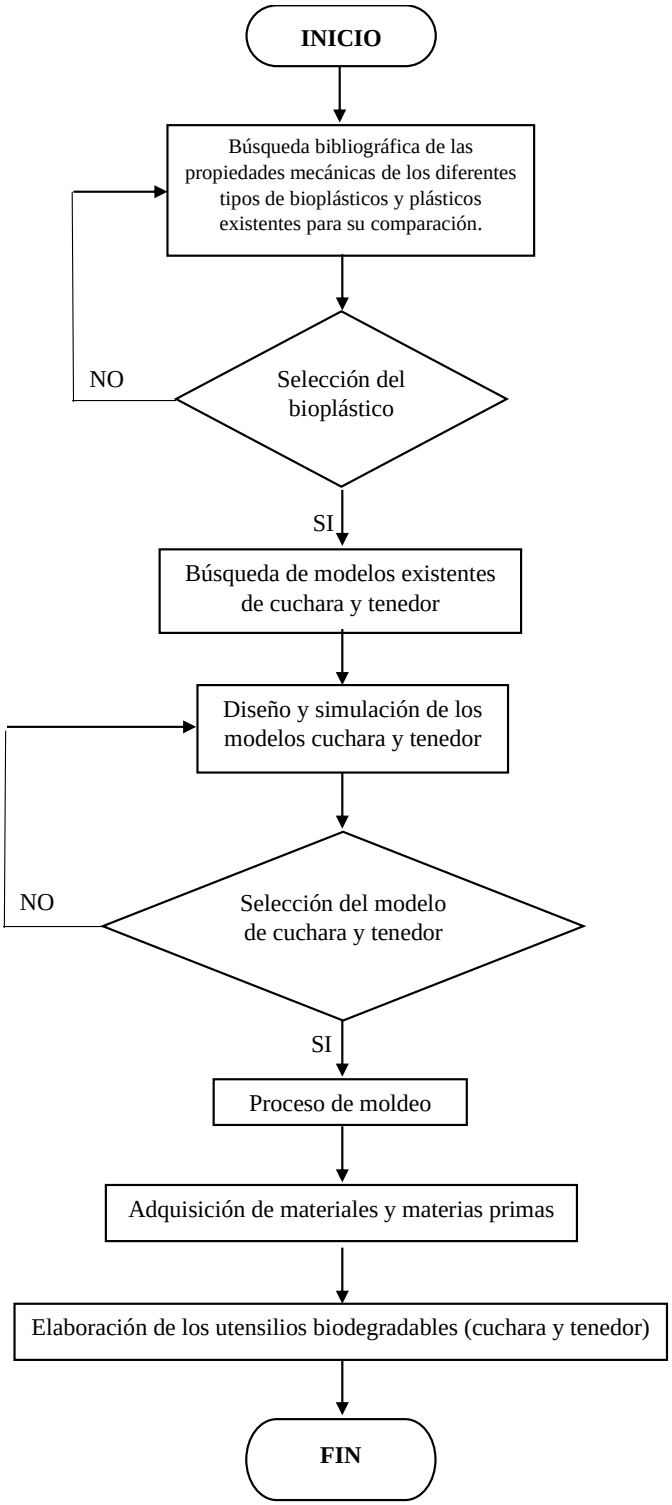


Fig. 15. Etapas de diseño y selección.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Selección del material biodegradable según sus propiedades mecánicas

A base de una búsqueda y recopilación de información bibliográfica de estudios ya realizados de los diferentes tipos de bioplásticos y plásticos tradicionales existentes, junto con sus propiedades mecánicas. Se evaluaron y compararon las propiedades mecánicas (dureza, resistencia a la flexión, resistencia a la tracción, % de elongación y biodegradabilidad) de los materiales disponibles y se seleccionó el mejor material para elaborar las cucharas y tenedores biodegradables. La comparación de las propiedades mecánicas se detalló en la Tabla XXI, la cual se elabora con base en las pruebas presentadas en los estudios indicados y son relevantes para el trabajo de investigación actual. Se escogió el bioplástico con las propiedades mecánicas similares o más cercanas a los del plástico tradicional.

TABLA XXI

PROPIEDADES MECÁNICAS DE BIOPLÁSTICOS Y PLÁSTICOS TRADICIONALES [53]

Propiedades / **Materiales**	Dureza shore D	Resistencia a la Flexión (Mpa)	Resistencia a la Tracción (Mpa)	Módulo de elasticidad (Mpa)	% de Elongación	Biodegradabilidad
Poliestireno (PS)	87,5	86	46,2	1900	2	NA
Polipropileno (PP)	74,7	40,23	18,1	499,44	300	NA
Almidón de papa reforzadas con fibra de tusa de maíz amarillo y fibra de tocón de esparrago blanco	17,29	NA	0,2132	NA	1,58	NA
Biopolímero utilizando residuos de maíz	32,8	NA	16,43	42,32	1,96	40
Biopolímero utilizando residuos de trigo	67,5	20,19	18	NA	NA	21
Biopolímero utilizando residuos de arveja	65	NA	20	NA	NA	NA
Biopolímero utilizando residuos de aguacate	58,2	15,1	NA	NA	NA	NA
Biopolímero utilizando cascaras de naranja	NA	NA	5,53	NA	51,6	NA

Propiedades / Materiales	Dureza shore D	Resistencia a la Flexión (Mpa)	Resistencia a la Tracción (Mpa)	Módulo de elasticidad (Mpa)	% de Elongación	Biodegradabilidad
Biopolímero utilizando residuos de yuca	NA	NA	3,058	NA	207,984	NA
Biopolímero utilizando residuos de cebada	NA	NA	0,26	NA	NA	21
Celulosa de rastrojo de maíz y PVA	NA	NA	NA	42,32	NA	NA
Nano celulosa de cascara de patata/PVA/quitosano	NA	NA	NA	140	NA	NA
Celulosa regenerada y PVA	NA	NA	NA	19,8	NA	NA
Biopolímero utilizando residuos de plátano	NA	NA	2,4	NA	NA	40
Biopolímero utilizando semillas de mango	NA	NA	7,892	NA	NA	NA

A continuación, se muestra las gráficas realizadas para cada propiedad mecánica junto con el material biodegradable. Esto nos ayuda a identificar el mejor material biodegradable para la fabricación de cucharas y tenedores.

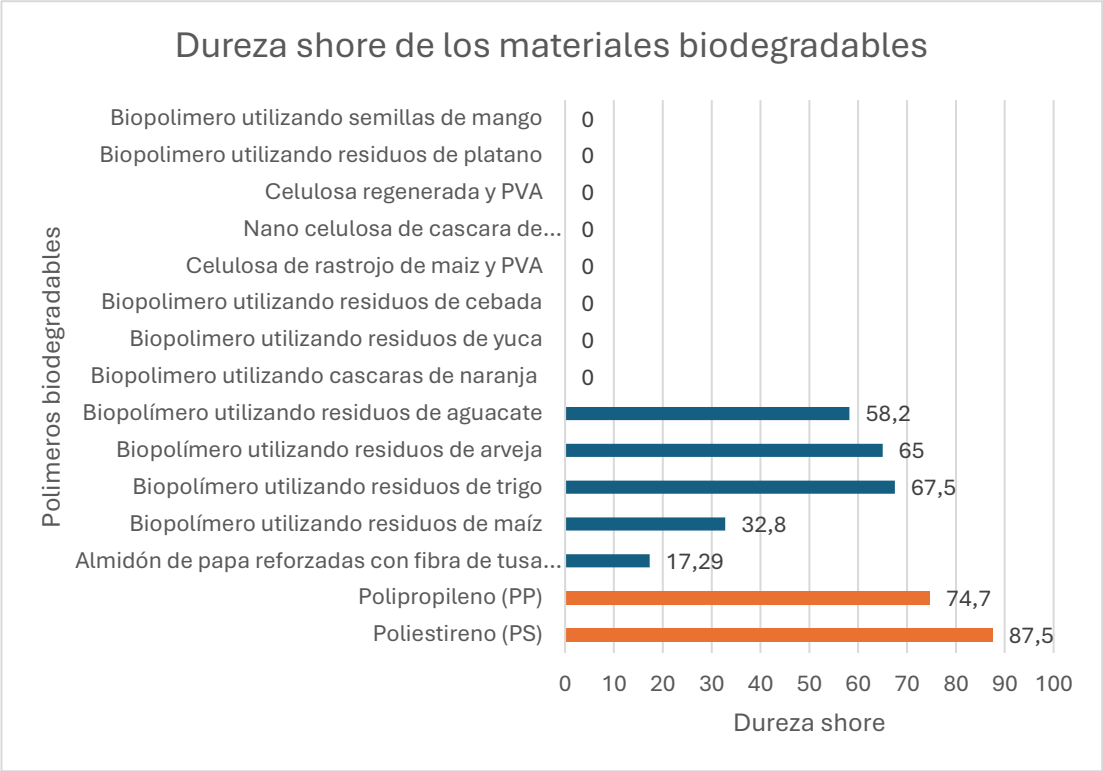


Fig. 16. Resultados prueba Dureza Shore D (HD).

En la Figura 17 se observa que el material biodegradable que mejor dureza shore presenta es el Bioplásticos de trigo 67.5 HD, seguido del Biopolímero utilizando residuos de arveja con un valor de 65 HD y finalmente el Biopolímero utilizando residuos de aguacate con un resultado de 58.2 HD. Estos materiales son los que más se acercan a la Dureza Shore de Poliestireno (PS) con un valor de 87.5 HD y Polipropileno (PP) con un resultado de 74.7 HD.

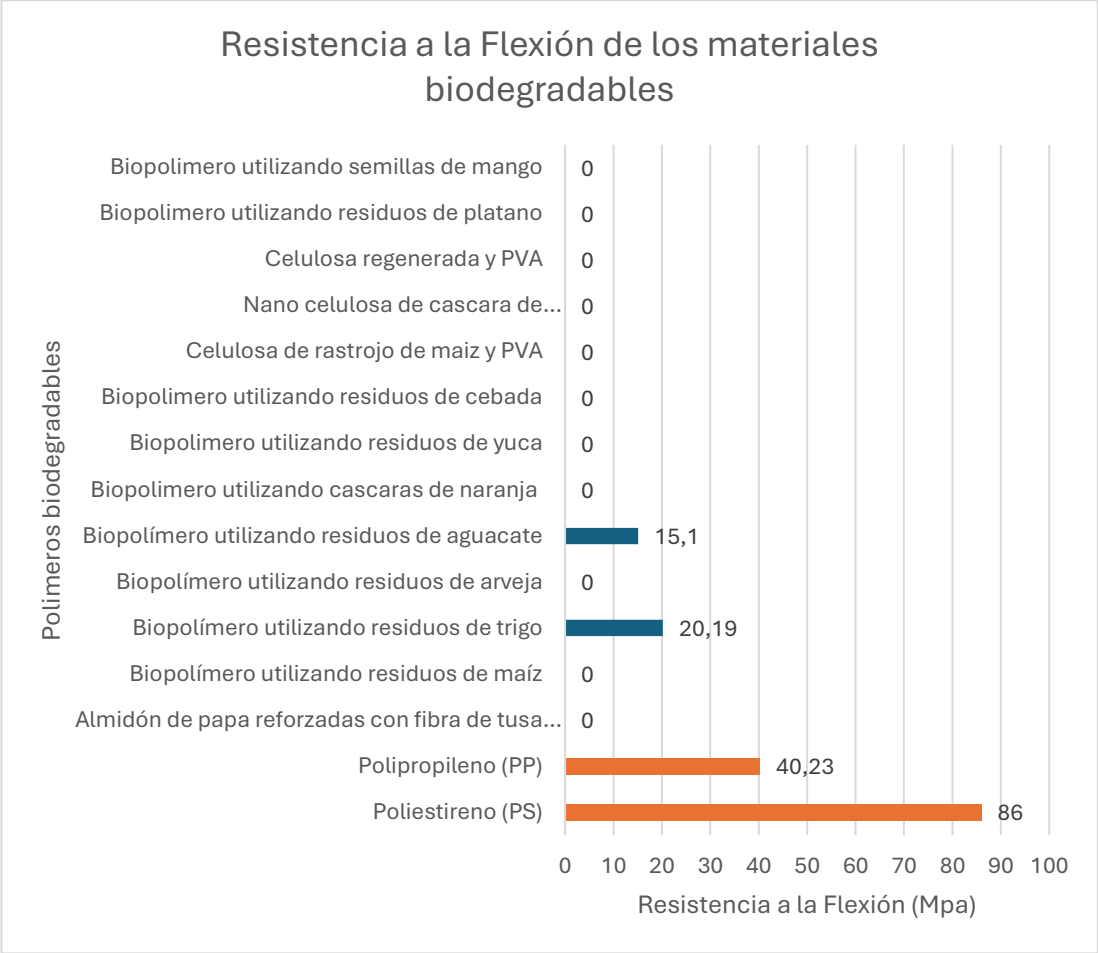


Fig. 17. Resultados de resistencia a la Flexión.

En la Figura 18 se observa que el material biodegradable que mejor resistencia a la flexión presenta es el Bioplásticos de trigo con un resultado de 20.19 MPa, seguido del Biopolímero utilizando residuos de aguacate con un valor de 15.1 MPa. Estos materiales son los que más se acercan a la mejor resistencia a la flexión de Poliestireno (PS) con un valor de 86 MPa y Polipropileno (PP) con un resultado de 40.23 MPa.

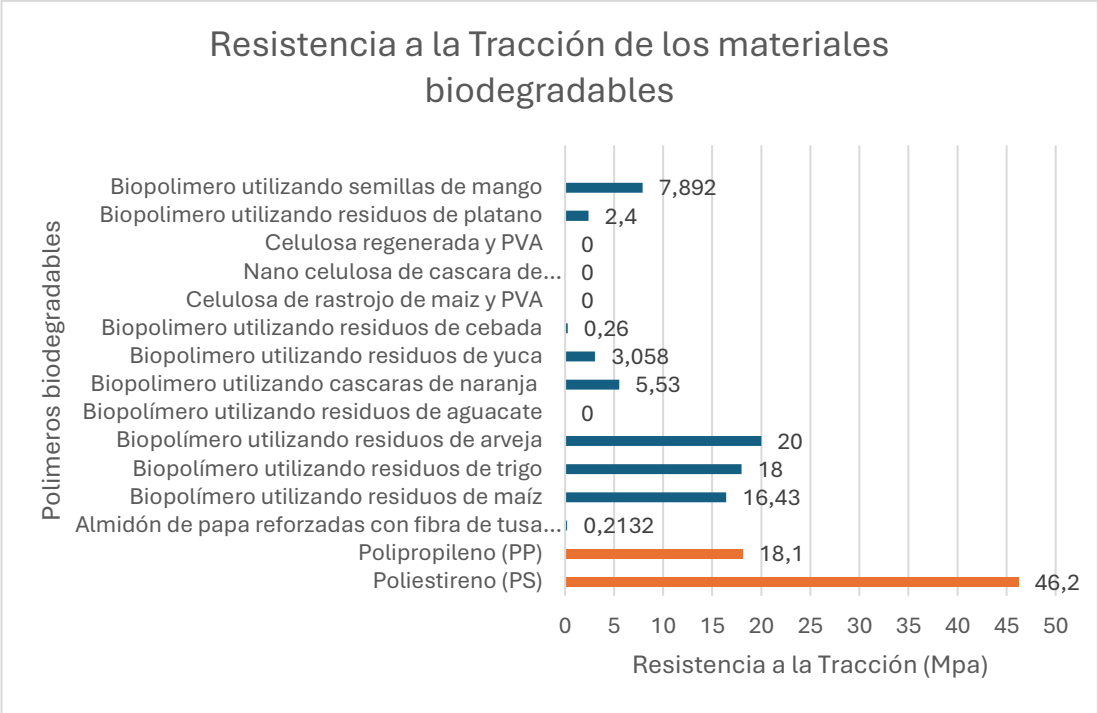


Fig. 18. Resultados de resistencia a la Tracción.

En la Figura 19 se observa que el material biodegradable que mejor resistencia a la tracción presenta es el Biopolímero utilizando residuos de arveja con un resultado de 20 MPa, seguido del Bioplásticos de trigo con un valor de 18 MPa y finalmente el Bioplásticos de maíz con un resultado de 16.43 MPa. Estos materiales son los que más se acercan a la resistencia a la tracción de Poliestireno (PS) con un valor de 46.2 MPa y Polipropileno (PP) con un resultado de 18.1 MPa.

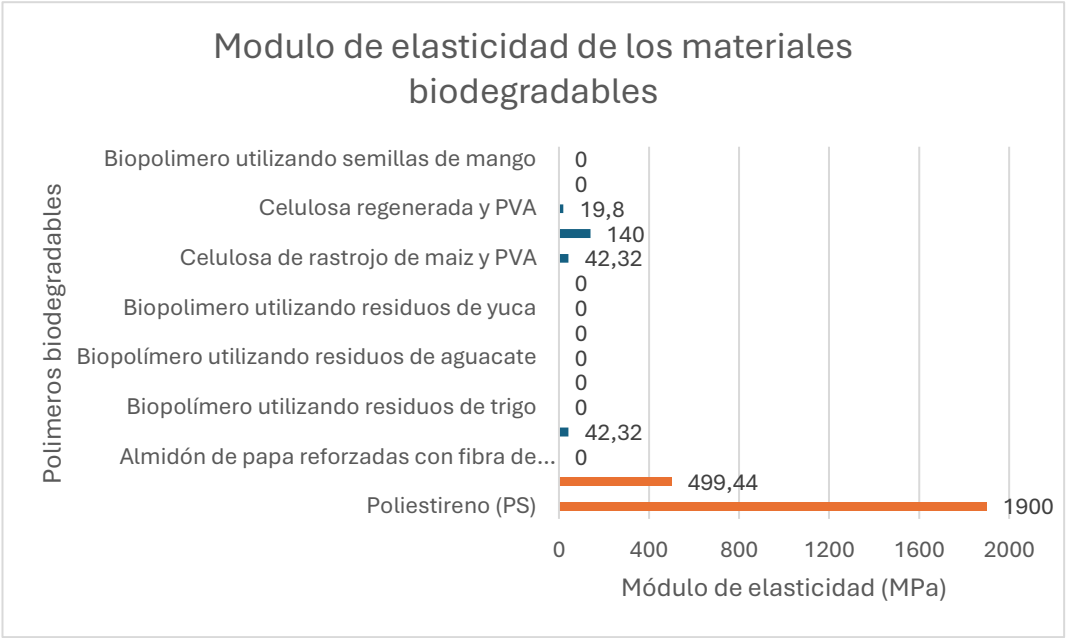


Fig. 19. Resultados de Módulo de elasticidad.

En la Figura 20 se observa que el material biodegradable que mejor módulo de elasticidad presenta es de la Nano celulosa de cascara de patata/PVA/quitosano con un resultado de 140 MPa, seguido del Bioplásticos de maíz con un valor de 42.32 MPa y finalmente el Celulosa de rastrojo de maíz y PVA con un resultado de 42.32 MPa. Estos materiales son los que más se acercan al módulo de elasticidad de Poliestireno (PS) con un valor de 1900 MPa y Polipropileno (PP) con un resultado de 499.44 MPa.

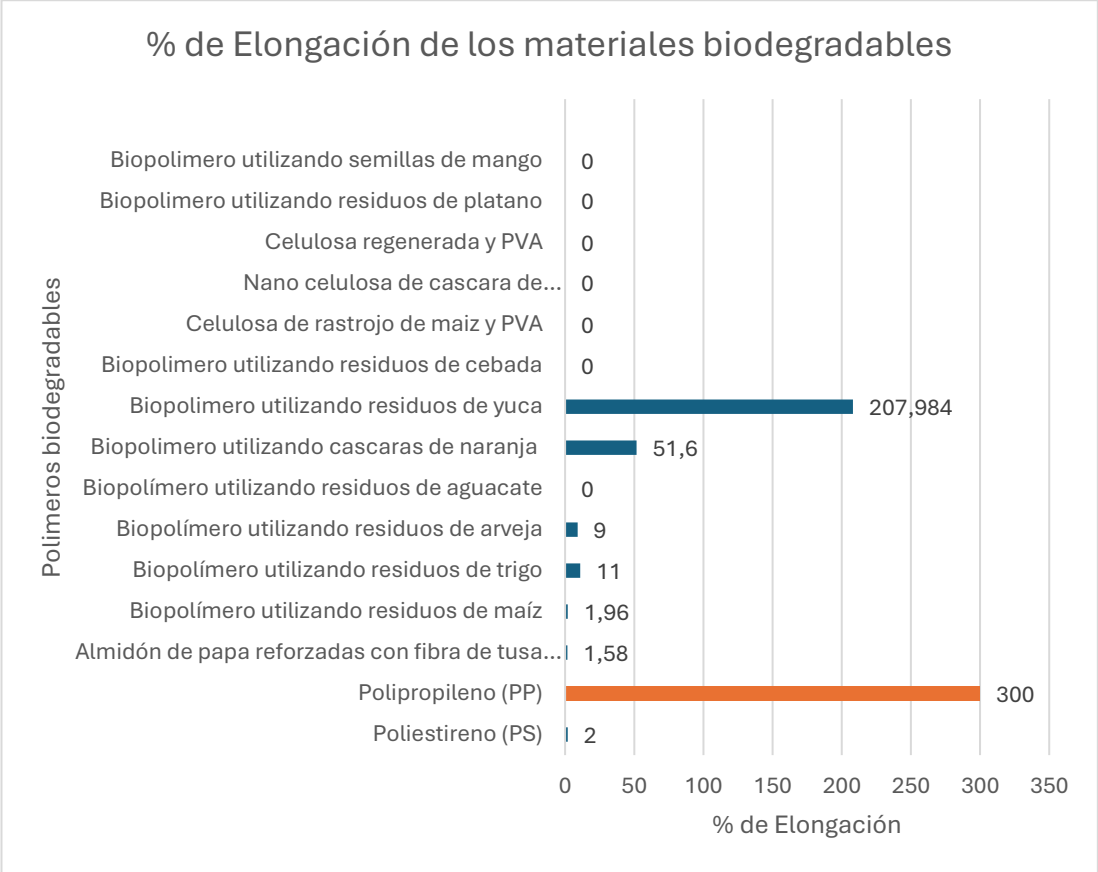


Fig. 20. Resultados del % de elongación de los materiales biodegradables.

En la Figura 21 se observa que el material biodegradable que mejor % de elongación presenta es el Biopolímero utilizando residuos de yuca con un resultado de 207.984%, seguido del Biopolímero utilizando cascaras de naranja con un valor de 51.6% y finalmente el Bioplásticos de trigo con un resultado de 11%. Estos materiales son los que más se acercan al % de elongación de Poliestireno (PS) con un valor de 2% y Polipropileno (PP) con un resultado de 300%.

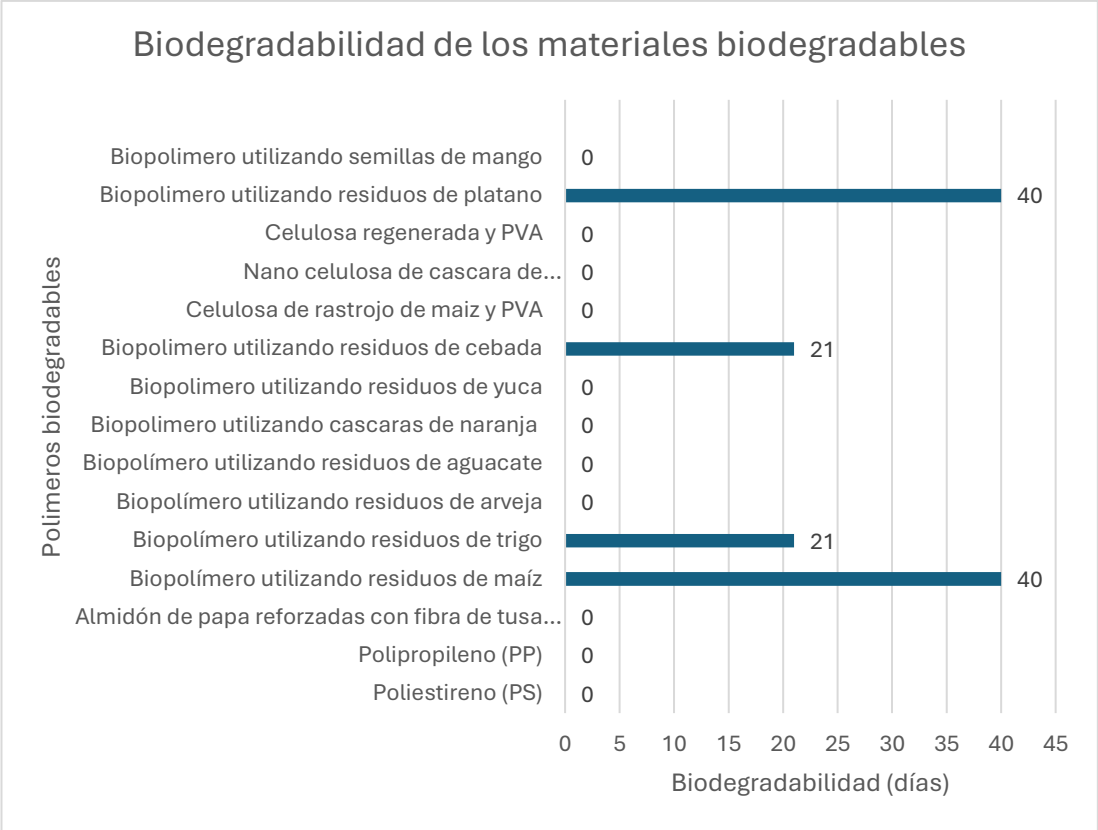
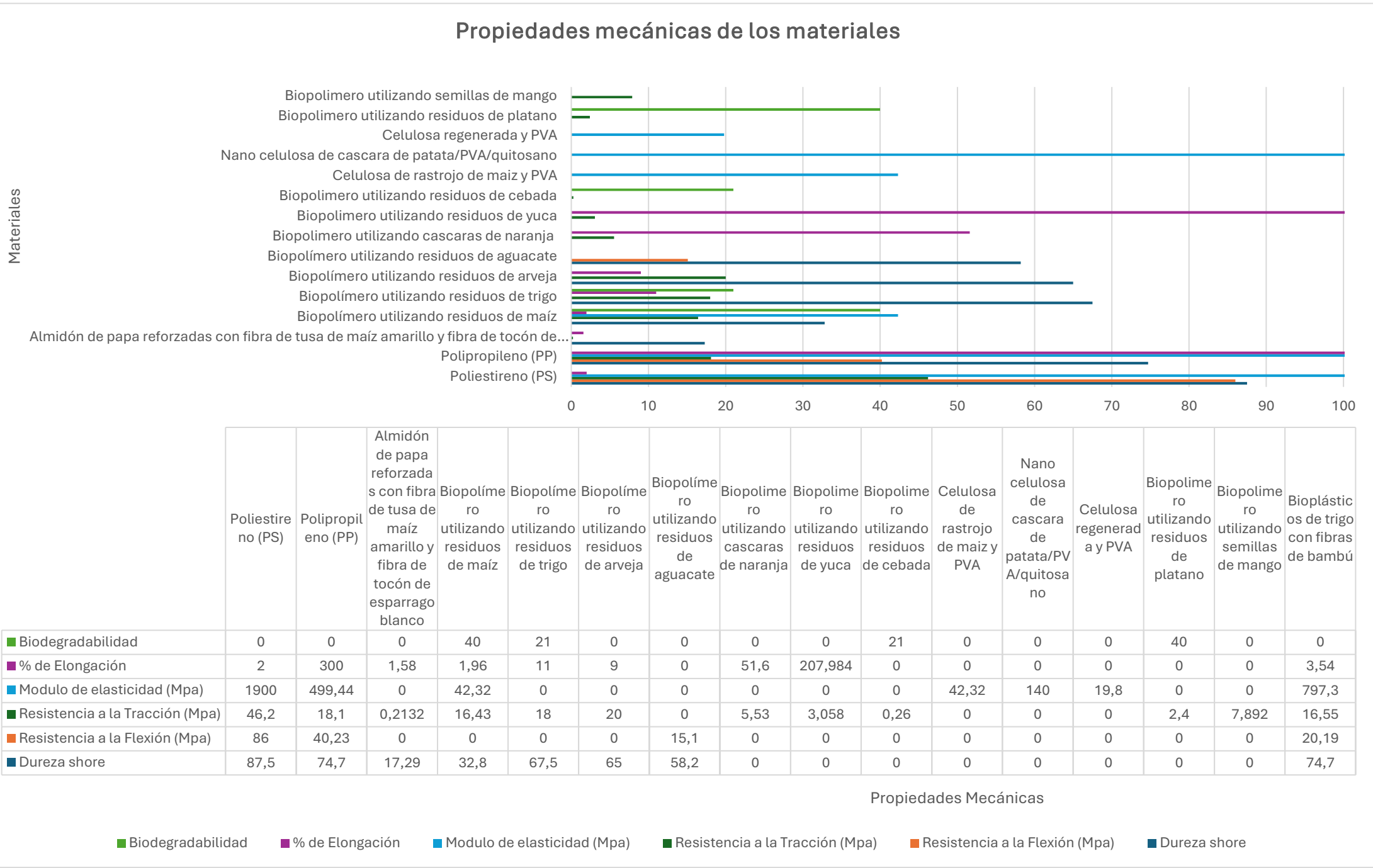


Fig. 21. Resultados de biodegradabilidad.

En la Figura 22 se observa que el material biodegradable que mejor biodegradabilidad presenta es el Biopolímero utilizando residuos de trigo y cebada con un resultado de 21 días, seguido del Biopolímero utilizando residuos de maíz y plátano con un valor de 40 días, en comparación con el PS y PP que no se degradan.



	Poliestireno (PS)	Polipropileno (PP)	Almidón de papa reforzadas con fibra de tusa de maíz amarillo y fibra de tocón de esparrago blanco	Biopolímero utilizando residuos de maíz	Biopolímero utilizando residuos de trigo	Biopolímero utilizando residuos de arveja	Biopolímero utilizando residuos de aguacate	Biopolimero utilizando cascaras de naranja	Biopolimero utilizando residuos de yuca	Biopolimero utilizando residuos de cebada	Celulosa de rastrojo de maiz y PVA	Nano celulosa de cascara de patata/PVA/quitosano	Celulosa regenerada y PVA	Biopolimero utilizando residuos de platano	Biopolimero utilizando semillas de mango	Bioplásticos de trigo con fibras de bambú
Biodegradabilidad	0	0	0	40	21	0	0	0	0	21	0	0	0	40	0	0
% de Elongación	2	300	1,58	1,96	11	9	0	51,6	207,984	0	0	0	0	0	0	3,54
Modulo de elasticidad (Mpa)	1900	499,44	0	42,32	0	0	0	0	0	0	42,32	140	19,8	0	0	797,3
Resistencia a la Tracción (Mpa)	46,2	18,1	0,2132	16,43	18	20	0	5,53	3,058	0,26	0	0	0	2,4	7,892	16,55
Resistencia a la Flexión (Mpa)	86	40,23	0	0	0	0	15,1	0	0	0	0	0	0	0	0	20,19
Dureza shore	87,5	74,7	17,29	32,8	67,5	65	58,2	0	0	0	0	0	0	0	0	74,7

Fig. 22. Resultados de las propiedades mecánicas de los materiales biodegradables.

En la Figura 23 se observa que los materiales biodegradables que mejor propiedad mecánica presenta respecto al Poliestireno (PS) y Polipropileno (PP) es el Bioplástico de trigo, seguido del Bioplástico de maíz. Estos materiales son los que más se acercan o son similares a las propiedades mecánicas del plástico tradicional y se utilizó para la fabricación de las cucharas y tenedores.

3.2 Diseño y selección del modelo de cuchara y tenedor

Para el diseño del modelo de cuchara y tenedor, se optaron por 2 diseños existentes en el mercado, donde se escogieron los modelos más vendidos, se realizaron algunas modificaciones, como el diseño, la forma y el peso, pero se conservó la ergonomía, para facilitar la utilización de los usuarios, además, para realizar el tercer molde de la cuchara y tenedor se tomó como base el modelo 1 y 2. Se realizaron estos diferentes modelos en un software CAD (SOLIDWORKS), donde se analizaron sus propiedades, formas, tamaños, espesores y pesos para realizar una buena elección.

3.2.1 Diseño de los modelos de los tenedores

- **Modelo 1**

  En la figura 24, para la elaboración del modelo 1 del tenedor se tuvo como referencia un tenedor de plástico sin refuerzo en la parte trasera y es muy común en el mercado. Además, se tomó en cuenta la ergonomía, su forma y el tamaño.

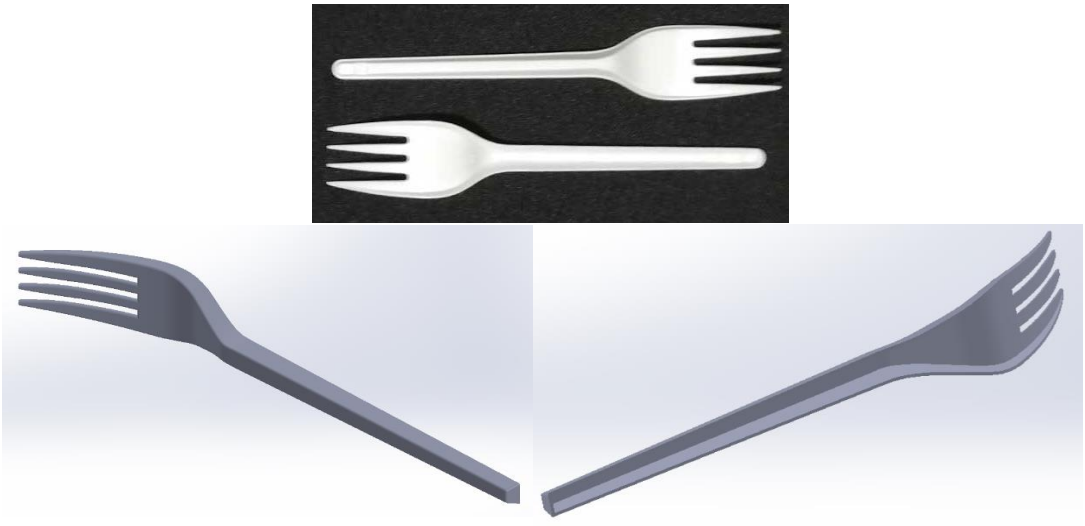


Fig. 23. Modelo 1 del tenedor.

- **Modelo 2**

  En la figura 25, se utilizó como referencia un tenedor biodegradable de la marca Ecogreen para crear el segundo diseño. Este modelo tiene una gran diferencia al primer modelo y es su refuerzo en la parte trasera; el primer modelo se caracterizaba por ser un tenedor simple, sin refuerzo, más pequeño, con más peso y sus dientes con dimensiones pequeñas. El objetivo de este modelo 2 es optimizar con los refuerzos la resistencia al momento de recoger alimentos y no se rompa fácilmente.



Fig. 24. Modelo 2 del tenedor.

- **Modelo 3**

  En la figura 26, para crear el diseño del modelo 3 se basó en los diseños 1 y 2, es decir, se realizó algunos cambios para reducir su peso sin afectar la integridad estructural. Se conservo algunos aspectos de los diseños 1 y 2 para conservar su ergonomía y funcionalidad, este modelo 3 tiene por caracterización el tener un refuerzo y no ya dos como en el modelo 2. Al igual que el modelo 2 el refuerzo nos ayuda para poder tener mayor resistencia al momento de recoger alimentos.

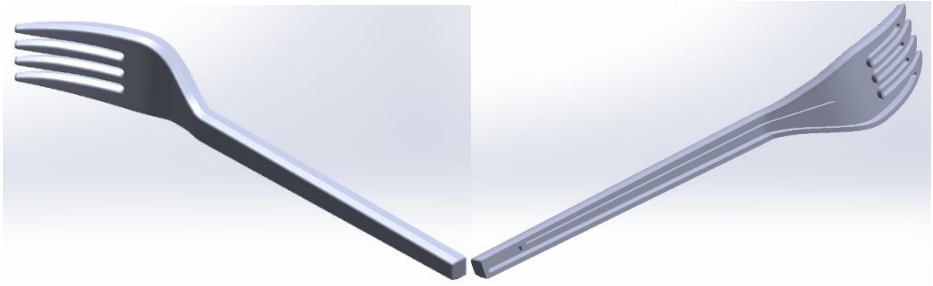


Fig. 25. Modelo 3 del tenedor.

3.2.2 Diseño de los modelos de las cucharas

- **Modelo 1**

  Para el diseño del modelo 1 se utilizó como referencia las cucharas biodegradables de la marca Ecogreen sin refuerzo. Además, también se tuvo en cuenta la ergonomía, la forma y el tamaño.



Fig. 26. Modelo 1 de la cuchara.

- **Modelo 2**

  El segundo modelo se diseñó utilizando como referencia la muy común cuchara de plástico con refuerzo trasero. Una gran diferencia entre este modelo y el primero es su refuerzo. El primer modelo era una cuchara sencilla y sin refuerzos, más pequeña y pesada. El objetivo de este modelo 2 es optimizar la resistencia del refuerzo, recogiendo los alimentos sin tendencia a romperse.

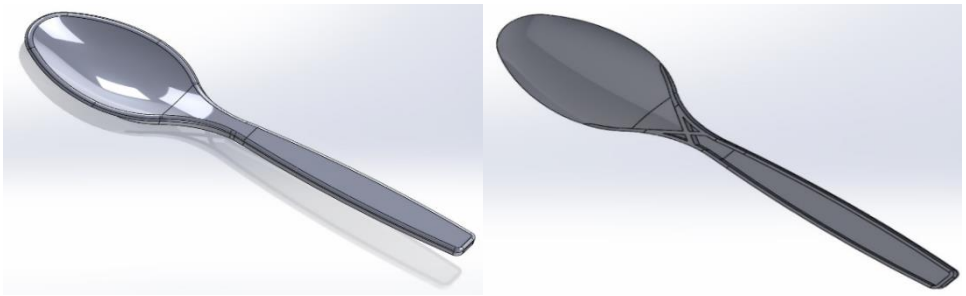


Fig. 27. Modelo 2 de la cuchara.

- **Modelo 3**

  El diseño del modelo 3 se basó en los diseños 1 y 2 para reducir el peso sin comprometer la integridad estructural. Se conservó algunos aspectos de diseño 1 y 2 para mantener su ergonomía y funcionalidad. Al igual que con el modelo 2, el refuerzo nos ayuda a ganar más resistencia a la hora de recolectar

alimentos.

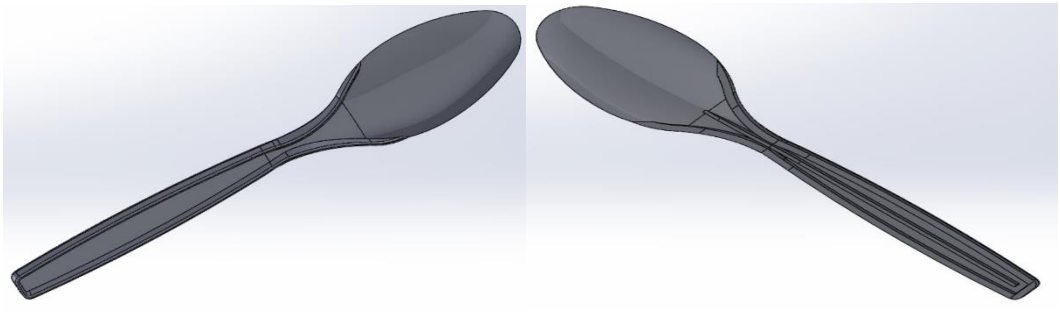


Fig. 28. Modelo 3 de la cuchara.

3.2.3 Selección del modelo de cuchara y tenedor

Para el proceso de selección del modelo tanto para cuchara y tenedor, se ejecutó un análisis en un software de elementos finitos (ANSYS), aquí se colocaron las propiedades del material biodegradable ya seleccionado en los diferentes diseños y se analizaron los resultados obtenidos en las simulaciones, para elegir el mejor diseño, se basó en el peso, deformación y factor de seguridad sean adecuados al aplicar una fuerza sobre las cucharas y tenedores.

3.2.3.1 Selección del modelo del tenedor

En la figura 30, 31 y 32, se refleja los pesos de los diferentes modelos de los tenedores, esto se hace para obtener un peso similar en relación con los tenedores plásticos y biodegradables.

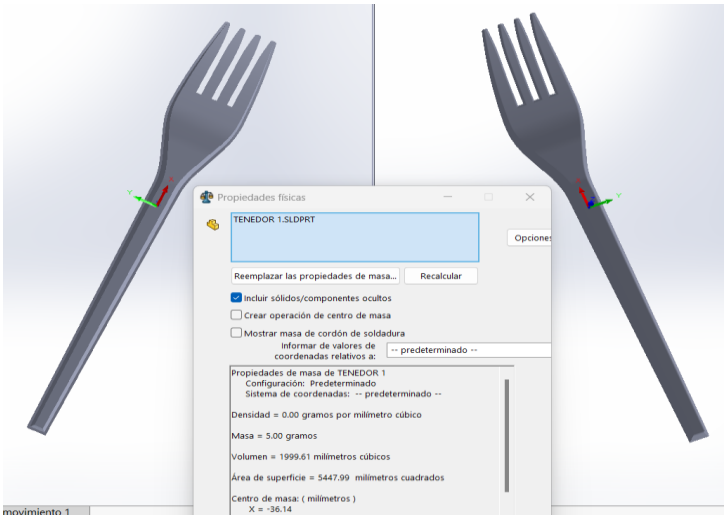


Fig. 29. Peso del modelo 1 del tenedor.

En la figura 30, para el modelo 1 del tenedor se observa un peso de 5 gramos.

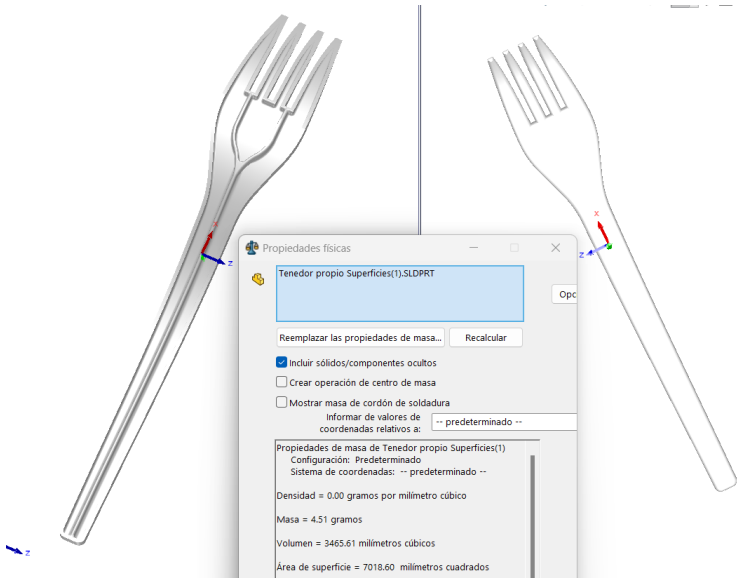


Fig. 30. Peso del modelo 2 del tenedor.

El peso del tenedor del modelo 2 observado en la figura 31 es de 4.51 gramos.

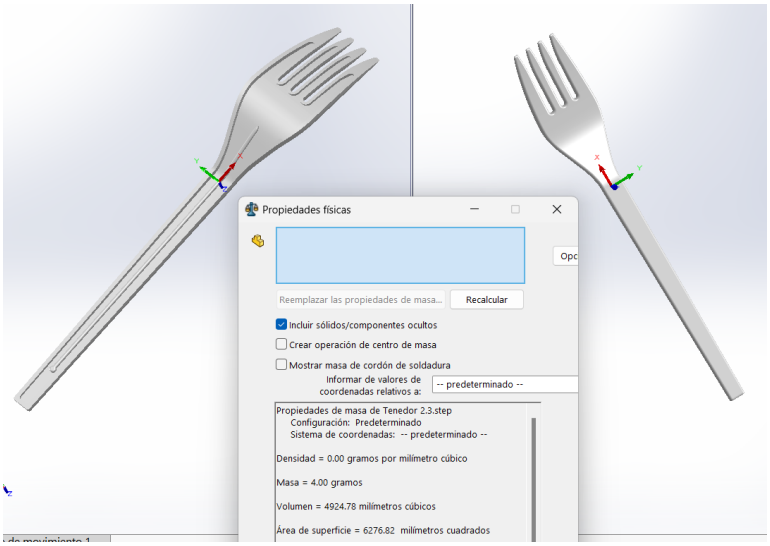


Fig. 31. Peso del modelo 3 del tenedor.

El peso del tenedor observado para el modelo 3 en la Figura 32 es 4.00 gramos.

En la figura 33, se muestra las diferentes cargas aplicadas en el modelo 1 del tenedor, la que más resalta es la carga de 10 N que se aplica en el mango, además, los momentos aplicados en los lados laterales del tenedor. Además, en las figuras 34 y 35, se observa la deformación y el factor de seguridad que poseerá este diseño del tenedor. Además, se utilizó elementos tipo Shell con una calidad de mallado de 0.96, 4087 nodos y 3845

elementos.

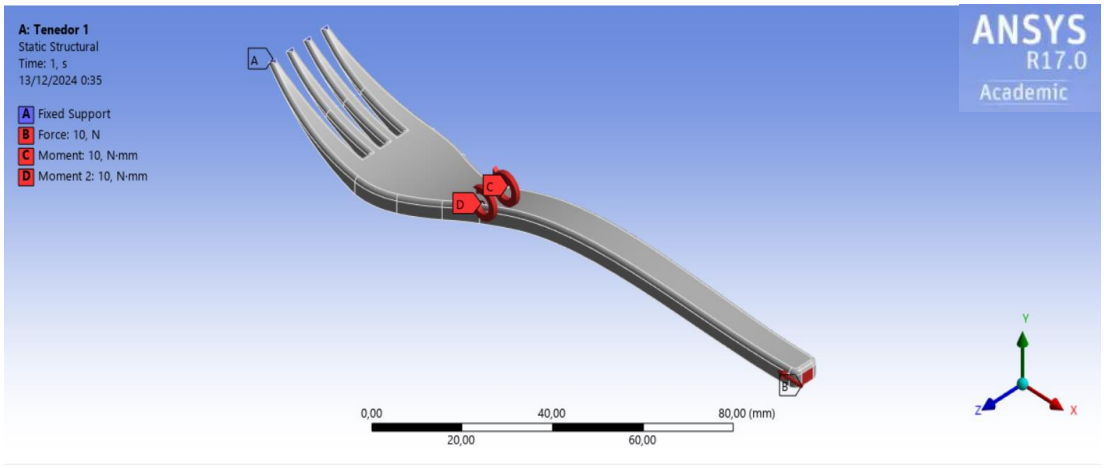


Fig. 32. Cargas aplicadas en el modelo 1 del tenedor.

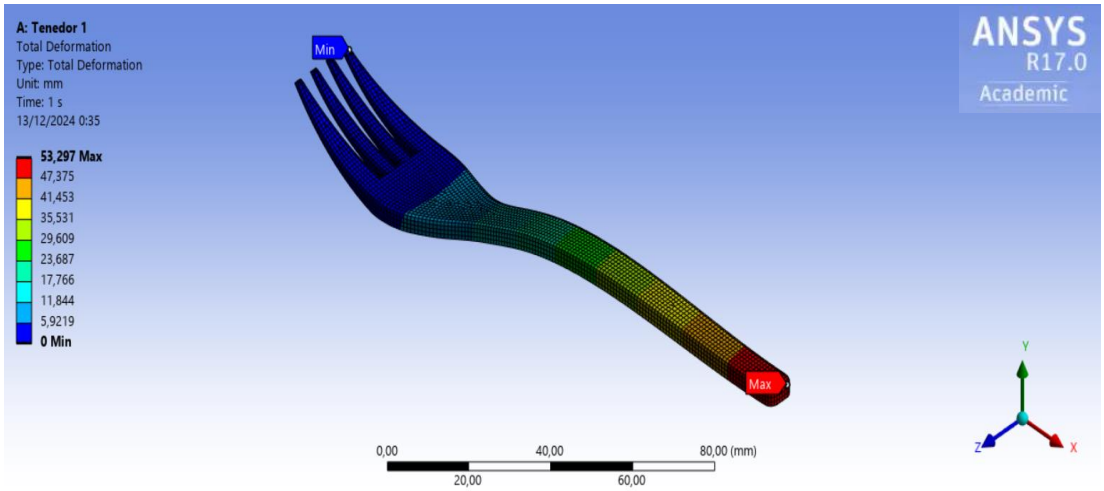


Fig. 33. Deformación del modelo 1 del tenedor.

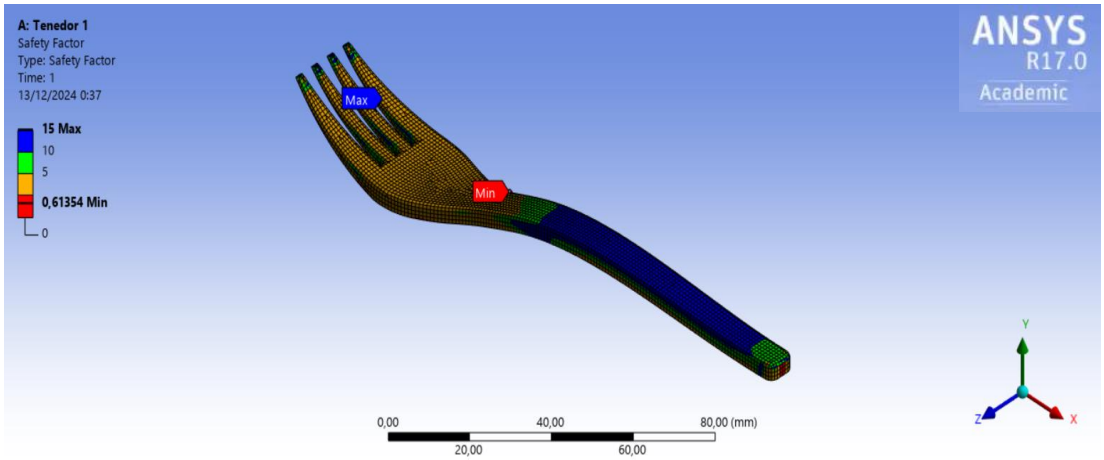


Fig. 34. Factor de seguridad del modelo 1 del tenedor.

La Figura 36 se refleja las diversas cargas aplicadas al modelo 2 de tenedor, siendo la más destacada la carga de 10 N aplicada al mango, además de los momentos aplicados a los lados del tenedor; en la figura 37 y 38 también muestran la deformación y el factor seguridad que tendrá este diseño de tenedor. Además, se utilizó elementos tipo Shell con una calidad de mallado de 0.93, 5008 nodos y 4853 elementos.

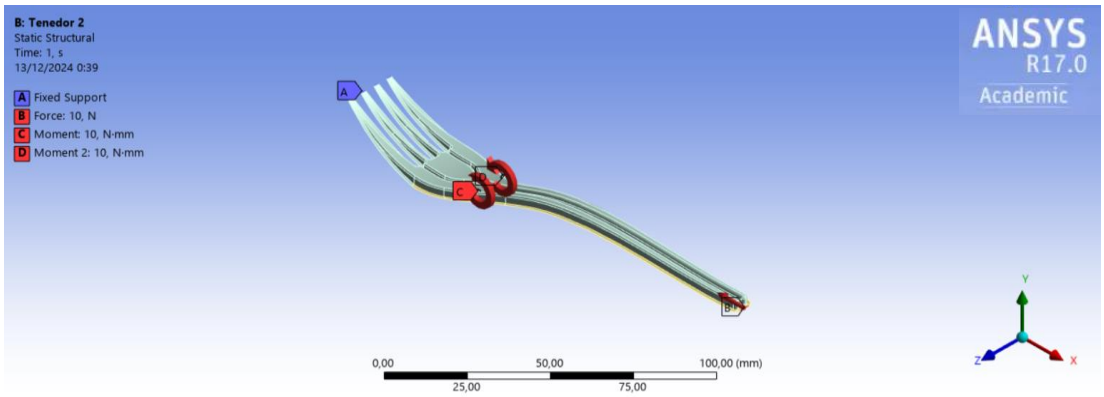


Fig. 35. Cargas aplicadas en el modelo 2 del tenedor.

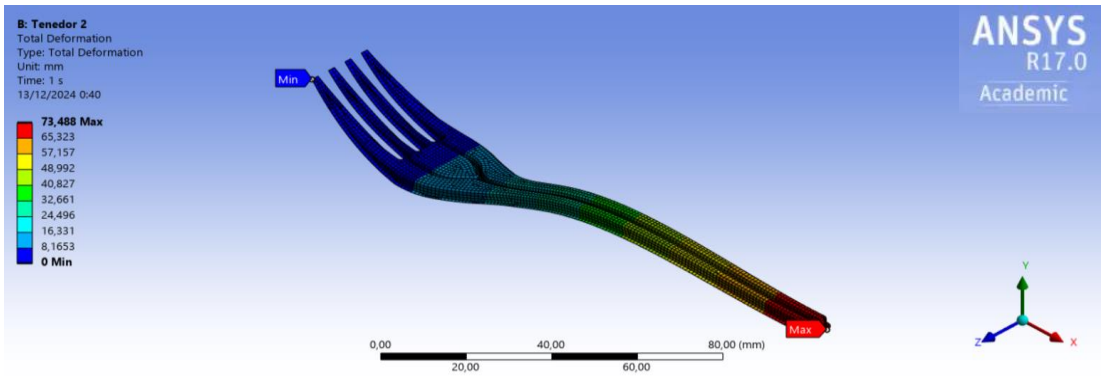


Fig. 36. Deformación del modelo 2 del tenedor.

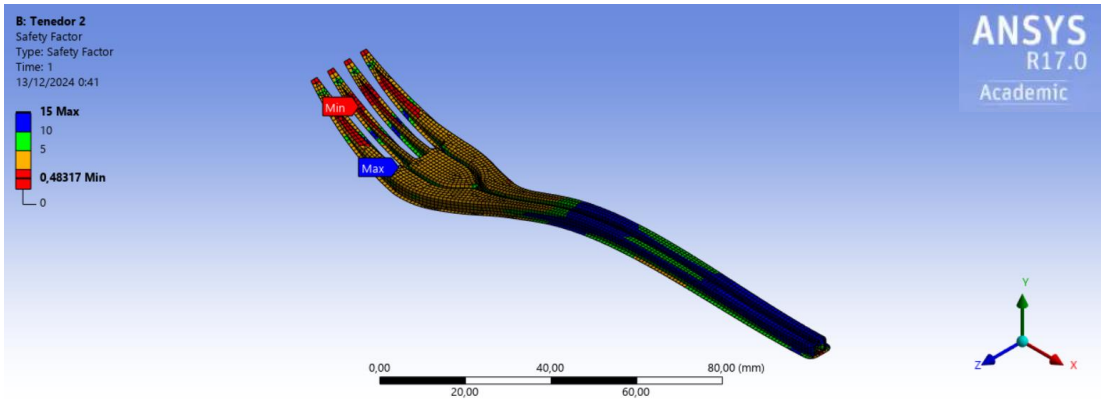


Fig. 37. Factor de seguridad del modelo 2 del tenedor.

La Figura 39 se observa las diversas cargas aplicadas al tenedor Modelo 3, específicamente la carga de 10 N aplicada al mango y el momento aplicado al costado del tenedor. Las figuras 40 y 41 también muestran la deformación y el factor de seguridad de este diseño de tenedor. Además, se utilizó elementos tipo Shell con una calidad de mallado de 0.95, 4351 nodos y 4159 elementos.

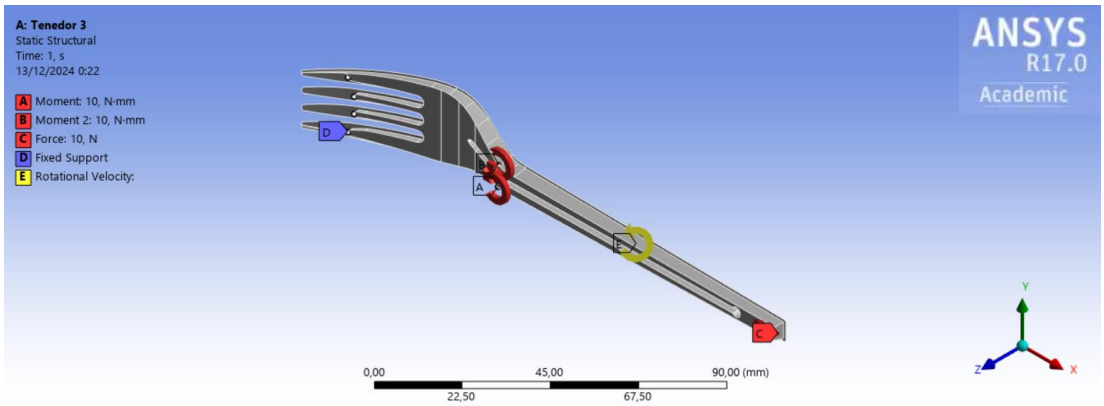


Fig. 38. Cargas aplicadas en el modelo 3 del tenedor.

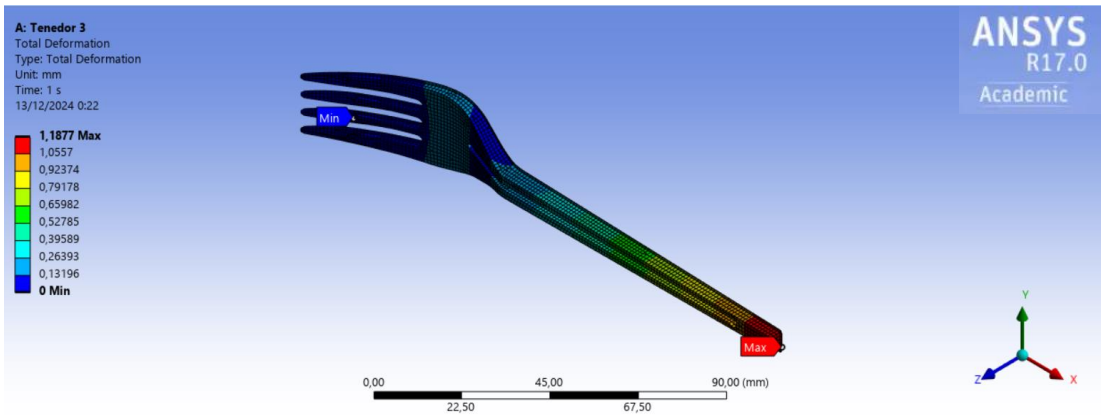


Fig. 39. Deformación del modelo 3 del tenedor.

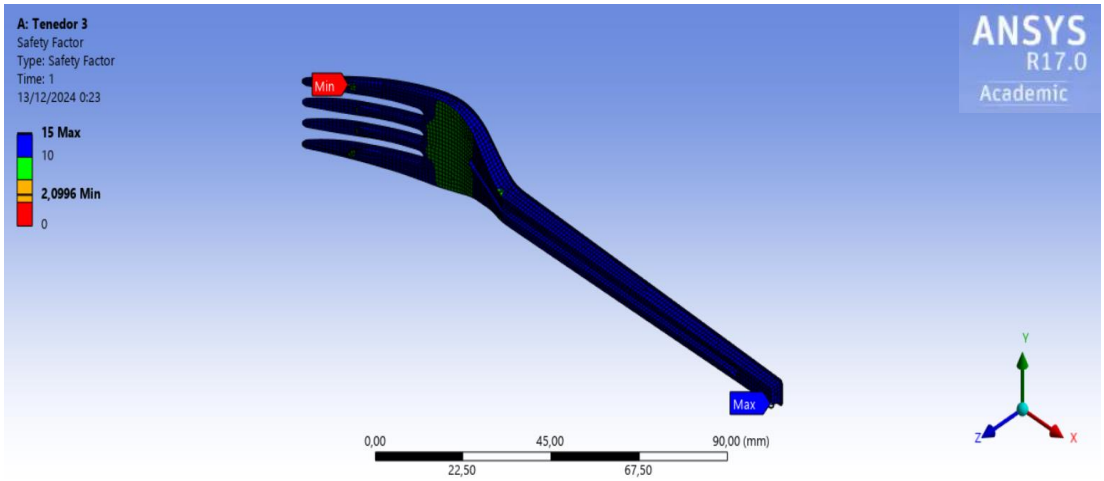


Fig. 40. Factor de seguridad del modelo 3 del tenedor.

Por lo tanto, según las características mencionadas anteriormente, los resultados de las simulaciones se compararon en una Tabla y en una gráfica, por ende, se seleccionó la mejor opción de los modelos para la elaboración del tenedor biodegradable.

En la Tabla XVII, se observa la deformación, peso y factor de seguridad de cada uno de los modelos de los tenedores.

TABLA XXII

COMPARACIÓN DE DATOS DE LOS MODELOS DE TENEDORES

Simulaciones / **Diseño**	Deformación [mm]	Peso [gr]	Factor de seguridad
Modelo 1	53,297	5	0,613
Modelo 2	73,488	4,51	0,483
Modelo 3	1,18	4	2

Se manifiesta en la figura 42, la comparación de los resultados de los diferentes modelos de tenedores.

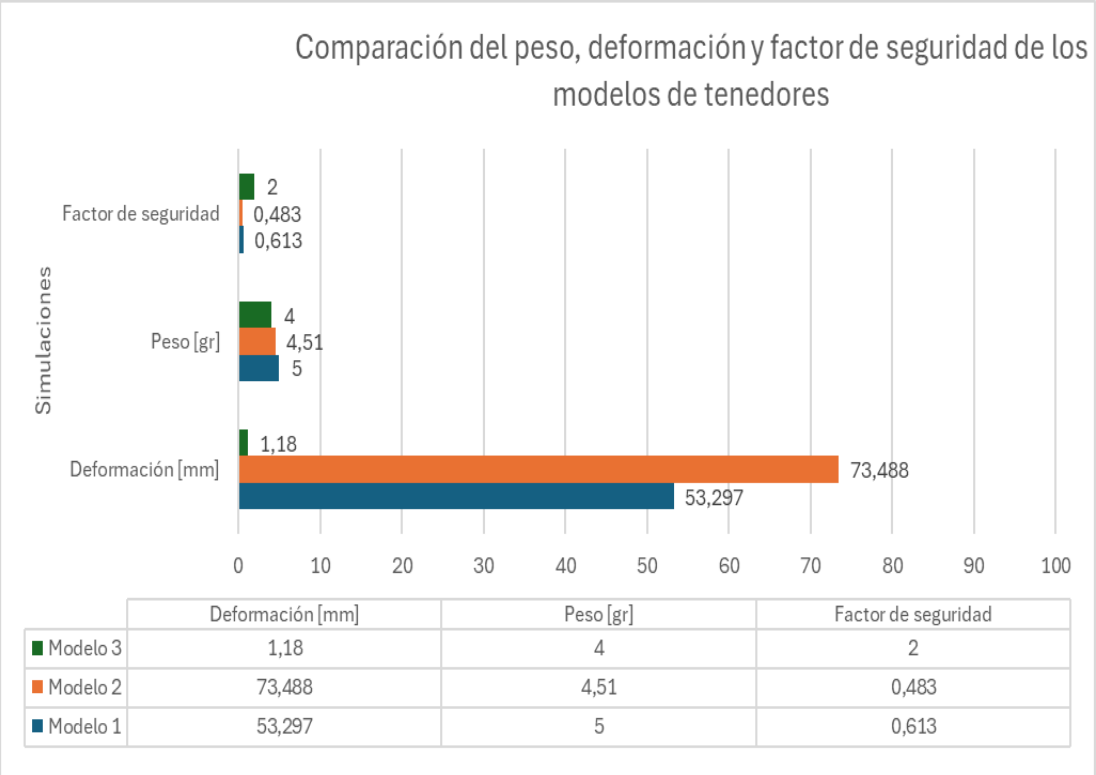


Fig. 41. Comparación del peso, deformación y factor de seguridad de los modelos de tenedores.

Al elegir el diseño óptimo, se evaluó cuidadosamente el modelo 3 que se enfatizó por su mayor resistencia y menor peso que los otros modelos. Se ejecutó la simulación de cada uno de los modelos en el software de elementos finitos y se observó que las deformaciones y desplazamientos sean mínimos en las puntas del tenedor al aplicar una fuerza al mango. Además, que cumpla con un buen factor de seguridad. Estos factores influyen en la selección y elección del modelo 3 como la opción más ventajosa para su ejecución.

3.2.3.2 Selección del modelo de la cuchara

Se muestran el peso de diferentes modelos de cucharas, esto se hizo para lograr un peso similar al de las cucharas de plástico y biodegradables. A continuación, se observa en las figuras 43, 44 y 45.

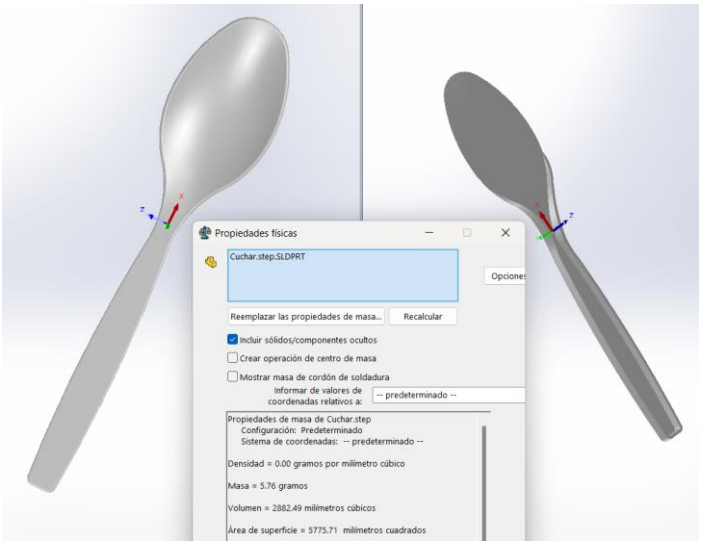


Fig. 42. Peso del modelo 1 de la cuchara.

En la figura 43, se refleja un peso de 5.76 gramos para el modelo 1 de la cuchara.

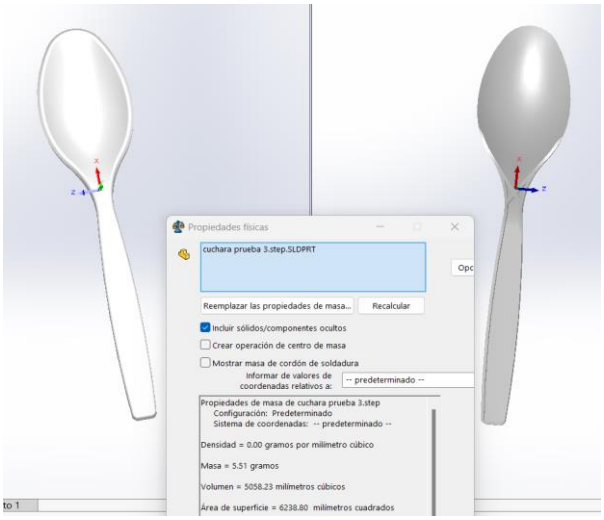


Fig. 43. Peso del modelo 2 de la cuchara.

El peso de la cuchara del modelo 2 observado en la figura 44 es de 5.51 gramos.

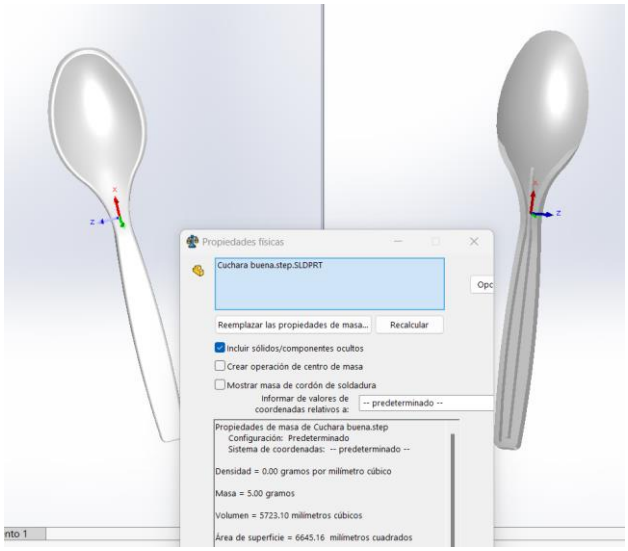


Fig. 44. Peso del modelo 3 de la cuchara.

En la Figura 45, el peso de la cuchara para el modelo 3 es 5.00 gramos.

Se observa las diferentes cargas aplicadas en el modelo 1 de la cuchara en la figura 46, se aplicó una carga de 10 N en el mango, además, se empleó momentos en los lados laterales del tenedor. Además, en las figuras 47 y 48, se muestra la deformación y el factor de seguridad que poseerá este diseño de cuchara. Además, se utilizó elementos tipo Shell con una calidad de mallado de 0.75, 82112 nodos y 43860 elementos.

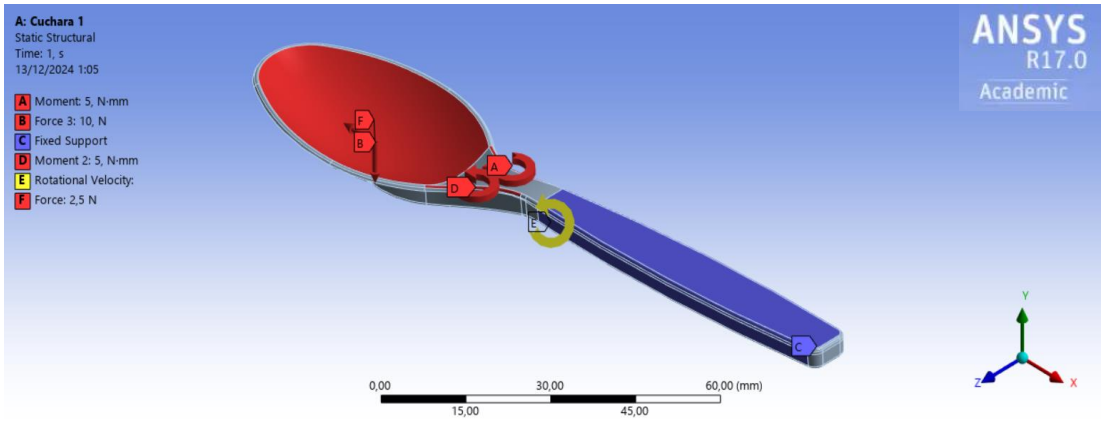


Fig. 45. Cargas aplicadas en el modelo 1 de la cuchara.

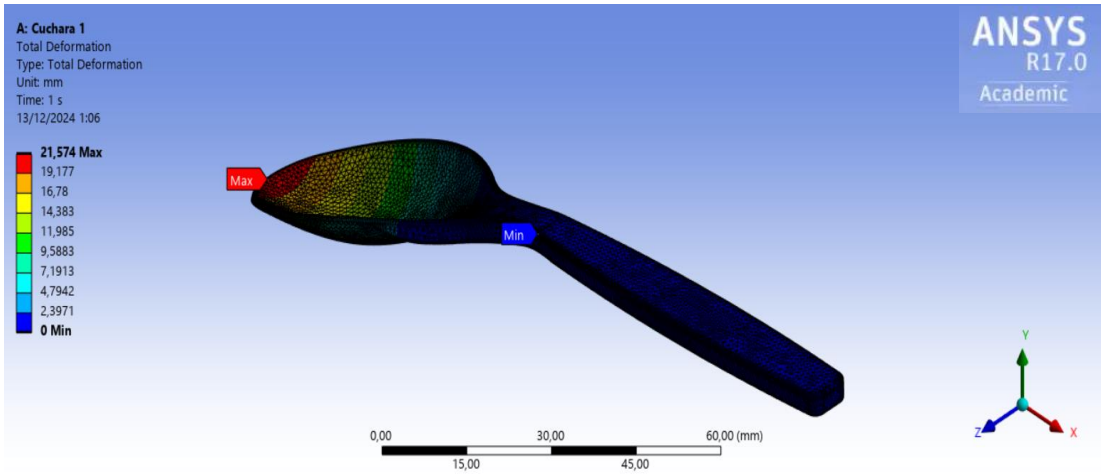


Fig. 46. Deformación del modelo 1 de la cuchara.

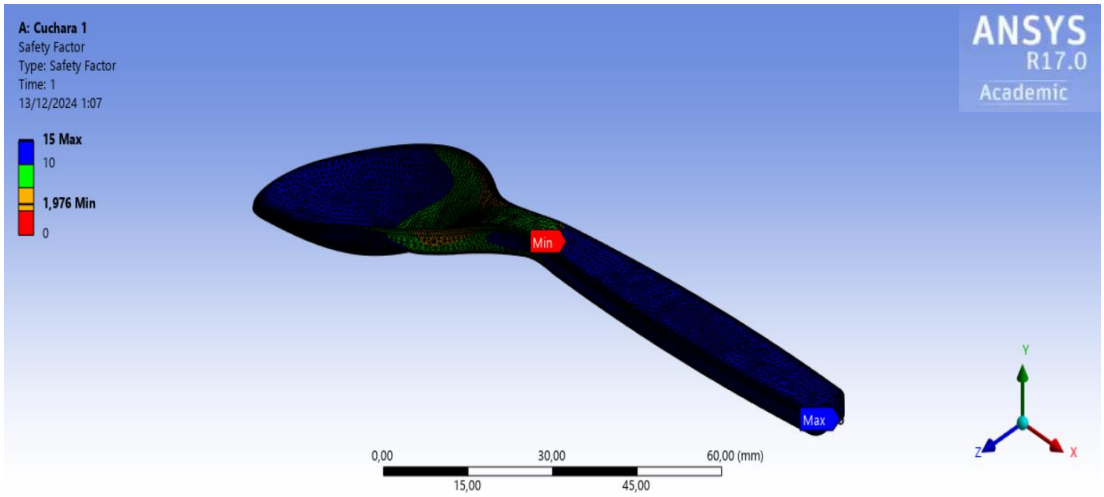


Fig. 47. Factor de seguridad del modelo 1 de la cuchara.

La Figura 49 se muestra las diversas cargas aplicadas al modelo 2 de la cuchara, siendo la más destacada la carga de 10 N aplicada al mango, además de los momentos

aplicados a los lados de la cuchara; en la figura 50 y 51 también muestran la deformación y el factor seguridad que tendrá este diseño de cuchara. Además, se utilizó elementos tipo Shell con una calidad de mallado de 0.73, 67373 nodos y 37289 elementos.

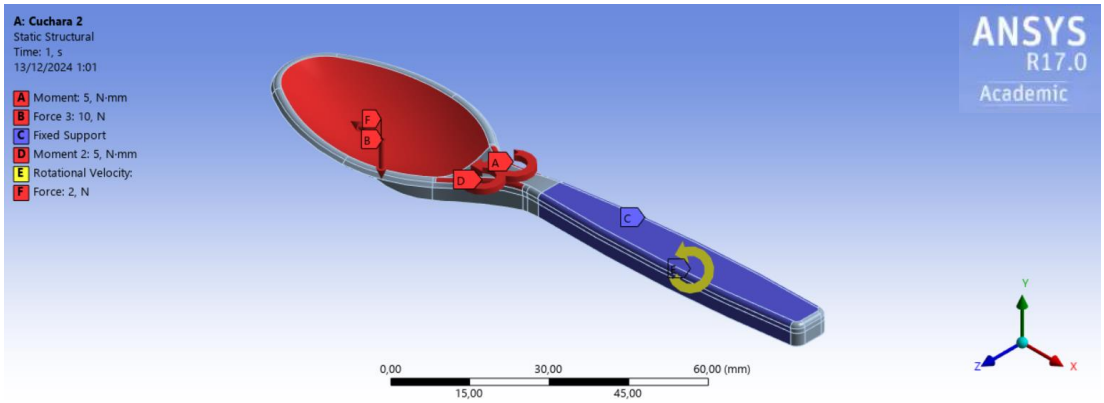


Fig. 48. Cargas aplicadas en el modelo 2 de la cuchara.

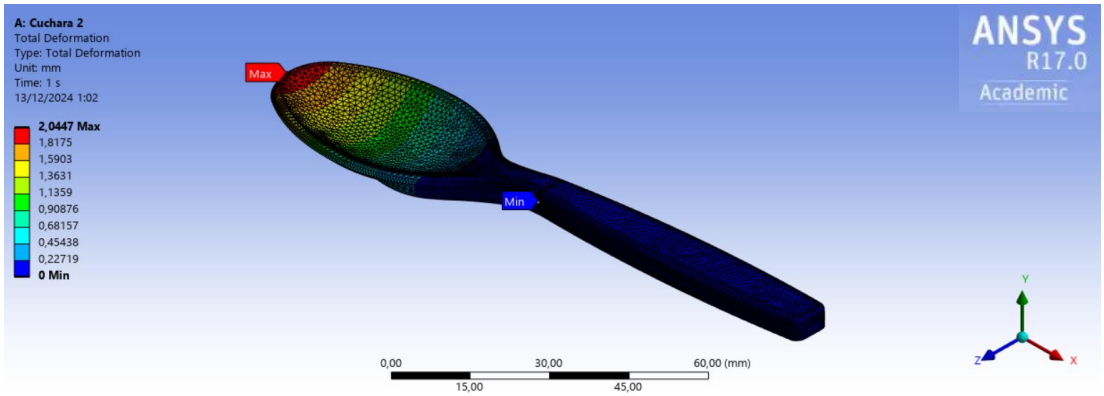


Fig. 49. Deformación del modelo 2 de la cuchara.

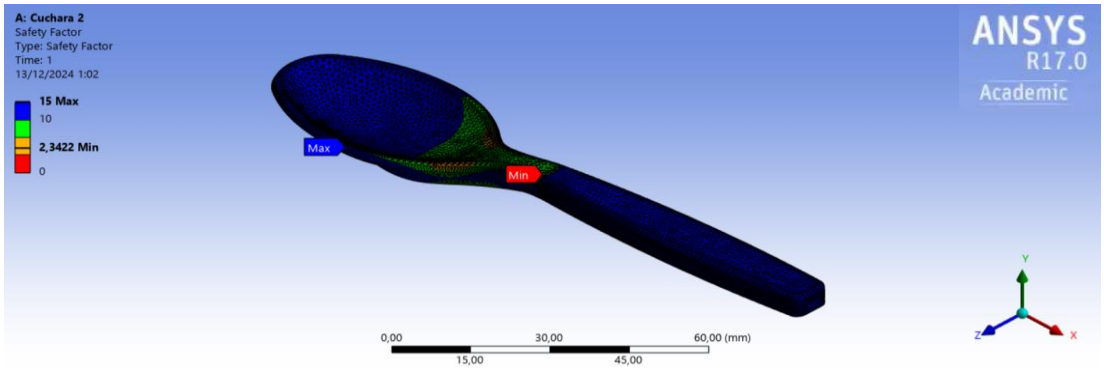


Fig. 50. Factor de seguridad del modelo 2 de la cuchara.

Se observa las diversas cargas aplicadas a la cuchara Modelo 3 en la Figura 52, específicamente la carga de 10 N aplicada al mango y el momento aplicado al costado

de la cuchara. También se muestra la deformación y el factor de seguridad de este diseño de la cuchara en las figuras 53 y 54, correspondientemente. Además, se utilizó elementos tipo Shell con una calidad de mallado de 0.74, 58472 nodos y 32287 elementos.

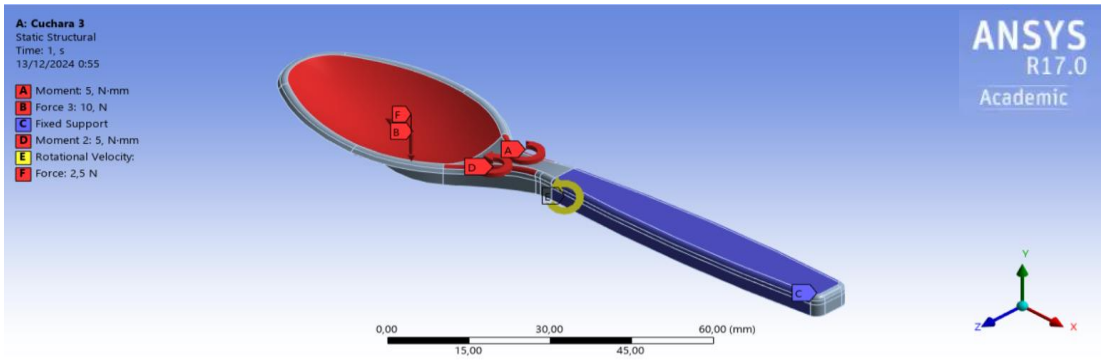


Fig. 51. Cargas aplicadas en el modelo 3 del tenedor.

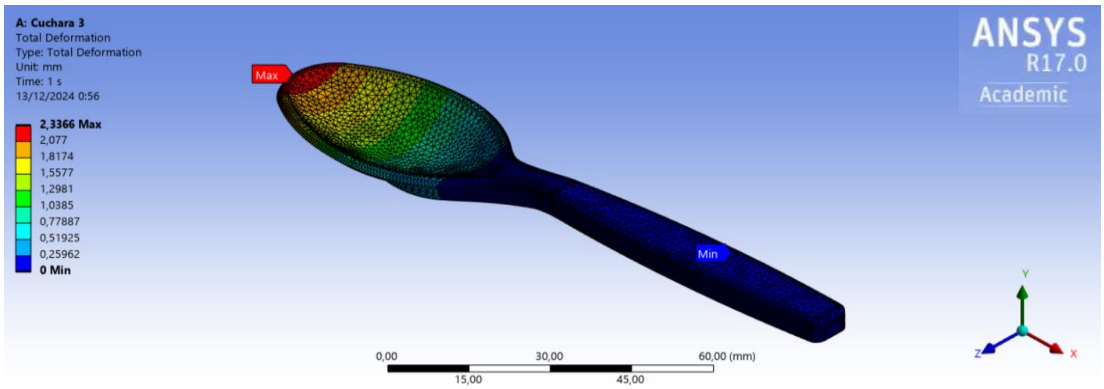


Fig. 52. Deformación del modelo 3 del tenedor.

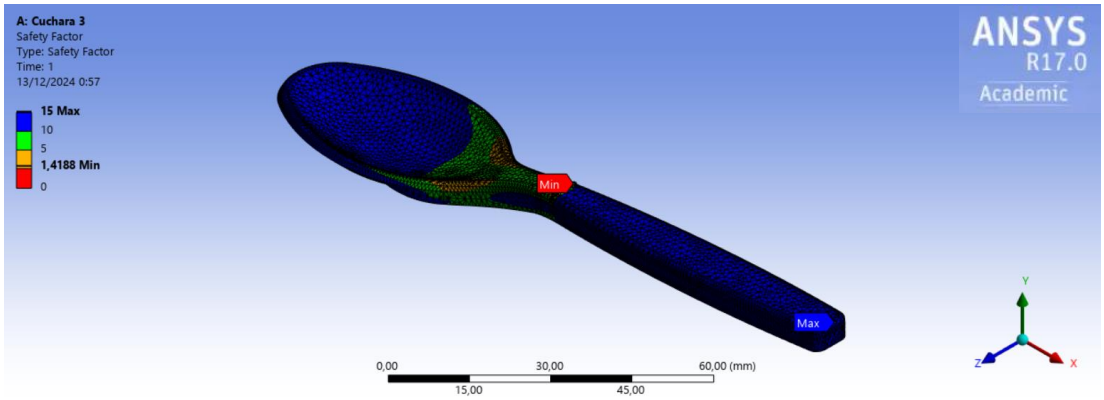


Fig. 53. Factor de seguridad del modelo 3 del tenedor.

Consecuentemente, según las características mencionadas anteriormente, los resultados de las simulaciones se compararon en una Tabla y en una gráfica, así, se seleccionará la mejor opción de los modelos para la elaboración de la cuchara

biodegradable.

En la Tabla XXIII, se observa la deformación, peso y factor de seguridad de cada uno de los modelos de los tenedores.

TABLA XXIII

COMPARACIÓN DE DATOS DE LOS MODELOS DE CUCHARAS

Simulaciones / Diseño	Deformación [mm]	Peso [gr]	Factor de seguridad
Modelo 1	21,57	5,76	1,97
Modelo 2	2,04	5,51	2,34
Modelo 3	2,33	5	1,41

La comparación de los resultados de los diferentes modelos de cucharas se observa en la figura 55.

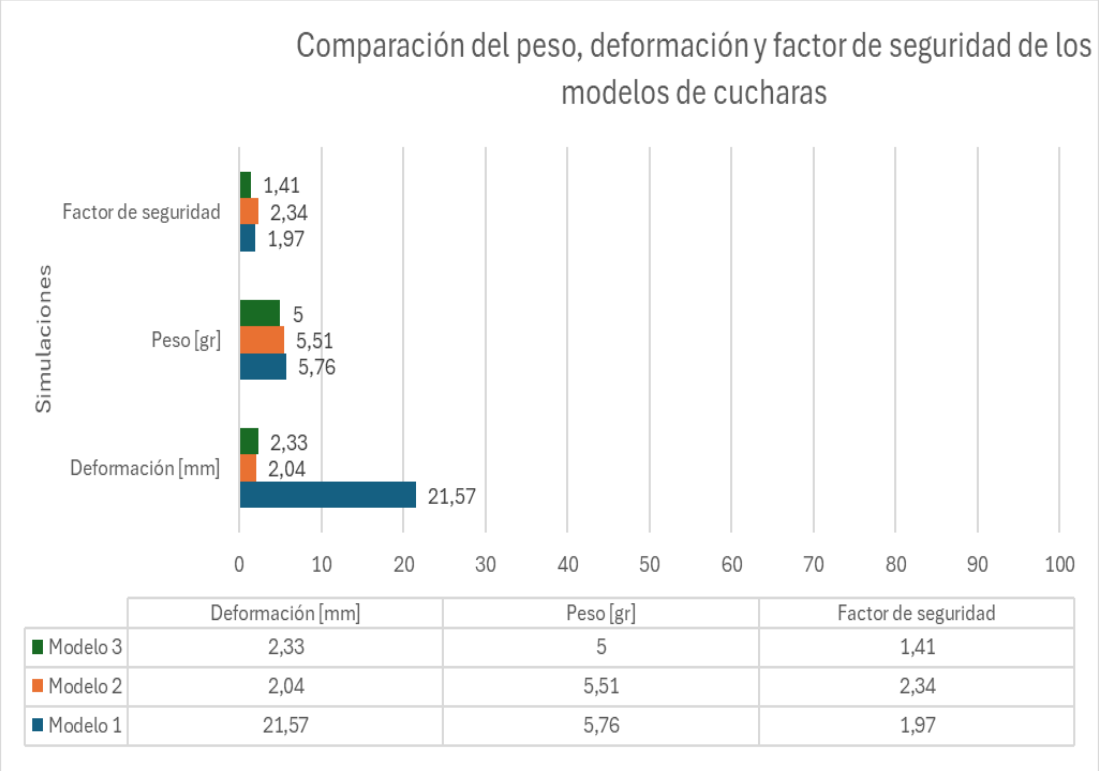


Fig. 54. Comparación del peso, deformación y factor de seguridad de los modelos de tenedores.

Al elegir el diseño óptimo, se evaluó cuidadosamente el modelo 2 y 3 que se enfatizó por su mayor resistencia y menor peso que el modelo 1. Se ejecutó la simulación de

cada uno de los modelos en el software de elementos finitos y se observó que las deformaciones y desplazamientos sean mínimos en la cuchara al aplicar una fuerza al mango. Además, que cumpla con un buen factor de seguridad.

A pesar de que el modelo 2 presentó una menor deformación respecto al modelo 3 y un buen factor de seguridad, tiene un elevado peso lo que no conviene al momento de su ejecución, por tal razón se descartó el modelo 2. Estos factores influyen en la selección y elección del modelo 3 como la opción más ventajosa para su fabricación.

3.2.4 Utensilios fabricados

La siguiente Tabla XXIV y Tabla XXV muestra la recopilación de datos como temperaturas y tiempos para realizar la cuchara y tenedor con el bioplástico de almidón de maíz y trigo, esta recopilación de datos permite realizar un producto de alta resistencia, durabilidad y calidad. De esta manera se puede mejorar el producto.

TABLA XXIV

PRUEBAS REALIZADAS PARA LA OBTENCIÓN DE UTENSILIOS CON BIOPLÁSTICO DE MAÍZ

Bioplástico de almidón de maíz					
N°	**Temp. (°C)**	**Presión (bar)**	**Tiemp. (min)**	**Imagen**	**Observaciones**
1	210	5	35		El material bioplástico no se distribuye por el molde.
2	230	6	30		Se presenta poros, en la cuchara y en el tenedor.
3	230	7	30		El material bioplástico no se distribuye en la cuchara.

Bioplástico de almidón de maíz					
N°	**Temp. (°C)**	**Presión (bar)**	**Tiemp. (min)**	**Imagen**	**Observaciones**
4	250	7	32		El material bioplástico se distribuye mejor, pero no se forman las geometrías en la parte posterior.
5	250	7	30		El material bioplástico se distribuye mejor, se forman las geometrías
6	250	7.5	30		El material bioplástico se distribuye mejor.
7	250	7.5	25		El material bioplástico se distribuye mejor.
8	250	7.5	20		Las geometrías de los utensilios se forman mejor.
9	250	7.5	20		Las geometrías de los utensilios se forman mejor.
10	250	7.5	20		Las geometrías de los utensilios se forman mejor, no presenta poros.

TABLA XXV

PRUEBAS REALIZADAS PARA LA OBTENCIÓN DE UTENSILIOS CON BIOPLÁSTICO DE TRIGO

Bioplástico de almidón de trigo					
N°	**Temp. (°C)**	**Presión (bar)**	**Tiemp. (min)**	**Imagen**	**Observaciones**
1	250	6	25		El material bioplástico no se distribuye por la geometría del tenedor.
2	250	7	25		Se presenta una mejor distribución de material y poros en el mango de los utensilios.
3	250	7	20		El material bioplástico se distribuye de mejor manera por el molde.
4	250	7	18		El material bioplástico se distribuye mejor.
5	250	7	20		El material bioplástico se distribuye mejor, se forman las geometrías
6	250	7	18		El material bioplástico se distribuye de mejor.
7	250	7	20		El material bioplástico se distribuye de mejor.

Bioplástico de almidón de trigo					
N°	**Temp. (°C)**	**Presión (bar)**	**Tiemp. (min)**	**Imagen**	**Observaciones**
8	250	7	20		Las geometrías de los utensilios se forman mejor.
9	250	7	18		Las geometrías de los utensilios se forman mejor, ya no presentan poros.
10	250	7.5	20		Las geometrías de los utensilios se forman mejor, ya no presentan poros.

3.2.5 Fichas de los ensayos de flexión de cada material biodegradable y plástico

Se observa desde la Tabla XXVI hasta la Tabla XXXIII los ensayos de flexión de las cucharas y tenedores de la marca Ecogreen, de plástico y finalmente de los materiales utilizados en el presente trabajo experimental, el bioplástico de trigo y maíz. Además, se muestran en el ANEXO 1 las fichas de cada material elaboradas en el laboratorio.

TABLA XXVI

FICHA TÉCNICA ENSAYO DE FLEXIÓN EN TENEDORES BIOPLÁSTICOS DE ALMIDÓN DE MAÍZ

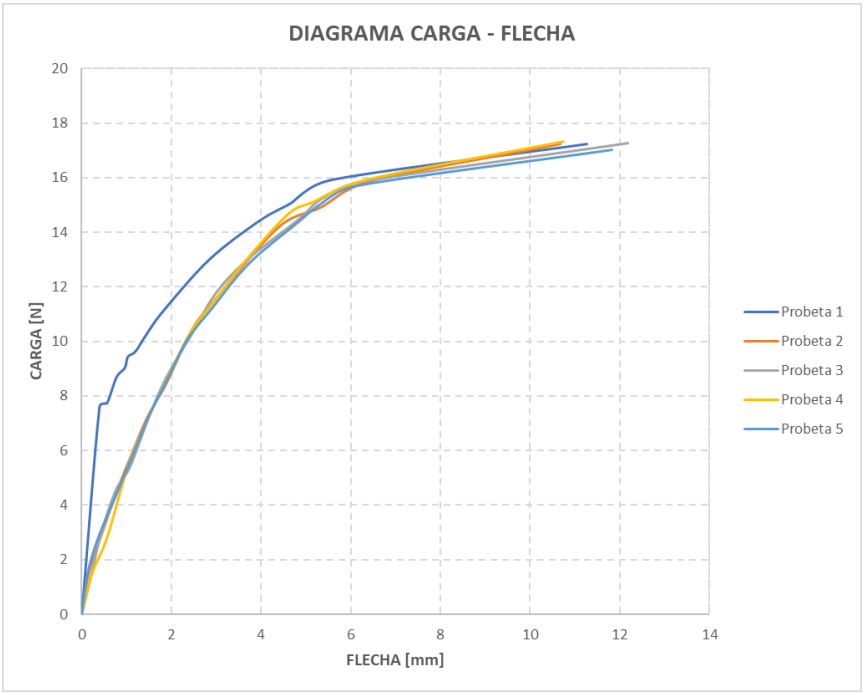
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO **FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA** **CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**					
Informes de resultados					
Ensayos de flexión		**Denominación: RG – 20 - 01**			
					N.º 1
Realizado por:	Araujo Kevin – Reinoso Joel				
Proyecto de tesis:	ANÁLISIS DE PROPIEDADES MECÁNICAS A UTENSILIOS BIODEGRADABLES				
Dirección:	UTA-FAC. ING. CIVIL Y MECÁNICA. CARERA DE MECÁNICA				
Tipo de material:	Bioplástico de almidón de maíz				
Material:	Tenedor de bioplástico de almidón de maíz				
Fecha de fabricación:	2024-10				
Norma utilizada:	ASTM D7264/D7264M-21				
Fecha de ensayo:	15-octubre-2024				
Tipo de ensayo:	Ensayo de flexión 3 puntos				
Equipo utilizado:	Maquina universal de ensayos-WAW600B				
Marca:	Jinan Liangong Testing Technology CO., Ltd				
Serie:	7136				
Certificado:	LNM-F-2016500064D				
Cód. ident:	M1				
Número de la muestra	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
Designación del material	Te-E-01	Te-E-02	Te-E-03	Te-E-04	Te-E-05
Características del material	Tenedor	Tenedor	Tenedor	Tenedor	Tenedor
Espesor $[mm]$	2,56	2,56	2,56	2,56	2,56
Anchura $[mm]$	4,95	4,95	4,95	4,95	4,95
Sección transversal $[mm^2]$	16,67	16,67	16,67	16,67	16,67
Mod. Aparente de elástica. $[MPa]$	2,499,E+03	1,683,E+04	2,413,E+04	1,362,E+04	1,958,E+04
Carga máxima $[N]$	17,25	17,23	17,26	17,31	17,01

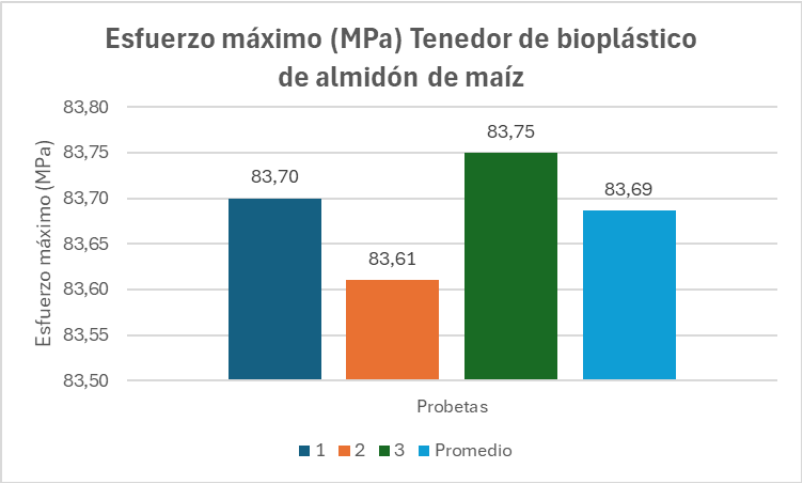
Esfuerzo máximo $[MPa]$					83,70	83,61	83,75	84,03	82,56
Flecha máxima $[mm]$					11,27	10,68	12,19	10,74	11,82
Observaciones:					Longitud entre apoyos=70 mm				
Prob.					**Designación**	**Tipo de material**		**Fecha de ensayo**	
1	2	3	4	5	Te-E-01	Bioplástico de maíz		15/10/2024	

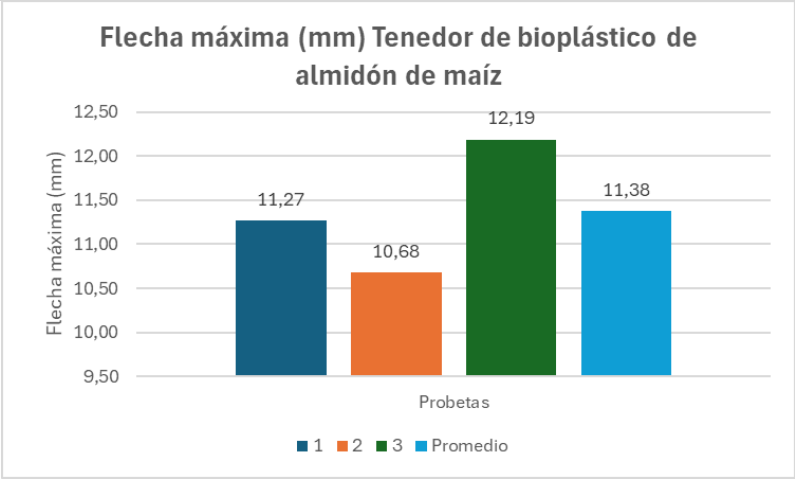
Probetas Ensayadas:



Gráficas:







Observaciones

- La probeta 4 y 5 respecto a las probetas 1, 2 y 3, nos da unos resultados anómalos y fue eliminada. Por consiguiente, sus valores se descartan para el promedio final.
- Se observa para el tenedor de bioplástico de almidón de maíz, un valor promedio de esfuerzo máximo de 83.69 MPa y un valor de flecha máxima de 11.38 mm.

Valores promedios	
Esfuerzo Máximo [MPa]	83.69
Carga Máxima [N]	17.25
Flecha máxima [mm]	11.38

TABLA XXVII

FICHA TÉCNICA ENSAYO DE FLEXIÓN EN CUCHARAS BIOPLÁSTICOS DE ALMIDÓN DE MAÍZ

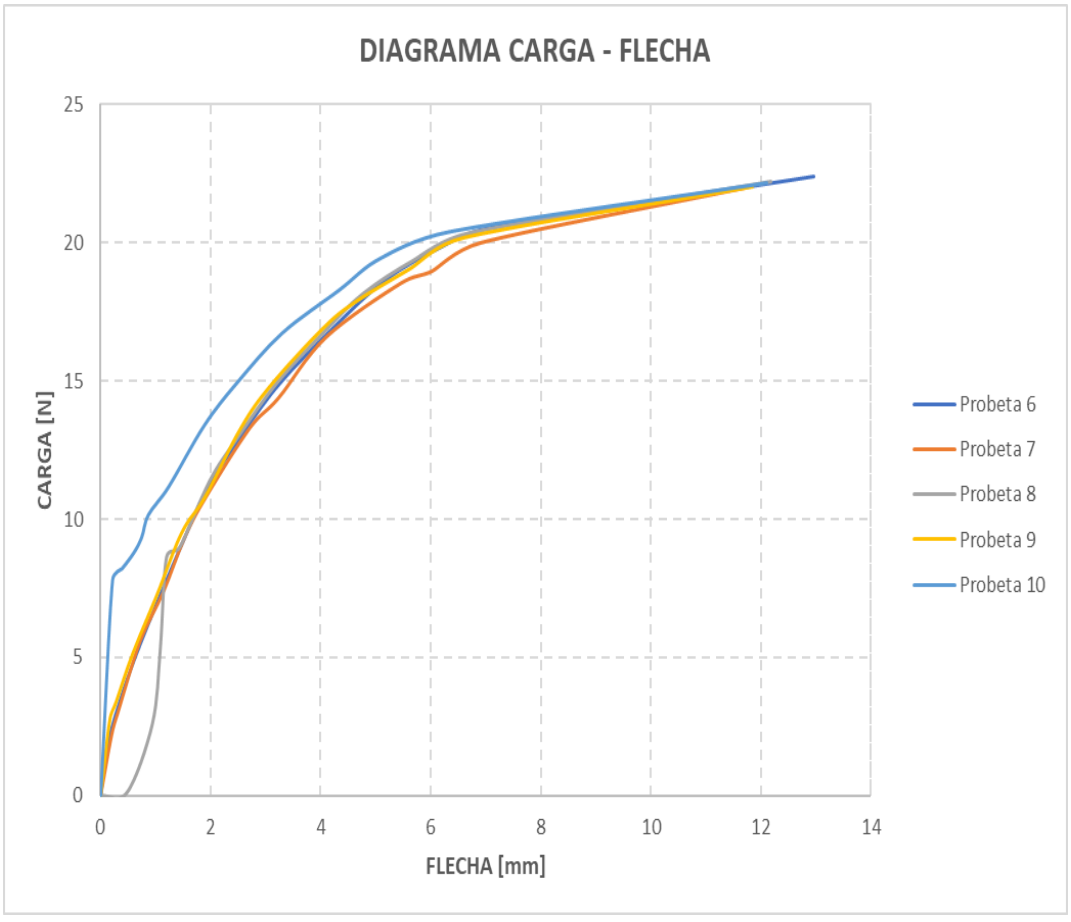
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO **FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA** **CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**					
Informes de resultados					
Ensayos de flexión	**Denominación: RG – 20 - 01**				
					N.º 2
Realizado por:	Araujo Kevin – Reinoso Joel				
Proyecto de tesis:	ANÁLISIS DE PROPIEDADES MECÁNICAS A UTENSILIOS BIODEGRADABLES				
Dirección:	UTA-FAC. ING. CIVIL Y MECÁNICA. CARRERA DE MECÁNICA				
Tipo de material:	Bioplástico de almidón de maíz				
Material:	Cuchara de bioplástico de almidón de maíz				
Fecha de fabricación:	2024-10				
Norma utilizada:	ASTM D7264/D7264M-21				
Fecha de ensayo:	15-octubre-2024				
Tipo de ensayo:	Ensayo de flexión 3 puntos.				
Equipo utilizado:	Maquina universal de ensayos-WAW600B				
Marca:	Jinan Liangong Testing Technology CO., Ltd				
Serie:	7136				
Certificado:	LNM-F-2016500064D				
Cód. ident:	M1				
Número de la muestra	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
Designación del material	Cu-E-01	Cu-E-02	Cu-E-03	Cu-E-04	Cu-E-05
Características del material	Cuchara	Cuchara	Cuchara	Cuchara	Cuchara
Espesor $[mm]$	3,96	3,96	3,96	3,96	3,96
Anchura $[mm]$	6,35	6,35	6,35	6,35	6,35
Sección transversal $[mm^2]$	25,15	25,15	25,15	25,15	25,15
Mod. Aparente de elástica. $[MPa]$	4,977,E+03	5,246,E+03	3,964,E+03	4,174,E+03	1,746,E+03
Carga máxima $[N]$	22,38	21,99	22,23	22,01	22,15

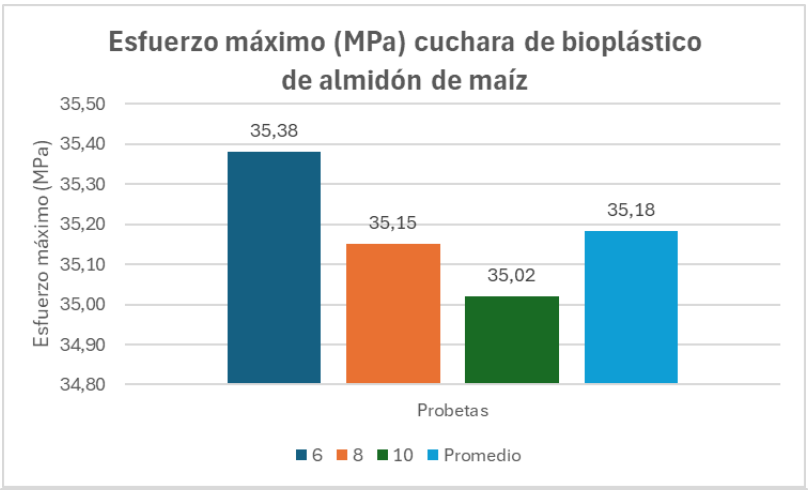
Esfuerzo máximo $[MPa]$					35,38	34,78	35,15	34,81	35,02
Flecha máxima $[mm]$					12,96	11,69	12,18	11,85	12,10
Observaciones:					Longitud entre apoyos=70 mm				
Prob.					**Designación**	**Tipo de material**		**Fecha de ensayo**	
6	7	8	9	10	Cu-E-01	Bioplástico de maíz		15/10/2024	

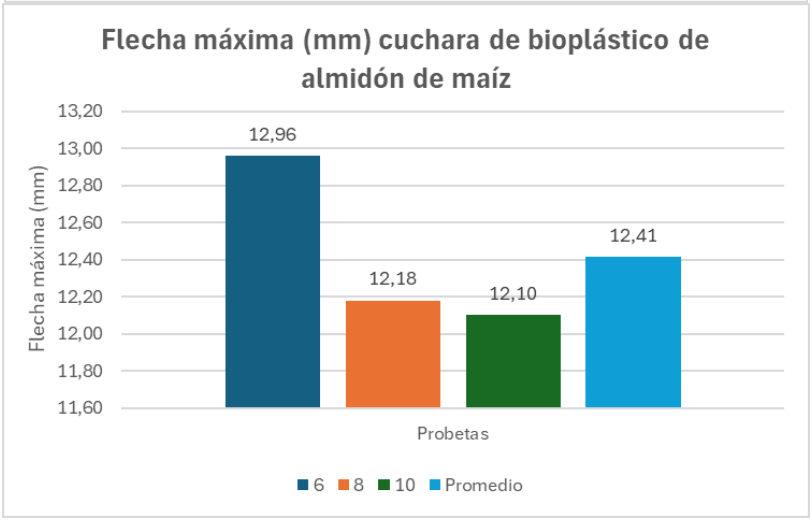
Probetas Ensayadas:



Gráficas:







Observaciones

- La probeta 7 y 9 respecto a las probetas 6, 8 y 10, nos da unos resultados anómalos y fue eliminada. Por consiguiente, sus valores se descartan para el promedio final.
- Se observa para la cuchara de bioplástico de almidón de maíz, un valor promedio de esfuerzo máximo de 35.18 MPa y un valor de flecha máxima de 12.41 mm.

Valores promedios	
Esfuerzo Máximo [MPa]	35.18
Carga Máxima [N]	22.25
Flecha máxima [mm]	12.41

TABLA XXVIII

FICHA TÉCNICA ENSAYO DE FLEXIÓN EN TENEDORES PLÁSTICOS

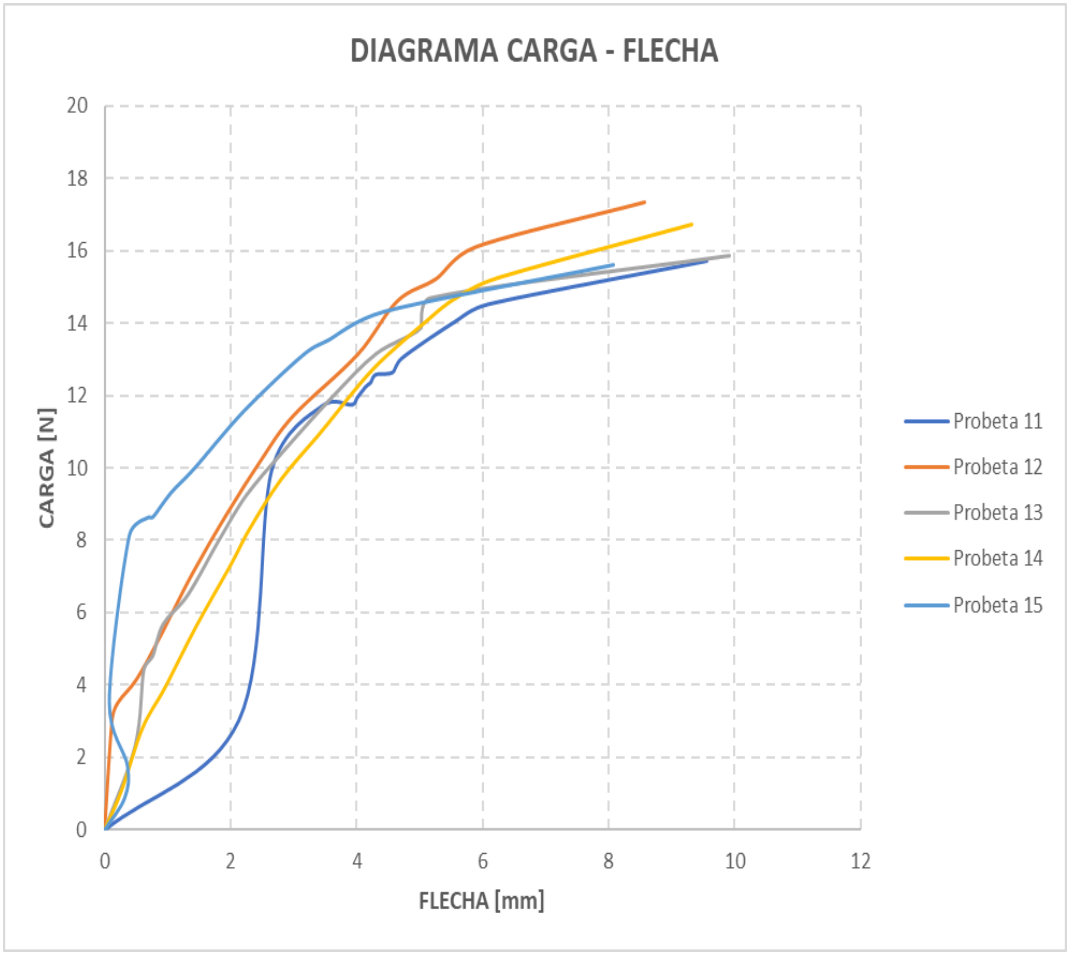
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO **FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA** **CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**					
Informes de resultados					
Ensayos de flexión		**Denominación: RG – 20 - 01**			
					N.º 3
Realizado por:	Araujo Kevin – Reinoso Joel				
Proyecto de tesis:	ANÁLISIS DE PROPIEDADES MECÁNICAS A UTENSILIOS BIODEGRADABLES				
Dirección:	UTA-FAC. ING. CIVIL Y MECÁNICA. CARRERA DE MECÁNICA				
Tipo de material:	Plástico común				
Material:	Tenedor de Polipropileno OXP 40				
Fecha de fabricación:	2024-10				
Norma utilizada:	ASTM D7264/D7264M-21				
Fecha de ensayo:	15-octubre-2024				
Tipo de ensayo:	Ensayo de flexión 3 puntos.				
Equipo utilizado:	Maquina universal de ensayos-WAW600B				
Marca:	Jinan Liangong Testing Technology CO., Ltd				
Serie:	7136				
Certificado:	LNM-F-2016500064D				
Cód. ident:	M1				
Número de la muestra	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**
Designación del material	Te-OXP-01	Te-OXP-02	Te-OXP-03	Te-OXP-04	Te-OXP-05
Características del material	Tenedor	Tenedor	Tenedor	Tenedor	Tenedor
Espesor $[mm]$	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1
Anchura $[mm]$	3,69	3,69	3,69	3,69	3,69
Sección transversal $[mm^2]$	11,44	11,44	11,44	11,44	11,44
Mod. Aparente de elástica. $[MPa]$	3,491,E+04	1,189,E+04	4,074,E+04	1,361,E+04	5,852,E+04
Carga máxima $[N]$	15,73	17,34	15,85	16,73	15,62
Esfuerzo máximo $[MPa]$	69,82	77,01	70,39	74,26	69,34

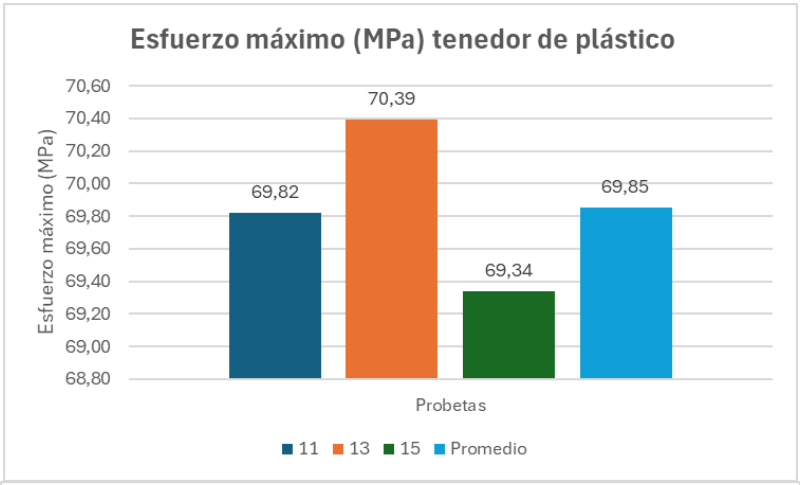
Flecha máxima [*mm*]					9,56	8,58	9,92	9,31	8,08
Observaciones:					Longitud entre apoyos=70 mm				
Prob.					**Designación**	**Tipo de material**		**Fecha de ensayo**	
11	12	13	14	15	Te-OXP-01	Plástico común		15/10/2024	

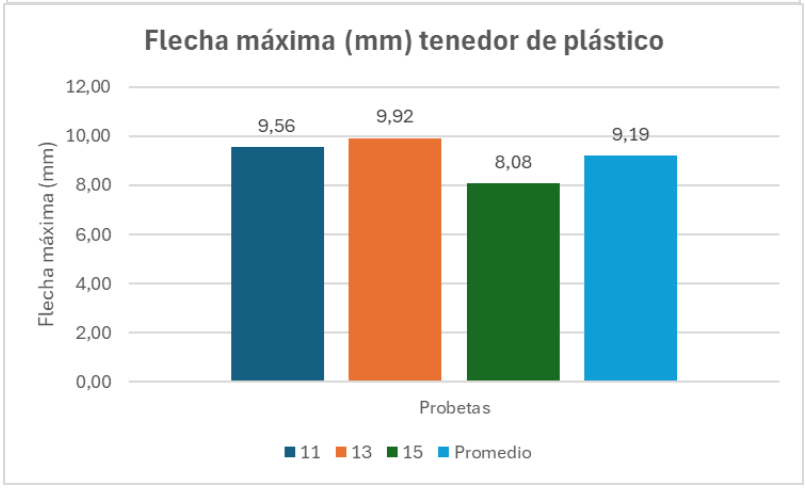
Probetas Ensayadas:



Gráficas:







Observaciones

- Las probetas 12 y 14 respecto a las probetas 11, 13 y 15, nos da unos resultados anómalos y fue eliminada. Por consiguiente, sus valores se descartan para el promedio final.
- Se observa para el tenedor de plástico, un valor promedio de esfuerzo máximo de 69.85 MPa y un valor de flecha máxima de 9.19 mm.

Valores promedios	
Esfuerzo Máximo [MPa]	69.85
Carga Máxima [N]	15.73
Flecha máxima [mm]	9.19

TABLA XXIX

FICHA TÉCNICA ENSAYO DE FLEXIÓN EN CUCHARAS PLÁSTICAS

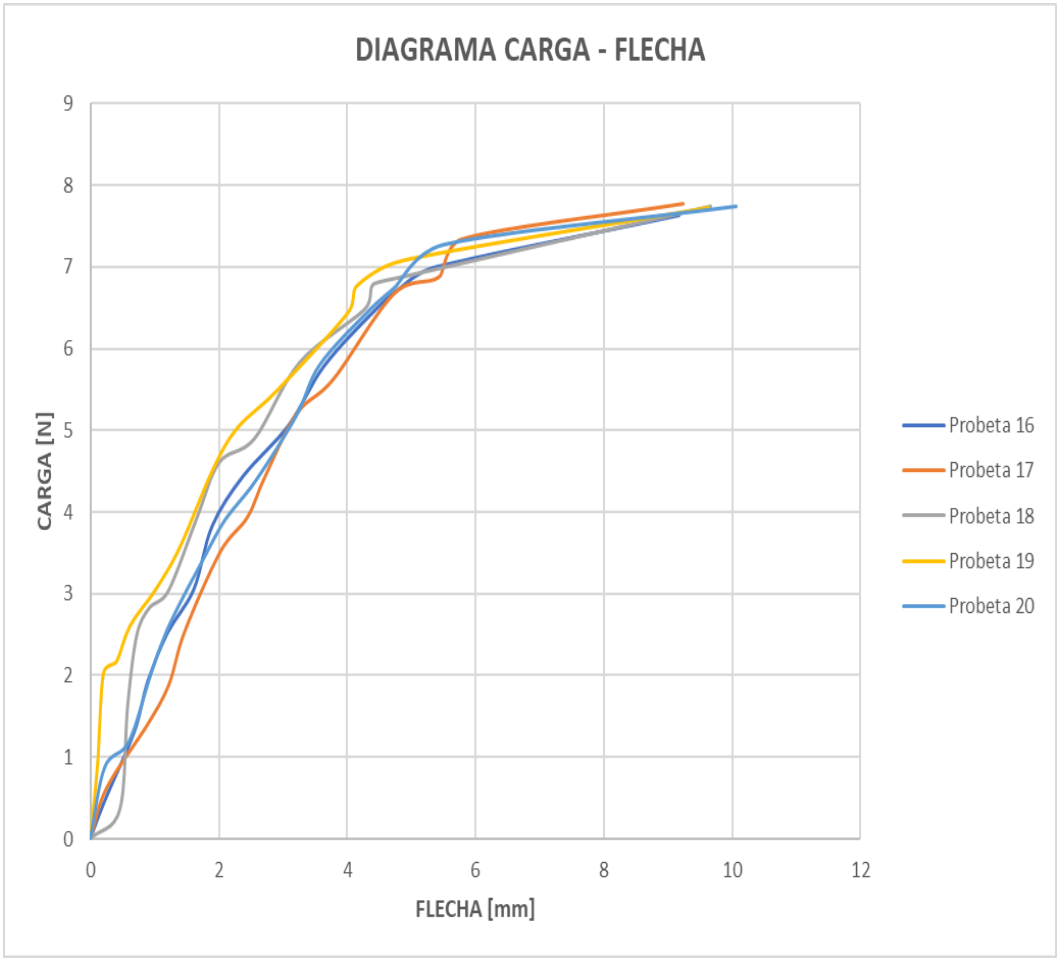
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO **FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA** **CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**					
Informes de resultados					
Ensayos de flexión	**Denominación: RG – 20 - 01**				
					N.º 4
Realizado por:	Araujo Kevin – Reinoso Joel				
Proyecto de tesis:	ANÁLISIS DE PROPIEDADES MECÁNICAS A UTENSILIOS BIODEGRADABLES				
Dirección:	UTA-FAC. ING. CIVIL Y MECÁNICA. CARRERA DE MECÁNICA				
Tipo de material:	Plástico común				
Material:	Cuchara de Polipropileno OXP 40				
Fecha de fabricación:	2024-10				
Norma utilizada:	ASTM D7264/D7264M-21				
Fecha de ensayo:	15-octubre-2024				
Tipo de ensayo:	Ensayo de flexión 3 puntos.				
Equipo utilizado:	Maquina universal de ensayos-WAW600B				
Marca:	Jinan Liangong Testing Technology CO., Ltd				
Serie:	7136				
Certificado:	LNM-F-2016500064D				
Cód. ident:	M1				
Número de la muestra	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**
Designación del material	Cu-OXP-01	Cu – OXP-02	Cu - OXP-03	Cu - OXP-04	Cu - OXP-05
Características del material	Cuchara	Cuchara	Cuchara	Cuchara	Cuchara
Espesor $[mm]$	2,99	2,99	2,99	2,99	2,99
Anchura $[mm]$	4,97	4,97	4,97	4,97	4,97
Sección transversal $[mm^2]$	14,86	14,86	14,86	14,86	14,86
Mod. Aparente de elástica. $[MPa]$	3,994,E+03	2,656,E+03	2,256,E+04	7,702,E+03	1,812,E+03
Carga máxima $[N]$	7,63	7,77	7,75	7,73	7,74
Esfuerzo máximo $[MPa]$	27,04	27,53	27,46	27,39	27,43

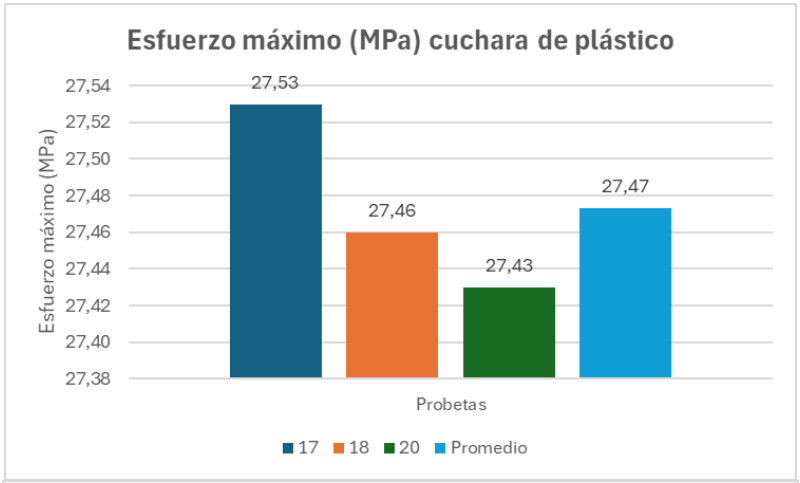
Flecha máxima [*mm*]					9,17	9,23	9,67	9,64	10,06
Observaciones:					Longitud entre apoyos=70 mm				
Prob.					**Designación**	**Tipo de material**		**Fecha de ensayo**	
16	17	18	19	20	Cu-OXP-01	Plástico común		15/10/2024	

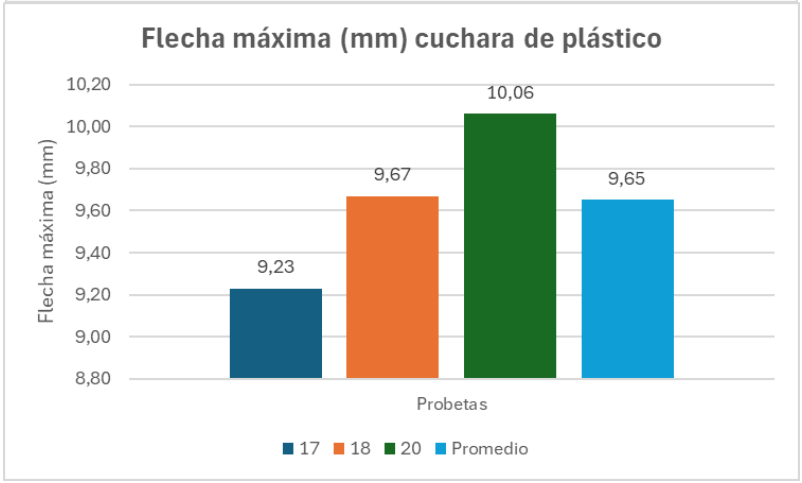
Probetas Ensayadas:



Gráficas:







Observaciones

- Las probetas 16 y 19 respecto a las probetas 17, 18 y 20, nos da unos resultados anómalos y fue eliminada. Por consiguiente, sus valores se descartan para el promedio final.
- Se observa para la cuchara de plástico, un valor promedio de esfuerzo máximo de 27.47 MPa y un valor de flecha máxima de 9.65 mm.

Valores promedios	
Esfuerzo Máximo [MPa]	27.47
Carga Máxima [N]	7.75
Flecha máxima [mm]	9.65

TABLA XXX

FICHA TÉCNICA ENSAYO DE FLEXIÓN EN CUCHARAS BIOPLÁSTICOS DE MAÍZ

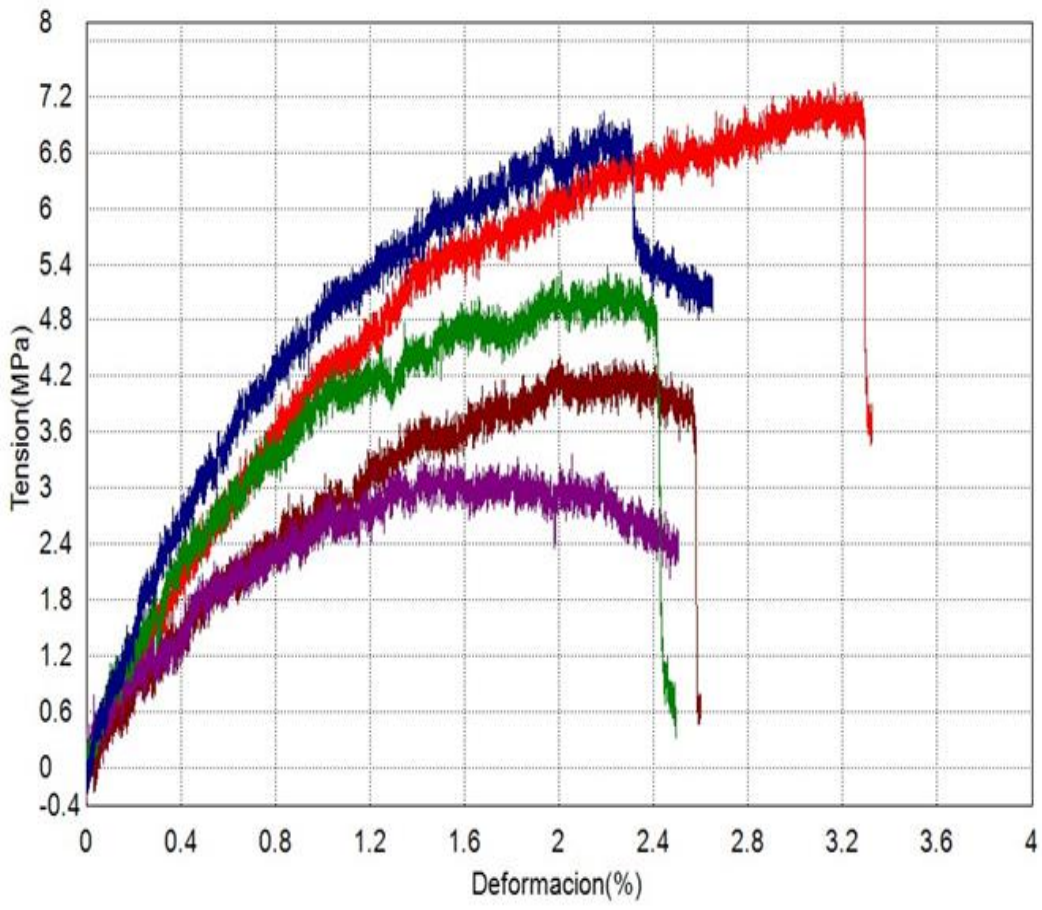
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO **FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA** **CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**					
Informes de resultados					
Ensayos de flexión		**Denominación: RG – 20 - 01**			
					N.º 1
Realizado por:	Araujo Kevin – Reinoso Joel				
Proyecto de tesis:	ANÁLISIS DE PROPIEDADES MECÁNICAS A UTENSILIOS BIODEGRADABLES				
Dirección:	UTA-FAC. ING. CIVIL Y MECÁNICA. CARERA DE MECÁNICA				
Tipo de material:	Bioplástico de almidón de maíz				
Material:	Cuchara de bioplástico de maíz				
Fecha de fabricación:	2024-12				
Norma utilizada:	ASTM D7264/D7264M-21				
Fecha de ensayo:	11-diciembre-2024				
Tipo de ensayo:	Ensayo de flexión 3 puntos.				
Equipo utilizado:	Maquina universal de ensayos-WAW600B				
Marca:	Jinan Liangong Testing Technology CO., Ltd				
Serie:	7136				
Certificado:	LNM-F-2016500064D				
Cód. ident:	M1				
Número de la muestra	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**
Designación del material	Cu-BPM-12	Cu-BPM-12	Cu-BPM-13	Cu-BPM-14	Cu-BPM-15
Características del material	Cuchara	Cuchara	Cuchara	Cuchara	Cuchara
Espesor $[mm]$	3,80	3,80	3,80	3,80	3,80
Anchura $[mm]$	8,40	8,40	8,40	8,40	8,40
Sección transversal $[mm^2]$	31,92	31,92	31,92	31,92	31,92
Mod. Aparente de elástica. $[MPa]$	4,9673E +02	1,4039,E +02	1,29368, E+03	7,8278, E+02	9,6202, E+02
Carga máxima $[N]$	8,47	5,10	3,88	6,20	8,13
Esfuerzo máximo $[MPa]$	7,34	4,41	3,36	5,37	7,04

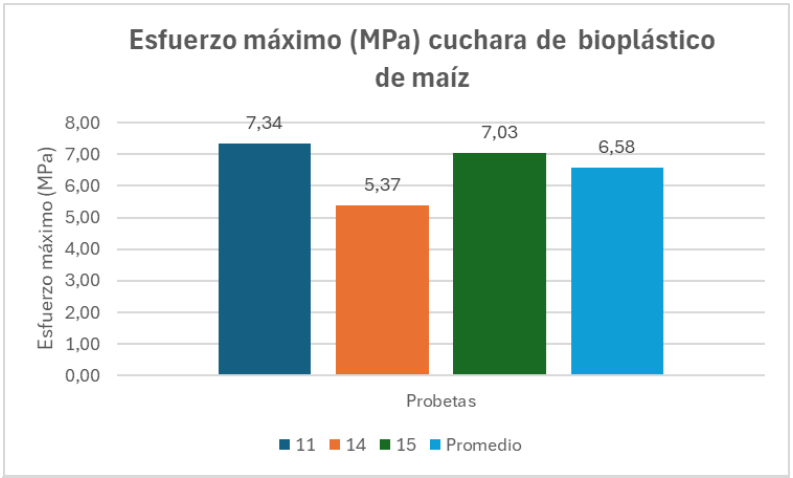
Flecha máxima [mm]					6,80	4,31	4,42	4,73	4,71
Observaciones:					Longitud entre apoyos=70 mm				
Prob.					**Designación**	**Tipo de material**		**Fecha de ensayo**	
1	2	3	4	5	Cu-BPM-01	Bioplástico de maíz		15/10/2024	

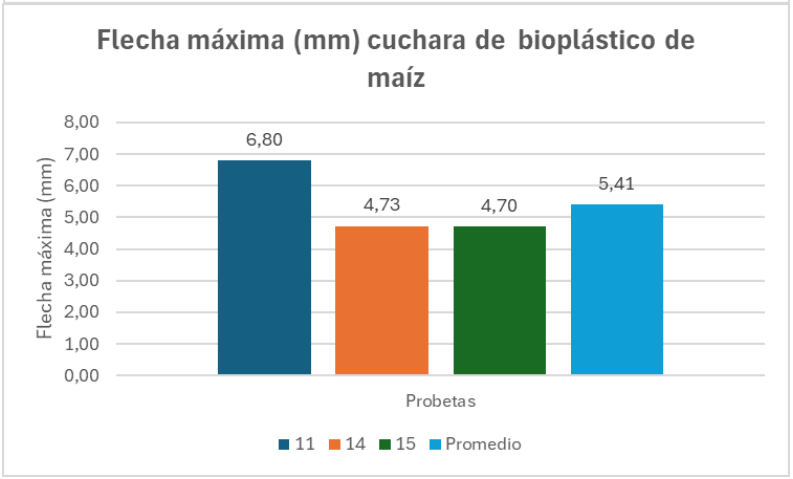
Probetas Ensayadas:



Gráficas:







Observaciones

- Las probetas 12 y 13 respecto a las probetas 11, 14 y 15, nos da unos resultados anómalos y fue eliminada. Por consiguiente, sus valores se descartan para el promedio final.
- Se observa para la cuchara de bioplástico de maíz, un valor promedio de esfuerzo máximo de 6.58 MPa y un valor de flecha máxima de 5.41 mm.

Valores promedios	
Esfuerzo Máximo [MPa]	6.58
Carga Máxima [N]	7.60
Flecha máxima [mm]	5.41

TABLA XXXI

FICHA TÉCNICA ENSAYO DE FLEXIÓN EN TENEDORES BIOPLÁSTICOS DE MAÍZ

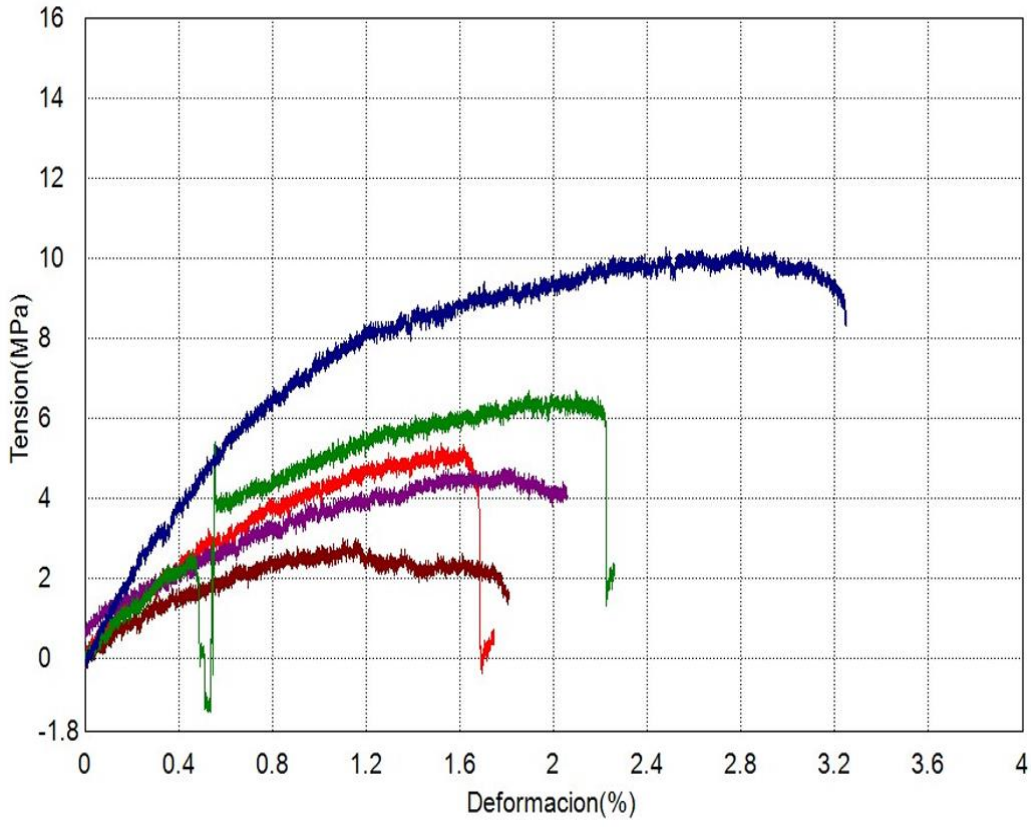
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO **FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA** **CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**					
Informes de resultados					
Ensayos de flexión	**Denominación: RG – 20 - 01**				
					N.º 2
Realizado por:	Araujo Kevin – Reinoso Joel				
Proyecto de tesis:	ANÁLISIS DE PROPIEDADES MECÁNICAS A UTENSILIOS BIODEGRADABLES				
Dirección:	UTA-FAC. ING. CIVIL Y MECÁNICA. CARERA DE MECÁNICA				
Tipo de material:	Bioplástico de almidón de maíz				
Material:	Tenedor de bioplástico de maíz				
Fecha de fabricación:	2024-12				
Norma utilizada:	ASTM D7264/D7264M-21				
Fecha de ensayo:	11-diciembre-2024				
Tipo de ensayo:	Ensayo de flexión 3 puntos.				
Equipo utilizado:	Maquina universal de ensayos-WAW600B				
Marca:	Jinan Liangong Testing Technology CO., Ltd				
Serie:	7136				
Certificado:	LNM-F-2016500064D				
Cód. ident:	M1				
Número de la muestra	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**
Designación del material	Te-BPM-16	Te-BPM-17	Te-BPM-18	Te-BPM-19	Te-BPM-20
Características del material	Tenedor	Tenedor	Tenedor	Tenedor	Tenedor
Espesor $[mm]$	3,80	3,80	3,80	3,80	3,80
Anchura $[mm]$	8,60	8,60	8,60	8,60	8,60
Sección transversal $[mm^2]$	32,68	32,68	32,68	32,68	32,68
Mod. Aparente de elástica. $[MPa]$	1,03964 E+03	2,7739,E +02	4,62120, E+05	3,65411, E+04	1,13077, E+03
Carga máxima $[N]$	6,37	3,54	5,64	7,62	12,13
Esfuerzo máximo $[MPa]$	5,38	2,99	4,77	6,70	10,26

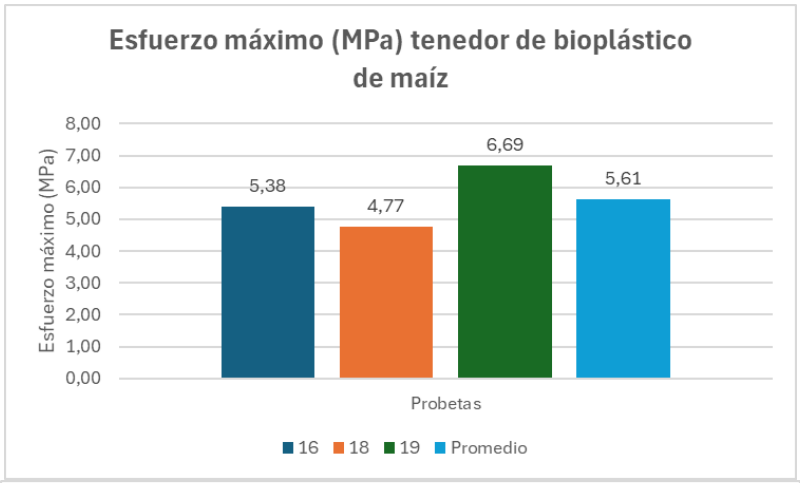
Flecha máxima [mm]					3,27	2,49	3,88	4,50	6,08
Observaciones:					Longitud entre apoyos=70 mm				
Prob.					**Designación**	**Tipo de material**		**Fecha de ensayo**	
1	2	3	4	5	Te-BPM-01	Bioplástico de maíz		15/10/2024	

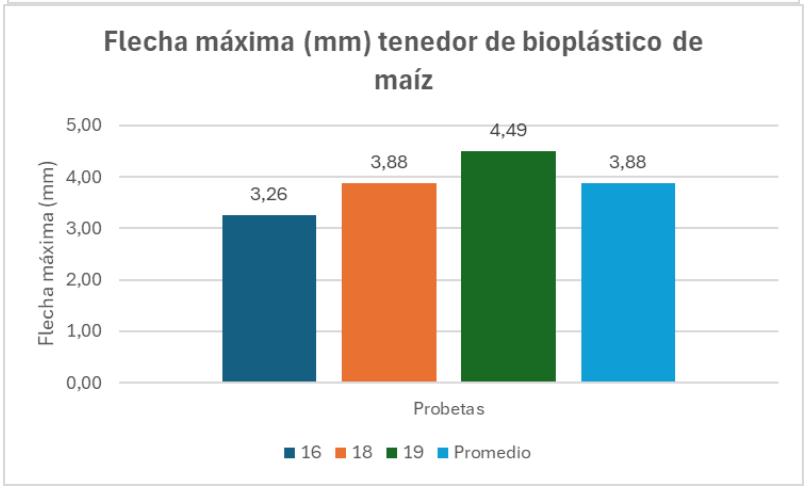
Probetas Ensayadas:



Gráficas:







Observaciones

- Las probetas 17 y 20 respecto a las probetas 16, 18 y 19, nos da unos resultados anómalos y fue eliminada. Por consiguiente, sus valores se descartan para el promedio final.
- Se observa para el tenedor de bioplástico de maíz, un valor promedio de esfuerzo máximo de 5.61 MPa y un valor de flecha máxima de 3.88 mm.

Valores promedios	
Esfuerzo Máximo [MPa]	5.61
Carga Máxima [N]	6.54
Flecha máxima [mm]	3.88

TABLA XXXII

FICHA TÉCNICA ENSAYO DE FLEXIÓN EN CUCHARAS BIOPLÁSTICOS DE TRIGO

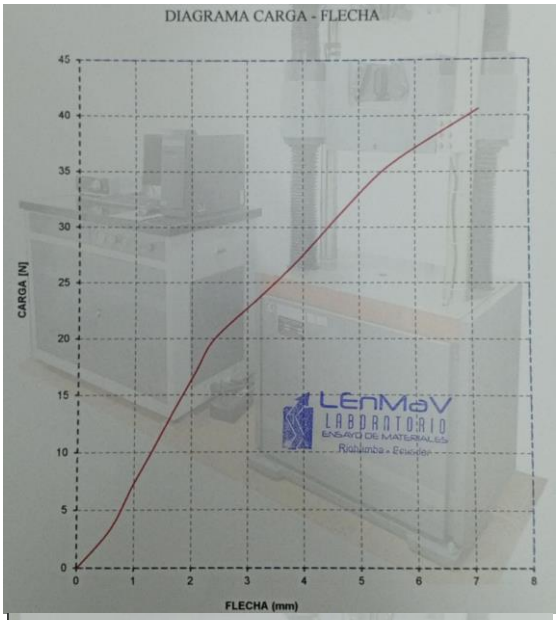
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO **FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA** **CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**					
Informes de resultados					
Ensayos de flexión		**Denominación: RG – 20 - 01**			
					N.º 2
Realizado por:	Araujo Kevin – Reinoso Joel				
Proyecto de tesis:	ANÁLISIS DE PROPIEDADES MECÁNICAS A UTENSILIOS BIODEGRADABLES				
Dirección:	UTA-FAC. ING. CIVIL Y MECÁNICA. CARERA DE MECÁNICA				
Tipo de material:	Bioplástico de trigo				
Material:	Cuchara de bioplástico de trigo				
Fecha de fabricación:	2024-12				
Norma utilizada:	ASTM D7264/D7264M-21				
Fecha de ensayo:	16-diciembre-2024				
Equipo utilizado:	Maquina universal de ensayos-WAW600B				
Marca:	Jinan Liangong Testing Technology CO., Ltd				
Serie:	7136				
Certificado:	LNM-F-2016500064D				
Cód. ident:	M1				
Número de la muestra	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
Designación del material	Cu-BT-01	Cu-BT-02	Cu-BT-03	Cu-BT-04	Cu-BT-05
Características del material	Cuchara	Cuchara	Cuchara	Cuchara	Cuchara
Espesor $[mm]$	3,12	3,12	3,12	3,12	3,12
Anchura $[mm]$	6,60	6,60	6,60	6,60	6,60
Sección transversal $[mm^2]$	20,59	20,59	20,59	20,59	20,59
Mod. Aparente de elástica. $[MPa]$	1,431E+04	1,523,E+04	1,406,E+04	1,172,E+04	1,452,E+04
Carga máxima $[N]$	40,61	30,80	58,57	24,33	45,52
Esfuerzo máximo $[MPa]$	99,53	75,49	142,52	59,62	111,55
Flecha máxima $[mm]$	7,12	5,76	7,87	2,89	4,97

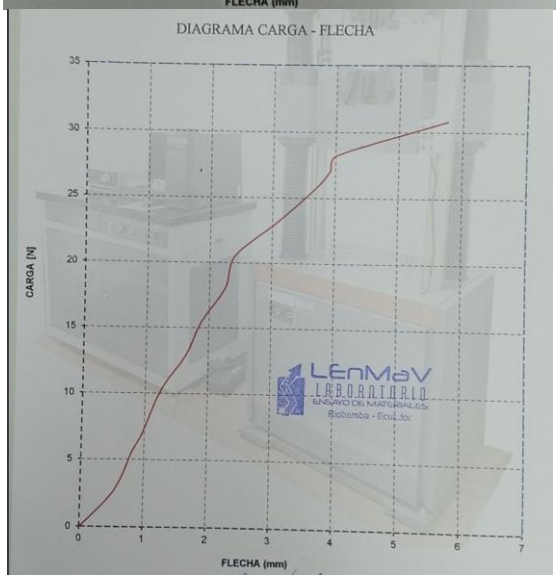
Observaciones:					Longitud entre apoyos=70 mm		
Prob.					**Designación**	**Tipo de material**	**Fecha de ensayo**
6	7	8	9	10	Cu-BT-01	Bioplástico de trigo	16/12/2024

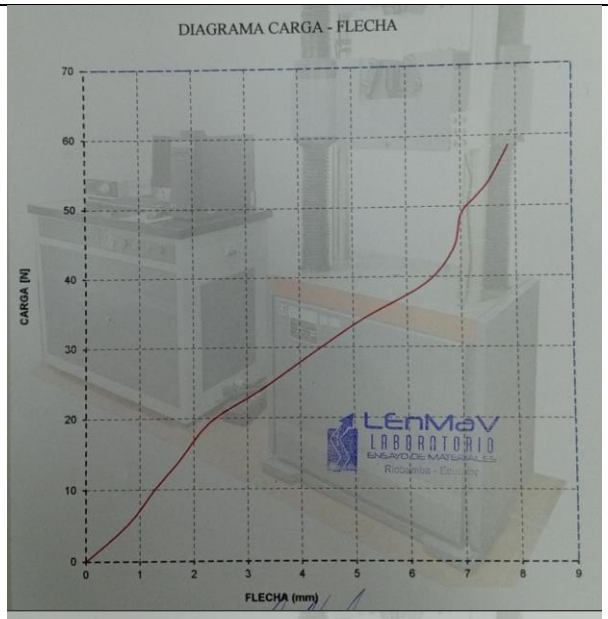
Probetas Ensayadas:

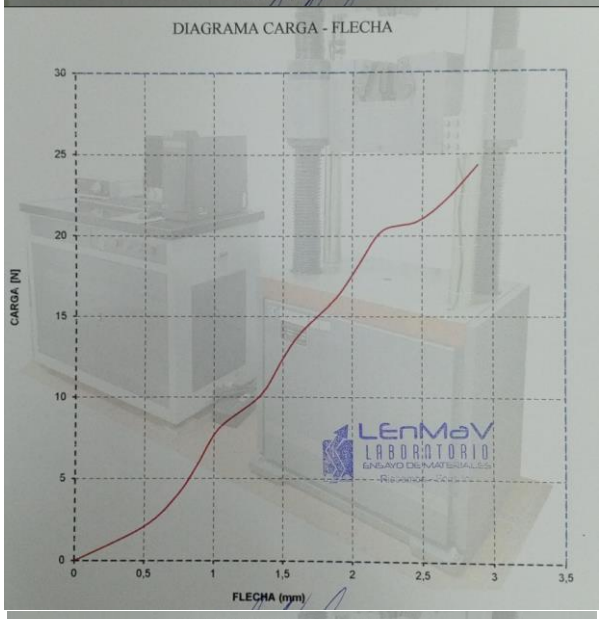


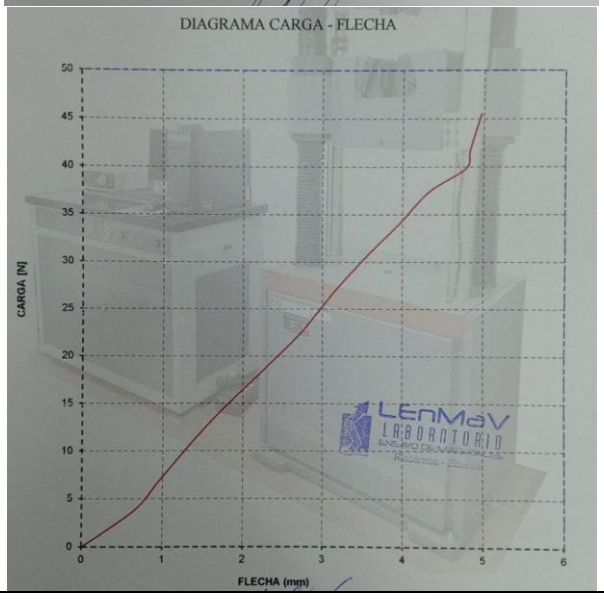
Gráficas:

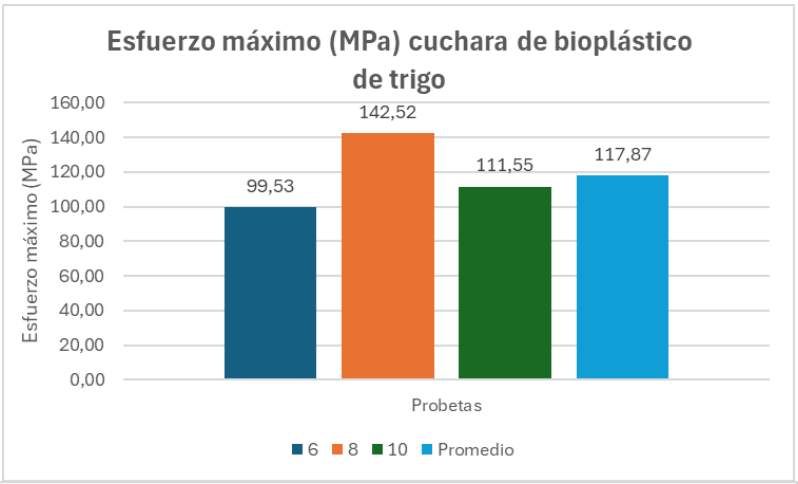


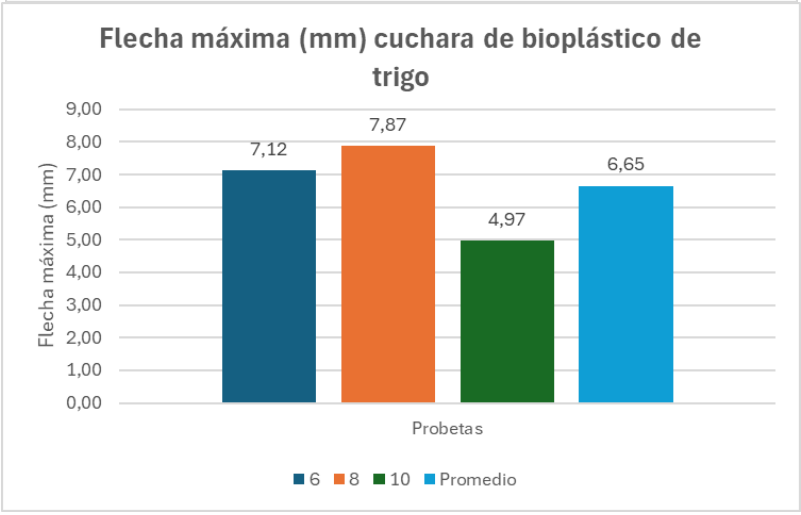



DIAGRAMA CARGA - FLECHA
CARGA [N]
FLECHA (mm)
0
10
20
30
40
50
60
70
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
LENMAV
LABORATORIO
ENSAYO DE MATERIALES


DIAGRAMA CARGA - FLECHA
CARGA [N]
FLECHA (mm)
0
5
10
15
20
25
30
0
0,5
1
1,5
2
2,5
3
3,5
LENMAV
LABORATORIO
ENSAYO DE MATERIALES


DIAGRAMA CARGA - FLECHA
CARGA [N]
FLECHA (mm)
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45
50
0
1
2
3
4
5
6
LENMAV
LABORATORIO
ENSAYO DE MATERIALES





Observaciones

- Las probetas 7 y 9 respecto a las probetas 6, 8 y 10, nos da unos resultados anómalos por la no homogeneidad que presenta el material y fue eliminada. Por consiguiente, sus valores se descartan para el promedio final.
- Se observa para la cuchara de bioplástico de trigo, un valor promedio de esfuerzo máximo de 117.87 MPa y un valor de flecha máxima de 6.65 mm.

Valores promedios	
Esfuerzo Máximo [MPa]	117.87
Carga Máxima [N]	48.23
Flecha máxima [mm]	6.65

TABLA XXXIII

FICHA TÉCNICA ENSAYO DE FLEXIÓN EN TENEDORES BIOPLÁSTICOS DE TRIGO

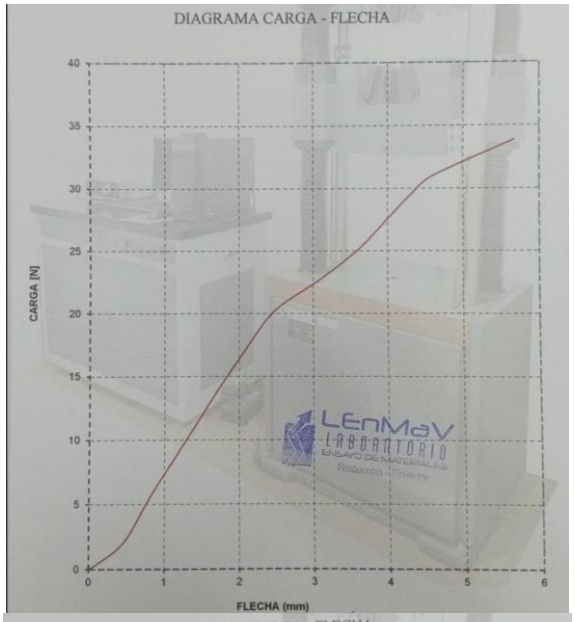
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO **FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA** **CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**					
Informes de resultados					
Ensayos de flexión		**Denominación: RG – 20 - 01**			
					N.º 1
Realizado por:	Araujo Kevin – Reinoso Joel				
Proyecto de tesis:	ANÁLISIS DE PROPIEDADES MECÁNICAS A UTENSILIOS BIODEGRADABLES				
Dirección:	UTA-FAC. ING. CIVIL Y MECÁNICA. CARERA DE MECÁNICA				
Tipo de material:	Bioplástico de trigo				
Material:	Tenedor de bioplástico de trigo				
Fecha de fabricación:	2024-12				
Norma utilizada:	ASTM D7264/D7264M-21				
Fecha de ensayo:	16-diciembre-2024				
Equipo utilizado:	Maquina universal de ensayos-WAW600B				
Marca:	Jinan Liangong Testing Technology CO., Ltd				
Serie:	7136				
Certificado:	LNM-F-2016500064D				
Cód. ident:	M1				
Número de la muestra	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
Designación del material	Te-BT-01	Te-BT-02	Te-BT-03	Te-BT-04	Te-BT-05
Características del material	Tenedor	Tenedor	Tenedor	Tenedor	Tenedor
Espesor $[mm]$	3,12	3,12	3,12	3,12	3,12
Anchura $[mm]$	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00
Sección transversal $[mm^2]$	21,84	21,84	21,84	21,84	21,84
Mod. Aparente de elástica. $[MPa]$	1,0356, E+04	1,445,E+04	1,247,E+04	1,501,E+04	1,244,E+04
Carga máxima $[N]$	33,84	18,44	29,53	20,31	25,70
Esfuerzo máximo $[MPa]$	78,20	42,61	68,23	46,92	59,39
Flecha máxima $[mm]$	5,67	2,71	4,99	2,69	3,88

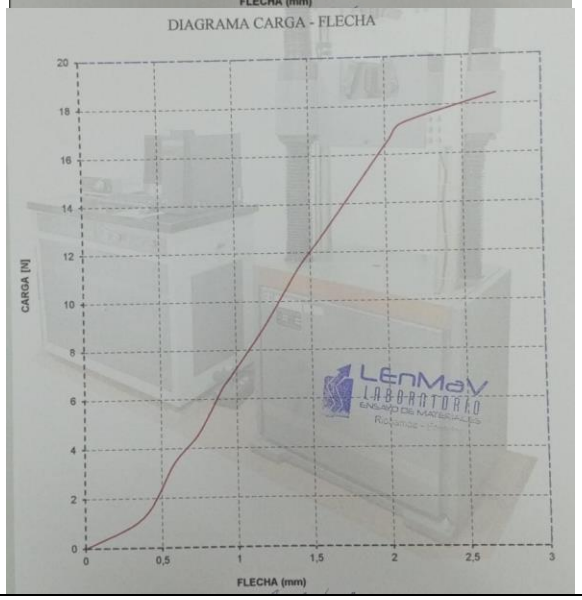
Observaciones:					Longitud entre apoyos=70 mm		
Prob.					**Designación**	**Tipo de material**	**Fecha de ensayo**
1	2	3	4	5	Te-BT-01	Bioplástico de trigo	16/12/2024

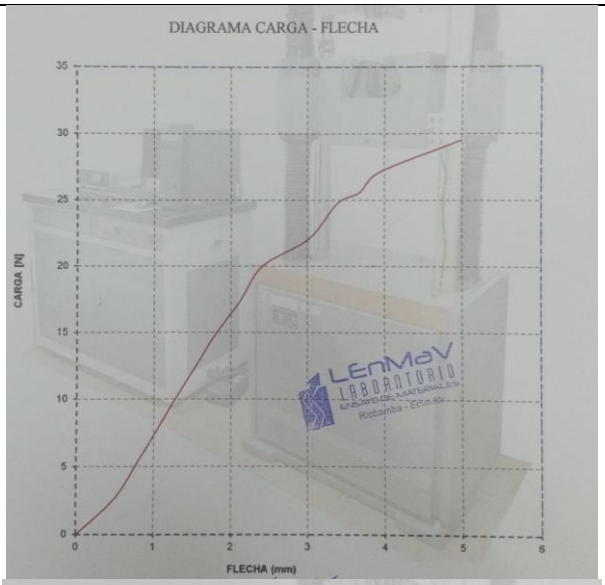
Probetas Ensayadas:

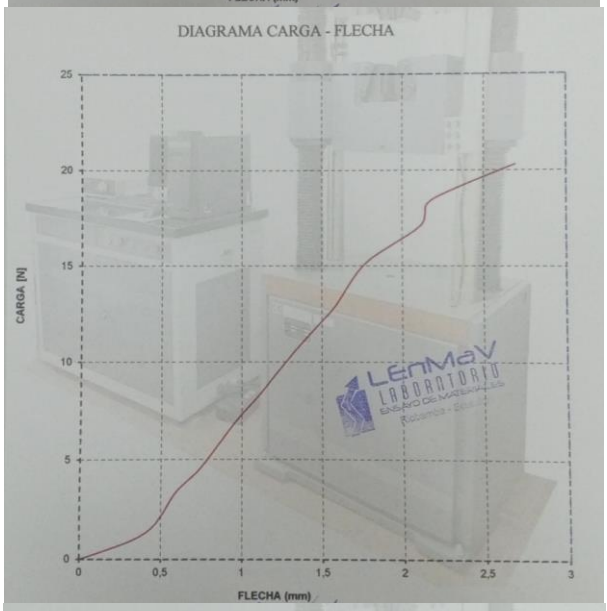


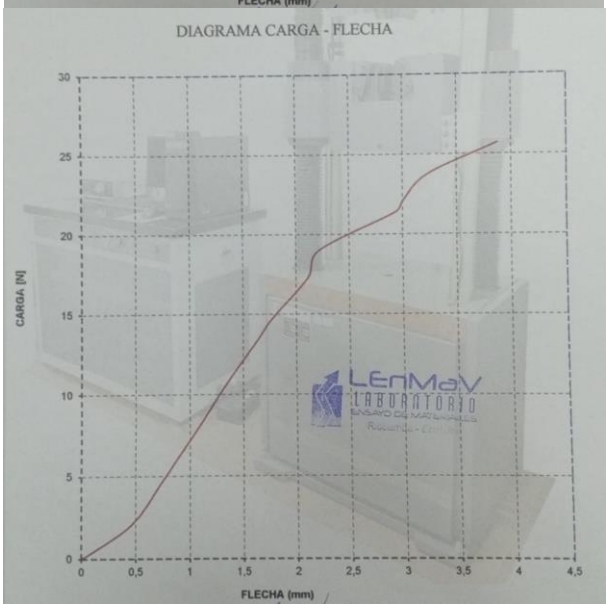
Gráficas:

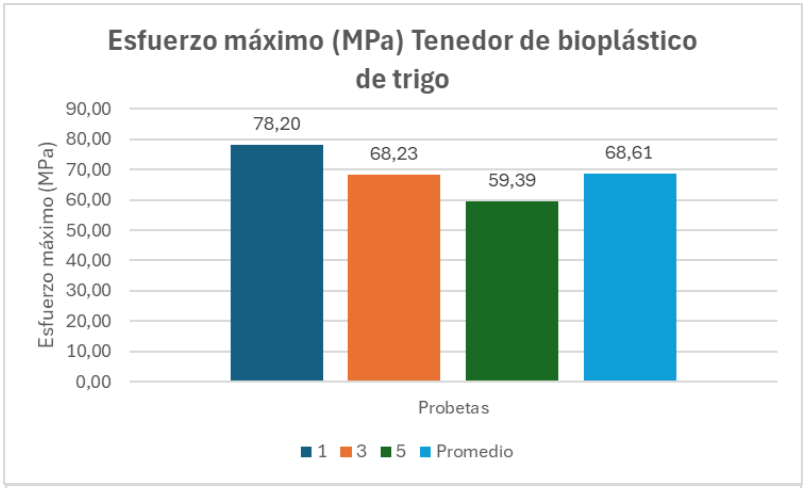


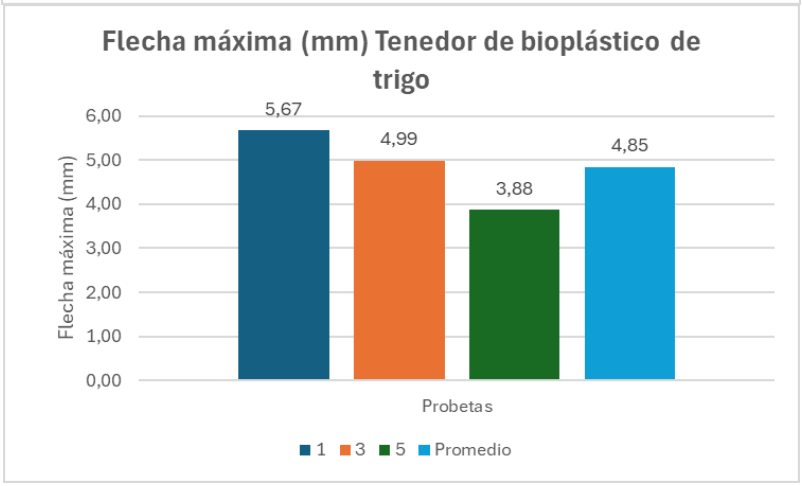



DIAGRAMA CARGA - FLECHA
CARGA [N]
FLECHA (mm)
0
5
10
15
20
25
30
35
0
1
2
3
4
5
6


DIAGRAMA CARGA - FLECHA
CARGA [N]
FLECHA (mm)
0
5
10
15
20
25
0
0,5
1
1,5
2
2,5
3


DIAGRAMA CARGA - FLECHA
CARGA [N]
FLECHA (mm)
0
5
10
15
20
25
30
0
0,5
1
1,5
2
2,5
3
3,5
4
4,5





Observaciones

- Las probetas 2 y 4 respecto a las probetas 1, 3 y 5, nos da unos resultados anómalos por la no homogeneidad que presenta el material y fue eliminada. Por consiguiente, sus valores se descartan para el promedio final.
- Se observa para el tenedor de bioplástico de trigo, un valor promedio de esfuerzo máximo de 68.61 MPa y un valor de flecha máxima de 4.85 mm.

Valores promedios	
Esfuerzo Máximo [MPa]	68.61
Carga Máxima [N]	29.69
Flecha máxima [mm]	4.85

3.2.6 Fichas de los ensayos de tracción de cada material biodegradable y plástico

Se observa desde la Tabla XXXIV hasta la Tabla XLI los ensayos de tracción de las cucharas y tenedores de la marca Ecogreen, de plástico y finalmente de los materiales utilizados en el presente trabajo experimental, el bioplástico de trigo y maíz. Además, se muestran en el ANEXO 2 las fichas de cada material elaboradas en el laboratorio.

TABLA XXXIV

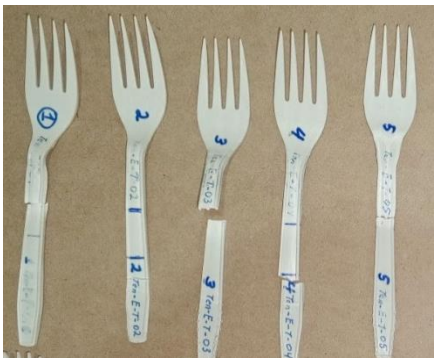
FICHA TÉCNICA ENSAYO DE TRACCIÓN EN TENEDORES BIOPLÁSTICOS DE ALMIDÓN DE MAÍZ

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO **FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA** **CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**					
Informes de resultados					
Ensayos de tracción		**Denominación: RG – 18 - 01**			
					N.º 1
Realizado por:	Araujo Kevin – Reinoso Joel				
Proyecto de tesis:	ANÁLISIS DE PROPIEDADES MECÁNICAS A UTENSILIOS BIODEGRADABLES				
Dirección:	UTA-FAC. ING. CIVIL Y MECÁNICA. CARERA DE MECÁNICA				
Tipo de material:	Bioplástico de almidón de maíz				
Material:	Tenedor de bioplástico de almidón de maíz				
Fecha de fabricación:	2024-10				
Norma utilizada:	ASTM D3039/D3039M-17				
Fecha de ensayo:	15-octubre-2024				
Equipo utilizado:	Maquina universal de ensayos-WAW600B				
Marca:	Jinan Liangong Testing Technology CO., Ltd				
Serie:	7136				
Certificado:	LNM-F-2016500064D				
Cód. ident:	M2				
Número de la muestra	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
Designación del material	Te-E-01	Te-E-02	Te-E-03	Te-E-04	Te-E-05
Características del material	Tenedor	Tenedor	Tenedor	Tenedor	Tenedor

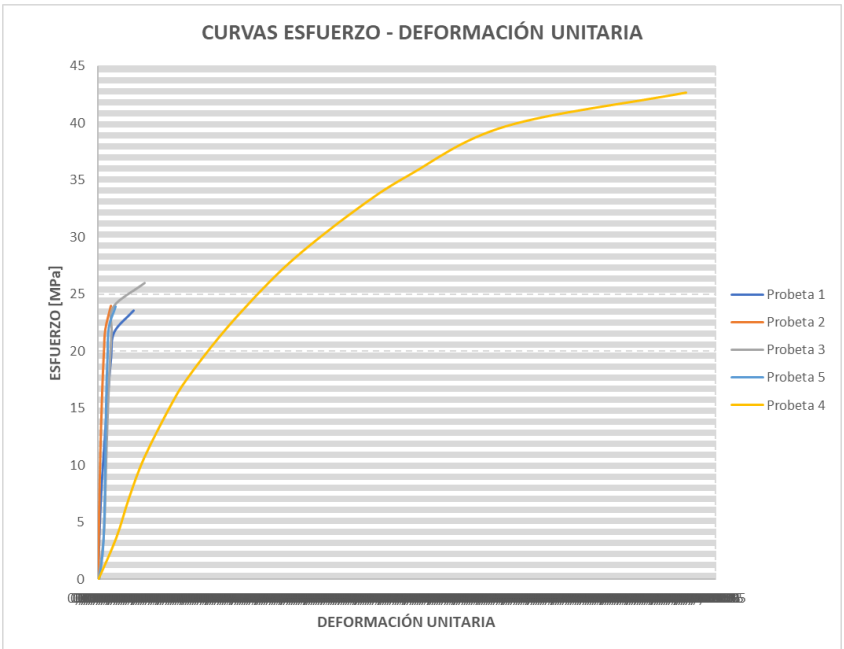
Espesor $[mm]$	1,93	1,93	1,93	1,93	1,93
Anchura $[mm]$	9,43	9,43	9,43	9,43	9,43
Longitud inicial $[mm]$	25	25	25	25	25
Sección transversal $[mm^2]$	18,20	18,20	18,20	18,20	18,20
Modulo elasticidad. $[MPa]$	1,300,E +02	3,370,E+ 02	1,077,E +02	1,519,E +02	1,349,E +02
Carga de fluencia $[kN]$	0,40	0,40	0,44	0,39	0,42
Esfuerzo de fluencia $[MPa]$	21,80	21,90	24,00	21,30	23,20
Carga máxima $[kN]$	0,43	0,44	0,47	0,42	0,47
Esfuerzo máximo $[MPa]$	23,58	23,96	25,94	23,00	26,08
Porcentaje de Elongación [%]	4,40	2,40	3,60	2,40	1,60
Observaciones:					

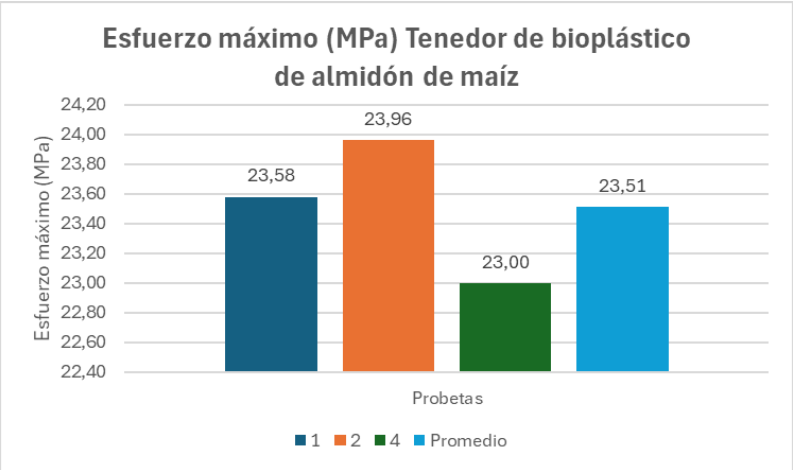
Prob.					**Designación**	**Tipo de material**	**Fecha de ensayo**
1	2	3	4	5	Te-E-01	Bioplástico de maíz	15/10/2024

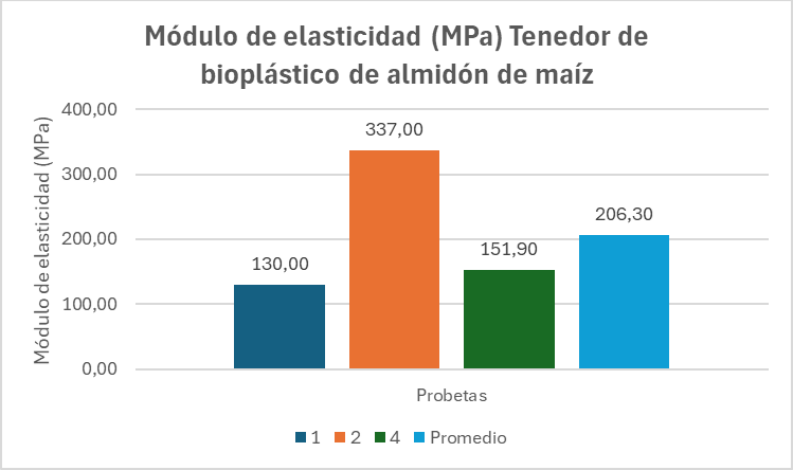
Probetas Ensayadas:



Gráficas:







Observaciones

- Las probetas 3 y 5 respecto a las probetas 1, 2 y 4, nos da unos resultados anómalos y fue eliminada. Por consiguiente, sus valores se descartan para el promedio final.
- Se observa para el tenedor de bioplástico de almidón de maíz, un valor promedio de módulo de elasticidad de 206.30 MPa y un valor de esfuerzo máximo de 23.51 MPa.

Valores promedios	
Esfuerzo Máximo [MPa]	23.51
Carga Máxima [kN]	0.43
% Elongación	3.07
Módulo de elasticidad [MPa]	206.30

TABLA XXXV

FICHA TÉCNICA ENSAYO DE TRACCIÓN EN CUCHARAS BIOPLÁSTICOS DE ALMIDÓN DE MAÍZ

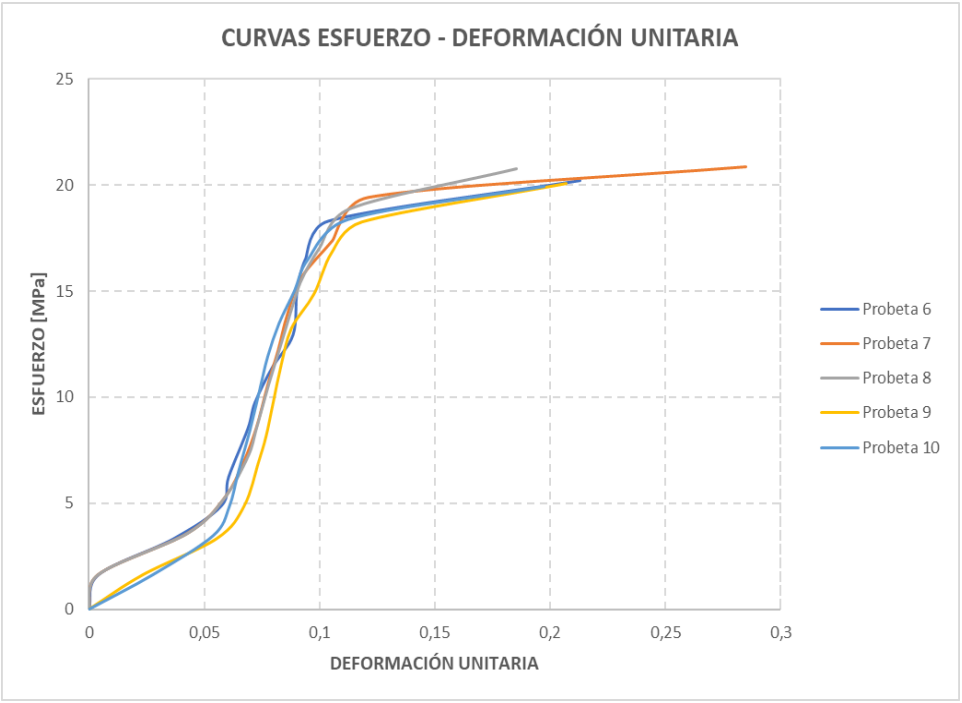
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO **FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA** **CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**					
Informes de resultados					
Ensayos de tracción	**Denominación: RG – 18 - 01**				
					N.º 2
Realizado por:	Araujo Kevin – Reinoso Joel				
Proyecto de tesis:	ANÁLISIS DE PROPIEDADES MECÁNICAS A UTENSILIOS BIODEGRADABLES				
Dirección:	UTA-FAC. ING. CIVIL Y MECÁNICA. CARERA DE MECÁNICA				
Tipo de material:	Bioplástico de almidón de maíz				
Material:	Cuchara de bioplástico de almidón de maíz				
Fecha de fabricación:	2024-10				
Norma utilizada:	ASTM D3039/D3039M-17				
Fecha de ensayo:	15-octubre-2024				
Equipo utilizado:	Maquina universal de ensayos-WAW600B				
Marca:	Jinan Liangong Testing Technology CO., Ltd				
Serie:	7136				
Certificado:	LNM-F-2016500064D				
Cód. ident:	M2				
Número de la muestra	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
Designación del material	Cu-E-01	Cu-E-02	Cu-E-03	Cu-E-04	Cu-E-05
Características del material	Cuchara	Cuchara	Cuchara	Cuchara	Cuchara
Espesor $[mm]$	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
Anchura $[mm]$	24,00	24,00	24,00	24,00	24,00
Longitud inicial $[mm]$	25	25	25	25	25
Sección transversal $[mm^2]$	31,20	31,20	31,20	31,20	31,20
Modulo elasticidad. $[MPa]$	1,446,E+02	1,454,E+02	1,447,E+02	1,323,E+02	1,475,E+02

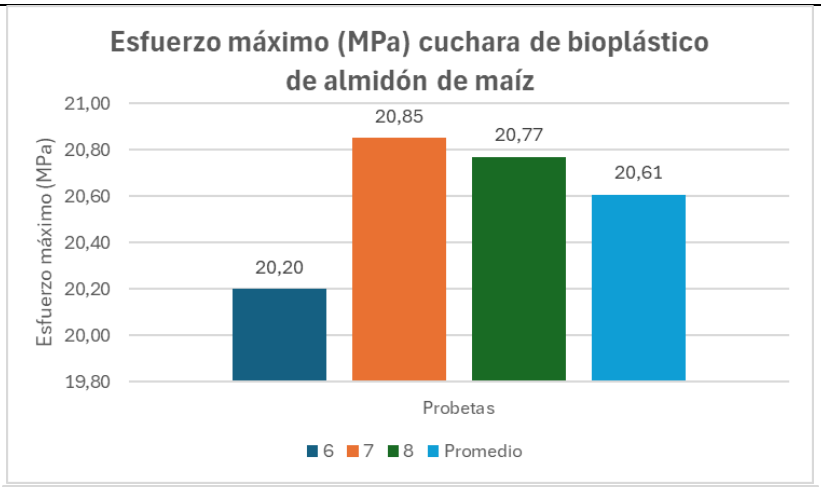
Carga de fluencia $[kN]$				0,58	0,60	0,57	0,57	0,56
Esfuerzo de fluencia $[MPa]$				18,50	19,20	18,40	18,20	18,00
Carga máxima $[kN]$				0,63	0,65	0,65	0,63	0,62
Esfuerzo máximo $[MPa]$				20,20	20,85	20,77	20,08	19,92
Porcentaje de Elongación [%]				2,00	8,00	6,00	2,40	8,00
Prob.					**Designación**	**Tipo de material**	**Fecha de ensayo**	
6	7	8	9	10	Cu-E-01	Bioplástico de maíz	15/10/2024	

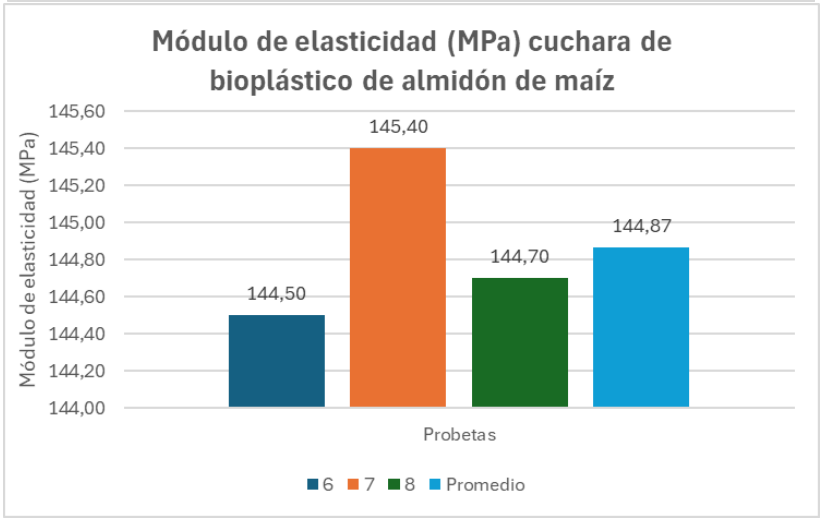
Probetas Ensayadas:



Gráficas:







Observaciones

- Las probetas 9 y 10 respecto a las probetas 6, 7 y 8, nos da unos resultados anómalos y fue eliminada. Por consiguiente, sus valores se descartan para el promedio final.
- Se observa para la cuchara de bioplástico de almidón de maíz, un valor promedio de módulo de elasticidad de 144.87 MPa y un valor de esfuerzo máximo de 20.61 MPa.

Valores promedios	
Esfuerzo Máximo [MPa]	20.61
Carga Máxima [kN]	0.64
% Elongación	5.33
Módulo de elasticidad [MPa]	144.87

TABLA XXXVI

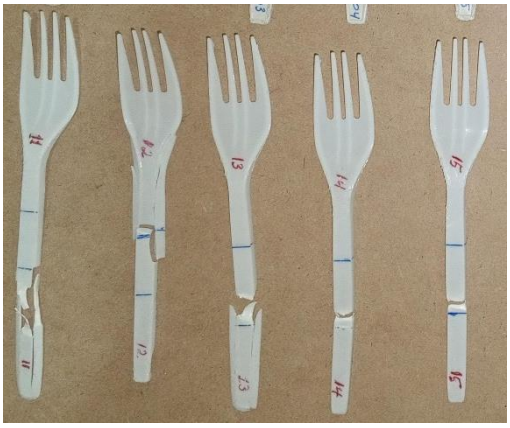
FICHA TÉCNICA ENSAYO DE TRACCIÓN EN TENEDORES PLÁSTICOS

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO **FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA** **CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**					
Informes de resultados					
Ensayos de tracción	**Denominación: RG – 18 - 01**				
					N.º 3
Realizado por:	Araujo Kevin – Reinoso Joel				
Proyecto de tesis:	ANÁLISIS DE PROPIEDADES MECÁNICAS A UTENSILIOS BIODEGRADABLES				
Dirección:	UTA-FAC. ING. CIVIL Y MECÁNICA. CARERA DE MECÁNICA				
Tipo de material:	Plástico común				
Material:	Tenedor de Polipropileno OXP 40				
Fecha de fabricación:	2024-10				
Norma utilizada:	ASTM D3039/D3039M-17				
Fecha de ensayo:	15-octubre-2024				
Equipo utilizado:	Maquina universal de ensayos-WAW600B				
Marca:	Jinan Liangong Testing Technology CO., Ltd				
Serie:	7136				
Certificado:	LNM-F-2016500064D				
Cód. ident:	M2				
Número de la muestra	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**
Designación del material	Ten-OXP-01	Ten-OXP-02	Ten-OXP-03	Ten-OXP-04	Ten-OXP-05
Características del material	Tenedor	Tenedor	Tenedor	Tenedor	Tenedor
Espesor $[mm]$	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88
Anchura $[mm]$	16,58	16,58	16,58	16,58	16,58
Longitud inicial $[mm]$	25	25	25	25	25
Sección transversal $[mm^2]$	14,59	14,59	14,59	14,59	14,59
Modulo elasticidad. $[MPa]$	3,426,E+02	2,554,E+02	2,807,E+02	5,559,E+02	3,940,E+02
Carga de fluencia $[kN]$	0,26	0,29	0,22	0,27	0,35

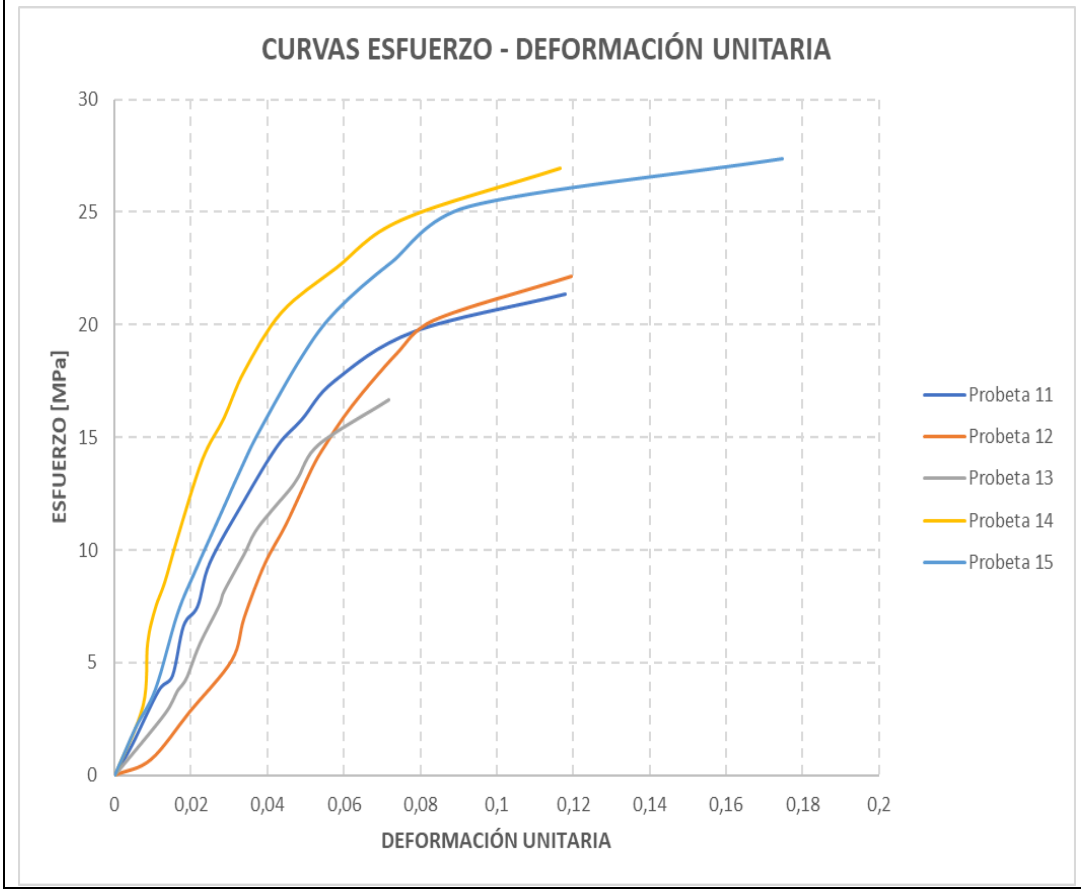
Esfuerzo de fluencia $[MPa]$	17,80	20,00	15,00	18,20	24,20
Carga máxima $[kN]$	0,31	0,32	0,24	0,39	0,40
Esfuerzo máximo $[MPa]$	21,34	22,13	16,67	26,93	27,39
Porcentaje de Elongación [%]	4,80	2,40	7,20	15,60	14,40

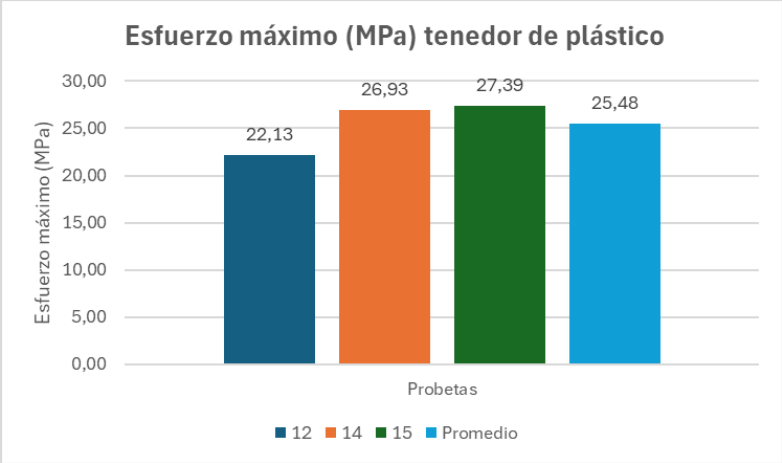
Prob.					**Designación**	**Tipo de material**	**Fecha de ensayo**
11	12	13	14	15	Ten-OXP-01	Plástico común	15/10/2024

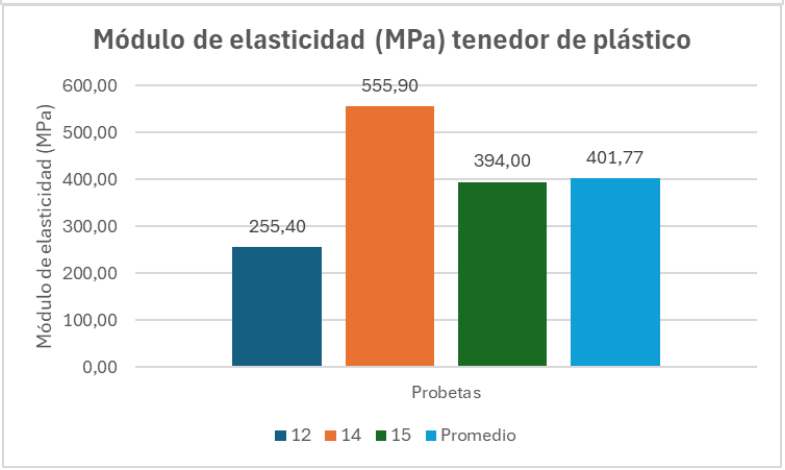
Probetas Ensayadas:



Gráficas:







Observaciones

- Las probetas 11 y 13 respecto a las probetas 12, 14 y 15, nos da unos resultados anómalos y fue eliminada. Por consiguiente, sus valores se descartan para el promedio final.
- Se observa para el tenedor de plástico, un valor promedio de módulo de elasticidad de 401.77 MPa y un valor de esfuerzo máximo de 25.48 MPa.

Valores promedios	
Esfuerzo Máximo [MPa]	25.48
Carga Máxima [kN]	0.37
% Elongación	10.80
Módulo de elasticidad [MPa]	401.77

TABLA XXXVII

FICHA TÉCNICA ENSAYO DE TRACCIÓN EN CUCHARAS PLÁSTICAS

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO **FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA** **CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**					
Informes de resultados					
Ensayos de tracción		**Denominación: RG – 18 - 01**			
					N.º 4
Realizado por:	Araujo Kevin – Reinoso Joel				
Proyecto de tesis:	ANÁLISIS DE PROPIEDADES MECÁNICAS A UTENSILIOS BIODEGRADABLES				
Dirección:	UTA-FAC. ING. CIVIL Y MECÁNICA. CARERA DE MECÁNICA				
Tipo de material:	Plástico común				
Material:	Cuchara de Polipropileno OXP 40				
Fecha de fabricación:	2024-10				
Norma utilizada:	ASTM D3039/D3039M-17				
Fecha de ensayo:	15-octubre-2024				
Equipo utilizado:	Maquina universal de ensayos-WAW600B				
Marca:	Jinan Liangong Testing Technology CO., Ltd				
Serie:	7136				
Certificado:	LNM-F-2016500064D				
Cód. ident:	M2				
Número de la muestra	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**
Designación del material	Cu-OXP-01	Cu-OXP-02	Cu-OXP-03	Cu-OXP-04	Cu-OXP-05
Características del material	Cuchara	Cuchara	Cuchara	Cuchara	Cuchara
Espesor $[mm]$	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92
Anchura $[mm]$	16,11	16,11	16,11	16,11	16,11
Longitud inicial $[mm]$	25	25	25	25	25
Sección transversal $[mm^2]$	14,82	14,82	14,82	14,82	14,82
Modulo elasticidad. $[MPa]$	2,439,E+02	1,912,E+02	5,233,E+02	2,781,E+02	2,032,E+02
Carga de fluencia $[kN]$	0,21	0,28	0,30	0,23	0,27

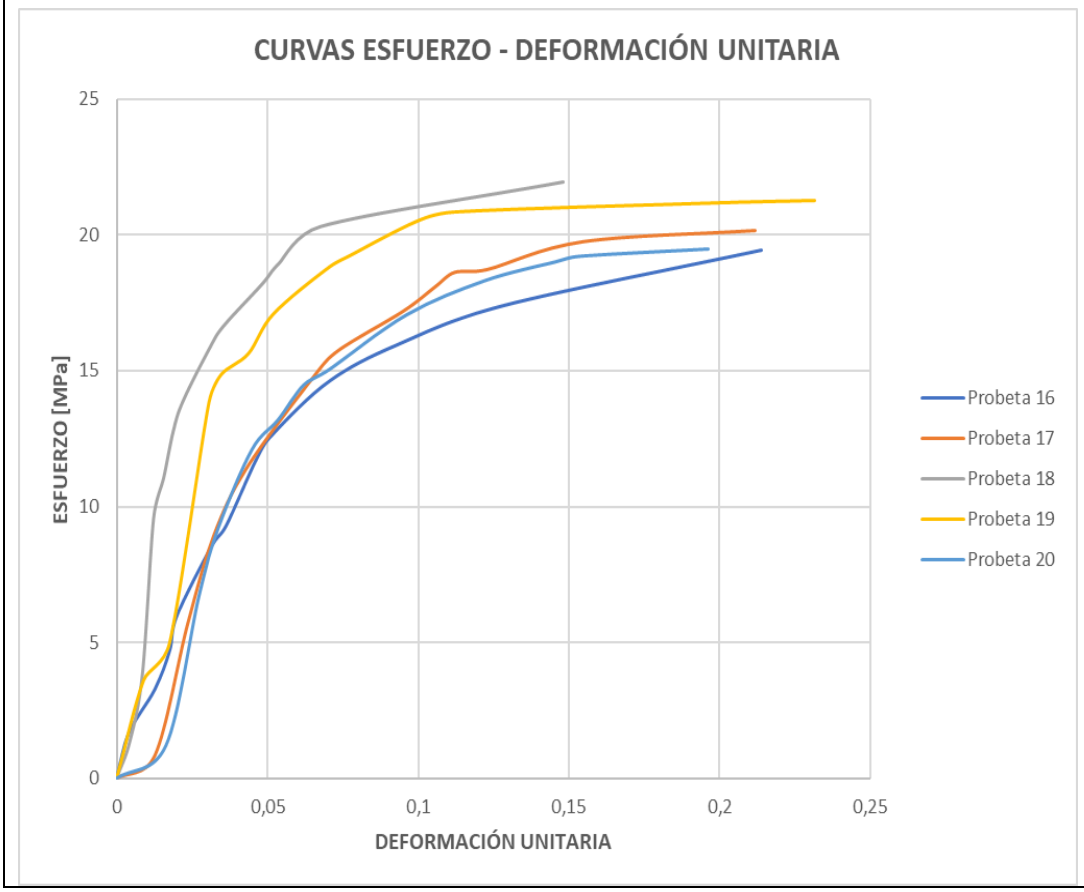
Esfuerzo de fluencia $[MPa]$	14,20	18,60	20,10	15,20	18,00
Carga máxima $[kN]$	0,29	0,30	0,33	0,32	0,29
Esfuerzo máximo $[MPa]$	19,43	20,15	21,94	21,26	19,47
Porcentaje de Elongación [%]	66,00	118,00	95,60	30,80	50,40
Observaciones:					

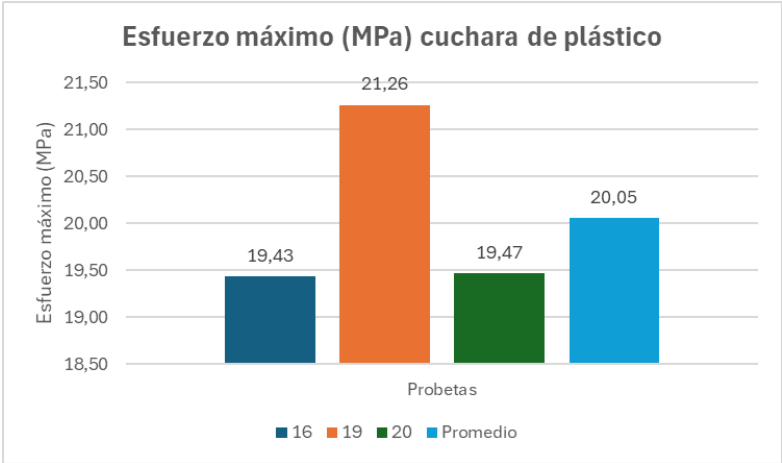
Prob.					**Designación**	**Tipo de material**	**Fecha de ensayo**
16	17	18	19	20	Cu-OXP-01	Plástico común	15/10/2024

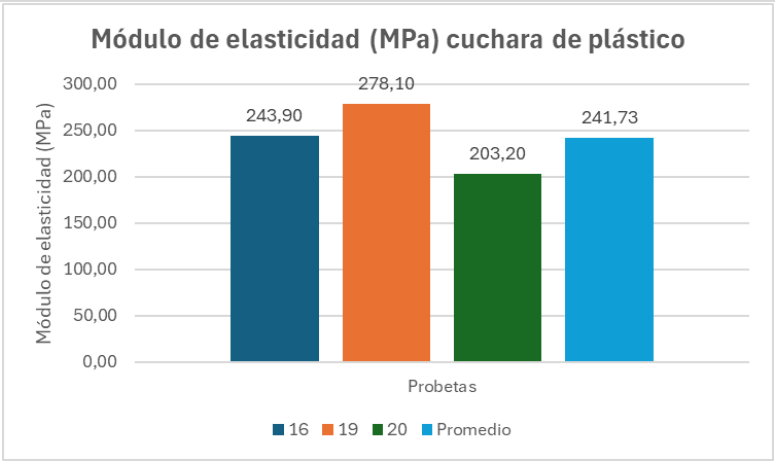
Probetas Ensayadas:



Gráficas:







Observaciones

- Las probetas 17 y 18 respecto a las probetas 16, 19 y 20, nos da unos resultados anómalos y fue eliminada. Por consiguiente, sus valores se descartan para el promedio final.
- Se observa para la cuchara de plástico, un valor promedio de módulo de elasticidad de 241.73 MPa y un valor de esfuerzo máximo de 20.05 MPa.

Valores promedios	
Esfuerzo Máximo [MPa]	20.05
Carga Máxima [kN]	0.30
% Elongación	49.07
Módulo de elasticidad [MPa]	241.73

TABLA XXXVIII

FICHA TÉCNICA ENSAYO DE TRACCIÓN EN CUCHARA BIOPLÁSTICOS DE MAÍZ

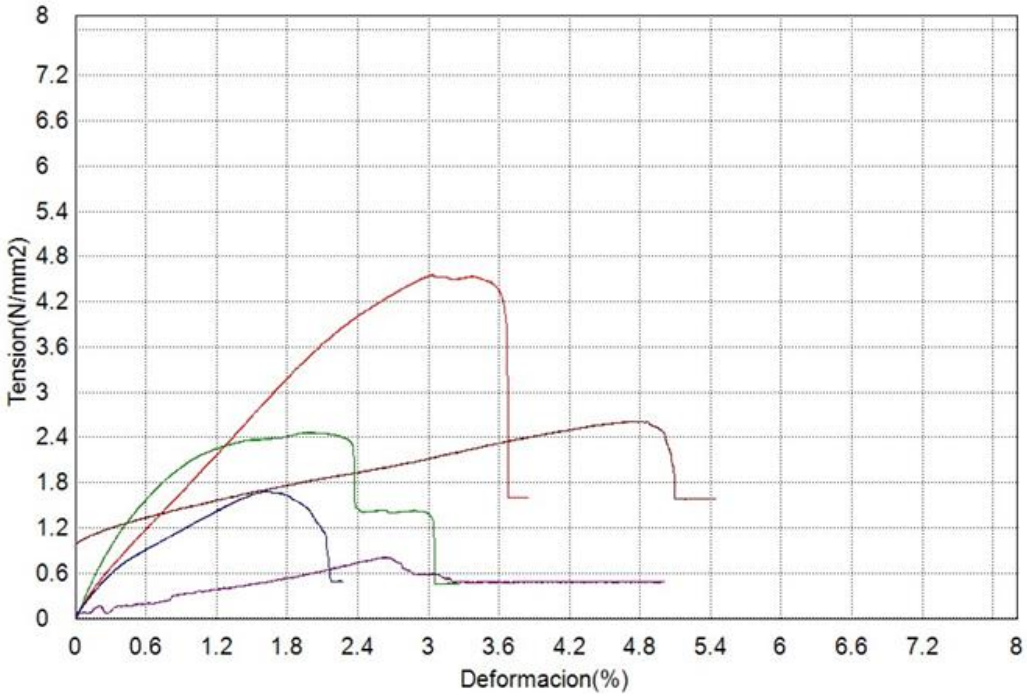
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO **FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA** **CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**					
Informes de resultados					
Ensayos de tracción		**Denominación: RG – 18 - 01**			
					N.º 1
Realizado por:	Araujo Kevin – Reinoso Joel				
Proyecto de tesis:	ANÁLISIS DE PROPIEDADES MECÁNICAS A UTENSILIOS BIODEGRADABLES				
Dirección:	UTA-FAC. ING. CIVIL Y MECÁNICA. CARERA DE MECÁNICA				
Tipo de material:	Bioplástico de maíz				
Material:	Cuchara de bioplástico de maíz				
Fecha de fabricación:	2024-12				
Norma utilizada:	ASTM D3039/D3039M-17				
Fecha de ensayo:	11-diciembre-2024				
Equipo utilizado:	Maquina universal de ensayos-WAW600B				
Marca:	Jinan Liangong Testing Technology CO., Ltd				
Serie:	7136				
Certificado:	LNM-F-2016500064D				
Cód. ident:	M2				
Número de la muestra	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
Designación del material	Cu-BPM-01	Cu- BPM -02	Cu-BPM - 03	Cu-BPM - 04	Cu-BPM - 05
Características del material	Cuchara	Cuchara	Cuchara	Cuchara	Cuchara
Espesor $[mm]$	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8
Anchura $[mm]$	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5
Longitud inicial $[mm]$	57	57	57	57	57
Sección transversal $[mm^2]$	36,1	36,1	36,1	36,1	36,1
Modulo elasticidad. $[MPa]$	2,3481, E+02	9,767,E+ 01	8,605,E +01	3,4144, E+02	2,6692, E+02

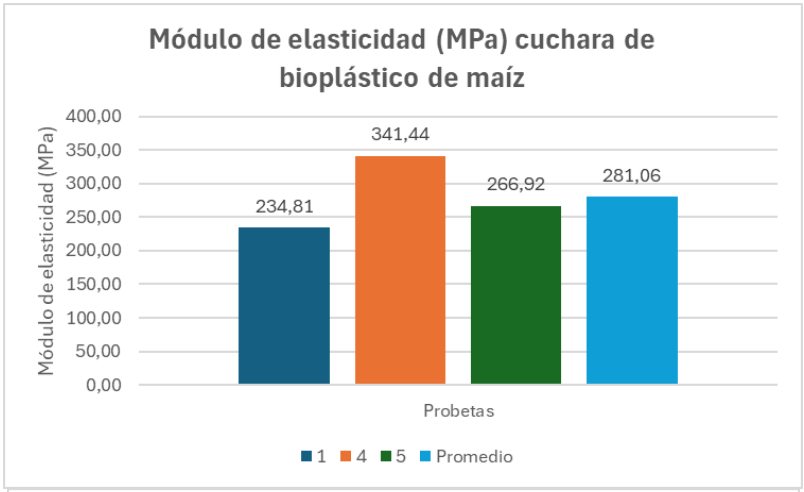
Carga máxima $[kN]$					0,16	0,094	0,029	0,089	0,61
Esfuerzo máximo $[MPa]$					4,55	2,60	0,81	2,46	1,68
Porcentaje de Elongación [%]					3,03	4,77	2,64	2,01	1,63
Observaciones:									
Prob.					**Designación**	**Tipo de material**	**Fecha de ensayo**		
1	2	3	4	5	Cu-BPM-01	Bioplástico de maíz	11/12/2024		

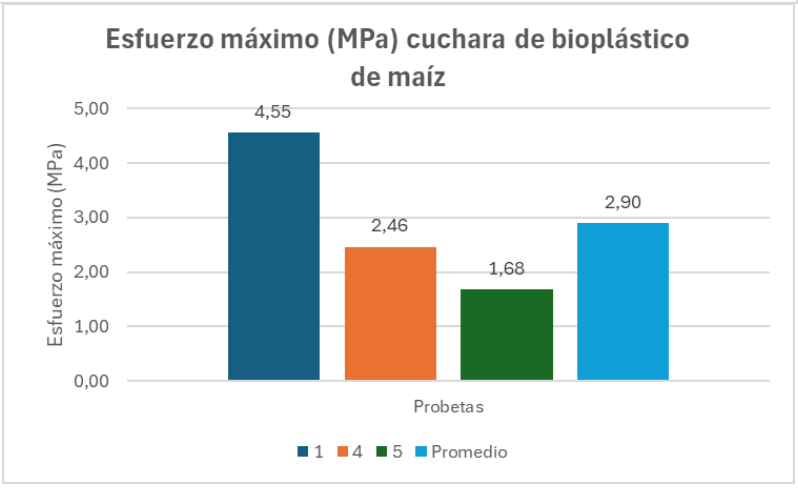
Probetas Ensayadas:



Gráficas:







Observaciones

- Las probetas 2 y 3 respecto a las probetas 1, 4 y 5, nos da unos resultados anómalos y fue eliminada. Por consiguiente, sus valores se descartan para el promedio final.
- Se observa para la cuchara de bioplástico de maíz, un valor promedio de módulo de elasticidad de 281.06 MPa y un valor de esfuerzo máximo de 2.90 MPa.

Valores promedios	
Esfuerzo Máximo [MPa]	2.90
Carga Máxima [kN]	0.29
% Elongación	2.22
Módulo de elasticidad [MPa]	281.06

TABLA XXXIX

FICHA TÉCNICA ENSAYO DE TRACCIÓN EN TENEDORES BIOPLÁSTICOS DE MAÍZ

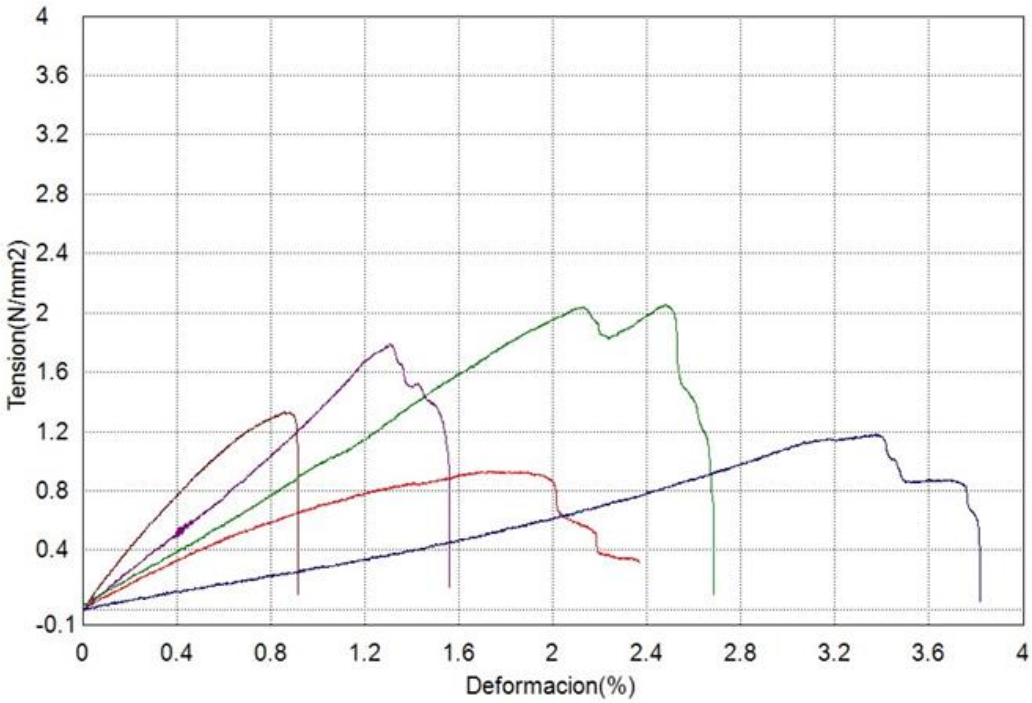
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO **FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA** **CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**					
Informes de resultados					
Ensayos de tracción	**Denominación: RG – 18 - 01**				
					N.º 2
Realizado por:	Araujo Kevin – Reinoso Joel				
Proyecto de tesis:	ANÁLISIS DE PROPIEDADES MECÁNICAS A UTENSILIOS BIODEGRADABLES				
Dirección:	UTA-FAC. ING. CIVIL Y MECÁNICA. CARERA DE MECÁNICA				
Tipo de material:	Bioplástico de maíz				
Material:	Tenedor de bioplástico de maíz				
Fecha de fabricación:	2024-12				
Norma utilizada:	ASTM D3039/D3039M-17				
Fecha de ensayo:	11-diciembre-2024				
Equipo utilizado:	Maquina universal de ensayos-WAW600B				
Marca:	Jinan Liangong Testing Technology CO., Ltd				
Serie:	7136				
Certificado:	LNM-F-2016500064D				
Cód. ident:	M2				
Número de la muestra	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
Designación del material	Te-BPM-06	Te - BPM -07	Te - BPM - 08	Te - BPM - 09	Te - BPM - 10
Características del material	Tenedor	Tenedor	Tenedor	Tenedor	Tenedor
Espesor $[mm]$	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
Anchura $[mm]$	8,7	8,7	8,7	8,7	8,7
Longitud inicial $[mm]$	105	105	105	105	105
Sección transversal $[mm^2]$	30.45	30.45	30.45	30.45	30.45
Modulo elasticidad. $[MPa]$	9,192,E +01	2,5378,E +02	1,6869, E+02	1,1422, E+02	5,345,E +01

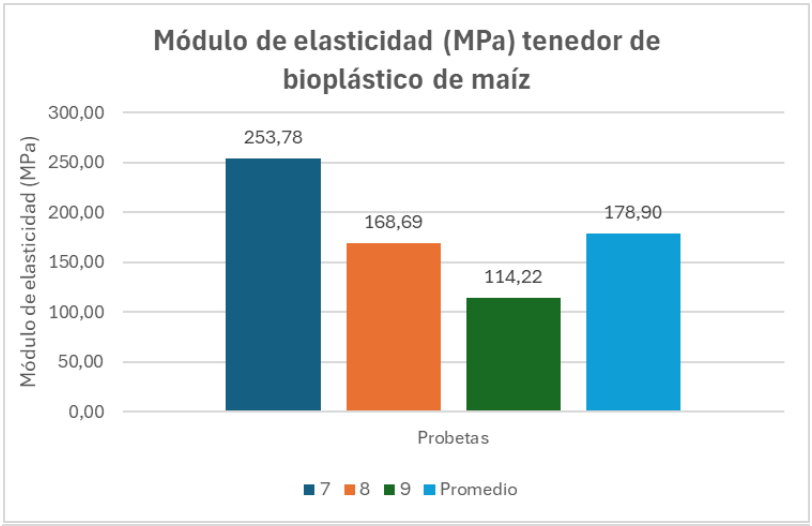
Carga máxima $[kN]$					0,028	0,041	0,054	0,063	0,036
Esfuerzo máximo $[MPa]$					0,94	1,33	1,79	2,06	1,18
Porcentaje de Elongación [%]					1,72	0,85	1,31	2,48	3,37
Observaciones:									
Prob.					**Designación**	**Tipo de material**	**Fecha de ensayo**		
6	7	8	9	10	Te-BPM-01	Bioplástico de maíz	11/12/2024		

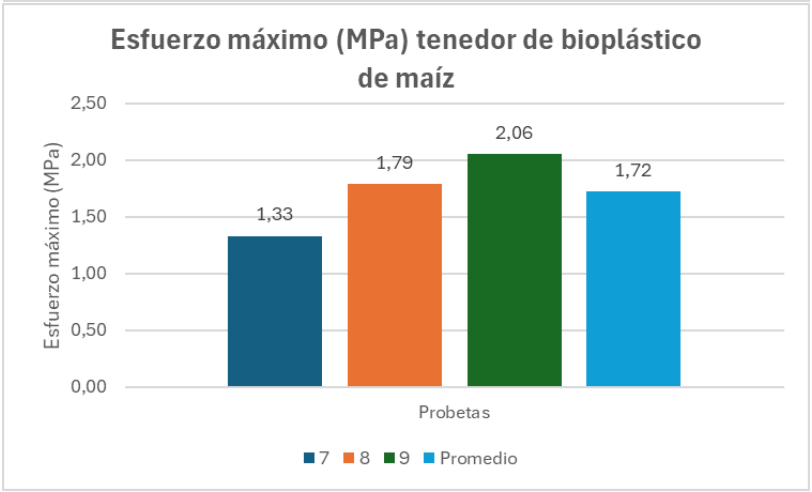
Probetas Ensayadas:



Gráficas:







Observaciones

- Las probetas 6 y 10 respecto a las probetas 7, 8 y 9, nos da unos resultados anómalos y fue eliminada. Por consiguiente, sus valores se descartan para el promedio final.
- Se observa para el tenedor de bioplástico de maíz, un valor promedio de módulo de elasticidad de 178.90 MPa y un valor de esfuerzo máximo de 1.72 MPa.

Valores promedios	
Esfuerzo Máximo [MPa]	1.72
Carga Máxima [kN]	0.05
% Elongación	1.55
Módulo de elasticidad [MPa]	178.90

TABLA XL

FICHA TÉCNICA ENSAYO DE TRACCIÓN EN CUCHARAS BIOPLÁSTICOS DE TRIGO

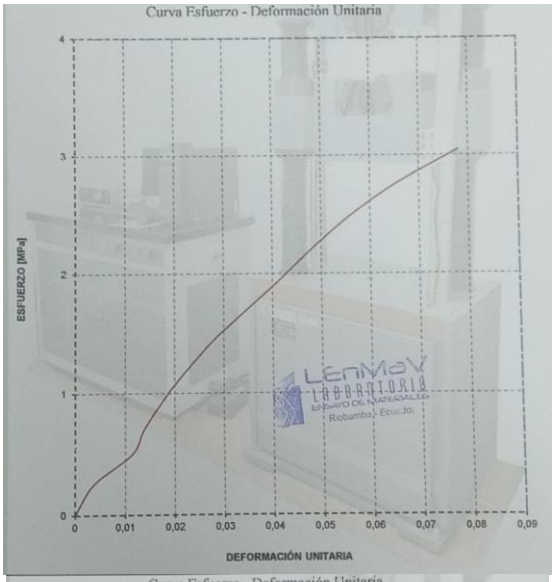
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO **FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA** **CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**					
Informes de resultados					
Ensayos de tracción	**Denominación: RG – 18 - 01**				
					N.º 2
Realizado por:	Araujo Kevin – Reinoso Joel				
Proyecto de tesis:	ANÁLISIS DE PROPIEDADES MECÁNICAS A UTENSILIOS BIODEGRADABLES				
Dirección:	UTA-FAC. ING. CIVIL Y MECÁNICA. CARERA DE MECÁNICA				
Tipo de material:	Bioplástico de trigo				
Material:	Cuchara de bioplástico de trigo				
Fecha de fabricación:	2024-12				
Norma utilizada:	ASTM D3039/D3039M-17				
Fecha de ensayo:	16-diciembre-2024				
Equipo utilizado:	Maquina universal de ensayos-WAW600B				
Marca:	Jinan Liangong Testing Technology CO., Ltd				
Serie:	7136				
Certificado:	LNM-F-2016500064D				
Cód. ident:	M2				
Número de la muestra	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
Designación del material	Cu-BT-06	Cu - BT - 07	Cu - BT -08	Cu - BT-09	Cu - BT -10
Características del material	Cuchara	Cuchara	Cuchara	Cuchara	Cuchara
Espesor $[mm]$	3,12	3,12	3,12	3,12	3,12
Anchura $[mm]$	6,60	6,60	6,60	6,60	6,60
Longitud inicial $[mm]$	25	25	25	25	25
Sección transversal $[mm^2]$	20,59	20,59	20,59	20,59	20,59
Modulo elasticidad. $[MPa]$	4,890,E+01	7,376,E+01	1,091,E+01	9,602,E+01	9,733,E+01
Carga máxima $[kN]$	0,06	0,23	0,18	0,20	0,19

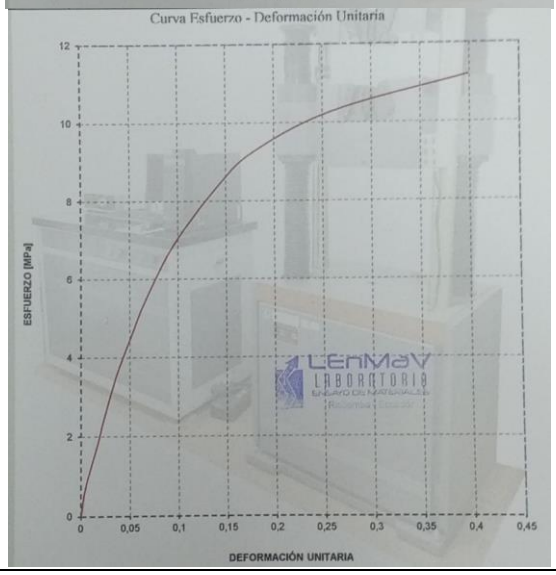
Esfuerzo máximo $[MPa]$					3,05	11,20	8,72	9,70	9,27
Porcentaje de Elongación [%]					0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Observaciones:									
Prob.					**Designación**	**Tipo de material**		**Fecha de ensayo**	
6	7	8	9	10	Cu-BT-06	Bioplástico de maíz		16/12/2024	

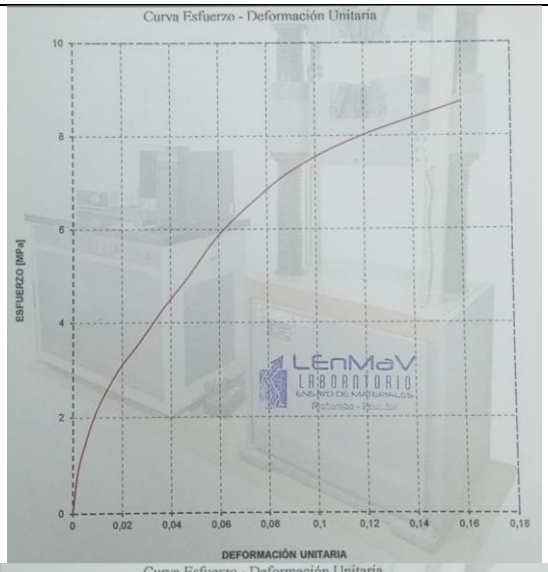
Probetas Ensayadas:

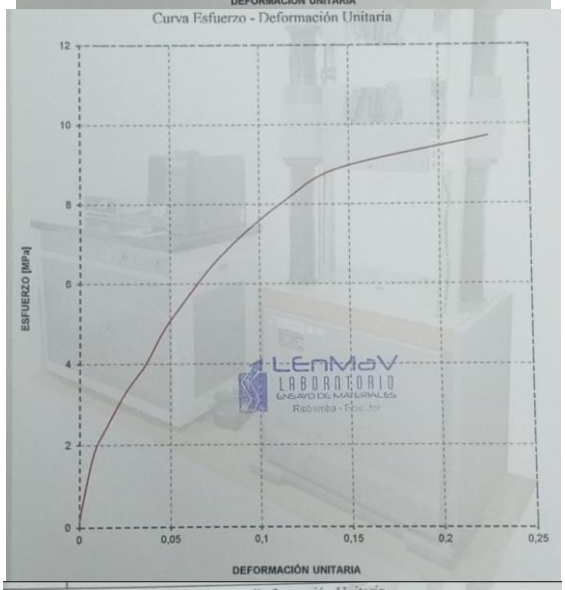


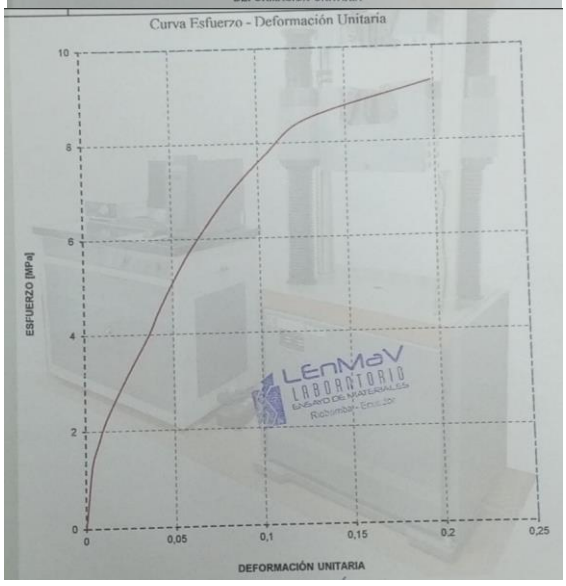
Gráficas:

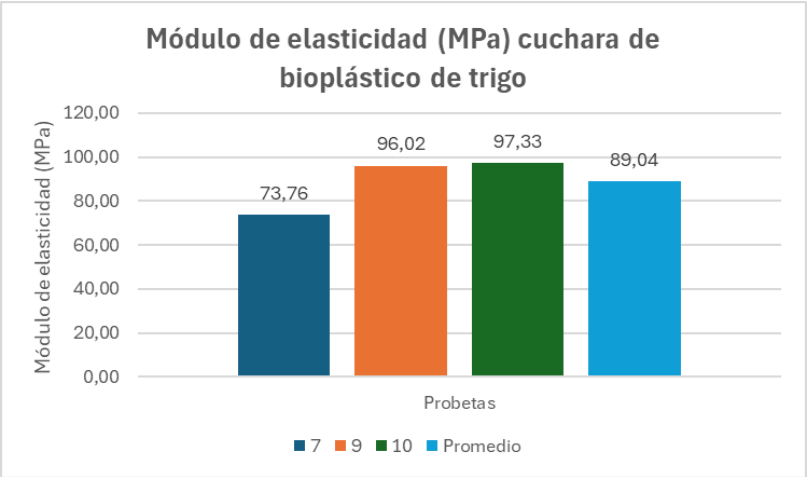


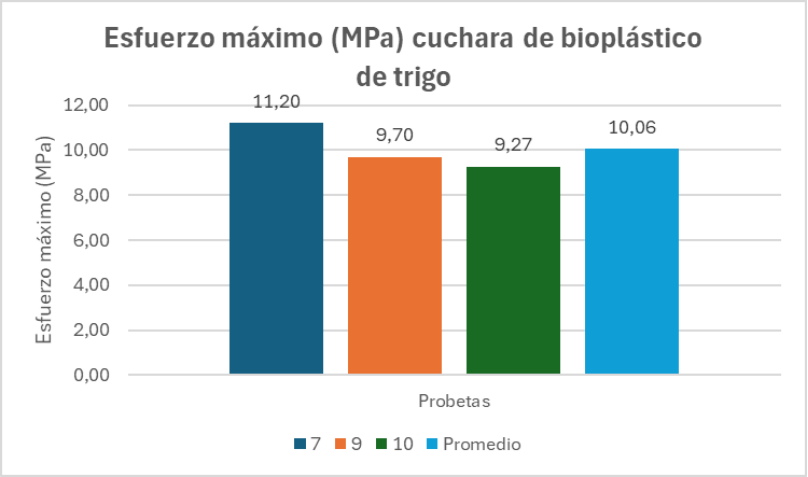



Curva Esfuerzo - Deformación Unitaria
ESFUERZO [MPa]
DEFORMACIÓN UNITARIA
0
2
4
6
8
10
0
0,02
0,04
0,06
0,08
0,1
0,12
0,14
0,16
0,18
LENMAV
LABORATORIO
ENSAYO DE MATERIALES


Curva Esfuerzo - Deformación Unitaria
ESFUERZO [MPa]
DEFORMACIÓN UNITARIA
0
2
4
6
8
10
12
0
0,05
0,1
0,15
0,2
0,25
LENMAV
LABORATORIO
ENSAYO DE MATERIALES


Curva Esfuerzo - Deformación Unitaria
ESFUERZO [MPa]
DEFORMACIÓN UNITARIA
0
2
4
6
8
10
0
0,05
0,1
0,15
0,2
0,25
LENMAV
LABORATORIO
ENSAYO DE MATERIALES





Observaciones

- Las probetas 6 y 8 respecto a las probetas 7, 9 y 10, nos da unos resultados anómalos por la no homogeneidad que presenta el material y fue eliminada. Por consiguiente, sus valores se descartan para el promedio final.
- Se observa para la cuchara de bioplástico de trigo, un valor promedio de módulo de elasticidad de 89.04 MPa y un valor de esfuerzo máximo de 10.06 MPa.

Valores promedios	
Esfuerzo Máximo [MPa]	10.06
Carga Máxima [N]	210
% Elongación	0.00
Módulo de elasticidad [MPa]	89.04

TABLA XLI.

FICHA TÉCNICA ENSAYO DE TRACCIÓN EN TENEDORES BIOPLÁSTICOS DE TRIGO

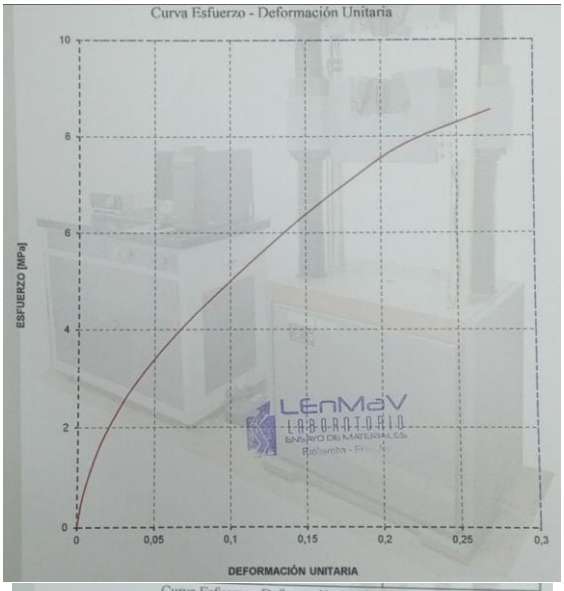
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO **FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA** **CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**					
Informes de resultados					
Ensayos de tracción		**Denominación: RG – 18 - 01**			
					N.º 2
Realizado por:	Araujo Kevin – Reinoso Joel				
Proyecto de tesis:	ANÁLISIS DE PROPIEDADES MECÁNICAS A UTENSILIOS BIODEGRADABLES				
Dirección:	UTA-FAC. ING. CIVIL Y MECÁNICA. CARERA DE MECÁNICA				
Tipo de material:	Bioplástico de trigo				
Material:	Tenedor de bioplástico de trigo				
Fecha de fabricación:	2024-12				
Norma utilizada:	ASTM D3039/D3039M-17				
Fecha de ensayo:	16-diciembre-2024				
Equipo utilizado:	Maquina universal de ensayos-WAW600B				
Marca:	Jinan Liangong Testing Technology CO., Ltd				
Serie:	7136				
Certificado:	LNM-F-2016500064D				
Cód. ident:	M2				
Número de la muestra	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
Designación del material	Te-BT-01	Te - BT - 02	Te - BT -03	Te - BT -04	Te - BT -05
Características del material	Tenedor	Tenedor	Tenedor	Tenedor	Tenedor
Espesor $[mm]$	3,12	3,12	3,12	3,12	3,12
Anchura $[mm]$	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00
Longitud inicial $[mm]$	25	25	25	25	25
Sección transversal $[mm^2]$	21,84	21,84	21,84	21,84	21,84
Modulo elasticidad. $[MPa]$	5,252,E+01	5,337,E+01	5,667,E+01	5,766,E+01	1,100,E+01
Carga máxima $[kN]$	0,19	0,17	0,16	0,21	0,16

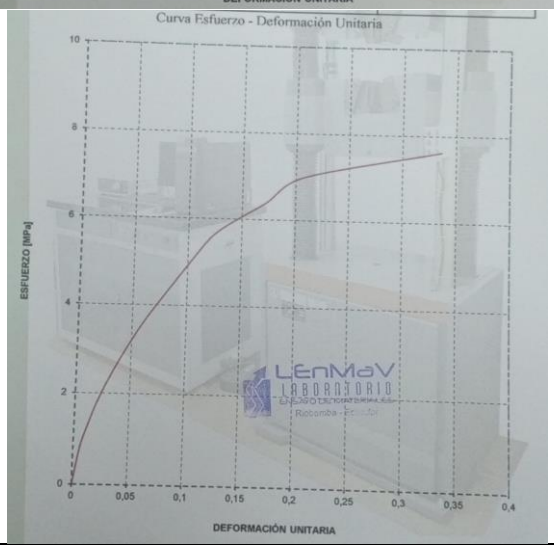
Esfuerzo máximo $[MPa]$					8,55	7,62	7,12	9,65	7,48
Porcentaje de Elongación [%]					0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Observaciones:									
Prob.					**Designación**	**Tipo de material**		**Fecha de ensayo**	
1	2	3	4	5	Te-BT-01	Bioplástico de trigo		16/12/2024	

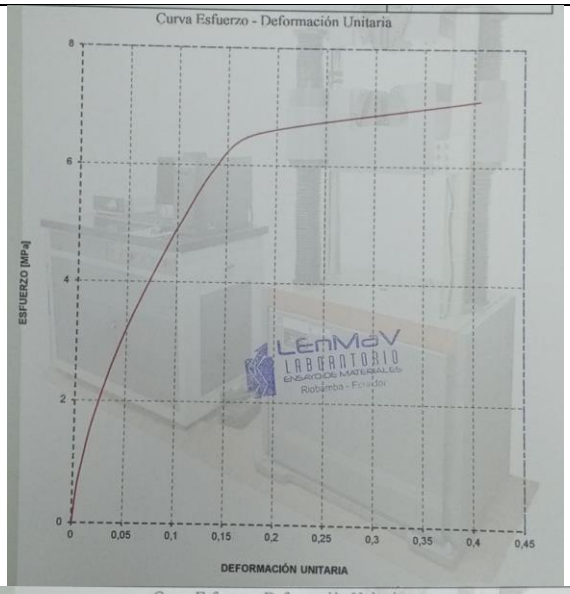
Probetas Ensayadas:

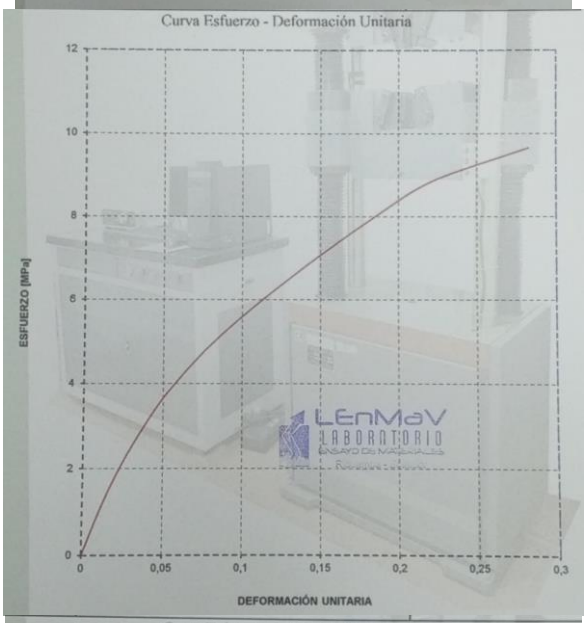


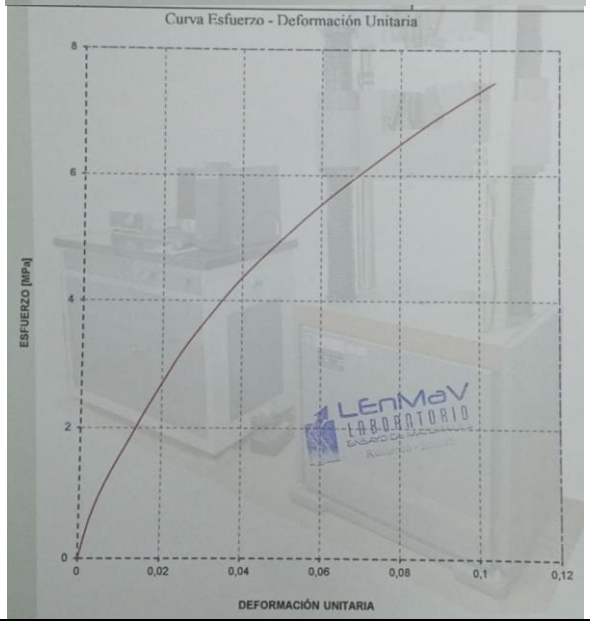
Gráficas:

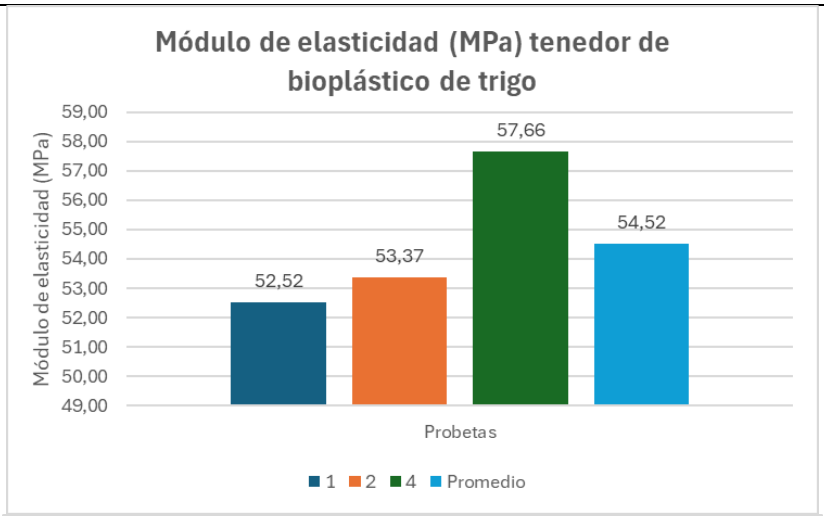


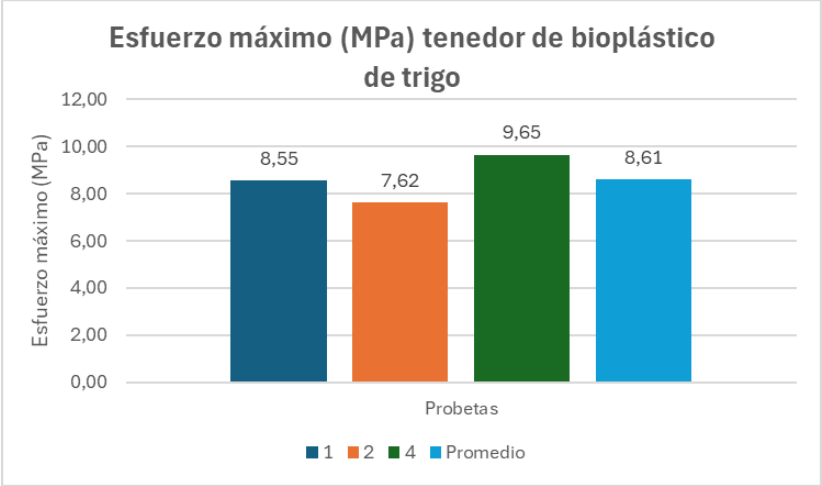



Curva Esfuerzo - Deformación Unitaria
ESFUERZO [MPa]
DEFORMACIÓN UNITARIA
0
2
4
6
8
0
0,05
0,1
0,15
0,2
0,25
0,3
0,35
0,4
0,45
LEnMaV
LABORATORIO
ENSAYOS MATERIALES
Riobamba - Ecuador


Curva Esfuerzo - Deformación Unitaria
ESFUERZO [MPa]
DEFORMACIÓN UNITARIA
0
2
4
6
8
10
12
0
0,05
0,1
0,15
0,2
0,25
0,3
LEnMaV
LABORATORIO
ENSAYO DE MATERIALES


Curva Esfuerzo - Deformación Unitaria
ESFUERZO [MPa]
DEFORMACIÓN UNITARIA
0
2
4
6
8
0
0,02
0,04
0,06
0,08
0,1
0,12
LEnMaV
LABORATORIO
ENSAYO DE MATERIALES





Observaciones

- Las probetas 3 y 5 respecto a las probetas 1, 2 y 4, nos da unos resultados anómalos por la no homogeneidad que presenta el material y fue eliminada. Por consiguiente, sus valores se descartan para el promedio final.
- Se observa para el tenedor de bioplástico de trigo, un valor promedio de módulo de elasticidad de 54.52 MPa y un valor de esfuerzo máximo de 8.61 MPa.

Valores promedios	
Esfuerzo Máximo [MPa]	8.61
Carga Máxima [N]	190
% Elongación	0.00
Módulo de elasticidad [MPa]	54.52

3.2.7 Fichas de los ensayos de dureza de cada material biodegradable y plástico

Se observa desde la Tabla XLII hasta la Tabla XLIX los ensayos de dureza de las cucharas y tenedores de la marca Ecogreen, de plástico y finalmente de los materiales utilizados en el presente trabajo experimental, el bioplástico de trigo y maíz.

TABLA XLII

FICHA TÉCNICA ENSAYO DE DUREZA EN TENEDORES BIOPLÁSTICOS DE ALMIDÓN DE MAÍZ

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO **FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA** **CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**	
Informes de resultados	
Ensayos de dureza	**Denominación: ED-01**
	N.º 1
Realizado por:	Araujo Kevin – Reinoso Joel
Proyecto de tesis:	ANÁLISIS DE PROPIEDADES MECÁNICAS A UTENSILIOS BIODEGRADABLES
Dirección:	UTA-FAC. ING. CIVIL Y MECÁNICA. CARRERA DE MECÁNICA
Tipo de material:	Bioplástico de almidón de maíz
Material:	Tenedor de bioplástico de almidón de maíz
Fecha de fabricación:	2024-10
Norma utilizada:	ASTM D2240
Fecha de ensayo:	14-octubre-2024
Equipo utilizado:	Durómetro shore D
Marca:	OTR

número de la muestra	**1**
Designación del material	BPAM-01
Características del material	Tenedor
Medición #1 de Dureza Shore (HD)	60.5
Medición #2 de Dureza Shore (HD)	71.0
Medición #3 de Dureza Shore (HD)	68.5
Medición #4 de Dureza Shore (HD)	81.0
Medición #5 de Dureza Shore (HD)	75.5

Observaciones:	- Se realizo 5 mediciones de la muestra, las cuales se obtuvieron realizándolas en las partes externas y centrales del tenedor. - BPAM = Bioplástico de almidón de maíz.

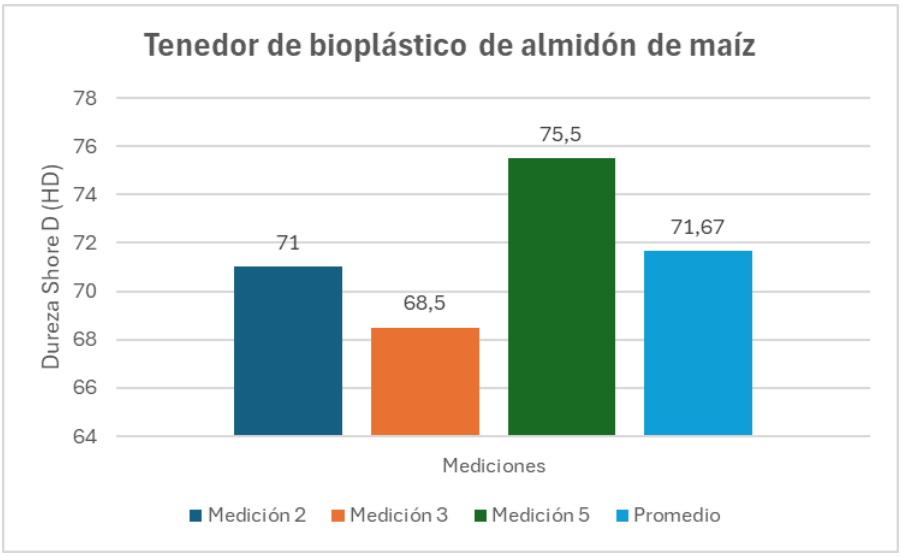
Prob.	**Designación**	**Tipo de material**	**Fecha de ensayo**
1	BPAM-01	Bioplástico de almidón de maíz	14/10/2024



Mediciones:



Gráfica:



Observaciones

- Los puntos 1 y 4 respecto a los puntos 2, 3 y 5, nos da unos resultados anómalos y fue eliminada. Por consiguiente, sus valores se descartan para el promedio final.
- Se observa para el tenedor de bioplástico de almidón de maíz, un valor promedio de Dureza Shore D de 71.67 HD.

TABLA XLIII

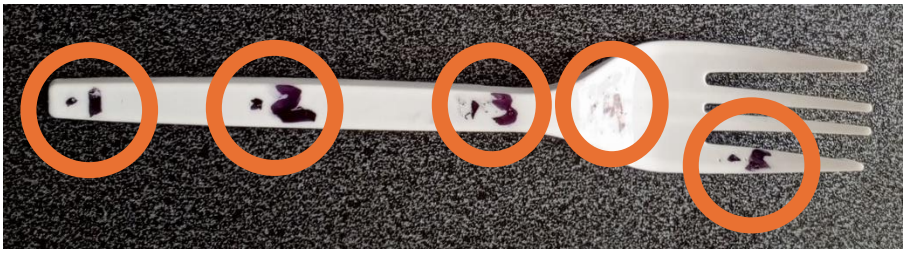
FICHA TÉCNICA ENSAYO DE DUREZA EN TENEDORES PLÁSTICOS

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO **FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA** **CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**		
Informes de resultados		
Ensayos de dureza	**Denominación: ED-02**	
		N.º 2
Realizado por:	Araujo Kevin – Reinoso Joel	
Proyecto de tesis:	ANÁLISIS DE PROPIEDADES MECÁNICAS A UTENSILIOS BIODEGRADABLES	
Dirección:	UTA-FAC. ING. CIVIL Y MECÁNICA. CARERA DE MECÁNICA	
Tipo de material:	Plástico común	
Material:	Tenedor de Polipropileno	
Fecha de fabricación:	2024-10	
Norma utilizada:	ASTM D2240	
Fecha de ensayo:	14-octubre-2024	
Equipo utilizado:	Durómetro shore D	
Marca:	OTR	
número de la muestra		**1**
Designación del material		PP-01
Características del material		Tenedor
Medición #1 de Dureza Shore (HD)		71.0
Medición #2 de Dureza Shore (HD)		63.0
Medición #3 de Dureza Shore (HD)		56.0
Medición #4 de Dureza Shore (HD)		45.0
Medición #5 de Dureza Shore (HD)		52.5
Observaciones:	- Se realizo 5 mediciones de la muestra, las cuales se obtuvieron realizándolas en las partes externas y centrales del tenedor. - PP = Plástico Polipropileno.	

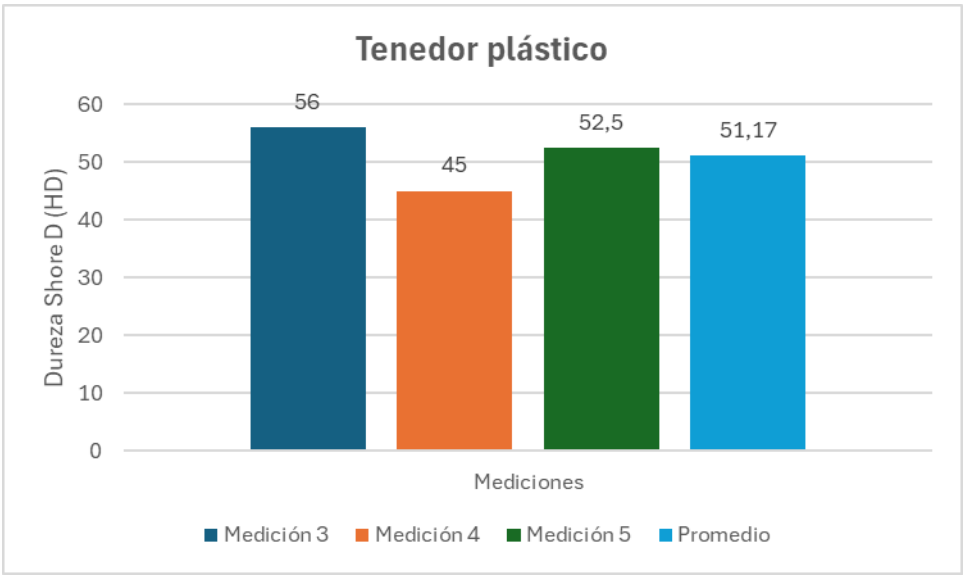
Prob.	**Designación**	**Tipo de material**	**Fecha de ensayo**
1	PP-01	Plástico común	14/10/2024



Mediciones:



Gráfica:



Observaciones

- Los puntos 1 y 2 respecto a los puntos 3, 4 y 5, nos da unos resultados anómalos y fue eliminada. Por consiguiente, sus valores se descartan para el promedio final.
- Se observa para el tenedor de plástico, un valor promedio de Dureza Shore D de 51.17 HD.

TABLA XLIV

FICHA TÉCNICA ENSAYO DE DUREZA EN CUCHARAS BIOPLÁSTICOS DE ALMIDÓN DE MAÍZ

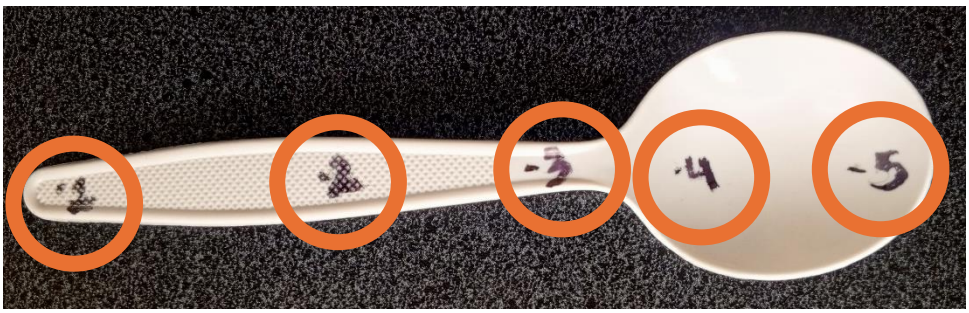
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO **FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA** **CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**		
Informes de resultados		
Ensayos de dureza	**Denominación: ED-03**	
		N.º 3
Realizado por:	Araujo Kevin – Reinoso Joel	
Proyecto de tesis:	ANÁLISIS DE PROPIEDADES MECÁNICAS A UTENSILIOS BIODEGRADABLES	
Dirección:	UTA-FAC. ING. CIVIL Y MECÁNICA. CARERA DE MECÁNICA	
Tipo de material:	Bioplástico de almidón de maíz	
Material:	Cuchara de bioplástico de almidón de maíz	
Fecha de fabricación:	2024-10	
Norma utilizada:	ASTM D2240	
Fecha de ensayo:	14-octubre-2024	
Equipo utilizado:	Durómetro shore D	
Marca:	OTR	
número de la muestra		**1**
Designación del material		CBPAM-01
Características del material		Cuchara
Medición #1 de Dureza Shore (HD)		57.5
Medición #2 de Dureza Shore (HD)		52.0
Medición #3 de Dureza Shore (HD)		52.0
Medición #4 de Dureza Shore (HD)		49.5
Medición #5 de Dureza Shore (HD)		49.0
Observaciones:	- Se realizo 5 mediciones de la muestra, las cuales se obtuvieron realizándolas en las partes externas y centrales del tenedor. - CBPAM = Cuchara de bioplástico de almidón de maíz.	

Prob.	**Designación**	**Tipo de material**	**Fecha de ensayo**

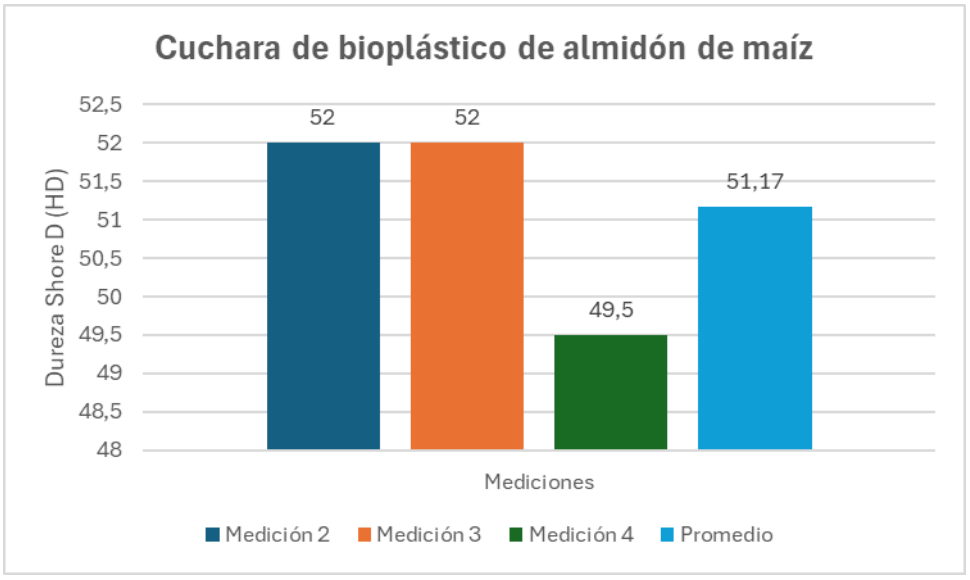
1	CBPAM-01	Bioplástico de almidón de maíz	14/10/2024



Mediciones:



Gráfica:



Observaciones

- Los puntos 1 y 5 respecto a los puntos 2, 3 y 4, nos da unos resultados anómalos y fue eliminada. Por consiguiente, sus valores se descartan para el promedio final.
- Se observa para la cuchara de bioplástico de almidón de maíz, un valor promedio de Dureza Shore D de 51.17 HD.

TABLA XLV
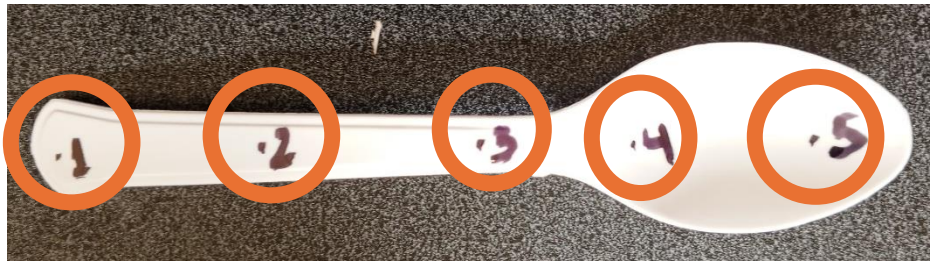
FICHA TÉCNICA ENSAYO DE DUREZA EN CUCHARAS PLÁSTICAS

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO **FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA** **CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**		
Informes de resultados		
Ensayos de dureza	**Denominación: ED-04**	
		N.º 4
Realizado por:	Araujo Kevin – Reinoso Joel	
Proyecto de tesis:	ANÁLISIS DE PROPIEDADES MECÁNICAS A UTENSILIOS BIODEGRADABLES	
Dirección:	UTA-FAC. ING. CIVIL Y MECÁNICA. CARERA DE MECÁNICA	
Tipo de material:	Plástico común	
Material:	Cuchara de Polipropileno	
Fecha de fabricación:	2024-10	
Norma utilizada:	ASTM D2240	
Fecha de ensayo:	14-octubre-2024	
Equipo utilizado:	Durómetro shore D	
Marca:	OTR	
número de la muestra		**1**
Designación del material		CPP-01
Características del material		Cuchara
Medición #1 de Dureza Shore (HD)		43.5
Medición #2 de Dureza Shore (HD)		42.5
Medición #3 de Dureza Shore (HD)		57.5
Medición #4 de Dureza Shore (HD)		45.5
Medición #5 de Dureza Shore (HD)		54.5
Observaciones:	- Se realizo 5 mediciones de la muestra, las cuales se obtuvieron realizándolas en las partes externas y centrales del tenedor. - CPP = Cuchara de Plástico Polipropileno.	

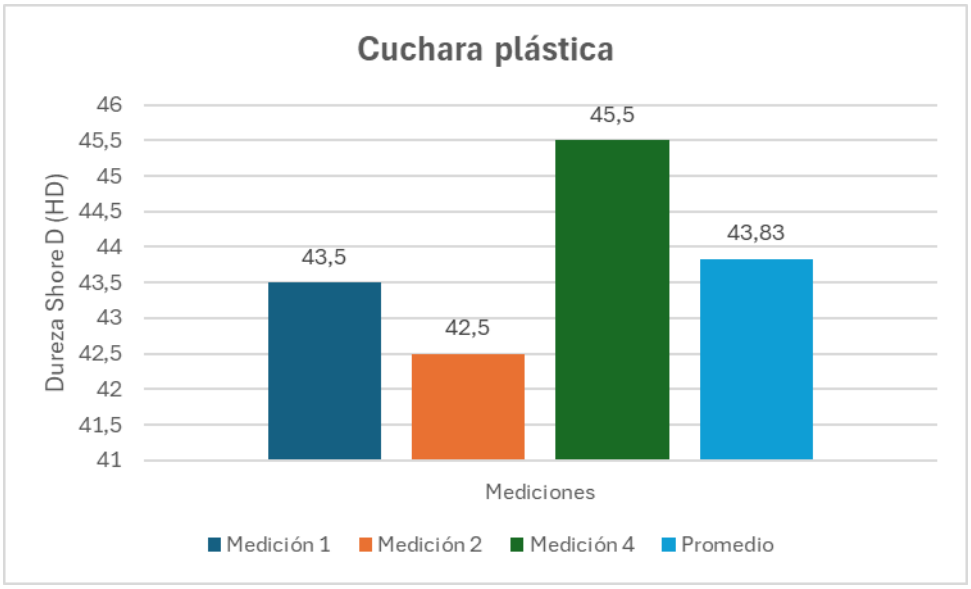
Prob.	**Designación**	**Tipo de material**	**Fecha de ensayo**
1	CPP-01	Plástico común	14/10/2024



Mediciones:



Gráfica:



Observaciones

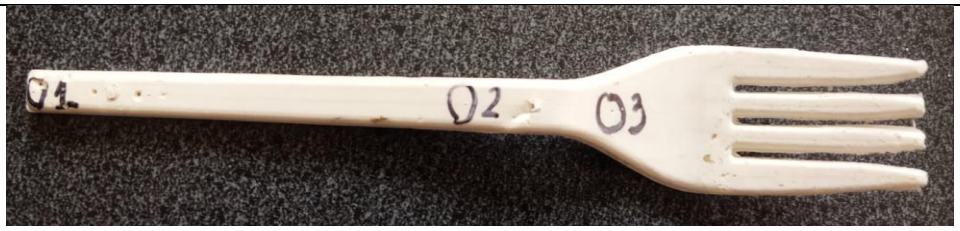
- Los puntos 3 y 5 respecto a los puntos 1, 2 y 4, nos da unos resultados anómalos y fue eliminada. Por consiguiente, sus valores se descartan para el promedio final.
- Se observa para la cuchara de plástico, un valor promedio de Dureza Shore D de 43.83 HD.

TABLA XLVI

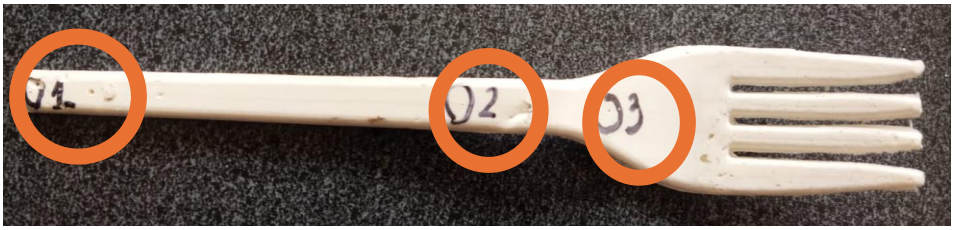
FICHA TÉCNICA ENSAYO DE DUREZA EN TENEDOR BIOPLÁSTICOS DE MAÍZ

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO **FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA** **CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**		
Informes de resultados		
Ensayos de dureza	**Denominación: ED-05**	
		N.º 5
Realizado por:	Araujo Kevin – Reinoso Joel	
Proyecto de tesis:	ANÁLISIS DE PROPIEDADES MECÁNICAS A UTENSILIOS BIODEGRADABLES	
Dirección:	UTA-FAC. ING. CIVIL Y MECÁNICA. CARERA DE MECÁNICA	
Tipo de material:	Bioplástico de maíz	
Material:	Tenedor de bioplástico de maíz	
Fecha de fabricación:	2024-12	
Norma utilizada:	ASTM D2240	
Fecha de ensayo:	11-diciembre-2024	
Equipo utilizado:	Durómetro shore D	
Marca:	OTR	
número de la muestra		**1**
Designación del material		BPM-01
Características del material		Tenedor
Medición #1 de Dureza Shore (HD)		73.5
Medición #2 de Dureza Shore (HD)		69.0
Medición #3 de Dureza Shore (HD)		70.0
Observaciones:	- Se realizo 3 mediciones de la muestra, las cuales se obtuvieron realizándolas en las partes externas y central del tenedor. - BPM = Bioplástico de maíz.	

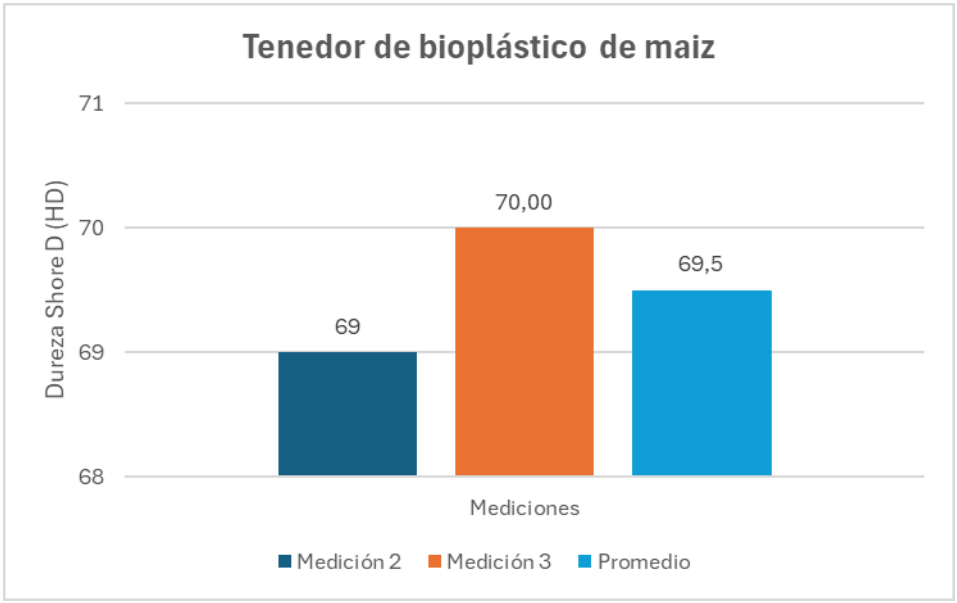
Prob.	**Designación**	**Tipo de material**	**Fecha de ensayo**
1	BPM-01	Bioplástico de maíz	11/12/2024



Mediciones:



Gráfica:



Observaciones

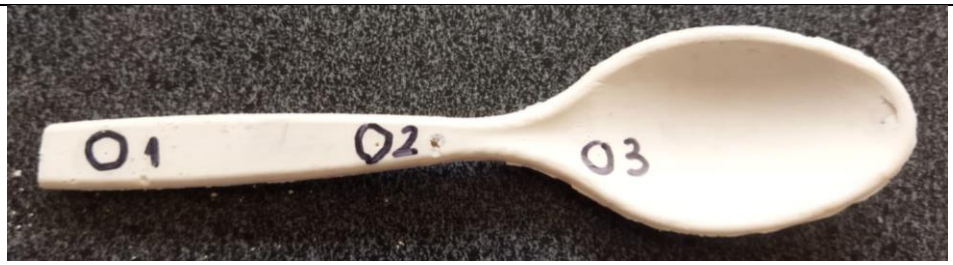
- El punto 1 respecto a los puntos 2 y 3, nos da unos resultados anómalos y fue eliminada. Por consiguiente, sus valores se descartan para el promedio final.
- Se observa para el tenedor de bioplástico de maíz, un valor promedio de Dureza Shore D de 69.5 HD.

TABLA XLVII

FICHA TÉCNICA ENSAYO DE DUREZA EN CUCHARA BIOPLÁSTICO DE MAÍZ

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO **FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA** **CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**		
Informes de resultados		
Ensayos de dureza	**Denominación: ED-06**	
		N.º 6
Realizado por:	Araujo Kevin – Reinoso Joel	
Proyecto de tesis:	ANÁLISIS DE PROPIEDADES MECÁNICAS A UTENSILIOS BIODEGRADABLES	
Dirección:	UTA-FAC. ING. CIVIL Y MECÁNICA. CARERA DE MECÁNICA	
Tipo de material:	Bioplástico de maíz	
Material:	Cuchara de bioplástico de maíz	
Fecha de fabricación:	2024-12	
Norma utilizada:	ASTM D2240	
Fecha de ensayo:	11-diciembre-2024	
Equipo utilizado:	Durómetro shore D	
Marca:	OTR	
número de la muestra		**2**
Designación del material		BPM-02
Características del material		Cuchara
Medición #1 de Dureza Shore (HD)		81.0
Medición #2 de Dureza Shore (HD)		56.5
Medición #3 de Dureza Shore (HD)		60.0
Observaciones:	- Se realizo 3 mediciones de la muestra, las cuales se obtuvieron realizándolas en las partes externas y central de la cuchara. - BPM = Bioplástico de maíz.	

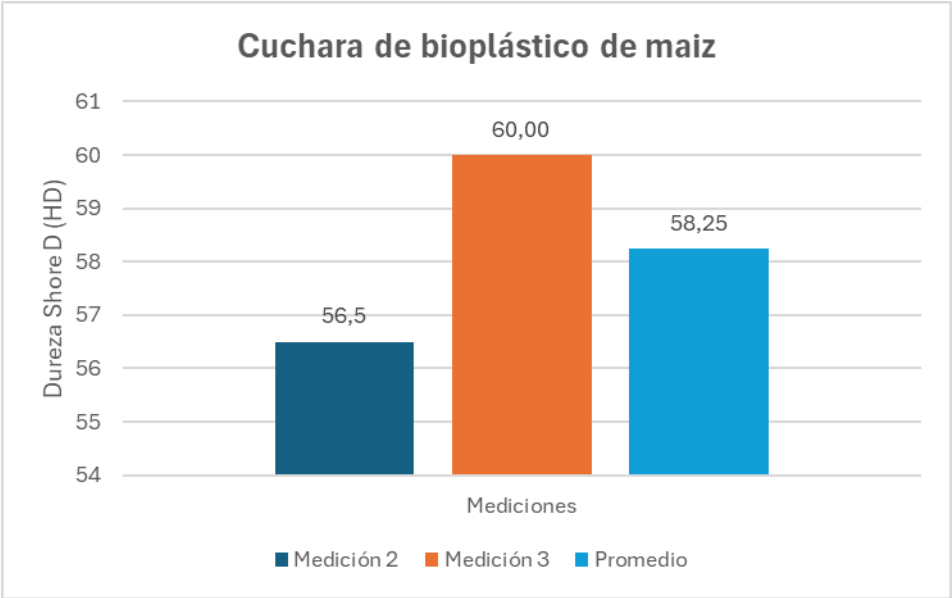
Prob.	**Designación**	**Tipo de material**	**Fecha de ensayo**
2	BPM-02	Bioplástico de trigo	11/12/2024



Mediciones:



Gráfica:



Observaciones

- El punto 1 respecto a los puntos 2 y 3, nos da unos resultados anómalos y fue eliminada. Por consiguiente, sus valores se descartan para el promedio final.
- Se observa para la cuchara de bioplástico de maíz, un valor promedio de Dureza Shore D de 58.25 HD.

TABLA XLVIII

FICHA TÉCNICA ENSAYO DE DUREZA EN CUCHARA BIOPLÁSTICO DE TRIGO

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO **FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA** **CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**		
Informes de resultados		
Ensayos de dureza	**Denominación: ED-07**	
		N.º 7
Realizado por:	Araujo Kevin – Reinoso Joel	
Proyecto de tesis:	ANÁLISIS DE PROPIEDADES MECÁNICAS A UTENSILIOS BIODEGRADABLES	
Dirección:	UTA-FAC. ING. CIVIL Y MECÁNICA. CARERA DE MECÁNICA	
Tipo de material:	Bioplástico de trigo	
Material:	Tenedor de bioplástico de trigo	
Fecha de fabricación:	2024-12	
Norma utilizada:	ASTM D2240	
Fecha de ensayo:	11-diciembre-2024	
Equipo utilizado:	Durómetro shore D	
Marca:	OTR	
número de la muestra		**1**
Designación del material		BPT-01
Características del material		Tenedor
Medición #1 de Dureza Shore (HD)		81.0
Medición #2 de Dureza Shore (HD)		85.0
Medición #3 de Dureza Shore (HD)		80.0
Observaciones:	- Se realizo 3 mediciones de la muestra, las cuales se obtuvieron realizándolas en las partes externas y central del tenedor. - BPT = Bioplástico de trigo.	

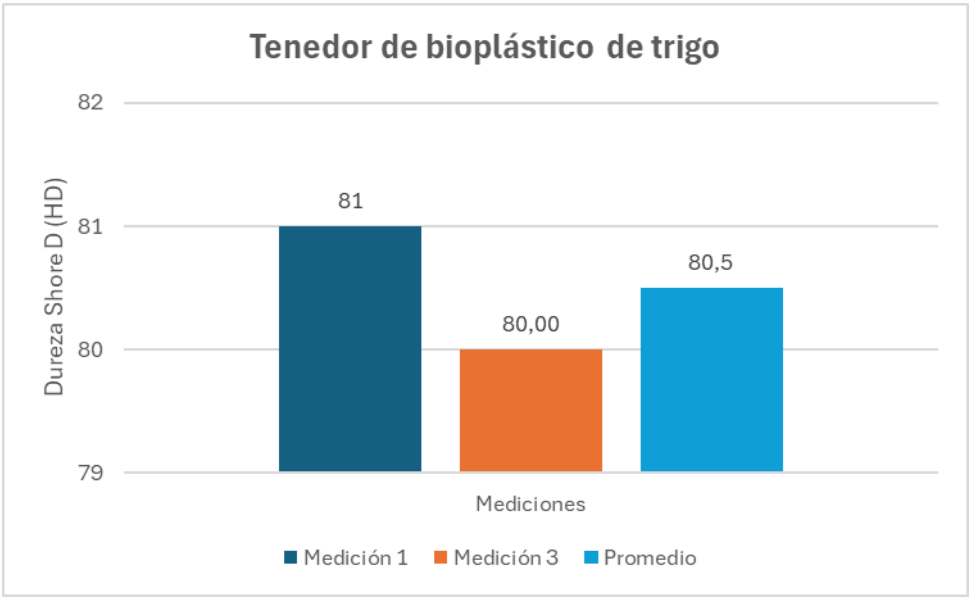
Prob.	**Designación**	**Tipo de material**	**Fecha de ensayo**
1	BPT-01	Bioplástico de trigo	11/12/2024



Mediciones:



Gráfica:



Observaciones

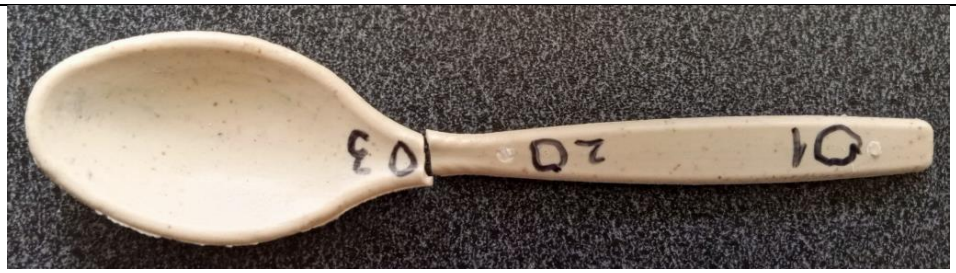
- El punto 2 respecto a los puntos 1 y 3, nos da unos resultados anómalos y fue eliminada. Por consiguiente, sus valores se descartan para el promedio final.
- Se observa para el tenedor de bioplástico de trigo, un valor promedio de Dureza Shore D de 80.5 HD.

TABLA XLIX

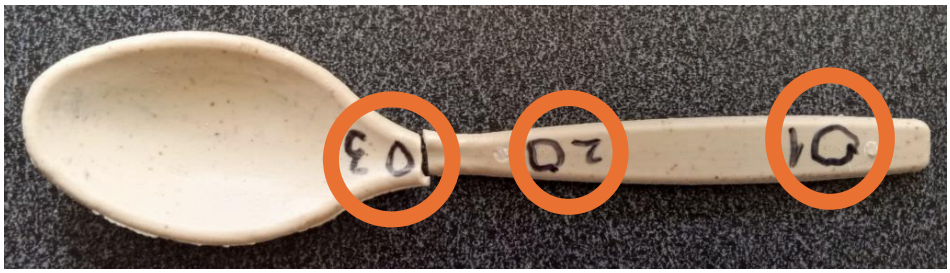
FICHA TÉCNICA ENSAYO DE DUREZA EN CUCHARA BIOPLÁSTICOS DE TRIGO

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO **FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA** **CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**		
Informes de resultados		
Ensayos de dureza	**Denominación: ED-08**	
		N.º 8
Realizado por:	Araujo Kevin – Reinoso Joel	
Proyecto de tesis:	ANÁLISIS DE PROPIEDADES MECÁNICAS A UTENSILIOS BIODEGRADABLES	
Dirección:	UTA-FAC. ING. CIVIL Y MECÁNICA. CARERA DE MECÁNICA	
Tipo de material:	Bioplástico de trigo	
Material:	Cuchara de bioplástico de trigo	
Fecha de fabricación:	2024-12	
Norma utilizada:	ASTM D2240	
Fecha de ensayo:	11-diciembre-2024	
Equipo utilizado:	Durómetro shore D	
Marca:	OTR	
número de la muestra		**2**
Designación del material		BPT-02
Características del material		Cuchara
Medición #1 de Dureza Shore (HD)		83.5
Medición #2 de Dureza Shore (HD)		86.0
Medición #3 de Dureza Shore (HD)		79.0
Observaciones:	- Se realizo 3 mediciones de la muestra, las cuales se obtuvieron realizándolas en las partes externas y central del tenedor. - BPT = Bioplástico de maíz.	

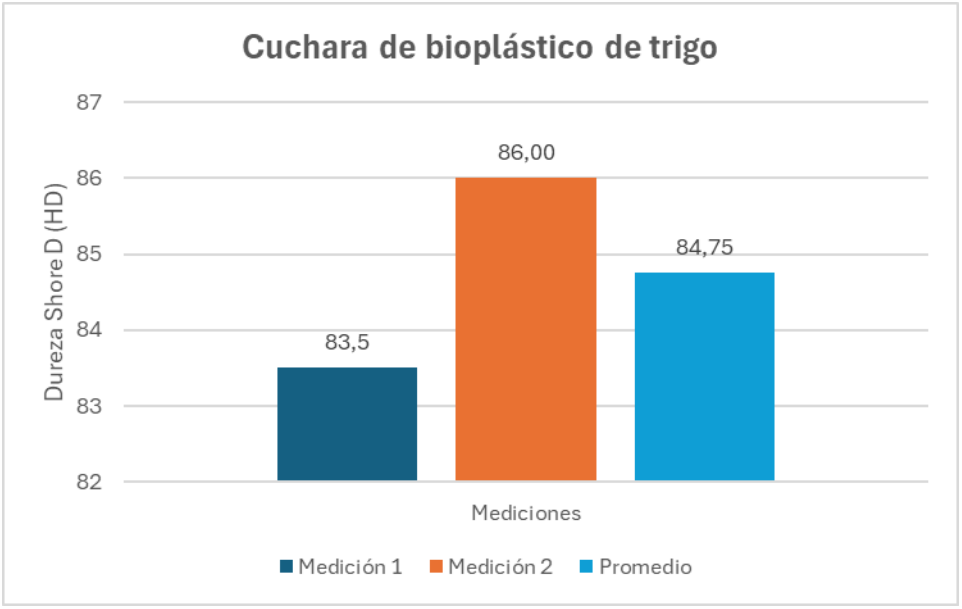
Prob.	**Designación**	**Tipo de material**	**Fecha de ensayo**
2	BPT-02	Bioplástico de trigo	11/12/2024



Mediciones:



Gráfica:



Observaciones

- El punto 3 respecto a los puntos 1 y 2, nos da unos resultados anómalos y fue eliminada. Por consiguiente, sus valores se descartan para el promedio final.
- Se observa para la cuchara de bioplástico de trigo, un valor promedio de Dureza Shore D de 84.75 HD.

3.2.8 Fichas de los ensayos de hidrofobicidad de cada material biodegradable y plástico

Se observa desde la Tabla L hasta la Tabla XLVII los ensayos de hidrofobicidad de las cucharas y tenedores de la marca Ecogreen, de plástico y finalmente de los materiales utilizados en el presente trabajo experimental, el bioplástico de trigo y maíz.

TABLA L

FICHA TÉCNICA ENSAYO DE HIDROFOBICIDAD EN TENEDORES BIOPLÁSTICOS DE ALMIDÓN DE MAÍZ

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO **FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA** **CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**		
Informes de resultados		
Ensayos de dureza	**Denominación: EH-01**	
		N.º 1
Realizado por:	Araujo Kevin – Reinoso Joel	
Proyecto de tesis:	ANÁLISIS DE PROPIEDADES MECÁNICAS A UTENSILIOS BIODEGRADABLES	
Dirección:	UTA-FAC. ING. CIVIL Y MECÁNICA. CARRERA DE MECÁNICA	
Tipo de material:	Bioplástico de almidón de maíz	
Material:	Tenedor de bioplástico de almidón de maíz	
Fecha de fabricación:	2024-12	
Fecha de ensayo:	02-diciembre-2024	
Equipo utilizado:	Computadora	
Número de la muestra		**1**
Designación del material		BPAM-01
Características del material		Tenedor
Medición #1 de Ángulo de contacto (°)		68°
Medición #2 de Ángulo de contacto (°)		84°
Medición #3 de Ángulo de contacto (°)		138°
Medición #4 de Ángulo de contacto (°)		89°
Medición #5 de Ángulo de contacto (°)		89°
Observaciones:	- Se realizo 5 mediciones de la muestra, las cuales se obtuvieron realizándolas en las partes externas y	

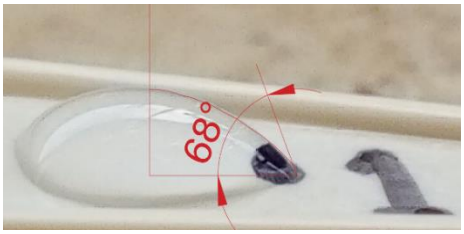
	centrales del tenedor. - BPAM = Bioplástico de almidón de maíz.

Prob.	**Designación**	**Tipo de material**	**Fecha de ensayo**
1	BPAM-01	Bioplástico de almidón de maíz	02/12/2024

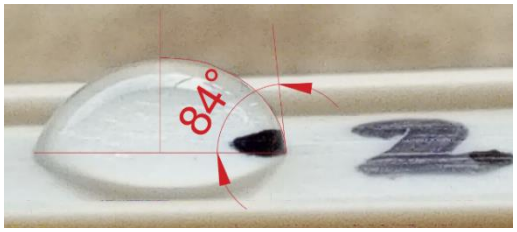


Mediciones:

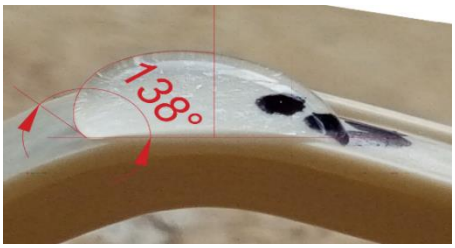
Punto 1:



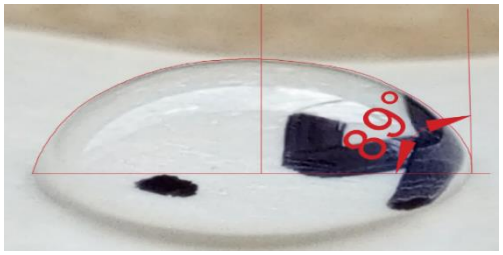
Punto 2:



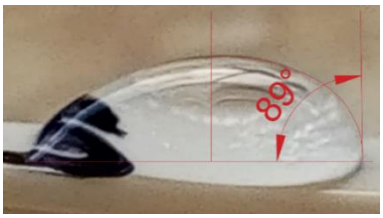
Punto 3:



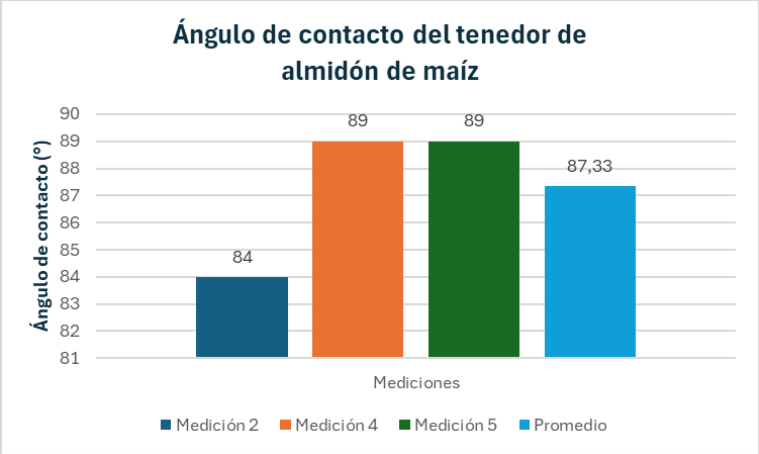
Punto 4:



Punto 5:



Gráfica:



Observaciones

- Los puntos 1 y 3 respecto a los puntos 2, 4 y 5, nos da unos resultados anómalos y fue eliminada. Por consiguiente, sus valores se descartan para el promedio final.
- Se observa para tenedor de bioplástico de almidón de maíz, un valor promedio del ángulo de contacto de 87.33° y es considerado hidrofílico.

TABLA LI

FICHA TÉCNICA ENSAYO DE HIDROFOBICIDAD EN CUCHARAS BIOPLÁSTICOS DE ALMIDÓN DE MAÍZ

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO **FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA** **CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**	
Informes de resultados	
Ensayos de dureza	**Denominación: EH-02**
	N.º 2
Realizado por:	Araujo Kevin – Reinoso Joel
Proyecto de tesis:	ANÁLISIS DE PROPIEDADES MECÁNICAS A UTENSILIOS BIODEGRADABLES
Dirección:	UTA-FAC. ING. CIVIL Y MECÁNICA. CARRERA DE MECÁNICA
Tipo de material:	Bioplástico de almidón de maíz
Material:	Cuchara de bioplástico de almidón de maíz
Fecha de fabricación:	2024-12
Fecha de ensayo:	02-diciembre-2024

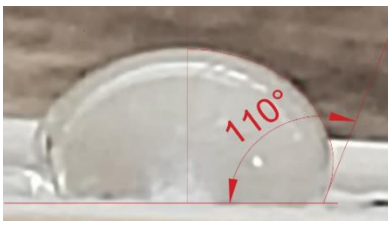
Equipo utilizado:	Computadora	
Número de la muestra		**1**
Designación del material		CBPAM-01
Características del material		Cuchara
Medición #1 de Ángulo de contacto (°)		110°
Medición #2 de Ángulo de contacto (°)		100°
Medición #3 de Ángulo de contacto (°)		120°
Medición #4 de Ángulo de contacto (°)		100°
Medición #5 de Ángulo de contacto (°)		124°
Observaciones:	- Se realizo 5 mediciones de la muestra, las cuales se obtuvieron realizándolas en las partes externas y centrales del tenedor. - CBPAM = Cuchara de bioplástico de almidón de maíz.	

Prob.	**Designación**	**Tipo de material**	**Fecha de ensayo**
1	CBPAM-01	Bioplástico de almidón de maíz	02/12/2024

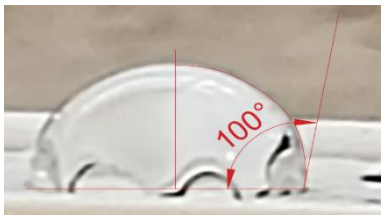


Mediciones:

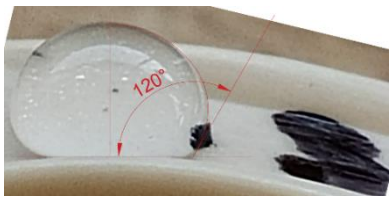
Punto 1:



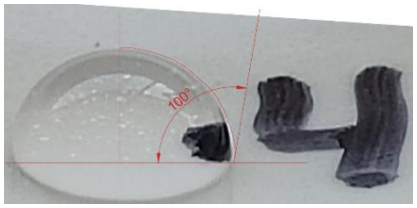
Punto 2:



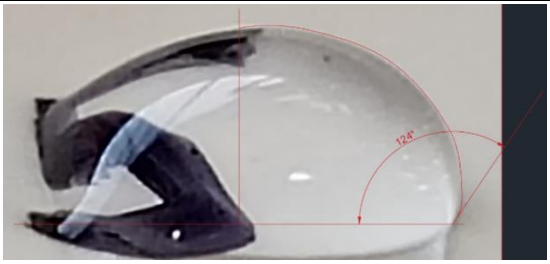
Punto 3:



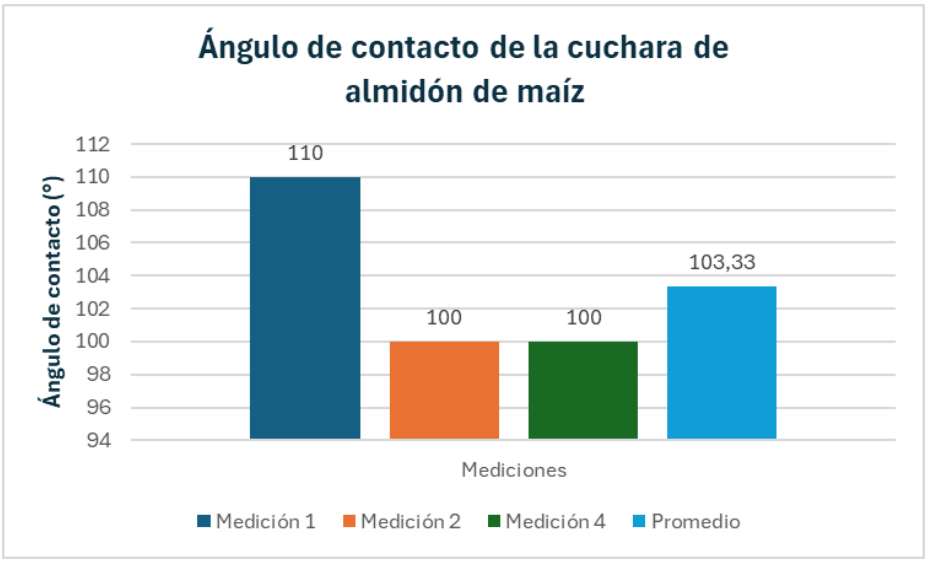
Punto 4:



Punto 5:



Gráfica:



Observaciones

- Los puntos 3 y 5 respecto a los puntos 1, 2 y 4, nos da unos resultados anómalos y fue eliminada. Por consiguiente, sus valores se descartan para el promedio final.
- Se observa para la cuchara de bioplástico de almidón de maíz, un valor promedio del ángulo de contacto de 103.33° y es considerado hidrofóbico.

TABLA LII

FICHA TÉCNICA ENSAYO DE HIDROFOBICIDAD EN TENEDORES PLÁSTICOS

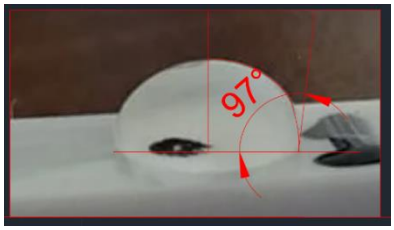
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO **FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA** **CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**		
Informes de resultados		
Ensayos de dureza	**Denominación: EH-03**	
		N.º 3
Realizado por:	Araujo Kevin – Reinoso Joel	
Proyecto de tesis:	ANÁLISIS DE PROPIEDADES MECÁNICAS A UTENSILIOS BIODEGRADABLES	
Dirección:	UTA-FAC. ING. CIVIL Y MECÁNICA. CARERA DE MECÁNICA	
Tipo de material:	Plástico común	
Material:	Tenedor de Polipropileno	
Fecha de fabricación:	2024-12	
Fecha de ensayo:	02-diciembre-2024	
Equipo utilizado:	Computadora	
Número de la muestra		**1**
Designación del material		PP-01
Características del material		Tenedor
Medición #1 de Ángulo de contacto (°)		97°
Medición #2 de Ángulo de contacto (°)		94°
Medición #3 de Ángulo de contacto (°)		96°
Medición #4 de Ángulo de contacto (°)		87°
Medición #5 de Ángulo de contacto (°)		94°
Observaciones:	- Se realizo 5 mediciones de la muestra, las cuales se obtuvieron realizándolas en las partes externas y centrales del tenedor. - PP = Plástico Polipropileno.	

Prob.	**Designación**	**Tipo de material**	**Fecha de ensayo**
1	PP-01	Plástico común	02/12/2024



Mediciones:

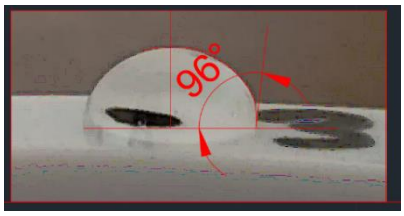
Punto 1:



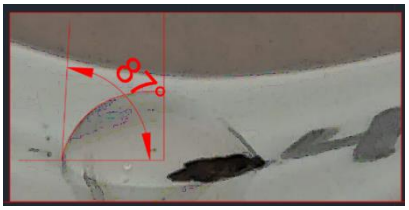
Punto 2:



Punto 3:



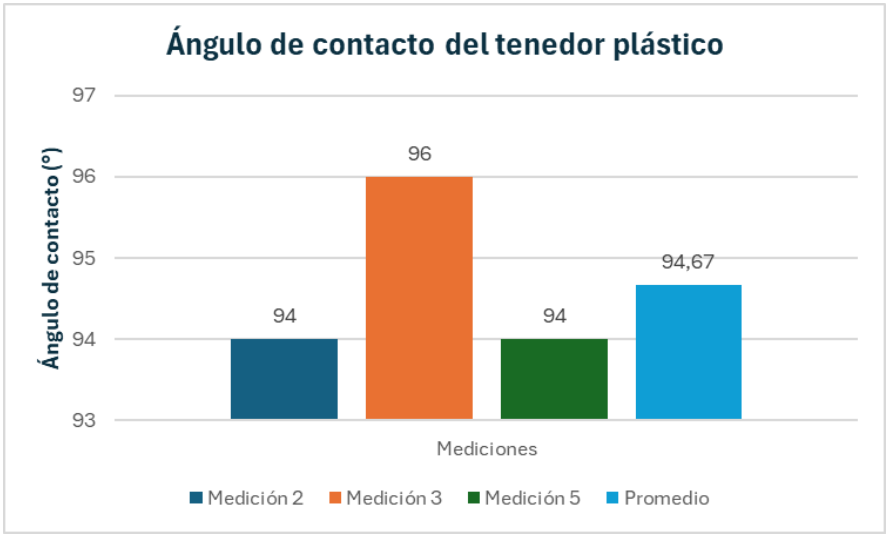
Punto 4:



Punto 5:



Gráfica:



Observaciones

- Los puntos 1 y 4 respecto a los puntos 2, 3 y 5, nos da unos resultados anómalos y fue eliminada. Por consiguiente, sus valores se descartan para el promedio final.
- Se observa para el tenedor de plástico, un valor promedio del ángulo de contacto de 94.67° y es considerado hidrofóbico.

TABLA LIII

FICHA TÉCNICA ENSAYO DE HIDROFOBICIDAD EN CUCHARAS PLÁSTICAS

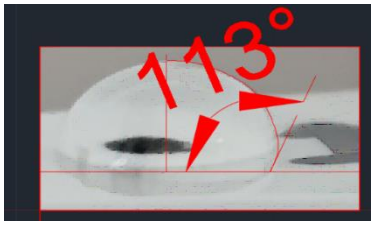
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO **FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA** **CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**		
Informes de resultados		
Ensayos de dureza	**Denominación: EH-04**	
		N.º 4
Realizado por:	Araujo Kevin – Reinoso Joel	
Proyecto de tesis:	ANÁLISIS DE PROPIEDADES MECÁNICAS A UTENSILIOS BIODEGRADABLES	
Dirección:	UTA-FAC. ING. CIVIL Y MECÁNICA. CARERA DE MECÁNICA	
Tipo de material:	Plástico común	
Material:	Cuchara de Polipropileno	
Fecha de fabricación:	2024-12	
Fecha de ensayo:	02-diciembre-2024	
Equipo utilizado:	Computadora	
Número de la muestra		**1**
Designación del material		CPP-01
Características del material		Cuchara
Medición #1 de Ángulo de contacto (°)		113°
Medición #2 de Ángulo de contacto (°)		100°
Medición #3 de Ángulo de contacto (°)		96°
Medición #4 de Ángulo de contacto (°)		97°
Medición #5 de Ángulo de contacto (°)		105°
Observaciones:	- Se realizo 5 mediciones de la muestra, las cuales se obtuvieron realizándolas en las partes externas y centrales del tenedor. - CPP = Cuchara de Plástico Polipropileno.	

Prob.	Designación	Tipo de material	Fecha de ensayo
1	CPP-01	Plástico común	02/12/2024

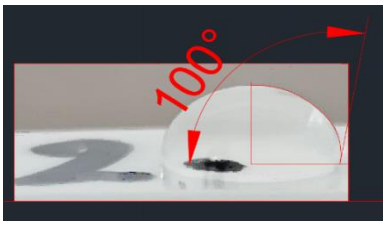


Mediciones:

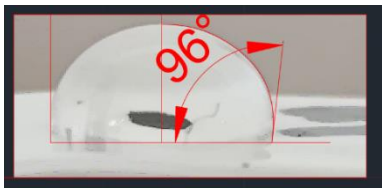
Punto 1:



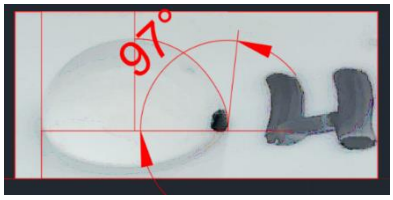
Punto 2:



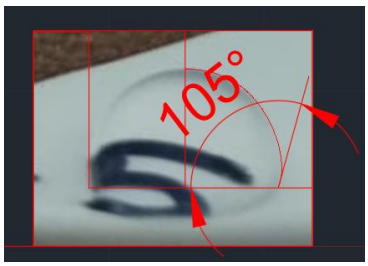
Punto 3:



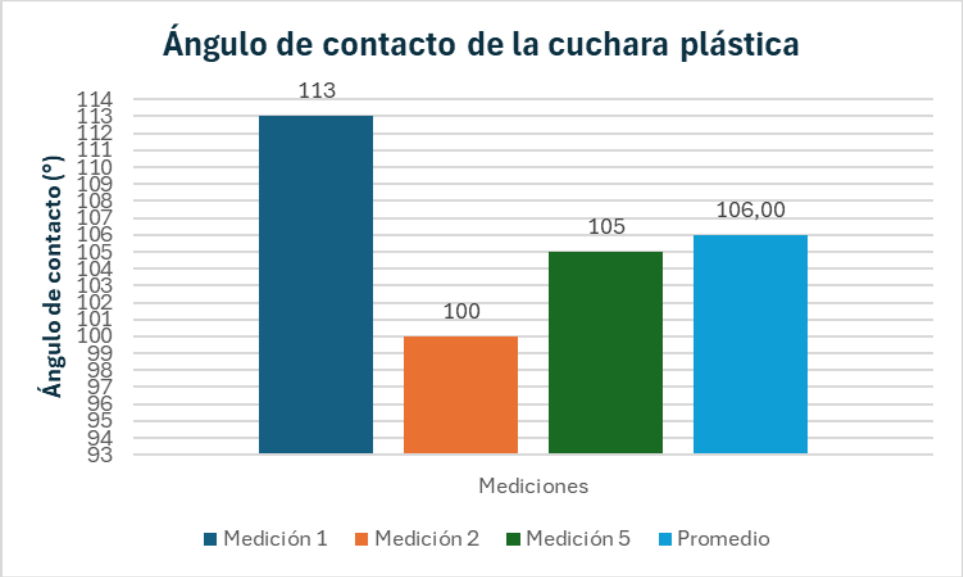
Punto 4:



Punto 5:



Gráfica:



Observaciones

- Los puntos 3 y 4 respecto a los puntos 1, 2 y 5, nos da unos resultados anómalos y fue eliminada. Por consiguiente, sus valores se descartan para el promedio final.
- Se observa para la cuchara de plástica, un valor promedio del ángulo de contacto de 106° y es considerado hidrofóbico.

TABLA LIV

FICHA TÉCNICA ENSAYO DE HIDROFOBICIDAD EN TENEDOR DE BIOPLÁSTICO DE MAÍZ

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO **FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA** **CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**	
Informes de resultados	
Ensayos de dureza	**Denominación: EH-05**
	N.º 5
Realizado por:	Araujo Kevin – Reinoso Joel
Proyecto de tesis:	ANÁLISIS DE PROPIEDADES MECÁNICAS A UTENSILIOS BIODEGRADABLES
Dirección:	UTA-FAC. ING. CIVIL Y MECÁNICA. CARERA DE MECÁNICA
Tipo de material:	Bioplástico de Almidón de Maíz Fabricado
Material:	Tenedor Bioplástico de Almidón de Maíz Fabricado

Fecha de fabricación:	2024-12
Fecha de ensayo:	02-diciembre-2024
Equipo utilizado:	Computadora

Número de la muestra	**1**
Designación del material	TBPAMF-01
Características del material	Tenedor
Medición #1 de Ángulo de contacto (°)	95°
Medición #2 de Ángulo de contacto (°)	91°
Medición #3 de Ángulo de contacto (°)	92°
Medición #4 de Ángulo de contacto (°)	84°
Medición #5 de Ángulo de contacto (°)	167°

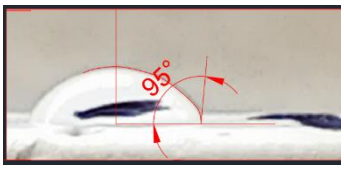
Observaciones:	- Se realizo 5 mediciones de la muestra, las cuales se obtuvieron realizándolas en las partes externas y centrales del tenedor. - TBPAMF = Tenedor Bioplástico de Almidón de Maíz Fabricado.

Prob.	**Designación**	**Tipo de material**	**Fecha de ensayo**
1	TBPAMF-01	Bioplástico de Almidón de Maíz	02/12/2024

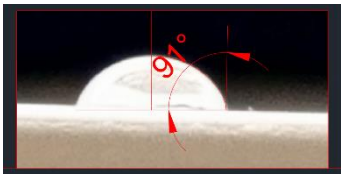


Mediciones:

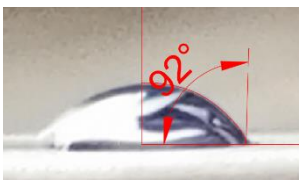
Punto 1:



Punto 2:



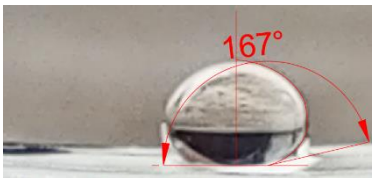
Punto 3:



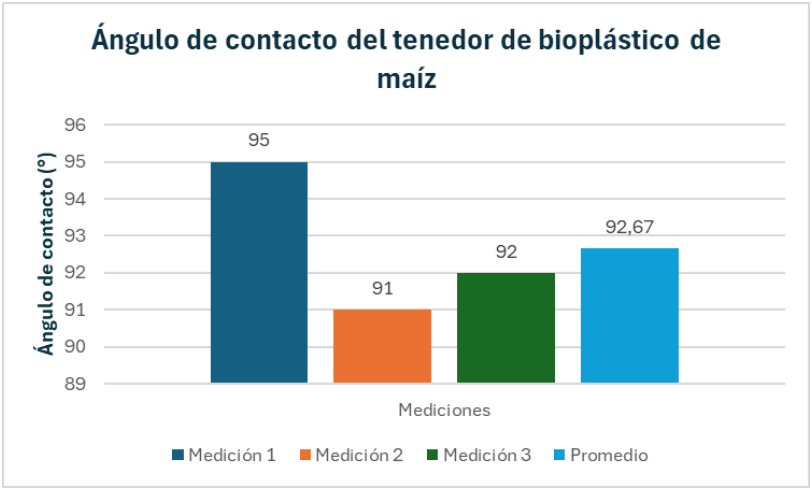
Punto 4:



Punto 5:



Gráfica:



Observaciones

- Los puntos 4 y 5 respecto a los puntos 1, 2 y 3, nos da unos resultados anómalos y fue eliminada. Por consiguiente, sus valores se descartan para el promedio final.
- Se observa para el tenedor de bioplástico de maíz, un valor promedio del ángulo de contacto de 92.67° y es considerado hidrofóbico.

TABLA LV

FICHA TÉCNICA ENSAYO DE HIDROFOBICIDAD EN CUCHARAS DE BIOPLÁSTICO DE MAÍZ

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO **FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA** **CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**	
Informes de resultados	
Ensayos de dureza	**Denominación: EH-06**
	N.º 6
Realizado por:	Araujo Kevin – Reinoso Joel

Proyecto de tesis:	ANÁLISIS DE PROPIEDADES MECÁNICAS A UTENSILIOS BIODEGRADABLES
Dirección:	UTA-FAC. ING. CIVIL Y MECÁNICA. CARERA DE MECÁNICA
Tipo de material:	Bioplástico de Almidón de Maíz Fabricado
Material:	Cuchara de Bioplástico de Almidón de Maíz Fabricado
Fecha de fabricación:	2024-12
Fecha de ensayo:	02-diciembre-2024
Equipo utilizado:	Computadora

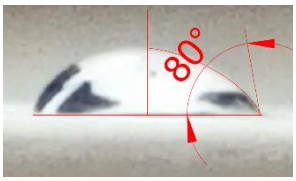
Número de la muestra	**1**
Designación del material	CBPAMF-01
Características del material	Cuchara
Medición #1 de Ángulo de contacto (°)	80°
Medición #2 de Ángulo de contacto (°)	112°
Medición #3 de Ángulo de contacto (°)	111°
Medición #4 de Ángulo de contacto (°)	102°
Medición #5 de Ángulo de contacto (°)	107°
Observaciones:	- Se realizo 5 mediciones de la muestra, las cuales se obtuvieron realizándolas en las partes externas y centrales de la cuchara. - CBPAMF = Cuchara de Plástico Polipropileno.

Prob.	**Designación**	**Tipo de material**	**Fecha de ensayo**
1	CPP-01	Plástico común	02/12/2024

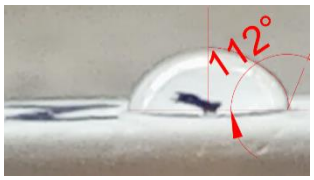


Mediciones:

Punto 1:

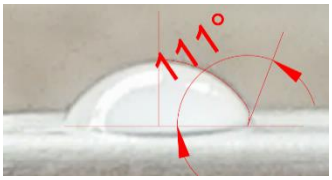


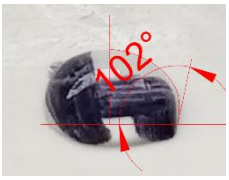
Punto 2:



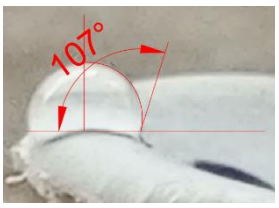
Punto 3:

Punto 4:

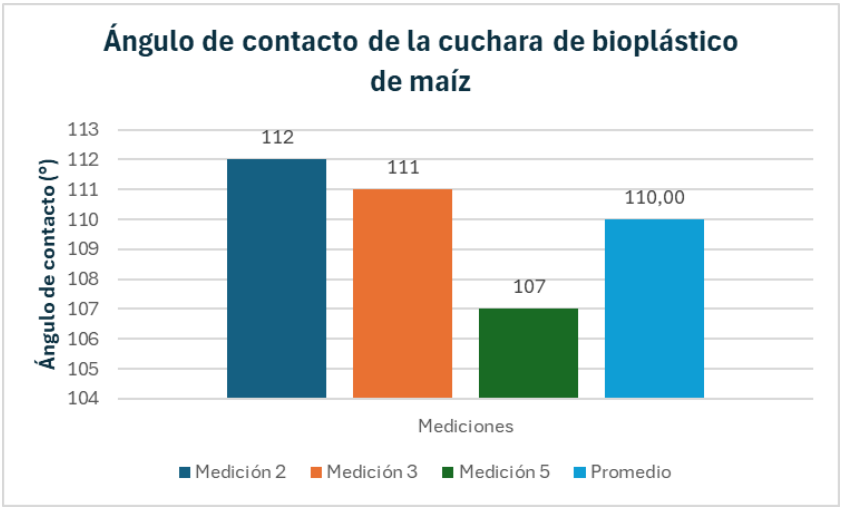




Punto 5:



Gráfica:



Observaciones

- Los puntos 1 y 4 respecto a los puntos 2, 3 y 5, nos da unos resultados anómalos y fue eliminada. Por consiguiente, sus valores se descartan para el promedio final.
- Se observa para la cuchara de bioplástico de maíz, un valor promedio del ángulo de contacto de 110° y es considerado hidrofóbico.

TABLA LVI

FICHA TÉCNICA ENSAYO DE HIDROFOBICIDAD EN TENEDORES DE BIOPLÁSTICO DE TRIGO

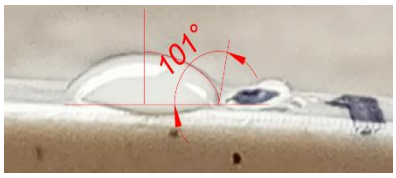
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO **FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA** **CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**		
Informes de resultados		
Ensayos de dureza	**Denominación: EH-07**	
		N.º 7
Realizado por:	Araujo Kevin – Reinoso Joel	
Proyecto de tesis:	ANÁLISIS DE PROPIEDADES MECÁNICAS A UTENSILIOS BIODEGRADABLES	
Dirección:	UTA-FAC. ING. CIVIL Y MECÁNICA. CARERA DE MECÁNICA	
Tipo de material:	Bioplástico de Almidón de Trigo	
Material:	Tenedor de Bioplástico de Almidón de Trigo	
Fecha de fabricación:	2024-12	
Fecha de ensayo:	02-diciembre-2024	
Equipo utilizado:	Computadora	
Número de la muestra		**1**
Designación del material		TBPAT-01
Características del material		Tenedor
Medición #1 de Ángulo de contacto (°)		101°
Medición #2 de Ángulo de contacto (°)		109°
Medición #3 de Ángulo de contacto (°)		84°
Medición #4 de Ángulo de contacto (°)		98°
Medición #5 de Ángulo de contacto (°)		103°
Observaciones:	- Se realizo 5 mediciones de la muestra, las cuales se obtuvieron realizándolas en las partes externas y centrales del tenedor. - TBPAT = Tenedor de Bioplástico de Almidón de Trigo.	

Prob.	**Designación**	**Tipo de material**	**Fecha de ensayo**
1	TBPAT-01	Bioplástico de Almidón de Trigo	02/12/2024

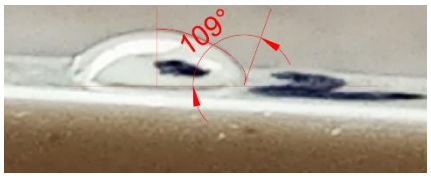


Mediciones:

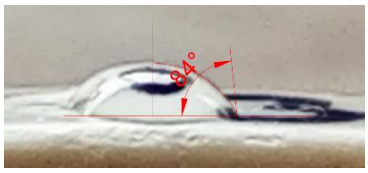
Punto 1:



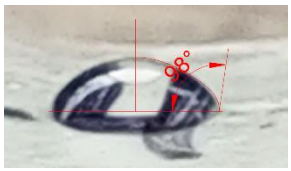
Punto 2:



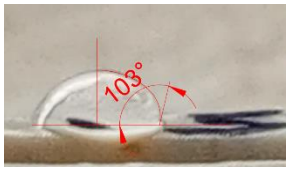
Punto 3:



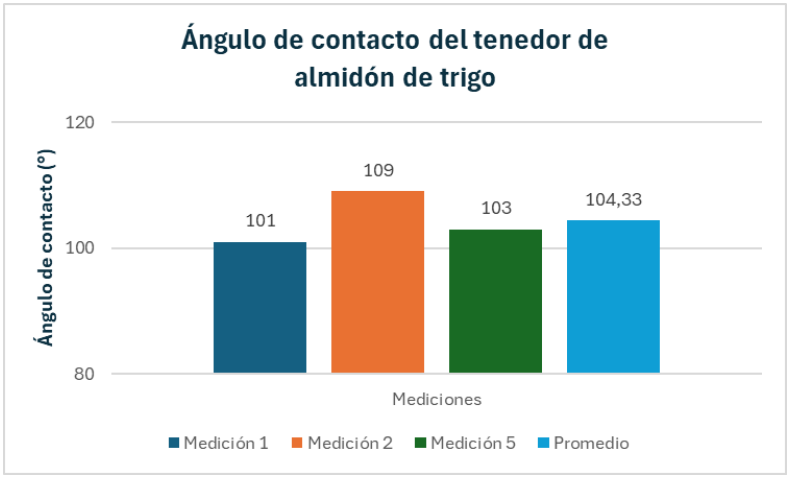
Punto 4:



Punto 5:



Gráfica:



Observaciones

- Los puntos 3 y 4 respecto a los puntos 1, 2 y 5, nos da unos resultados anómalos y fue eliminada. Por consiguiente, sus valores se descartan para el promedio final.
- Se observa para el tenedor de bioplástico de trigo, un valor promedio del ángulo de contacto de 104.33° y es considerado hidrofóbico.

TABLA LVII

FICHA TÉCNICA ENSAYO DE HIDROFOBICIDAD EN CUCHARAS DE BIOPLÁSTICO DE TRIGO

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO **FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA** **CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**	
Informes de resultados	
Ensayos de dureza	**Denominación: EH-08**
	N.º 8
Realizado por:	Araujo Kevin – Reinoso Joel
Proyecto de tesis:	ANÁLISIS DE PROPIEDADES MECÁNICAS A UTENSILIOS BIODEGRADABLES
Dirección:	UTA-FAC. ING. CIVIL Y MECÁNICA. CARERA DE MECÁNICA
Tipo de material:	Bioplástico de Almidón de Trigo
Material:	Cuchara de Bioplástico de Almidón de Trigo
Fecha de fabricación:	2024-12
Fecha de ensayo:	02-diciembre-2024
Equipo utilizado:	Computadora

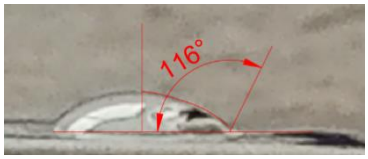
Número de la muestra	**1**
Designación del material	CBPAT-01
Características del material	Cuchara
Medición #1 de Ángulo de contacto (°)	116°
Medición #2 de Ángulo de contacto (°)	93°
Medición #3 de Ángulo de contacto (°)	109°
Medición #4 de Ángulo de contacto (°)	84°
Medición #5 de Ángulo de contacto (°)	114°
Observaciones:	- Se realizo 5 mediciones de la muestra, las cuales se obtuvieron realizándolas en las partes externas y centrales de la cuchara. - CBPAT = Cuchara de Bioplástico de Almidón de Trigo.

Prob.	**Designación**	**Tipo de material**	**Fecha de ensayo**
1	CBPAT-01	Bioplástico de Almidón de Trigo	02/12/2024

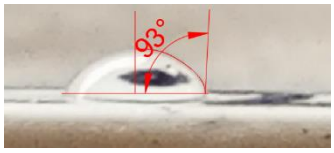


Mediciones:

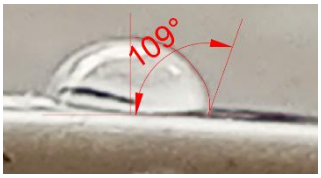
Punto 1:



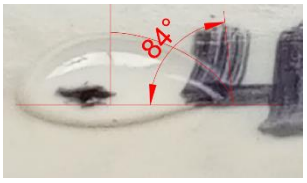
Punto 2:



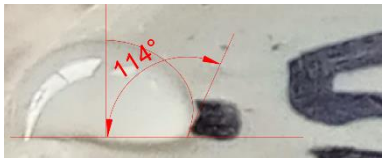
Punto 3:



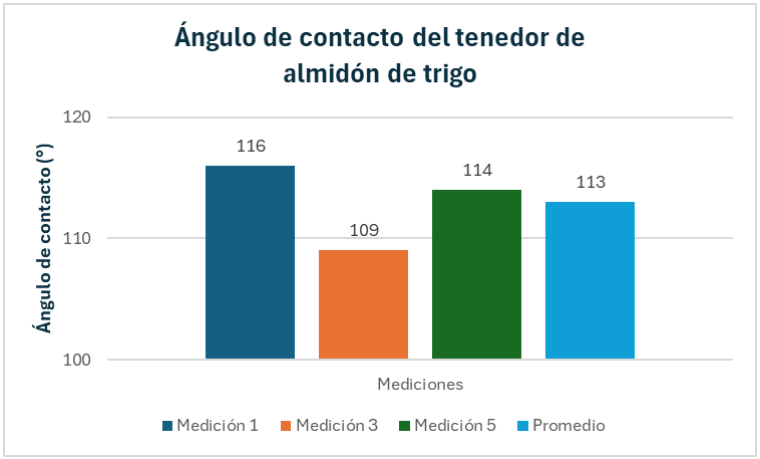
Punto 4:



Punto 5:



Gráfica:



Observaciones

- Los puntos 2 y 4 respecto a los puntos 1, 3 y 5, nos da unos resultados anómalos y fue eliminada. Por consiguiente, sus valores se descartan para el promedio final.
- Se observa para la cuchara de bioplástico de almidón de trigo, un valor promedio del ángulo de contacto de 113° y es considerado hidrofóbico.

3.2.9 Encuesta sobre el diseño y rendimiento de la cuchara y tenedor biodegradable.

Se realizó una encuesta cualitativa sobre las características estéticas del producto obtenido, por ejemplo, peso, diseño, comodidad, etc., además, se hizo pruebas en diferentes alimentos para ver su rendimiento respecto a los utensilios de plástico.

3.2.10.1 Encuesta sobre el diseño y rendimiento de la cuchara.

En la tabla LVIII, se muestra la encuesta que se realizó sobre el rendimiento de la cuchara sobre diferentes alimentos.

TABLA LVIII

ENCUESTA SOBRE EL DISEÑO Y RENDIMIENTO DE LA CUCHARA

¿Qué tan efectiva fue la cuchara de bioplástico de trigo para recoger alimentos líquidos como sopas y salsas?					
Efectiva	**x**	Poco efectivo		Sin efectividad	
¿Qué tan efectiva es la cuchara de bioplástico de trigo para recoger alimentos sólidos como arroz, frutas, gelatinas, helados?					
Efectiva	**x**	Poco efectivo		Sin efectividad	
¿La cuchara de bioplástico de trigo se deforma o se rompe durante el uso?					
Si		No	**x**	No, estoy seguro	
¿La cuchara de bioplástico de trigo fue diseñado para ser ergonómico y fácil de usar?					
Si	**x**	No		No, estoy seguro	
¿El diseño de la cuchara de bioplástico de trigo facilitó el recoger los alimentos?					
Si	**x**	No		No, estoy seguro	
¿Existió algún problema de resistencia al utilizar la cuchara de plástico para recoger alimentos?					
Si		No	**x**	No, estoy seguro	
Observaciones: Al momento de realizar las pruebas de funcionamiento y rendimiento de las cucharas de bioplástico de trigo y cucharas de plástico, donde se observó que para las cucharas de bioplástico se necesitó menos fuerza al momento de recoger alimentos respecto a las cucharas de plástico.					

3.2.10.2 Anexos de pruebas de funcionamiento de la cuchara sobre diferentes alimentos



Fig. 55. Pruebas de funcionamiento de la cuchara sobre diferentes alimentos.

3.2.10.3 Encuesta sobre el diseño y rendimiento del tenedor.

En la tabla LIX, se muestra la encuesta que se realizó sobre el rendimiento del tenedor sobre diferentes alimentos.

TABLA LIX

ENCUESTA SOBRE EL DISEÑO Y RENDIMIENTO DEL TENEDOR

¿Qué tan efectivo fue el tenedor de bioplástico de trigo para perforar alimentos blandos como pasta?					
Efectiva	x	Poco efectivo		Sin efectividad	
¿Qué tan efectivo es el tenedor de bioplástico de trigo para recoger alimentos duros como carne, frutas, quesos?					
Efectiva	x	Poco efectivo		Sin efectividad	
¿ El tenedor de bioplástico de trigo se deforma o se rompe durante el uso?					
Si		No	x	No, estoy seguro	
¿El tenedor de bioplástico de trigo fue diseñado para ser ergonómico y fácil de usar?					
Si	x	No		No, estoy seguro	
¿El diseño del tenedor de bioplástico de trigo facilitó el recoger los alimentos?					
Si	x	No		No, estoy seguro	
¿Existió algún problema de resistencia al utilizar el tenedor de plástico para recoger alimentos?					
Si		No	x	No, estoy seguro	
Observaciones: Al momento de realizar las pruebas de funcionamiento y rendimiento de los tenedores de bioplástico de trigo y tenedores de plástico, donde se observó que para los tenedores de bioplástico se necesitó menos fuerza al momento de recoger alimentos respecto a los tenedores de plástico.					

3.2.10.4 Anexos de pruebas de funcionamiento del tenedor sobre diferentes alimentos.



Fig. 56. Pruebas de funcionamiento del tenedor sobre diferentes alimentos.

3.2.11 Comparación de los resultados obtenidos.

A continuación, se elaboró tablas y graficas comparativas respecto a las cucharas y tenedores de la marca Ecogreen, de plástico y finalmente de los materiales utilizados en el presente trabajo experimental, el bioplástico de trigo y maíz.

3.2.11.1 Comparación de los resultados de los ensayos de flexión.

En la Tabla LX y Figura 57 se muestra los resultados promedios obtenidos en el ensayo de flexión de los tenedores y se comparó las propiedades mecánicas de cada una de ellas.

TABLA LX

COMPARACIÓN DEL ENSAYO DE FLEXIÓN EN TENEDORES

Producto	Flecha máxima [mm]	Esfuerzo máximo [MPa]
Tenedor de bioplástico de almidón de maíz	17,25	83,69
Tenedor plástico	9,19	69,85
Tenedor de bioplástico de maíz	3,88	5,61
Tenedor de bioplástico de trigo	4,85	68,61

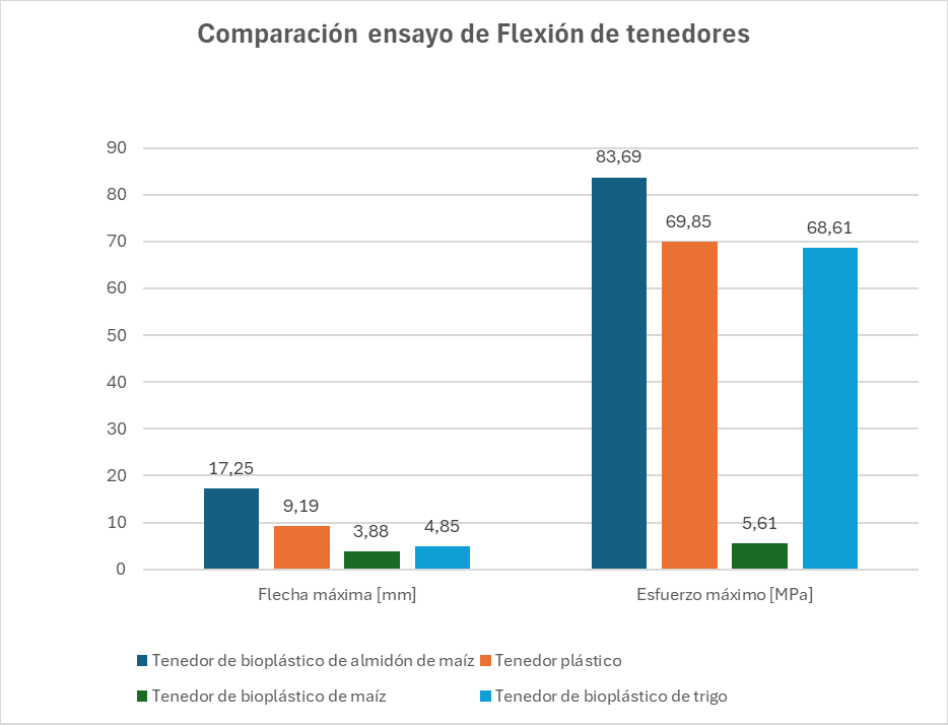


Fig. 57. Comparación del ensayo de flexión de los tenedores.

En la Figura 57 se observa que el material que mejor flecha y esfuerzo máximos que presenta es del Tenedor de bioplástico de almidón de maíz de la marca Ecogreen con un resultado de 17.25 mm y 83.69 MPa respectivamente, seguido del Tenedor plástico con un valor de 9.19 mm y 69.85 MPa, continuado del tenedor bioplástico de trigo con un resultado de 6.65 mm y 117.87 MPa y finalmente del Tenedor bioplástico de maíz con un valor de 3.88 mm y 5.61 MPa.

En la Tabla LXI y Figura 58 se muestra los resultados promedios obtenidos en el ensayo de flexión de las cucharas y se comparó las propiedades mecánicas de cada una de ellas.

TABLA LXI

COMPARACIÓN DEL ENSAYO DE FLEXIÓN EN CUCHARAS.

Producto	**Flecha máxima [mm]**	**Esfuerzo máximo [MPa]**
Cuchara de bioplástico de almidón de maíz	12,41	35,18
Cuchara plástica	9,65	27,47
Cuchara de bioplástico de maíz	5,41	6,58
Cuchara de bioplástico de trigo	6,65	117,87

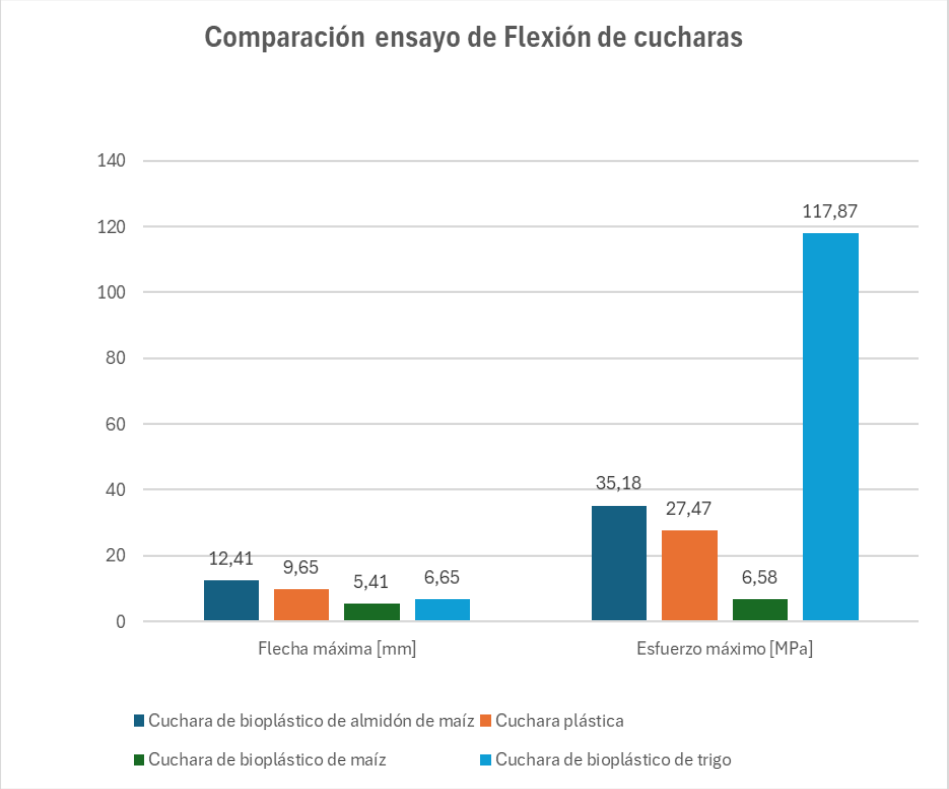


Fig. 58. Comparación del ensayo de flexión de las cucharas.

En la Figura 58 se observa que el material que mejor flecha y esfuerzo máximos que presenta es la cuchara de bioplástico de almidón de maíz de la marca Ecogreen con un resultado de 12.41 mm y 35.18 MPa respectivamente, seguido de la cuchara plástico con un valor de 9.65 mm y 27.47 MPa, continuado de la cuchara bioplástico de maíz con un valor de 5.41 mm y 6.58 MPa y finalmente el Bioplásticos de trigo con un resultado 6.65 mm y 117.87 MPa.

3.2.11.2 Comparación de los resultados de los ensayos de tracción.

En la Tabla LXII y Figura 59 se muestra los resultados promedios obtenidos en el ensayo de tracción de los tenedores y se comparó las propiedades mecánicas de cada una de ellas.

TABLA LXII

COMPARACIÓN DEL ENSAYO DE TRACCIÓN EN TENEDORES

Producto	Módulo de elasticidad [MPa]	Esfuerzo máximo [MPa]
Tenedor de bioplástico de almidón de maíz	206,3	23,51
Tenedor plástico	401,77	25,48
Tenedor de bioplástico de maíz	178,9	1,72
Tenedor de bioplástico de trigo	54,52	8,61

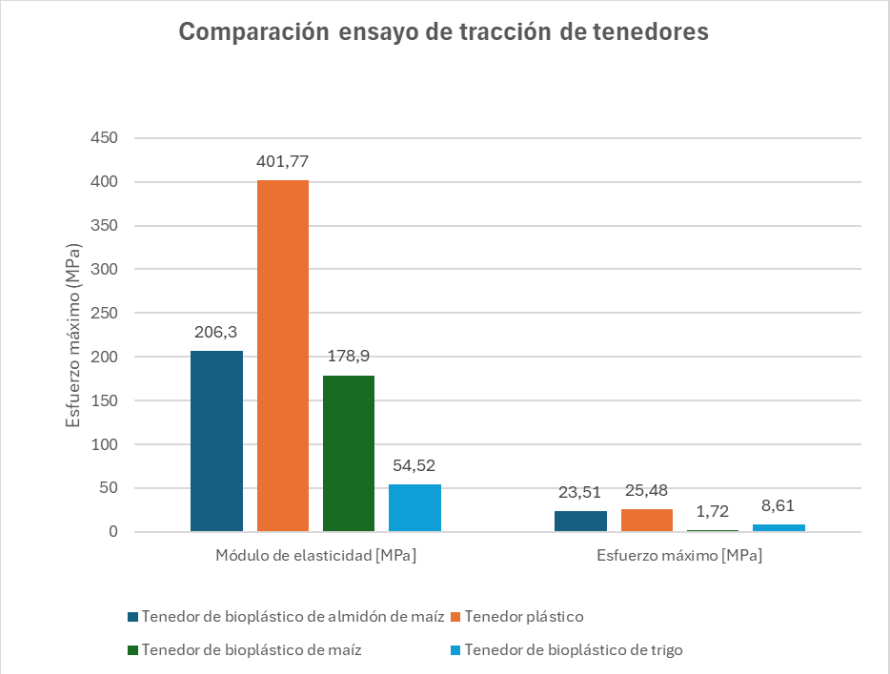


Fig. 59. Comparación del ensayo de tracción de los tenedores.

En la Figura 59 se observa que el material que mejor módulo de elasticidad y esfuerzo máximos que presenta es el Tenedor bioplástico de la marca Ecogreen con un resultado de 401.77 MPa y 25.48 MPa respectivamente, seguido del Tenedor de bioplástico de almidón de maíz de la marca Ecogreen con un valor de 206.30 MPa y 23.61 MPa, continuado del Tenedor bioplástico de maíz con un valor de 178.90 MPa y 1.72 MPa y finalmente el Bioplásticos de trigo con un resultado 54.52 MPa y 8.61 MPa.

En la Tabla LXIII y Figura 60 se muestra los resultados promedios obtenidos en el ensayo de tracción de las cucharas y se comparó las propiedades mecánicas de cada una de ellas.

TABLA LXIII

COMPARACIÓN DEL ENSAYO DE TRACCIÓN EN CUCHARAS

Producto	**Modulo de elasticidad [MPa]**	**Esfuerzo máximo [MPa]**
Cuchara de bioplástico de almidón de maíz	144,87	20,61
Cuchara plástica	241,73	20,05
Cuchara de bioplástico de maíz	281,06	2,9
Cuchara de bioplástico de trigo	89,04	10,06

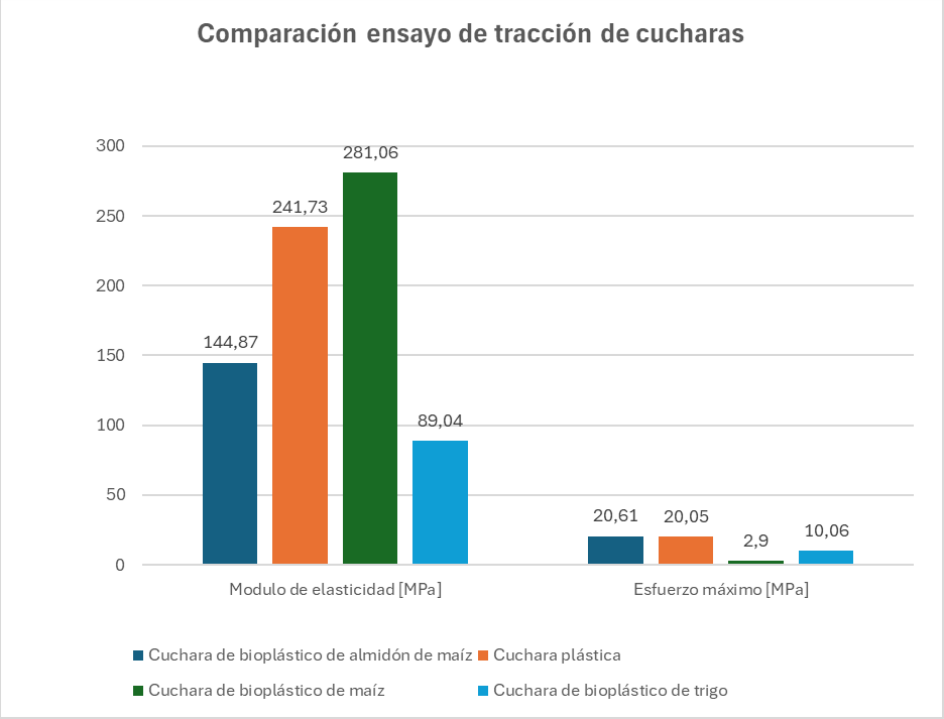


Fig. 60. Comparación del ensayo de tracción de las cucharas.

En la Figura 60 se observa que el material que mejor módulo de elasticidad y esfuerzo máximos que presenta es la cuchara bioplástica de maíz con un resultado de 281.06 MPa, pero con un bajo esfuerzo de 2.9 MPa respectivamente, seguido de la cuchara plástica con un valor de 241.73 MPa y 20.05 MPa, continuado de la cuchara bioplástico de la marca Ecogreen con un valor de 144.87 MPa y 20.61 MPa y finalmente el Bioplásticos de trigo con un resultado 89.04 MPa y 10.06 MPa

3.2.11.3 Comparación de los resultados de los ensayos de dureza.

En la Tabla LXIV y Figura 61 se muestra los resultados promedios obtenidos en el ensayo de dureza de los tenedores y se comparó las propiedades mecánicas de cada una de ellas.

TABLA LXIV

COMPARACIÓN DEL ENSAYO DE DUREZA EN TENEDORES.

Producto	Promedios
Tenedor de bioplástico de almidón de maíz	71,67
Tenedor plástico	51,17
Tenedor de bioplástico de maíz	69,5
Tenedor de bioplástico de trigo	80,5

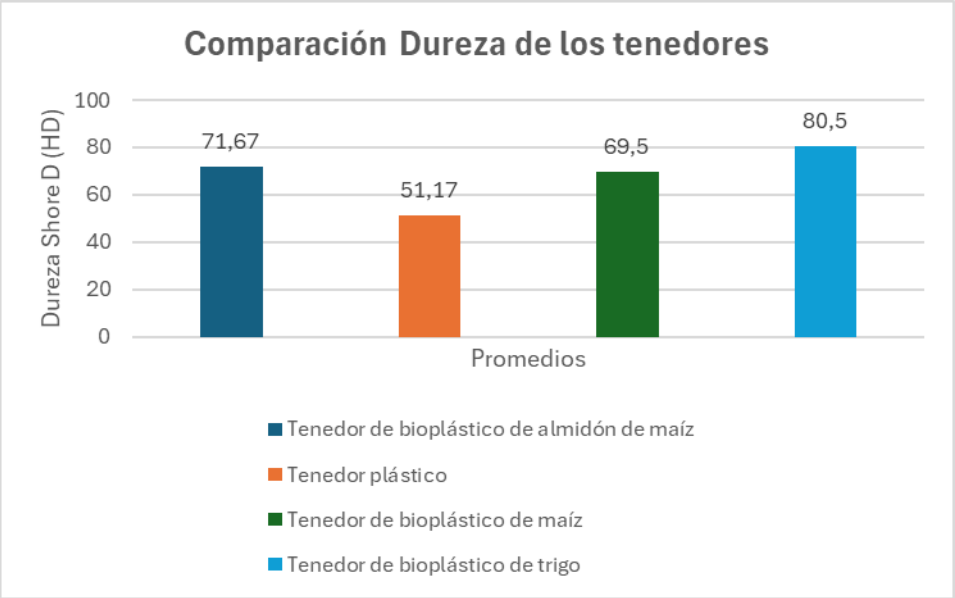


Fig. 61. Comparación del ensayo de dureza de los tenedores.

En la Figura 61 se observa que el material con mejor dureza que presenta es el Tenedor de bioplástico de trigo con un resultado de 80.5 HD, seguido del Tenedor bioplástico de maíz de la marca Ecogreen con un valor de 71.67 HD, continuado del Tenedor bioplástico de maíz con un valor de 69.5 HD y finalmente del tenedor plástico con un resultado de 51.17 HD.

En la Tabla LXV y Figura 62 se muestra los resultados promedios obtenidos en el ensayo de dureza de las cucharas y se comparó las propiedades mecánicas de cada una de ellas.

TABLA LXV

COMPARACIÓN DEL ENSAYO DE DUREZA EN CUCHARAS

Producto	Promedios
Cuchara de bioplástico de almidón de maíz	51,17
Cuchara plástica	43,83
Cuchara de bioplástico de maíz	58,25
Cuchara de bioplástico de trigo	84,75

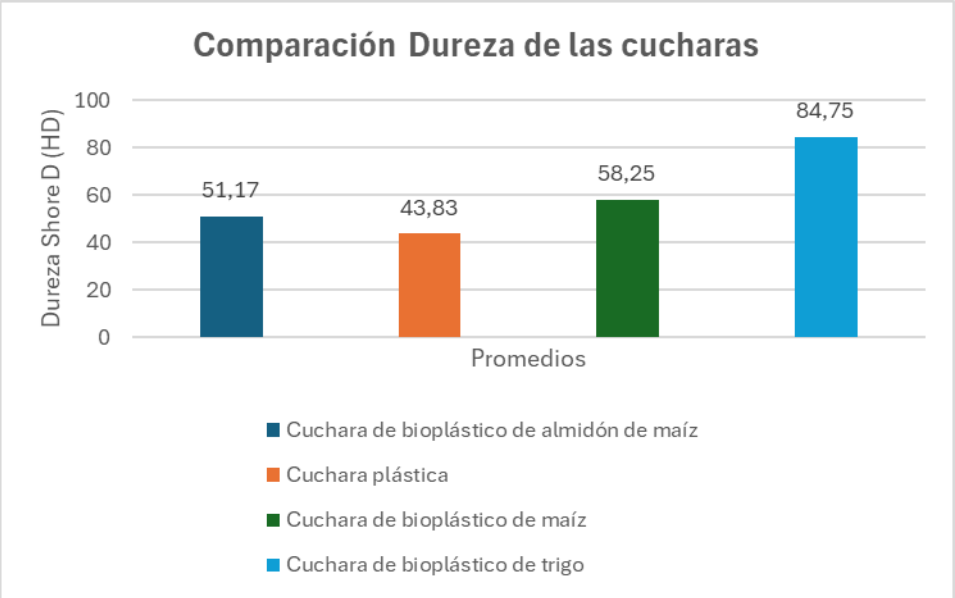


Fig. 62. Comparación del ensayo de dureza de las cucharas.

En la Figura 62 se observa que el material con mejor dureza que presenta es la cuchara de bioplástico de trigo con un resultado de 84.75 HD, seguido de la cuchara bioplástico de maíz con un valor de 58.25 HD, continuado de la cuchara bioplástico de maíz de la

marca Ecogreen con un valor de 51.17 HD y finalmente de la cuchara plástica con un resultado de 43.83 HD.

3.2.11.4 Comparación de los resultados de los ensayos de hidrofobicidad.

En la Tabla LXVI y Figura 63 se muestra los resultados promedios obtenidos en el ensayo de hidrofobicidad de los tenedores y se comparó las propiedades mecánicas de cada una de ellas.

TABLA LXVI

COMPARACIÓN DEL ENSAYO DE HIDROFOBICIDAD EN TENEDORES

Producto	Promedios
Tenedor de bioplástico de almidón de maíz	87,33
Tenedor plástico	94,67
Tenedor de bioplástico de maíz	92,67
Tenedor de bioplástico de trigo	104,33

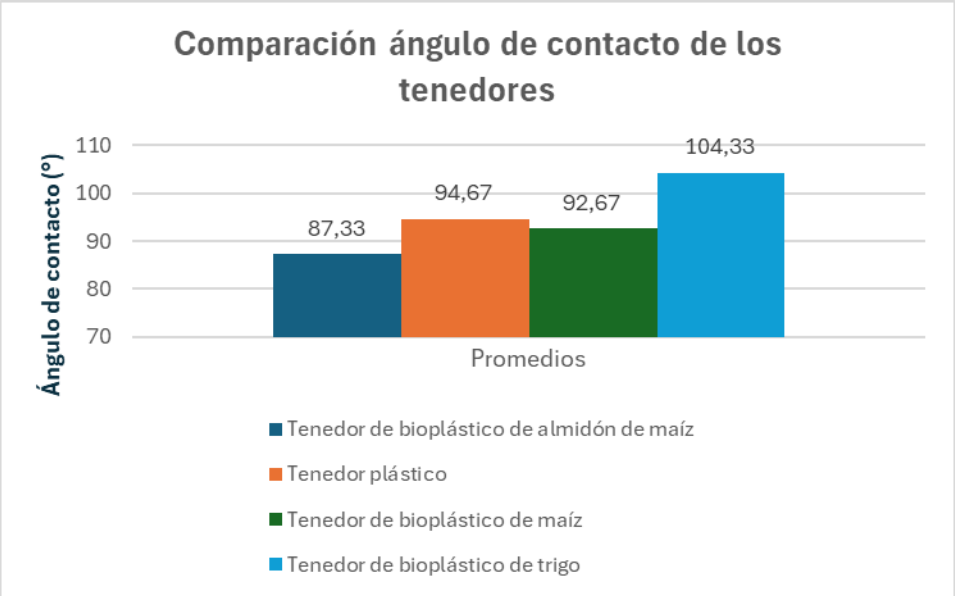


Fig. 63. Comparación del ensayo de hidrofobicidad de los tenedores.

En la Figura 65 se observa que el material que mejor hidrofobicidad que presenta es el Tenedor bioplástico de trigo con un resultado de 104.33° y se considera hidrofóbico, seguido del Tenedor plástico con un valor de 94.67° y se considera hidrofóbico, continuado del Tenedor bioplástico de maíz con un valor de 92.67° y se considera hidrofóbico y finalmente el tenedor bioplástico de almidón de maíz de la marca

Ecogreen con un resultado de 87.33° y se considera hidrofílico.

En la Tabla LXVII y Figura 64 se muestra los resultados promedios obtenidos en el ensayo de hidrofobicidad de las cucharas y se comparó las propiedades mecánicas de cada una de ellas.

TABLA LXVII

COMPARACIÓN DEL ENSAYO DE HIDROFOBICIDAD EN CUCHARAS

Producto	Promedios
Cuchara de bioplástico de almidón de maíz	103,33
Cuchara plástica	106
Cuchara de bioplástico de maíz	110
Cuchara de bioplástico de trigo	113

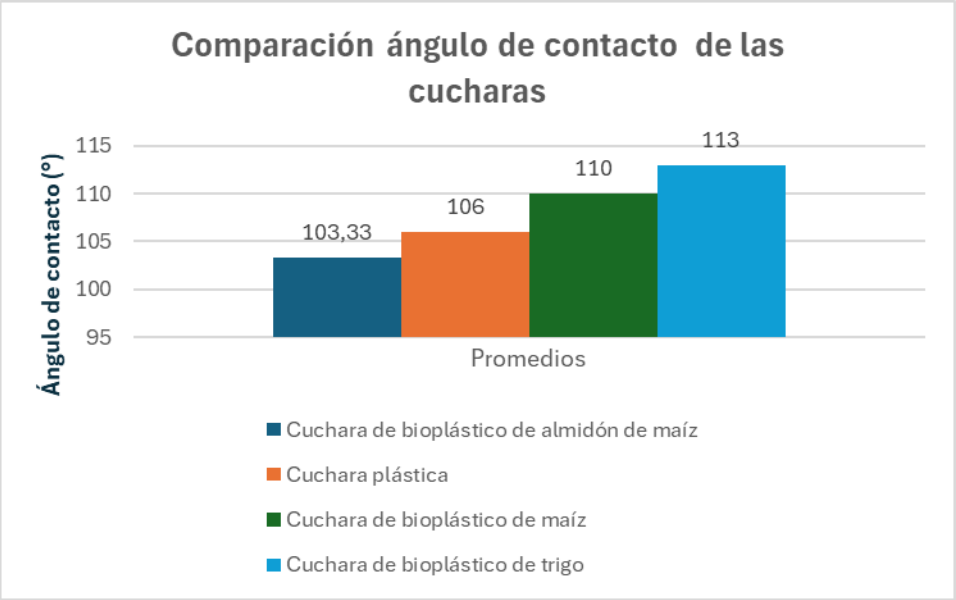


Fig. 64. Comparación del ensayo de hidrofobicidad de las cucharas.

En la Figura 64 se observa que el material que mejor hidrofobicidad que presenta es la cuchara de bioplástico de trigo con un resultado de 113° y se considera hidrofóbico, seguido del Tenedor bioplástico de maíz con un valor de 110° y se considera hidrofóbico, continuado del Tenedor plástico con un valor de 106° y se considera hidrofóbico y finalmente el tenedor bioplástico de almidón de maíz de la marca Ecogreen con un resultado de 103.33° y se considera hidrofóbico.

3.2.11.5 Comparación de los pesos de tenedores y cucharas biodegradables y plásticas.

En la Tabla LXVIII y Figura 65 se muestra los resultados de los pesos obtenidos en los tenedores.

TABLA LXVIII

COMPARACIÓN DE LOS PESOS DE LOS TENEDORES

Producto	Peso [gr]
Tenedor de bioplástico de almidón de maíz	4
Tenedor plástico	2
Tenedor de bioplástico de maíz	4,5
Tenedor de bioplástico de trigo	4

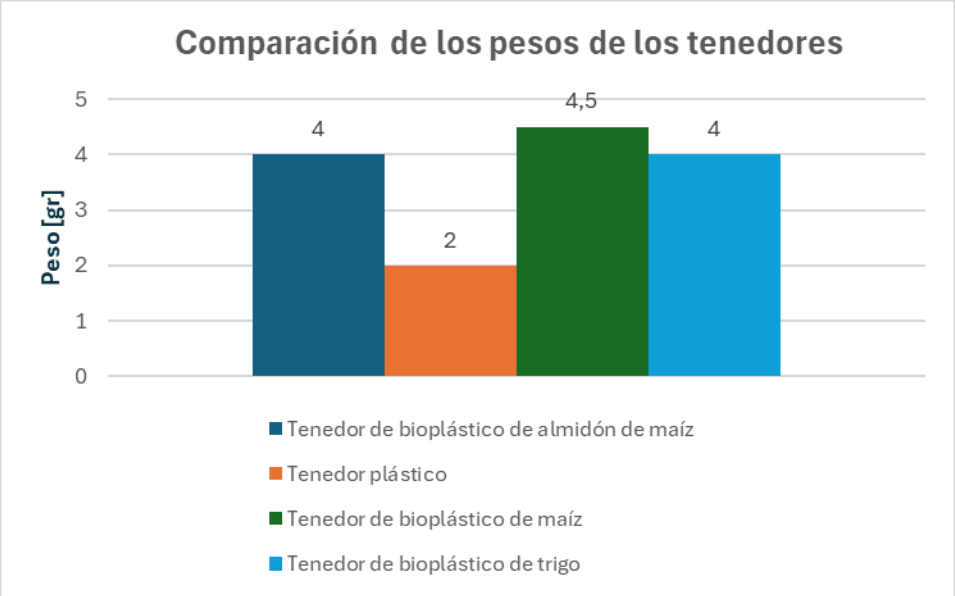


Fig. 65. Comparación de los pesos de los tenedores.

En la Figura 65 se observa que el material que menor peso presenta es el Tenedor plástico con un resultado de 2 gramos, seguido del Tenedor bioplástico de almidón de maíz de la marca Ecogreen con un valor de 4 gramos, igualado del Tenedor bioplástico de trigo con un valor de 4 gramos y finalmente el tenedor bioplástico de maíz con un resultado de 4.5 gramos.

En la Tabla LXIX y Figura 66 se muestra los resultados de los pesos obtenidos en las cucharas.

TABLA LXIX

COMPARACIÓN DE LOS PESOS DE LAS CUCHARAS

Producto	Peso [gr]
Cuchara de bioplástico de almidón de maíz	5
Cuchara plástica	3
Cuchara de bioplástico de maíz	6
Cuchara de bioplástico de trigo	5

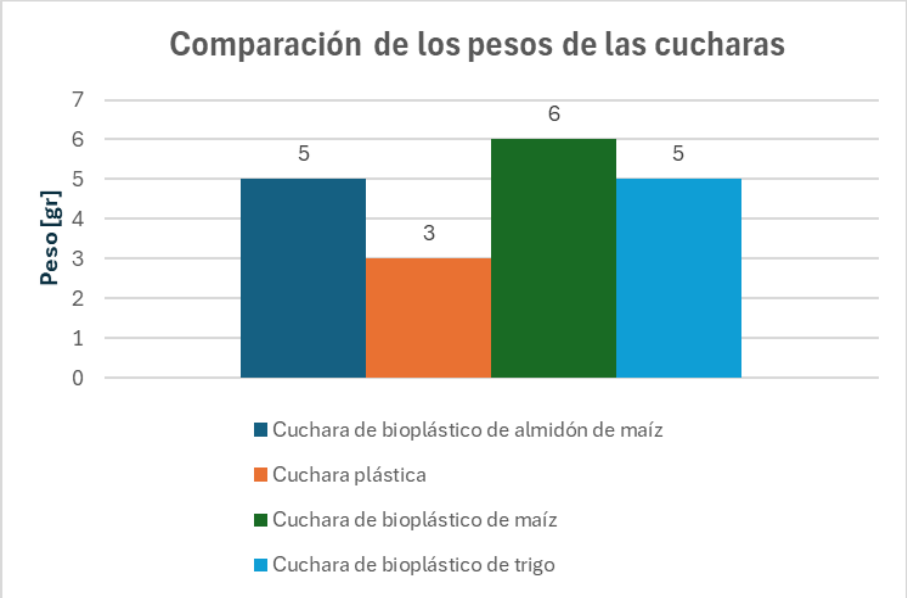


Fig. 66. Comparación de los pesos de las cucharas.

En la Figura 66 se observa que el material que menor peso presenta es la cuchara plástica con un resultado de 3 gramos, seguido de la cuchara bioplástico de almidón de maíz de la marca Ecogreen con un valor de 5 gramos, igualado de la cuchara bioplástico de trigo con un valor de 5 gramos y finalmente el tenedor bioplástico de maíz con un resultado de 6 gramos.

3.2.12 Recursos financieros para el análisis de propiedades mecánicas de utensilios biodegradables

3.2.12.1 Costos directos

En este punto se realiza los costos directos en relación con la elaboración y adquisición de los materiales biodegradables, se tiene en cuenta como un punto importante el material bioplástico, gastos de fabricación, la mano de obra especializada y envíos.

Dichos costos pueden variar por las inconsistencias de los precios en el mercado local.

TABLA LXX

COSTOS DE LOS MATERIALES

Material	**Cantidad**	**Costo unitario ($ USD)**	**Costo total ($ USD)**
Matriz			
Aleación de aluminio 7075 (220x 190x40) mm	2	90	180
Materia prima			
Bioplástico almidón de trigo	35	0,50	17,50
Bioplástico almidón de maíz	40	0,30	12
Tenedores de polipropileno	100	0,0080	0,80
Cucharas de polipropileno	100	0,0075	0,75
Tenedores de almidón de maíz	20	0,12	2,30
Cucharas de almidón de maíz	20	0,12	2,30
Adicionales			
Guaipe	10	0,25	2,50
Alcohol	1	3,85	3,85
Aceite desmoldante	1	10	10
Resistencia térmica	2	24	48
Balanza digital	1	13	13

Material	**Cantidad**	**Costo unitario ($ USD)**	**Costo total ($ USD)**
Total ($ USD)			293

3.2.12.2 Costos transporte

En este punto se considera los gastos que implican en la movilización para adquirir el material bioplástico, los ensayos pertinentes a las probetas y personas.

TABLA LXXI

COSTOS DE TRANSPORTE Y ENVÍOS

Descripción	**Costo total ($ USD)**
Transporte de Ambato - Quito	25
Transporte de Ambato – Riobamba	40
Total ($ USD)	65

3.2.12.3 Costos de mano de obra

El cálculo del costo de mano de obra se basa en el tiempo empleado en los diseños y simulaciones, considerando un valor total de 425$. Este valor se tiene en cuenta en base a las tarifas de diseños y simulaciones por expertos.

3.2.12.4 Costos de los ensayos

Los costos de ensayos son un punto muy importante para la fabricación de tenedor y cuchara biodegradables de almidón de maíz y de trigo. Se evalúa la resistencia y la durabilidad del material mediante la realización de pruebas donde se trata de garantizar que cumplan con los estándares de seguridad y calidad. En estos costos influye los equipos especializados, el técnico especializado para realizar los ensayos.

TABLA LXXII

COSTOS DE LOS ENSAYOS FLEXIÓN, TRACCIÓN Y DUREZA

Descripción	**N. º de Ensayos**	**Costo Unitario ($ USD)**	**Costo Total ($ USD)**
Ensayos de flexión	30	10	300
Ensayos de tracción	30	10	300
Ensayos de dureza	32	2,5	80
Total ($ USD)	680		

3.2.12.5 Costos totales

El costo total es muy importante donde consiste en la suma de los costos mencionados anteriormente, donde a esto se le agrega un incremento del 10% del total para contemplar posibles inconvenientes o fluctuaciones que se pueden presentar en los costos que puedan surgir.

TABLA LXXIII

COSTOS TOTALES

Descripción	**Costo ($ USD)**
Costos directos	293
Transporte y envío	65
Ensayos	680
Costo del diseño	425
Subtotal	1463
10% Adicionales	146,3
Total ($ USD)	**1609,3**

3.2.13 Validación de la hipótesis

Después de realizar los ensayos correspondientes al material biodegradable, para responder y verificar la hipótesis planteada se utilizó la prueba chi cuadrado. Por lo tanto, se evaluó el enunciado propuesto para el proyecto de titulación si cumple o no.

Hipótesis

Los utensilios (cucharas y tenedores) fabricados con materiales biodegradables, tienen propiedades mecánicas adecuadas y de hidrofobicidad, comparables a los utensilios tradicionales de plástico.

VARIABLES

- **Variable Independiente:**
  Los utensilios (cucharas y tenedores) fabricados con materiales biodegradables.
- **Variables Dependientes: ´**
  Propiedades mecánicas adecuadas y de hidrofobicidad comparables a los utensilios tradicionales de plástico.

HIPÓTESIS NULA Ho

Los utensilios biodegradables no tienen propiedades mecánicas adecuadas ni de hidrofobicidad, comparables a los utensilios tradicionales de plástico.

HIPÓTESIS ALTERNATIVA Ha

Los utensilios biodegradables tienen propiedades mecánicas adecuadas y de hidrofobicidad, comparables a los utensilios tradicionales de plástico.

3.2.13.1 Computo del chi cuadrado

Para calcular X^2, debemos implementar tablas con variables significativas realizadas en los ensayos correspondientes. Desde la Tabla LXXIV hasta la Tabla LXXXI se

puede observar las variables que nos va a ayudar a calcular el chi cuadrado y asi responder la hipótesis planteada. Cada tabla esta con el número de probetas utilizadas y también con sus promedios finales, estos promedios nos ayudan a realizar la tabla general de variables.

TABLA LXXIV

ESFUERZO MÁXIMO DE FLEXIÓN EN CUCHARAS

N°	**Probetas**	**Esfuerzo máximo flexión [MPa]**
1	6	99,53
2	8	142,52
3	10	111,55
	Promedio	117,87

TABLA LXXV

ESFUERZO MÁXIMO DE FLEXIÓN EN TENEDORES

N°	**Probetas**	**Esfuerzo máximo flexión [MPa]**
1	1	78,2
2	3	68,23
3	5	59,39
	Promedio	68,61

TABLA LXXVI

ESFUERZO MÁXIMO DE TRACCIÓN EN CUCHARAS

N°	**Probetas**	**Esfuerzo máximo tracción [MPa]**
1	7	11,2
2	9	9,7
3	10	9,27
	Promedio	10,06

TABLA LXXVII

ESFUERZO MÁXIMO DE TRACCIÓN EN TENEDORES

N°	Probetas	Esfuerzo máximo tracción [MPa]
1	1	8,55
2	2	7,62
3	4	9,65
	Promedio	8,61

TABLA LXXVIII

DUREZA EN TENEDORES

N°	Probetas	Dureza [HD]
1	1	81
2	2	88
3	3	80
	Promedio	83,00

TABLA LXXIX

DUREZA EN CUCHARAS

N°	Probetas	Dureza [HD]
1	1	83,5
2	2	86
3	3	74,5
	Promedio	81,33

TABLA LXXX

HIDROFOBICIDAD EN TENEDORES

N°	Probetas	Hidrofobicidad [°]
1	1	101
2	2	109
3	5	103
	Promedio	104,33

TABLA LXXXI

HIDROFOBICIDAD EN CUCHARAS

N°	Probetas	Hidrofobicidad [°]
1	1	116
2	3	109
3	5	114
	Promedio	113,00

A continuación, se elabora una tabla general y se puede observar en la Tabla LXXXII. Esta tabla general abarca los promedios de cada una de las tablas ya mencionadas anteriormente. Además, en dicha tabla se realiza una suma general de filas y columnas.

TABLA LXXXII

TABLA GENERAL DE DATOS

	Esfuerzo máximo flexión [MPa]	Esfuerzo máximo tracción [MPa]	Dureza [HD]	Hidrofobicidad [°]	TOTAL COLUMNA
Tenedor	68,61	8,61	83,00	104,33	264,55
Cuchara	117,87	10,06	81	113	322,26
TOTAL FILA	186,47	18,66	164,33	217,33	586,80

$$f_t = \frac{TC - TF}{ST} \quad (1)$$

Donde:

$f_t \rightarrow Frecuencia\ teórica\ esperada$

$TC \rightarrow Total\ columna$

$TF \rightarrow Total\ fila$

$ST \rightarrow Suma\ total$

Según la ecuación 1, en la Tabla LXXXIII se muestran los resultados del cálculo de las frecuencias esperadas (*fe).*

TABLA LXXXIII

RESULTADOS DE LA FRECUENCIA TEÓRICA ESPERADA

	Esfuerzo máximo flexión [MPa]	**Esfuerzo máximo tracción [MPa]**	**Dureza [HD]**	**Hidrofobicidad [°]**
Tenedor	84,07	8,41	74,09	97,98
Cuchara	102,41	10,25	90,25	119,35

Chi cuadrado calculado

Posteriormente, calculamos el chi cuadrado calculado:

$$X^2{}_{cal} = \sum \frac{(f - f_t)^2}{f_t} \quad (2)$$

Donde:

$X^2{}_{cal} \rightarrow Chi\ cuadrado\ calculado$

$f \rightarrow frecuencia$

$f_t \rightarrow Frecuencia\ teórica\ esperada$

Para calcular el chi cuadrado calculado vamos a utilizar la ecuación 2, estos datos los reemplazamos tanto de la Tabla 82 para la frecuencia y para la frecuencia teórica esperada de la Tabla 83.

$$X^2{}_{cal} = \frac{(68.61 - 84.07)^2}{84.07} + \frac{(8.61 - 8.41)^2}{8.41} + \frac{(83 - 74.09)^2}{74.09} + \frac{(104.33 - 93.98)^2}{93.98} + \frac{(117.87 - 102.41)^2}{102.41} + \frac{(10.06 - 10.25)^2}{10.25} + \frac{(81 - 90.25)^2}{90.25} + \frac{(113 - 119.35)^2}{119.35}$$

$$X^2{}_{cal} = 7.8887$$

Chi cuadrado crítico

Primero calculamos los grados de libertad:

$$n = (número\ de\ filas - 1) * (número\ de\ columnas - 1) \qquad (3)$$

Donde:

$n \rightarrow grados\ de\ libertad$

Para calcular los grados de libertad vamos a utilizar la ecuación 3, donde tenemos que el número de filas es de 2 y el número de columnas es de 4.

$$n = (2 - 1) * (4 - 1)$$

$$n = (1) * (3)$$

$$n = 3$$

Para poder emplear la Tabla LXXXIV, vamos a utilizar un nivel de confianza del 95%

y un nivel de significancia de 0.05.

TABLA LXXXIV

TABLA DE DISTRIBUCIÓN CHI CUADRADO

Nivel de significación Alpha	0.995	0.975	0.2	0.1	0.05	0.025	0.02
Grados de libertad							
1	0	0.001	1.642	2.706	3.841	5.024	5.412
2	0.01	0.051	3.219	4.605	5.991	7.378	7.824
3	0.072	0.216	4.642	6.251	7.815	9.348	9.837
4	0.207	0.484	5.989	7.779	9.488	11.143	11.668
5	0.412	0.831	7.289	9.236	11.07	12.833	13.388
6	0.676	1.237	8.558	10.645	12.592	14.449	15.033
7	0.989	1.69	9.803	12.017	14.067	16.013	16.622
8	1.344	2.18	11.03	13.362	15.507	17.535	18.168
9	1.735	2.7	12.242	14.684	16.919	19.023	19.679
10	2.156	3.247	13.442	15.987	18.307	20.483	21.161

El valor obtenido de Tablas para el chi cuadrado crítico es de 7.815.

Para validar la hipótesis vamos a tener las siguientes consideraciones:

$$X^2{}_{cal} > X^2{}_{cri}: Aceptamos\ Ha$$

$$X^2{}_{cal} < X^2{}_{cri}: Aceptamos\ Ho$$

Entonces:

$$7.8887 > 7.815$$

Podemos deducir que el chi cuadrado calculado es mayor que el chi cuadrado crítico, entonces se acepta la hipótesis alternativa que nos menciona lo siguiente:

Los utensilios biodegradables tienen propiedades mecánicas adecuadas y de hidrofobicidad, comparables a los utensilios tradicionales de plástico.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Basado en la búsqueda y recopilación de información bibliográfica de estudios ya realizados de los diferentes tipos de bioplásticos y plásticos tradicionales existentes, junto con sus propiedades mecánicas. Se evaluaron y compararon las propiedades mecánicas (dureza, resistencia a la flexión, resistencia a la tracción, porcentaje de elongación y biodegradabilidad) de los materiales disponibles y se seleccionó 2 materiales para elaborar las cucharas y tenedores biodegradables. Los materiales biodegradables que mejor propiedad mecánica presentaron respecto al Poliestireno (PS) y Polipropileno (PP) es el Bioplástico de trigo y el Bioplástico de maíz.
- Mediante el uso del software ANSYS, se realizaron y compararon los diferentes diseños realizados de tenedores y cucharas, se conservó el peso respecto a los utensilios biodegradables de la marca Ecogreen sin comprometer la integridad estructural. Este análisis permitió elegir el modelo 3 como la mejor opción tanto para cuchara y tenedor, la cual presenta un diseño eficaz y utilitario.
- Se llevaron a cabo 3 ensayos determinados tanto para las cucharas plásticas y bioplásticas de trigo, asi también para los tenedores. Para los tenedores plásticos en el ensayo de tracción se obtuvo valores promedios de esfuerzo a la tracción de 25.48 MPa, porcentaje de elongación de 10.80 y módulo de elasticidad de 401.77 MPa, mientras tanto se obtuvieron resultados de 8.61 MPa, 0 porcentaje de elongación y 54.52 MPa respectivamente para el tenedor bioplástico de trigo. Las cucharas plásticas en el ensayo de tracción alcanzaron resultados promedios de esfuerzo a la tracción de 20.05 MPa, porcentaje de elongación de 49.07 y módulo de elasticidad de 241.73 MPa, mientras que, para la cuchara de bioplástico de trigo se lograron valores de 10.06 MPa, 0 porcentaje de elongación y 89.04 MPa respectivamente. Además, en el ensayo de flexión se logró un esfuerzo de flexión de 69.85 MPa y 68.61 MPa,

respectivamente para el tenedor plástico y bioplástico de trigo. Para la cuchara plástica se consiguió valores de esfuerzo de flexión de 27.47 MPa y para la cuchara de bioplástico de trigo 117.87 MPa. Finalmente, el tenedor plástico presentó un valor promedio de Dureza Shore D de 51.17 HD y 80.5 HD para el tenedor de bioplástico de trigo. Para las cucharas plásticas y bioplásticas de trigo se obtuvieron resultados de 43.83 HD y 84.75 HD, respectivamente. De esta manera, los resultados obtenidos mostraron que los utensilios fabricados a base de almidón de trigo presentan características similares a los utensilios de plástico.

- En el ensayo de hidrofobicidad se observaron que los tenedores y cucharas de bioplástico presentan valores mayores a 90 grados y son hidrofóbicos, exactamente 104.99 y 113 grados, respectivamente. Mientras tanto, los tenedores y cucharas plásticas obtuvieron resultados de 94.67 y 106 grados, y también son hidrofóbicos. Por lo tanto, los tenedores y cucharas de bioplástico de trigo y los tenedores y cucharas plásticas tienen características hidrofóbicas similares.

4.2 Recomendaciones

- Elaborar tablas detalladas para recolección de datos durante el proceso de fabricación de los utensilios, como tiempo, presión, temperatura y cantidad de material utilizado. Mediante el registro y análisis de estos parámetros se podrá identificar patrones, posibles variaciones y optimizar las condiciones de producción, mejorando así la calidad, ergonomía y consistencia del producto final
- Utilizar los equipos de seguridad personal durante el proceso de fabricación ya que se trabaja con altas temperaturas como de 250°C en el proceso de termocompresión, por lo que puede ocasionar accidentes y quemaduras.
- Realizar los ensayos con maquinaria certificada y calibrada para evitar falencias en los resultados finales del producto, de esta manera se garantiza un trabajo de calidad y confiable. Además, se puede realizar una comparativa de propiedades mecánicas con otros materiales convencionales o innovadores.
- Utilizar un desmoldante apropiado para el material ya que si se usa un aceite

de cocina puede generar burbujas en el material y este afecta en la calidad del producto, además se genera desperdicio del material.

- Utilizar programas de simulación para analizar el comportamiento del material bioplástico, ya que con la variedad de herramientas del programa se puede colocar el material bajo diferentes condiciones mecánicas como torsión, flexión y cargas combinadas. De esta manera se posible identificar posibles fallas o puntos críticos, reduciendo la necesidad de pruebas físicas extensivas y acelerando el desarrollo del producto.
- Analizar una amplia variedad de materiales biodegradables con el fin de ampliar el rango de datos y mejorar la variabilidad estadística en el estudio del producto final. Esta evaluación comparativa permitirá identificar materiales con mejores propiedades mecánicas, térmicas y de biodegradabilidad, optimizando así el desempeño y la sostenibilidad de los utensilios.

.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Angamarca Yessenia and Delgado Luis, "OBTENCIÓN DE BIOPOLÍMEROS A PARTIR DE RESIDUOSDE MAÍZ (Zea mays L.)PARA LA ELABORACIÓN DE FILMS," 2022.

[2] T. D. Moshood, G. Nawanir, F. Mahmud, F. Mohamad, M. H. Ahmad, and A. AbdulGhani, "Sustainability of biodegradable plastics: New problem or solution to solve the global plastic pollution?," *Current Research in Green and Sustainable Chemistry*, vol. 5, p. 100273, Jan. 2022, doi: 10.1016/J.CRGSC.2022.100273.

[3] Cabrera Guevara Celestino, Diaz Hidrogo Yorly, Diaz Diaz Elmer, and Gamboa Alarcón Pedro Wilfredo, "Características de las bandejas biodegradables de almidón de papa (Solanum phureja) reforzadas con maíz amarillo (Zea mays L.) y tocón de espárrago blanco (Asparagus officinalis)," *Rev. Amaz. Cienc. Ambient. Ecol*, vol. 2, no. 1, 2023, doi: 10.51252/reacae.v2i1.e430.

[4] K. Dybka-Stępień, H. Antolak, M. Kmiotek, D. Piechota, and A. Koziróg, "Disposable food packaging and serving materials—trends and biodegradability," *Polymers (Basel)*, vol. 13, no. 20, Oct. 2021, doi: 10.3390/polym13203606.

[5] N. Hamidon, N. Atiqah Farhana Zamre, N. Mohamed Sunar, and H. A. Hamid, "A Study of Biodegradable Plastic Utensils from Mango Kernel," 2019. [Online]. Available: www.fazpublishing.com/jacnar

[6] S. A. Aguiar Conya, M. J. García Veloz, and S. M. Vallejo Abarca, "Diseño y elaboración de utensilios biodegradables a partir de la fibra del tallo de banano (Musa paradisiaca) como alternativa de uso para mitigar impactos ambientales causados por el plástico," *Ciencia Digital*, vol. 4, no. 1, pp. 373–384, Jan. 2020, doi: 10.33262/cienciadigital.v4i1.1118.

[7] L. Vera Eduardo, M. Escobar Najary, and M. Menéndez Mercedes, "Revista Ingeniería e Innovación Bioplásticos a partir de residuos del cacao, una alternativa para mitigar la contaminación por plástico Bioplastics from cocoa waste, an alternative to mitigate plastic pollution," *Revista Ingeniería e Innovación*, 2020, [Online]. Available: https://orcid.org/0000-0002-6035-4922

[8] J. C. Posada and E. Montes-Florez, "Revisión: materiales poliméricos biodegradables y su aplicación en diferentes sectores industriales," *Informador Técnico*, vol. 86, no. 1, Nov. 2021, doi: 10.23850/22565035.3417.

[9] J. I. Fernando López-Aguirre, J. I. Carlos Pomaquero-Yuquilema, and J. Luis López-Salazar III, "Análisis de la contaminación ambiental por plásticos en la ciudad de Riobamba Analysis of environmental pollution by plastics in the city of Riobamba Análise da poluição ambiental por plásticos na cidade de Riobamba," vol. 5, pp. 725–742, doi: 10.23857/pc.v5i12.2139.

[10] C. Iván Riofrio Álvarez, E. Carolay Maribel Oviedo Navarrete, and E. Denisse Mariel Navarro Cedeño, "IMPORTANCIA DE PRODUCTOS BIODEGRADABLES EN ECUADOR", [Online]. Available: https://www.eumed.net/rev/oel/2019/06/productos-biodegradables-ecuador.html

[11] Ernesto de Titto, Guido de Titto, and Atilio Savino, "Plásticos: un mundo en expansión que requiere atención," *Revista ISALUD*, vol. 17, pp. 46–58, 2022, Accessed: Aug. 29, 2024. [Online]. Available: https://iswalac.org/wp-

content/uploads/2022/10/Plasticos-un-mundo-en-expansion-requiere-atencion.pdf

[12] M. Buteler, D. En, and C. Ambientales, “EL PROBLEMA DEL PLÁSTICO ¿Qué es la contaminación por plástico y por Qué nos afecta a todos?,” *ISSN*, vol. 16, pp. 56–60, 2019, Accessed: Sep. 02, 2024. [Online]. Available: https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/109678/CONICET_Digital_Nro.9fbc68cb-0eb2-4000-b7f6-ac241af6e3f0_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y

[13] Sarrina-Villa Rodrigo and Gallo-Corredor José, “La gran problemática ambiental de los residuos plásticos: Microplásticos,” *Ciencia e Ingeniería*, vol. 8, pp. 21–27, 2016, Accessed: Sep. 02, 2024. [Online]. Available: https://www.labamerex.com/newsletter/news18/Microplasticos.pdf

[14] Maya Cruz Diego, “ESTUDIO Y APLICACIÓN DEL ALMIDÓN DE MAÍZ,” ESTUDIO Y APLICACIÓN DEL ALMIDÓN DE MAÍZ, Instituto Politécnico Nacional, Ciudad de México, 2017.

[15] J. G. Rosenboom, R. Langer, and G. Traverso, “Bioplastics for a circular economy,” Feb. 01, 2022, *Nature Research*. doi: 10.1038/s41578-021-00407-8.

[16] E. Rodríguez-Alba *et al.*, “La Ciencia de los Polímeros Biodegradables,” *ISSN*, vol. 10, pp. 1–15, Accessed: Sep. 06, 2024. [Online]. Available: http://repositorio.ugto.mx/bitstream/20.500.12059/6021/1/La%20Ciencia%20de%20los%20Pol%c3%admeros%20Biodegradables.pdf

[17] Ponce S. and Guerrero V., “PROPIEDADES MECÁNICAS DE COMPUESTOS BIODEGRADABLES ELABORADOS A BASE DE ÁCIDO POLILÁCTICO REFORZADOS CON FIBRAS DE ABACÁ,” *Revista EPN*, vol. 33, pp. 1–11, Jan. 2014.

[18] A. Samir, F. H. Ashour, A. A. A. Hakim, and M. Bassyouni, “Recent advances in biodegradable polymers for sustainable applications,” Dec. 01, 2022, *Nature Publishing Group*. doi: 10.1038/s41529-022-00277-7.

[19] EDWIN OLIVER SABATER, “Diseño de instrumentos ligeros, resistentes, duraderos y reciclables de base polimérica para cortar, preparar e ingerir alimentos en aplicaciones y usos comerciales,” Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, 2019. Accessed: Aug. 27, 2024. [Online]. Available: https://m.riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/125179/Oliver%20-%20Dise%C3%B1o%20de%20instrumentos%20ligeros%2C%20resistentes%2C%20duraderos%20y%20reciclables%20de%20base%20polim%C3%A9rica%20....pdf?sequence=1&isAllowed=y

[20] SillasMesas, “Tipos de cubiertos: los distintos tipos de cuchillos, cucharas y tenedores que existen,” SILLASMESAS. Accessed: Aug. 27, 2024. [Online]. Available: https://www.sillasmesas.es/blog/tipos-de-cubiertos/

[21] Utensilios desechables ecologicos - Ancheng, “La guía definitiva sobre cubiertos desechables biodegradables,” Ancheng. Accessed: Sep. 07, 2024. [Online]. Available: https://es.anchenggy.com/blog/the-ultimate-guide-to-biodegradable-disposable-cutlery.html

[22] Thegoodlife Designs - Non-Toxic Kitchenware for Healthy Families, “7 Best Biodegradable Utensils for At-Home Compost,” Thegoodlife Designs . Accessed: Sep. 07, 2024. [Online]. Available: https://thegoodlifedesigns.com/biodegradable-utensils/

[23] FindThisBest, “The 10 Best Disposable Forks of 2024 (Reviews) - FindThisBest,” FindThisBest. Accessed: Sep. 07, 2024. [Online]. Available: https://www.findthisbest.com/best-disposable-forks

[24] Green Paper Products | Sustainable & Disposable Tableware Products, “6" Compostable Fork | Bulk Pack | White,” Green Paper Product. Accessed: Sep. 07, 2024. [Online]. Available: https://greenpaperproducts.com/products/compostable-cutlery-forks-bulk-chw102

[25] Trupal Blog, “Bagazo de caña de azúcar, materia prima para la producción de empaques - Trupal Blog,” Trupal Blog. Accessed: Sep. 07, 2024. [Online]. Available: https://www.trupal.com.pe/blog/bagazo-de-cana-de-azucar-materia-prima-para-la-produccion-de-empaques-2/

[26] R. and C. S. | I. Market Research Company, “Tamaño y cuota del mercado de cubiertos biodegradables| Informe [2024-2032],” Market Research Company, Reports and Consulting Services | IMARC. Accessed: Sep. 03, 2024. [Online]. Available: https://www.imarcgroup.com/report/es/biodegradable-cutlery-market

[27] Business Research Insights | Global Market Research Report & Consulting, “Tamaño del mercado de cubiertos de plástico, tendencias de la industria, pronóstico para 2031,” Business Research Insights | Global Market Research Report & Consulting. Accessed: Sep. 03, 2024. [Online]. Available: https://www.businessresearchinsights.com/es/market-reports/plastic-cutlery-market-102144

[28] Normalización Española, “UNE-EN 1672-2:2020,” UNE. Accessed: Sep. 08, 2024. [Online]. Available: https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0065067

[29] Ministerio de Industrias y Productividad, “INEN-EN 1672-2 Maquinaria Para Procesado De Alimentos.,” VLex. Accessed: Sep. 10, 2024. [Online]. Available: https://vlex.ec/vid/17-415-nte-inen-693614005

[30] Ministerio de Industrias y Productvidad, “RTE-131,” *ServicioEcuatorianodeNormalización*, 2015.

[31] Normalización Española, “UNE-EN 13432:2001,” UNE. Accessed: Sep. 02, 2024. [Online]. Available: https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0024465

[32] ASTM, “D5628,” ASTM. Accessed: Sep. 08, 2024. [Online]. Available: https://www.astm.org/d5628-10.html

[33] ASTM, “D7624,” ASTM. Accessed: Sep. 08, 2024. [Online]. Available: https://www.astm.org/d7624-22.html

[34] ASTM, “D3039/D3039M,” ASTM. Accessed: Oct. 01, 2024. [Online]. Available: https://www.astm.org/d3039_d3039m-08.html

[35] ASTM, “D2240,” ASTM. Accessed: Oct. 01, 2024. [Online]. Available: https://www.astm.org/d2240-15r21.html

[36] Control Sanitario Ecuador, “Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria.” Accessed: Sep. 08, 2024. [Online]. Available: https://www.controlsanitario.gob.ec/arcsa-una-institucion-que-mejora-continuamente-su-servicio-de-atencion-al-usuario/

[37] Lexis S.A., “Normativa Técnica Sanitaria para los Alimentos Procesados,” *Normativa Técnica Sanitaria*, pp. 1–57, Feb. 2023, Accessed: Sep. 08, 2024. [Online]. Available: https://www.controlsanitario.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2023/07/RESOLUCION-ARCSA-DE-2022-016-AKRG_NORMATIVA-TECNICA-SANITARIA-SUSTITUTIVA-ALIMENTOS-PROCESADOS.pdf

[38] B. Ing. Hugo del Pozo, "ARCSA-DE-042-2015-GGG," *Ministerio de Salud Pública*, pp. 1–48, Jul. 2015, Accessed: Sep. 08, 2024. [Online]. Available: https://www.controlsanitario.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/08/Registro-Oficial-Res-042-BPM-Alimentos.pdf

[39] Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, "Objetivos de Desarrollo Sostenible," Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. Accessed: Oct. 01, 2024. [Online]. Available: https://www.undp.org/es/sustainable-development-goals

[40] N. Ing. Bulmaro, "¿Qué es la polimerización?," Ingeniería Química Reviews. Accessed: Sep. 08, 2024. [Online]. Available: https://www.ingenieriaquimicareviews.com/2020/11/que-es-la-polimerizacion.html#Clasificacion-de-la-polimerizacion

[41] AMARC, "Polimerización," AMARC. Accessed: Sep. 08, 2024. [Online]. Available: https://www.amarc.com/es/applicazione/polimerizacion/

[42] S. Michael, "Impacto de la temperatura en las propiedades de los polímeros," *Plastics Technology México,* Aug. 16, 2023. Accessed: Sep. 08, 2024. [Online]. Available: https://www.pt-mexico.com/columnas/los-efectos-de-la-temperatura-en-los-polmeros-

[43] INFINITIA, "Ensayo de Propiedades mecánicas de Materiales," Industrial Consulting. Accessed: Sep. 08, 2024. [Online]. Available: https://www.infinitiaresearch.com/laboratorio-ingenieria-industrial/propiedades-mecanicas/

[44] T. Manuel, "Propiedades mecánicas: Dureza," Creative Commons. Accessed: Sep. 08, 2024. [Online]. Available: https://recursos.edu.xunta.gal/sites/default/files/recurso/1464947174/22_propiedades_mecnicas.html

[45] Gustavo Angel, "Flexion mecanica," SlideShare. Accessed: Sep. 08, 2024. [Online]. Available: https://es.slideshare.net/slideshow/flexion-mecanica/14076876

[46] R. Zwick, "Ensayo de tracción de materiales," ZwickRoel. Accessed: Sep. 08, 2024. [Online]. Available: https://www.zwickroell.com/es/sectores/ensayo-de-materiales/ensayo-de-traccion/

[47] R. Zwick, "Durómetros Vickers," ZwickRoell. Accessed: Sep. 08, 2024. [Online]. Available: https://www.zwickroell.com/es/productos/equipos-de-ensayos-de-dureza/durometros-vickers/

[48] ATRIA, "Hidrofobicidad de materiales," ArtÍculo ATRIA. Accessed: Sep. 08, 2024. [Online]. Available: https://atriainnovation.com/blog/hidrofobicidad-materiales/

[49] Dabedan, "Sustancias hidrofóbicas," Dabedan. Accessed: Sep. 08, 2024. [Online]. Available: https://www.dabedan.com/sustancia-hidrofobicas-que-son-y-como-funcionan/

[50] M. Giuseppe, "Método de los elementos finitos," ESSS. Accessed: Sep. 10, 2024. [Online]. Available: https://www.esss.com/es/blog/metodo-de-los-elementos-finitos-que-es/

[51] C. Fernando and O. Christopher, "Análisis de la viga de Timoshenko mediante el MEF a partir de la variante de Galerkin," Universidad de Cuenca, Cuenca, 2022. Accessed: Sep. 10, 2024. [Online]. Available: https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/38547/6/Trabajo-de-

Titulación.pdf

[52] B. Ricardo and M. Paul, “Análisis estructural mediante el método de elementos finitos del chasis del vehículo formula SAE eléctrico,” Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, 2017. Accessed: Sep. 10, 2024. [Online]. Available: https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/15081

[53] Con Ramos Vicky Fabiola and Paye Zeballos Joaquin Andres, “ Biopolímeros biodegradables a partir de fuentes de origen vegetal: Revisión Sistemática, 2017-2022.,” ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL, Universidad César Vallejo, Lima, 2022.

ANEXOS

Anexo 1: Fichas técnicas de los ensayos de flexión

INFORME DE RESULTADOS

ENSAYO DE FLEXIÓN

Denominación: RG -20 - 01

Nº 1

SOLICITADO POR:	Kevin Araujo - Joel Reinoso
PROYECTO DE TESIS:	"ANÁLISIS DE PROPIEDADES MECÁNICAS A UTENSILLOS BIODEGRADABLES"
DIRECCION:	UTA - FAC. ING. CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE ING MECÁNICA
TIPO DE MATERIAL:	PLÁSTICO BIODEGRADABLE DE ALMIDÓN DE MAÍZ
MATERIAL:	TENEDOR BIODEGRADABLE DE ALMIDÓN DE MAÍZ
FECHA DE FABRICACIÓN:	2024 - 10
NORMA UTILIZADA:	ASTM D7264/D7264M - 21
FECHA DE ENSAYO:	15-oct-24

EQUIPO UTILIZADO: MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B
MARCA: JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO. , LTD
SERIE: 7136 **CERTIFICADO:** LNM-F-2016500064D **CÓD IDENT:** M1

NÚMERO DE LA MUESTRA	1	2	3	4	5
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	Te-E-01	Te-E-02	Te-E-03	Te-E-04	Te-E-05
CARACTERÍSTICA	TENEDOR	TENEDOR	TENEDOR	TENEDOR	TENEDOR
ESPESOR [mm]	2,56	2,56	2,56	2,56	2,56
ANCHURA [mm]	4,95	4,95	4,95	4,95	4,95
SECCION TRANSVERSAL [mm^2]	12,67	12,67	12,67	12,67	12,67
MOD. APARENTE DE ELASTIC. [MPa]	2,499,E+03	1,683,E+04	2,413,E+04	1,362,E+04	1,958,E+04
CARGA MAXIMA [N]	17,25	17,23	17,26	17,31	17,01
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	83,70	83,61	83,75	84,03	82,56
FLECHA MÁXIMA [mm]	11,27	10,68	12,19	10,74	11,82

OBSERVACIONES: Longitud entre apoyos = 70 mm

Aprobado por:

Ing. Anibal Viñán B. M.Sc.
GERENTE DEL LABORATORIO
ENSAYO DE MATERIALES

Documento válido únicamente con el sello de la Empresa. El laboratorio no se responsabiliza por la reproducción parcial o total de éste documento.

Calle Roma N° 7 y Padua, Cdla. Politécnica (03) 2 924420 - 0987260955
jvinan54@yahoo.es - Riobamba - Ecuador

Escaneado con CamScanner

INFORME DE RESULTADOS

ENSAYO DE FLEXIÓN

Denominación: RG -20 - 01

Nº 2

SOLICITADO POR:	Kevin Araujo - Joel Reinoso
PROYECTO DE TESIS:	"ANÁLISIS DE PROPIEDADES MECÁNICAS A UTENSILLOS BIODEGRADABLES"
DIRECCION:	UTA - FAC. ING. CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE ING MECÁNICA
TIPO DE MATERIAL:	PLÁSTICO BIODEGRADABLE DE ALMIDÓN DE MAÍZ
MATERIAL:	CUCHARA BIODEGRADABLE DE ALMIDÓN DE MAÍZ
FECHA DE FABRICACIÓN:	2024 - 10
NORMA UTILIZADA:	ASTM D7264/D7264M - 21
FECHA DE ENSAYO:	15-oct-24

EQUIPO UTILIZADO: MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B
MARCA: JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO. , LTD
SERIE: 7136 **CERTIFICADO:** LNM-F-2016500064D **CÓD IDENT:** M1

NÚMERO DE LA MUESTRA	6	7	8	9	10
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	Cu-E-01	Cu-E-02	Cu-E-03	Cu-E-04	Cu-E-05
CARACTERÍSTICA	CUCHARA	CUCHARA	CUCHARA	CUCHARA	CUCHARA
ESPESOR [mm]	3,96	3,96	3,96	3,96	3,96
ANCHURA [mm]	6,35	6,35	6,35	6,35	6,35
SECCION TRANSVERSAL [mm^2]	25,15	25,15	25,15	25,15	25,15
MOD. APARENTE DE ELASTIC. [MPa]	4,977,E+03	5,246,E+03	3,964,E+03	4,174,E+03	1,746,E+03
CARGA MAXIMA [N]	22,38	21,99	22,23	22,01	22,15
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	35,38	34,78	35,15	34,81	35,02
FLECHA MÁXIMA [mm]	12,96	11,69	12,18	11,85	12,10

OBSERVACIONES: Longitud entre apoyos = 70 mm

Aprobado por:

Ing. Anibal Viñán B. M.Sc.
GERENTE DEL LABORATORIO
ENSAYO DE MATERIALES

Documento válido únicamente con el sello de la Empresa. El laboratorio no se responsabiliza por la reproducción parcial o total de éste documento.

Calle Roma N° 7 y Padua, Cdla. Politécnica (03) 2 924420 - 0987260955
ivinan54@yahoo.es - Riobamba - Ecuador

Escaneado con CamScanner

INFORME DE RESULTADOS

ENSAYO DE FLEXIÓN

Denominación: RG -20 - 01

N° 3

SOLICITADO POR:	Kevin Araujo - Joel Reinoso
PROYECTO DE TESIS:	"ANÁLISIS DE PROPIEDADES MECÁNICAS A UTENSILLOS BIODEGRADABLES"
DIRECCION:	UTA - FAC. ING. CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE ING MECÁNICA
TIPO DE MATERIAL:	PLÁSTICO DE POLIPROPILENO OXP 40
MATERIAL:	TENEDOR DE POLIPROPILENO OXP 40
FECHA DE FABRICACIÓN:	2024 - 10
NORMA UTILIZADA:	ASTM D7264/D7264M - 21
FECHA DE ENSAYO:	15-oct-24

EQUIPO UTILIZADO: MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B
MARCA: JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO. , LTD
SERIE: 7136 **CERTIFICADO:** LNM-F-2016500064D **CÓD IDENT:** M1

NÚMERO DE LA MUESTRA	11	12	13	14	15
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	Te-OXP-01	Te-OXP-02	Te-OXP-03	Te-OXP-04	Te-OXP-05
CARACTERÍSTICA	TENEDOR	TENEDOR	TENEDOR	TENEDOR	TENEDOR
ESPESOR [mm]	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1
ANCHURA [mm]	3,69	3,69	3,69	3,69	3,69
SECCION TRANSVERSAL [mm^2]	11,44	11,44	11,44	11,44	11,44
MOD. APARENTE DE ELASTIC. [MPa]	3,491,E+04	1,189,E+04	4,074,E+04	1,361,E+04	5,852,E+04
CARGA MAXIMA [N]	15,73	17,34	15,85	16,73	15,62
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	69,82	77,01	70,39	74,26	69,34
FLECHA MÁXIMA [mm]	9,56	8,58	9,92	9,32	8,08

OBSERVACIONES: Longitud entre apoyos = 70 mm

Aprobado por:

Ing. Anibal Viñán B. M.Sc.
GERENTE DEL LABORATORIO
ENSAYO DE MATERIALES

Documento válido únicamente con el sello de la Empresa. El laboratorio no se responsabiliza por la reproducción parcial o total de éste documento.

Calle Roma N° 7 y Padua, Cdla. Politécnica (03) 2 924420 - 0987260955
jvinan54@yahoo.es - Riobamba - Ecuador

Escaneado con CamScanner

INFORME DE RESULTADOS

ENSAYO DE FLEXIÓN

Denominación: RG -20 - 01

N° 4

SOLICITADO POR:	Kevin Araujo - Joel Reinoso
PROYECTO DE TESIS:	"ANÁLISIS DE PROPIEDADES MECÁNICAS A UTENSILLOS BIODEGRADABLES"
DIRECCION:	UTA - FAC. ING. CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE ING MECÁNICA
TIPO DE MATERIAL:	PLÁSTICO DE POLIPROPILENO OXP 40
MATERIAL:	CUCHARA DE POLIPROPILENO OXP 40
FECHA DE FABRICACIÓN:	2024 - 10
NORMA UTILIZADA:	ASTM D7264/D7264M - 21
FECHA DE ENSAYO:	15-oct-24

EQUIPO UTILIZADO: MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B
MARCA: JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO. , LTD
SERIE: 7136 **CERTIFICADO:** LNM-F-2016500064D **CÓD IDENT:** M1

NÚMERO DE LA MUESTRA	16	17	18	19	20
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	Cu-OXP-01	Cu-OXP-02	Cu-OXP-03	Cu-OXP-04	Cu-OXP-05
CARACTERÍSTICA	CUCHARA	CUCHARA	CUCHARA	CUCHARA	CUCHARA
ESPESOR [mm]	2,99	2,99	2,99	2,99	2,99
ANCHURA [mm]	4,97	4,97	4,97	4,97	4,97
SECCION TRANSVERSAL [mm^2]	14,86	14,86	14,86	14,86	14,86
MOD. APARENTE DE ELASTIC. [MPa]	3,994,E+03	2,656,E+03	2,256,E+04	7,702,E+03	1,812,E+03
CARGA MAXIMA [N]	7,63	7,77	7,75	7,73	7,74
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	27,04	27,53	27,46	27,39	27,43
FLECHA MÁXIMA [mm]	9,17	9,23	9,67	9,64	10,06

OBSERVACIONES: Longitud entre apoyos = 70 mm

Aprobado por:

Ing. Anibal Viñán B. M.Sc.
GERENTE DEL LABORATORIO
ENSAYO DE MATERIALES

Documento válido únicamente con el sello de la Empresa. El laboratorio no se responsabiliza por la reproducción parcial o total de éste documento.

Calle Roma N° 7 y Padua, Cdla. Politécnica (03) 2 924420 - 0987260955
jvinan54@yahoo.es - Riobamba - Ecuador

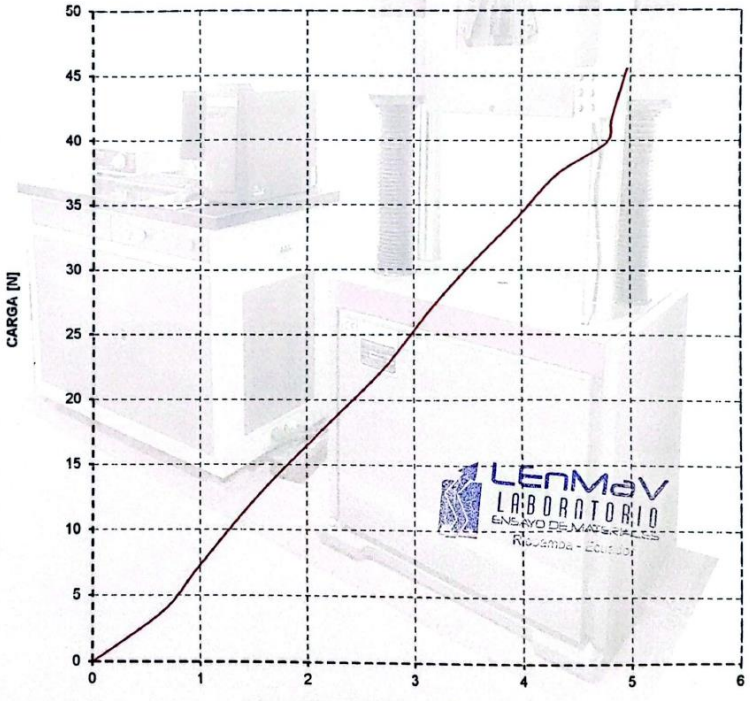
Escaneado con CamScanner

LENMAV
LABORATORIO
ENSAYO DE MATERIALES
Ing. J. Anibal Viñan B. MsC.

ENSAYO DE FLEXIÓN

PROB.	DESIGNACIÓN	TIPO DE MATERIAL	Fecha de Ensayo
10	Cu-BT-05	BIOPLÁSTICO DE TRIGO	16/12/2024

DIAGRAMA CARGA - FLECHA



Aprobado por:

Ing. Anibal Viñán B. M.Sc
GERENTE DEL LABORATORIO

Calle Roma N° 7 y Padua, Cdla. Politécnica (03) 2 924420 - 0987260955
jvinan54@yahoo.es - Riobamba - Ecuador

Escaneado con CamScanner

LENMAV
LABORATORIO
ENSAYO DE MATERIALES
Ing. J. Anibal Viñan B. MsC.

INFORME DE RESULTADOS

ENSAYO DE FLEXIÓN — **Denominación:** RG -20 - 01 — **Nº** 1

SOLICITADO POR:	Kevin Araujo - Joel Reinoso
PROYECTO DE TESIS:	"ANÁLISIS DE PROPIEDADES MECÁNICAS A UTENSILLOS BIODEGRADABLES"
DIRECCION:	UTA - FAC. ING. CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE ING MECÁNICA
TIPO DE MATERIAL:	BIOPLÁSTICO DE TRIGO
MATERIAL:	TENEDOR DE BIOPLÁSTICO DE TRIGO
FECHA DE FABRICACIÓN:	2024 - 12
NORMA UTILIZADA:	ASTM D7264/D7264M - 21
FECHA DE ENSAYO:	16-dic-24

EQUIPO UTILIZADO: MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B
MARCA: JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO. , LTD
SERIE: 7136 **CERTIFICADO:** LNM-F-2016500064D **CÓD IDENT:** M1

NÚMERO DE LA MUESTRA	1	2	3	4	5
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	Te-BT-01	Te-BT-02	Te-BT-03	Te-BT-04	Te-BT-05
CARACTERÍSTICA	TENEDOR	TENEDOR	TENEDOR	TENEDOR	TENEDOR
ESPESOR [mm]	3,12	3,12	3,12	3,12	3,12
ANCHURA [mm]	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00
SECCION TRANSVERSAL [mm^2]	21,84	21,84	21,84	21,84	21,84
MOD. APARENTE DE ELASTIC. [MPa]	1,356,E+04	1,445,E+04	1,247,E+04	1,501,E+04	1,244,E+04
CARGA MAXIMA [N]	33,84	18,44	29,53	20,31	25,70
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	78,20	42,61	68,23	46,92	59,39
FLECHA MÁXIMA [mm]	5,67	2,71	4,99	2,69	3,88

OBSERVACIONES: Longitud entre apoyos = 70 mm

Aprobado por:

LENMAV LABORATORIO ENSAYO DE MATERIALES Riobamba - Ecuador

Ing. Anibal Viñán B. M.Sc.
GERENTE DEL LABORATORIO
ENSAYO DE MATERIALES

Documento válido únicamente con el sello de la Empresa. El laboratorio no se responsabiliza por la reproducción parcial o total de éste documento.

1/1

Calle Roma N° 7 y Padua, Cdla. Politécnica (03) 2 924420 - 0987260955
jvinan54@yahoo.es - Riobamba - Ecuador

Escaneado con CamScanner

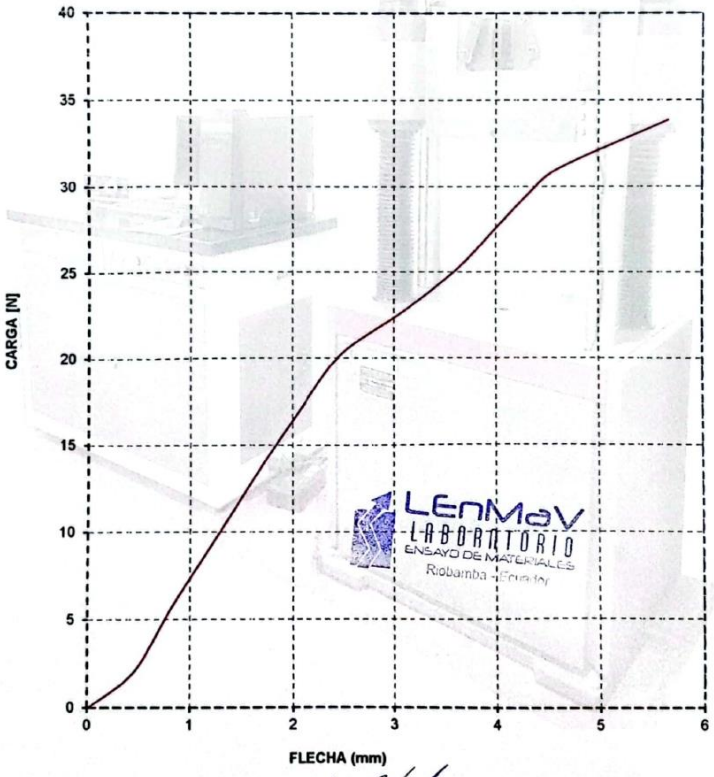
LENMAV
LABORATORIO
ENSAYO DE MATERIALES

Ing. J. Anibal Viñan B. MsC.

ENSAYO DE FLEXIÓN

PROB.	DESIGNACIÓN	TIPO DE MATERIAL	Fecha de Ensayo
1	Te-BT-01	BIOPLÁSTICO DE TRIGO	16/12/2024

DIAGRAMA CARGA - FLECHA



Aprobado por:

Ing. Anibal Viñan B. M.Sc
GERENTE DEL LABORATORIO

Calle Roma N° 7 y Padua, Cdla. Politécnica (03) 2 924420 - 0987260955
jvinan54@yahoo.es - Riobamba - Ecuador

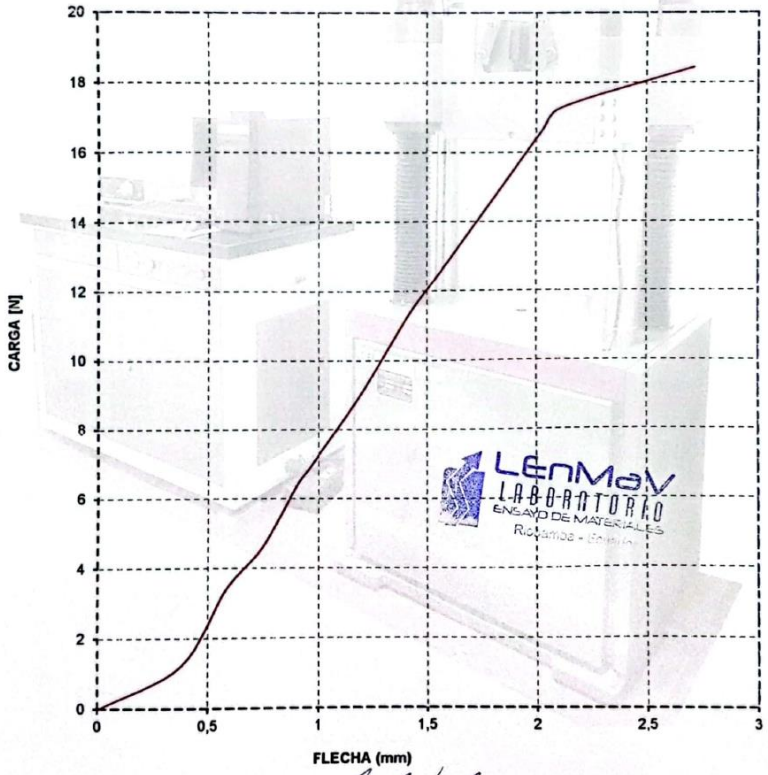
Escaneado con CamScanner

LENMAV
LABORATORIO
ENSAYO DE MATERIALES
Ing. J. Anibal Viñan B. MsC.

ENSAYO DE FLEXIÓN

PROB.	DESIGNACIÓN	TIPO DE MATERIAL	Fecha de Ensayo
2	Te-BT-02	BIOPLÁSTICO DE TRIGO	16/12/2024

DIAGRAMA CARGA - FLECHA



Aprobado por:

Ing. Anibal Viñán B. M.Sc
GERENTE DEL LABORATORIO

Calle Roma N° 7 y Padua, Cdla. Politécnica (03) 2 924420 - 0987260955
jvinan54@yahoo.es - Riobamba - Ecuador

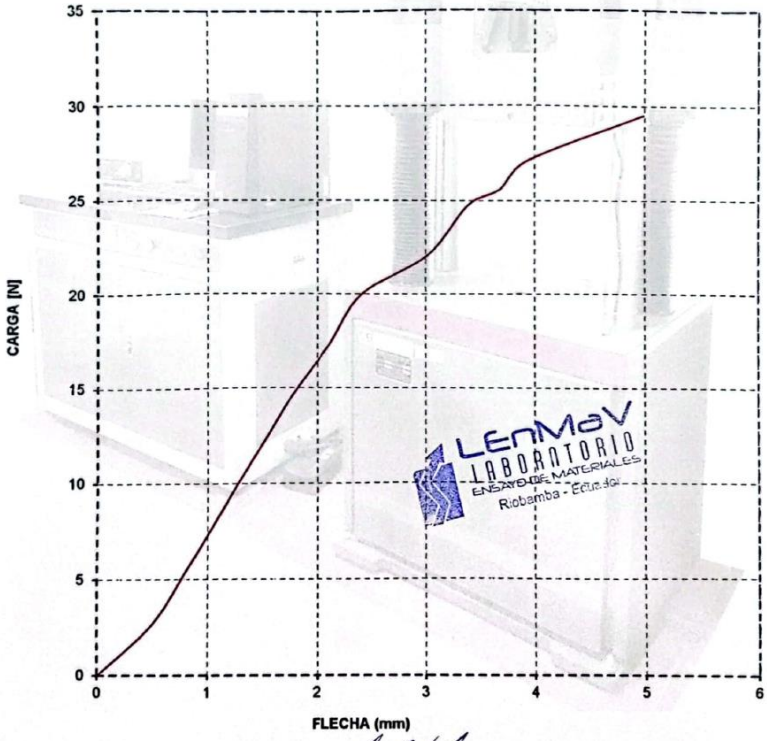
Escaneado con CamScanner

LENMAV
LABORATORIO
ENSAYO DE MATERIALES
Ing. J. Anibal Viñan B. MsC.

ENSAYO DE FLEXIÓN

PROB.	DESIGNACIÓN	TIPO DE MATERIAL	Fecha de Ensayo
3	Te-BT-03	BIOPLÁSTICO DE TRIGO	16/12/2024

DIAGRAMA CARGA - FLECHA



Aprobado por:

Ing. Anibal Viñán B. M.Sc
GERENTE DEL LABORATORIO

Calle Roma N° 7 y Padua, Cdla. Politécnica (03) 2 924420 - 0987260955
jvinan54@yahoo.es - Riobamba - Ecuador

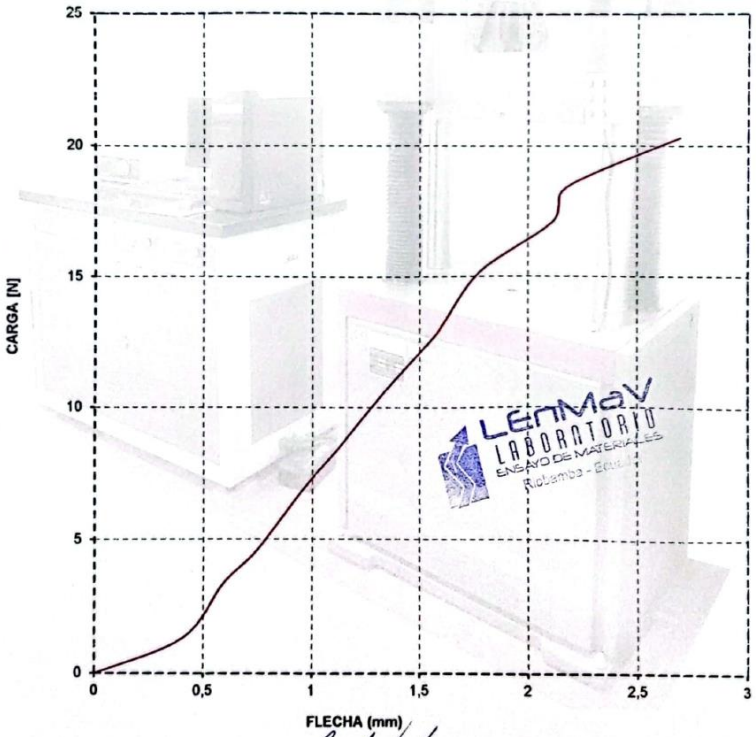
Escaneado con CamScanner

LENMAV
LABORATORIO
ENSAYO DE MATERIALES
Ing. J. Anibal Viñan B. MsC.

ENSAYO DE FLEXIÓN

PROB.	DESIGNACIÓN	TIPO DE MATERIAL	Fecha de Ensayo
4	Te-BT-04	BIOPLÁSTICO DE TRIGO	16/12/2024

DIAGRAMA CARGA - FLECHA



Aprobado por:

Ing. Anibal Viñan B. M.Sc
GERENTE DEL LABORATORIO

Calle Roma N° 7 y Padua, Cdla. Politécnica (03) 2 924420 - 0987260955
jvinan54@yahoo.es - Riobamba - Ecuador

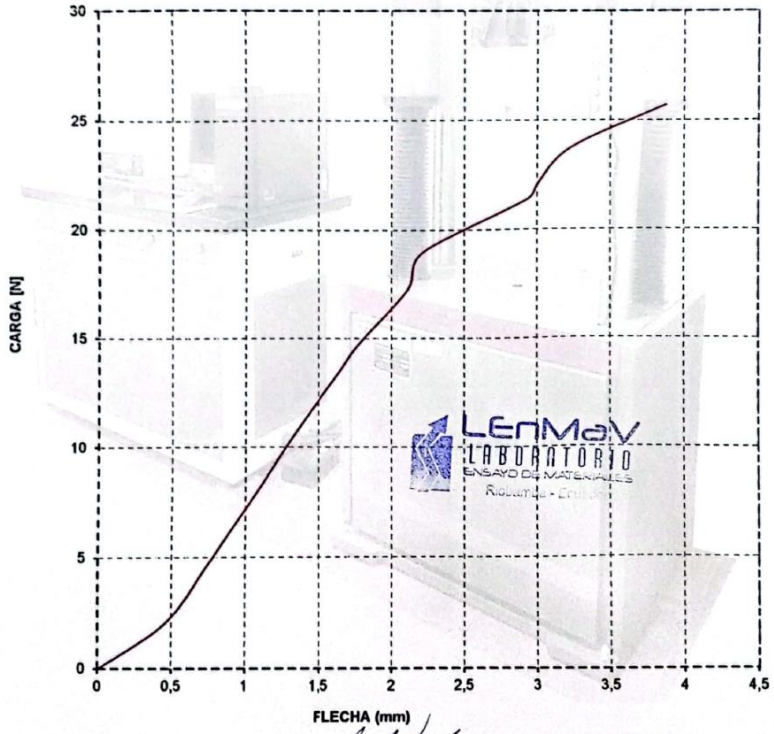
Escaneado con CamScanner

LENMAV
LABORATORIO
ENSAYO DE MATERIALES
Ing. J. Anibal Viñan B. MsC.

ENSAYO DE FLEXIÓN

PROB.	DESIGNACIÓN	TIPO DE MATERIAL	Fecha de Ensayo
5	Te-BT-05	BIOPLÁSTICO DE TRIGO	16/12/2024

DIAGRAMA CARGA - FLECHA



Aprobado por:

Ing. Anibal Viñán B. M.Sc
GERENTE DEL LABORATORIO

Calle Roma N° 7 y Padua, Cdla. Politécnica (03) 2 924420 - 0987260955
jvinan54@yahoo.es - Riobamba - Ecuador

Escaneado con CamScanner

LENMAV
LABORATORIO
ENSAYO DE MATERIALES
Ing. J. Anibal Viñan B. MsC.

INFORME DE RESULTADOS

ENSAYO DE FLEXIÓN — **Denominación:** RG -20 - 01 — **Nº** 2

SOLICITADO POR:	Kevin Araujo - Joel Reinoso
PROYECTO DE TESIS:	"ANÁLISIS DE PROPIEDADES MECÁNICAS A UTENSILLOS BIODEGRADABLES"
DIRECCION:	UTA - FAC. ING. CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE ING MECÁNICA
TIPO DE MATERIAL:	BIOPLÁSTICO DE TRIGO
MATERIAL:	CUCHARA DE BIOPLÁSTICO DE TRIGO
FECHA DE FABRICACIÓN:	2024 - 12
NORMA UTILIZADA:	ASTM D7264/D7264M - 21
FECHA DE ENSAYO:	16-dic-24

EQUIPO UTILIZADO: MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B
MARCA: JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO. , LTD
SERIE: 7136 **CERTIFICADO:** LNM-F-2016500064D **CÓD IDENT:** M1

NÚMERO DE LA MUESTRA	6	7	8	9	10
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	Cu-BT-01	Cu-BT-02	Cu-BT-03	Cu-BT-04	Cu-BT-05
CARACTERÍSTICA	CUCHARA	CUCHARA	CUCHARA	CUCHARA	CUCHARA
ESPESOR [mm]	3,12	3,12	3,12	3,12	3,12
ANCHURA [mm]	6,60	6,60	6,60	6,60	6,60
SECCION TRANSVERSAL [mm^2]	20,59	20,59	20,59	20,59	20,59
MOD. APARENTE DE ELASTIC. [MPa]	1,431,E+04	1,523,E+04	1,406,E+04	1,172,E+04	1,452,E+04
CARGA MAXIMA [N]	40,61	30,80	58,57	24,33	45,52
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	99,53	75,49	143,52	59,62	111,55
FLECHA MÁXIMA [mm]	7,12	5,76	7,87	2,89	4,97

OBSERVACIONES: Longitud entre apoyos = 70 mm

Aprobado por:

LENMAV LABORATORIO ENSAYO DE MATERIALES

Ing. Anibal Viñán B. M.Sc.
GERENTE DEL LABORATORIO
ENSAYO DE MATERIALES

Documento válido únicamente con el sello de la Empresa. El laboratorio no se responsabiliza por la reproducción parcial o total de éste documento.

1/1

Calle Roma N° 7 y Padua, Cdla. Politécnica (03) 2 924420 - 0987260955
jvinan54@yahoo.es - Riobamba - Ecuador

Escaneado con CamScanner

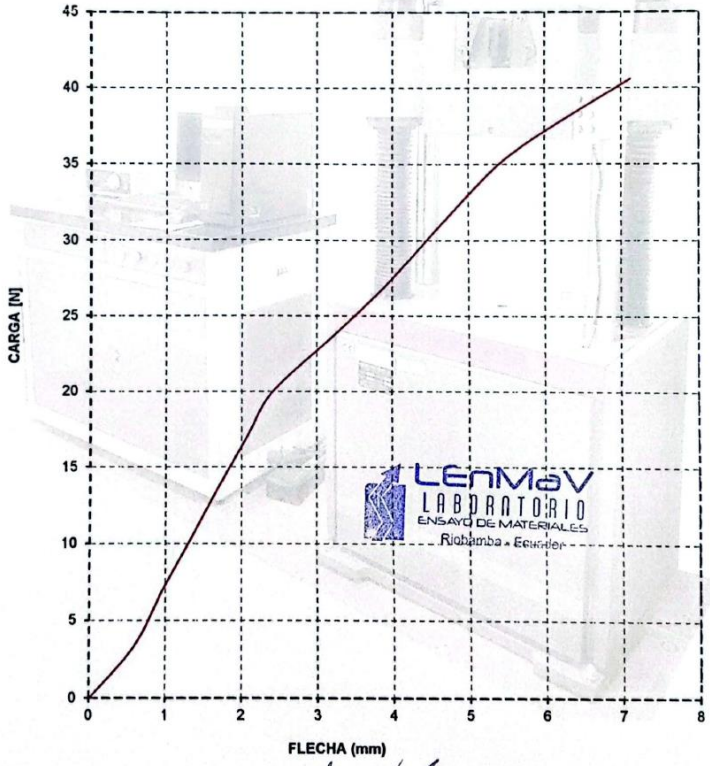
LENMAV
LABORATORIO
ENSAYO DE MATERIALES

Ing. J. Anibal Viñan B. MsC.

ENSAYO DE FLEXIÓN

PROB.	DESIGNACIÓN	TIPO DE MATERIAL	Fecha de Ensayo
6	Cu-BT-01	BIOPLÁSTICO DE TRIGO	16/12/2024

DIAGRAMA CARGA - FLECHA



Aprobado por:

Ing. Anibal Viñán B. M.Sc
GERENTE DEL LABORATORIO

Calle Roma N° 7 y Padua, Cdla. Politécnica (03) 2 924420 - 0987260955
jvinan54@yahoo.es - Riobamba - Ecuador

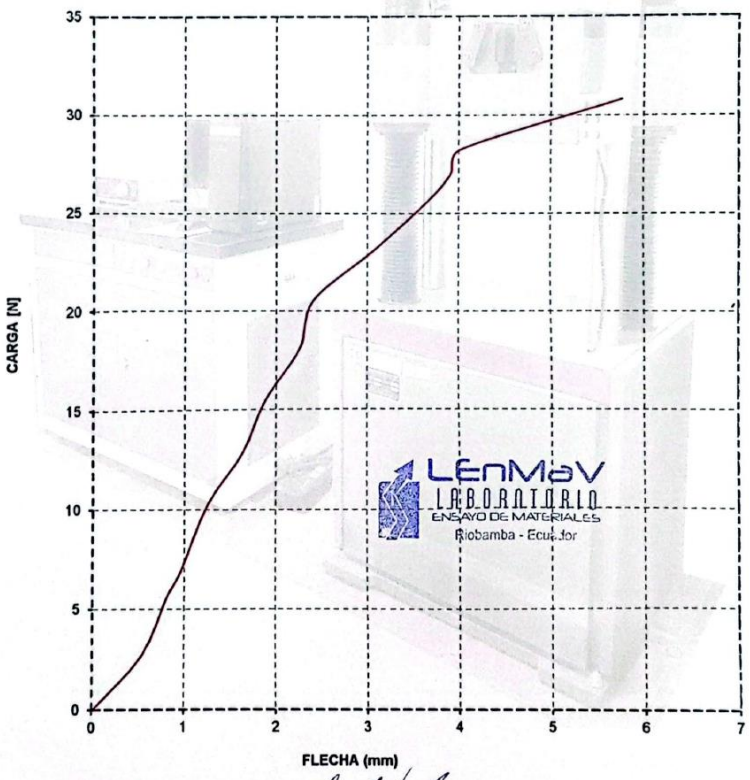
Escaneado con CamScanner

LENMAV
LABORATORIO
ENSAYO DE MATERIALES
Ing. J. Anibal Viñan B. MsC.

ENSAYO DE FLEXIÓN

PROB.	DESIGNACIÓN	TIPO DE MATERIAL	Fecha de Ensayo
7	Cu-BT-02	BIOPLÁSTICO DE TRIGO	16/12/2024

DIAGRAMA CARGA - FLECHA



Aprobado por:

Ing. Anibal Viñán B. M.Sc
GERENTE DEL LABORATORIO

Calle Roma N° 7 y Padua, Cdla. Politécnica (03) 2 924420 - 0987260955
jvinan54@yahoo.es - Riobamba - Ecuador

Escaneado con CamScanner

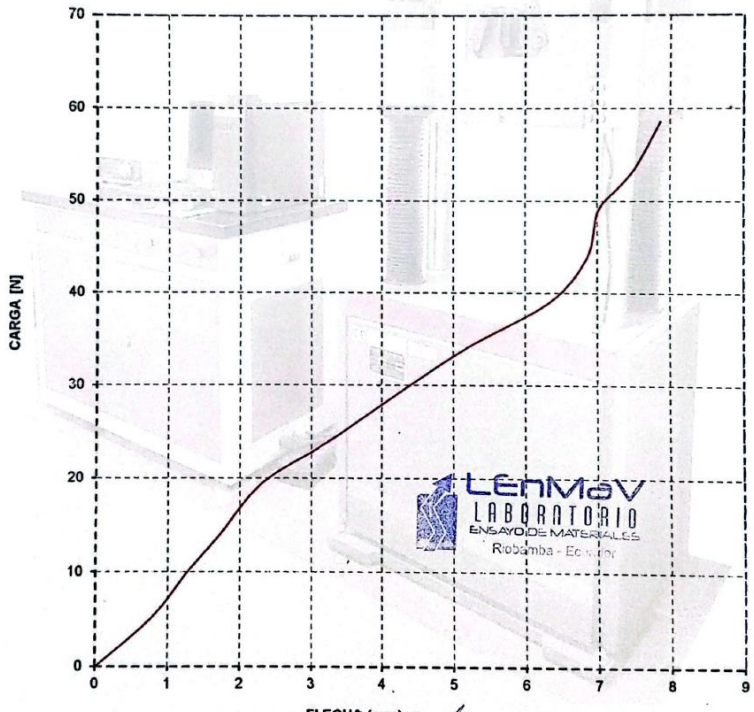
LENMAV
LABORATORIO
ENSAYO DE MATERIALES

Ing. J. Anibal Viñan B. MsC.

ENSAYO DE FLEXIÓN

PROB.	DESIGNACIÓN	TIPO DE MATERIAL	Fecha de Ensayo
8	Cu-BT-03	BIOPLÁSTICO DE TRIGO	16/12/2024

DIAGRAMA CARGA - FLECHA



Aprobado por:

Ing. Anibal Viñán B. M.Sc
GERENTE DEL LABORATORIO

Calle Roma N° 7 y Padua, Cdla. Politécnica (03) 2 924420 - 0987260955
jvinan54@yahoo.es - Riobamba - Ecuador

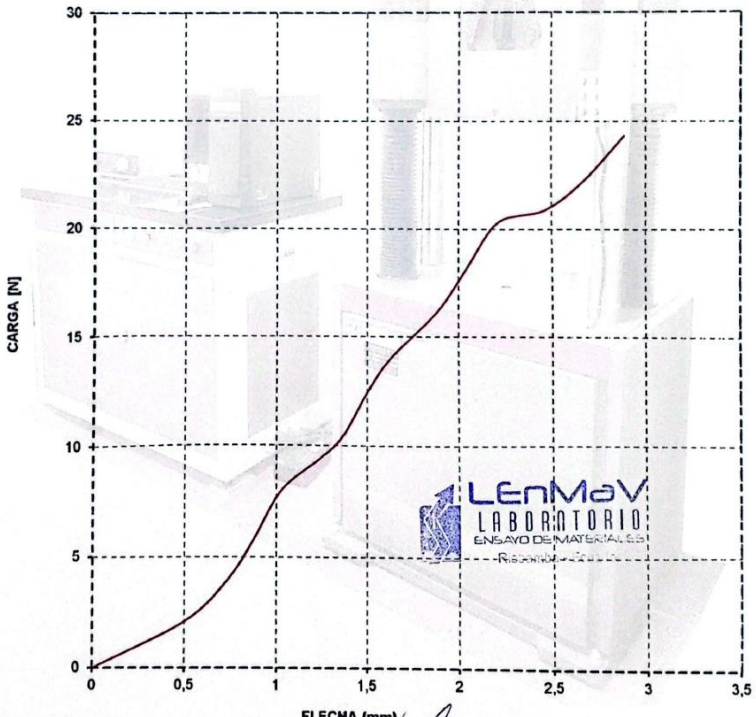
Escaneado con CamScanner

LENMAV
LABORATORIO
ENSAYO DE MATERIALES
Ing. J. Anibal Viñan B. MsC.

ENSAYO DE FLEXIÓN

PROB.	DESIGNACIÓN	TIPO DE MATERIAL	Fecha de Ensayo
9	Cu-BT-04	BIOPLÁSTICO DE TRIGO	16/12/2024

DIAGRAMA CARGA - FLECHA



Aprobado por:

Ing. Anibal Viñán B. M.Sc
GERENTE DEL LABORATORIO

Calle Roma N° 7 y Padua, Cdla. Politécnica (03) 2 924420 - 0987260955
jvinan54@yahoo.es - Riobamba - Ecuador

Escaneado con CamScanner

Anexo 2: Fichas técnicas de los ensayos de tracción

INFORME DE RESULTADOS

ENSAYO DE TRACCIÓN

Denominación: RG 18 - 1

Nº 1

SOLICITADO POR:	Kevin Araujo - Joel Reinoso
PROYECTO DE TESIS:	"ANÁLISIS DE PROPIEDADES MECÁNICAS A UTENSILLOS BIODEGRADABLES"
DIRECCION:	UTA - FAC. ING. CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE ING MECÁNICA
TIPO DE MATERIAL:	PLÁSTICO BIODEGRADABLE DE ALMIDÓN DE MAÍZ
MATERIAL:	TENEDOR BIODEGRADABLE DE ALMIDÓN DE MAÍZ
FECHA DE FABRICACIÓN:	2024 - 10
NORMA UTILIZADA:	ASTM D3039/D3039M - 17
FECHA DE ENSAYO:	15-oct-24

EQUIPO UTILIZADO: MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B
MARCA: JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO. , LTD
SERIE: 7136 **CERTIFICADO:** LNM-F-2016500064D **CÓD IDENT:** M2

NÚMERO DE LA MUESTRA	1	2	3	4	5
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	Te-E-01	Te-E-02	Te-E-03	Te-E-04	Te-E-05
CARACTERÍSTICA	TENEDOR	TENEDOR	TENEDOR	TENEDOR	TENEDOR
ESPESOR [mm]	1,93	1,93	1,93	1,93	1,93
ANCHURA [mm]	9,43	9,43	9,43	9,43	9,43
LONGITUD INICIAL [mm]	25	25	25	25	25
SECCION TRANSVERSAL [mm^2]	18,20	18,20	18,20	18,20	18,20
MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]	1,300,E+02	3,370,E+02	1,077,E+02	1,519,E+02	1,349,E+02
CARGA DE FLUENCIA [kN]	0,40	0,40	0,44	0,39	0,42
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	21,80	21,90	24,00	21,30	23,20
CARGA MAXIMA [kN]	0,43	0,44	0,47	0,42	0,47
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	23,58	23,96	25,94	23,00	26,08
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	4,40	2,40	3,60	2,40	1,60

OBSERVACIONES:

Aprobado por:

Ing. Anibal Viñán B. M.Sc.
GERENTE DEL LABORATORIO
ENSAYO DE MATERIALES

Documento válido únicamente con el sello de la Empresa. El laboratorio no se responsabiliza por la reproducción parcial o total de éste documento.

Calle Roma N° 7 y Padua, Cdla. Politécnica (03) 2 924420 - 0987260955
jvinan54@yahoo.es - Riobamba - Ecuador

Escaneado con CamScanner

INFORME DE RESULTADOS

ENSAYO DE TRACCIÓN

Denominación: RG 18 - 1

N° 2

SOLICITADO POR:	Kevin Araujo - Joel Reinoso
PROYECTO DE TESIS:	"ANÁLISIS DE PROPIEDADES MECÁNICAS A UTENSILLOS BIODEGRADABLES"
DIRECCION:	UTA - FAC. ING. CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE ING MECÁNICA
TIPO DE MATERIAL:	PLÁSTICO BIODEGRADABLE DE ALMIDÓN DE MAÍZ
MATERIAL:	CUCHARA BIODEGRADABLE DE ALMIDÓN DE MAÍZ
FECHA DE FABRICACIÓN:	2024 - 10
NORMA UTILIZADA:	ASTM D3039/D3039M - 17
FECHA DE ENSAYO:	15-oct-24

EQUIPO UTILIZADO: MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B
MARCA: JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO. , LTD
SERIE: 7136 **CERTIFICADO:** LNM-F-2016500064D **CÓD IDENT:** M2

NÚMERO DE LA MUESTRA	6	7	8	9	10
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	Cu-E-01	Cu-E-02	Cu-E-03	Cu-E-04	Cu-E-05
CARACTERÍSTICA	CUCHARA	CUCHARA	CUCHARA	CUCHARA	CUCHARA
ESPESOR [mm]	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
ANCHURA [mm]	24,00	24,00	24,00	24,00	24,00
LONGITUD INICIAL [mm]	25	25	25	25	25
SECCION TRANSVERSAL [mm^2]	31,20	31,20	31,20	31,20	31,20
MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]	1,446,E+02	1,454,E+02	1,447,E+02	1,323,E+02	1,475,E+02
CARGA DE FLUENCIA [kN]	0,58	0,60	0,57	0,57	0,56
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	18,50	19,20	18,40	18,20	18,00
CARGA MAXIMA [kN]	0,63	0,65	0,65	0,63	0,62
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	20,20	20,85	20,77	20,08	19,92
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	2,00	8,00	6,00	2,40	8,00
OBSERVACIONES:					

Aprobado por:

Ing. Anibal Viñán B. M.Sc.
GERENTE DEL LABORATORIO
ENSAYO DE MATERIALES

Documento válido únicamente con el sello de la Empresa. El laboratorio no se responsabiliza por la reproducción parcial o total de éste documento.

Calle Roma N° 7 y Padua, Cdla. Politécnica (03) 2 924420 - 0987260955
jvinan54@yahoo.es - Riobamba - Ecuador

Escaneado con CamScanner

INFORME DE RESULTADOS

ENSAYO DE TRACCIÓN

Denominación: RG 18 - 1

N° 3

SOLICITADO POR:	Kevin Araujo - Joel Reinoso
PROYECTO DE TESIS:	"ANÁLISIS DE PROPIEDADES MECÁNICAS A UTENSILLOS BIODEGRADABLES"
DIRECCION:	UTA - FAC. ING. CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE ING MECÁNICA
TIPO DE MATERIAL:	POLIPROPILENO OXP 40
MATERIAL:	TENEDOR DE POLIPROPILENO OXP 40
FECHA DE FABRICACIÓN:	2024 - 10
NORMA UTILIZADA:	ASTM D3039/D3039M - 17
FECHA DE ENSAYO:	15-oct-24

EQUIPO UTILIZADO: MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B
MARCA: JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO. , LTD
SERIE: 7136 **CERTIFICADO:** LNM-F-2016500064D **CÓD IDENT:** M2

NÚMERO DE LA MUESTRA	11	12	13	14	15
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	Ten-OXP-01	Ten-OXP-02	Ten-OXP-03	Ten-OXP-04	Ten-OXP-05
CARACTERÍSTICA	TENEDOR	TENEDOR	TENEDOR	TENEDOR	TENEDOR
ESPESOR [mm]	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88
ANCHURA [mm]	16,58	16,58	16,58	16,58	16,58
LONGITUD INICIAL [mm]	25	25	25	25	25
SECCION TRANSVERSAL [mm^2]	14,59	14,59	14,59	14,59	14,59
MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]	3,429,E+02	2,554,E+02	2,807,E+02	5,559,E+02	3,940,E+02
CARGA DE FLUENCIA [kN]	0,26	0,29	0,22	0,27	0,35
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	17,80	20,00	15,00	18,20	24,20
CARGA MAXIMA [kN]	0,31	0,32	0,24	0,39	0,40
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	21,34	22,13	16,67	26,93	27,39
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	4,80	2,40	7,20	15,60	14,40

OBSERVACIONES:

Aprobado por:

Ing. Anibal Viñán B. M.Sc.
GERENTE DEL LABORATORIO
ENSAYO DE MATERIALES

Documento válido únicamente con el sello de la Empresa. El laboratorio no se responsabiliza por la reproducción parcial o total de éste documento.

Calle Roma N° 7 y Padua, Cdla. Politécnica (03) 2 924420 - 0987260955
jvinan54@yahoo.es - Riobamba - Ecuador

Escaneado con CamScanner

INFORME DE RESULTADOS

ENSAYO DE TRACCIÓN

Denominación: RG 18 - 1

Nº 4

SOLICITADO POR:	Kevin Araujo - Joel Reinoso
PROYECTO DE TESIS:	"ANÁLISIS DE PROPIEDADES MECÁNICAS A UTENSILLOS BIODEGRADABLES"
DIRECCION:	UTA - FAC. ING. CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE ING MECÁNICA
TIPO DE MATERIAL:	POLIPROPILENO OXP 40
MATERIAL:	CUCHARA DE POLIPROPILENO OXP 40
FECHA DE FABRICACIÓN:	2024 - 10
NORMA UTILIZADA:	ASTM D3039/D3039M - 17
FECHA DE ENSAYO:	15-oct-24

EQUIPO UTILIZADO: MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B
MARCA: JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO. , LTD
SERIE: 7136 **CERTIFICADO:** LNM-F-2016500064D **CÓD IDENT:** M2

NÚMERO DE LA MUESTRA	16	17	18	19	20
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	Cu-OXP-01	Cu-OXP-02	Cu-OXP-03	Cu-OXP-04	Cu-OXP-05
CARACTERÍSTICA	CUCHARA	CUCHARA	CUCHARA	CUCHARA	CUCHARA
ESPESOR [mm]	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92
ANCHURA [mm]	16,11	16,11	16,11	16,11	16,11
LONGITUD INICIAL [mm]	25	25	25	25	25
SECCION TRANSVERSAL [mm^2]	14,82	14,82	14,82	14,82	14,82
MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]	2,439,E+02	1,912,E+02	5,233,E+02	2,781,E+02	2,032,E+02
CARGA DE FLUENCIA [kN]	0,21	0,28	0,30	0,23	0,27
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	14,20	18,60	20,10	15,20	18,00
CARGA MAXIMA [kN]	0,29	0,30	0,33	0,32	0,29
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	19,43	20,15	21,94	21,26	19,47
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	66,00	118,00	95,60	30,80	50,40
OBSERVACIONES:					

Aprobado por:

Ing. Anibal Viñán B. M.Sc.
GERENTE DEL LABORATORIO
ENSAYO DE MATERIALES

Documento válido únicamente con el sello de la Empresa. El laboratorio no se responsabiliza por la reproducción parcial o total

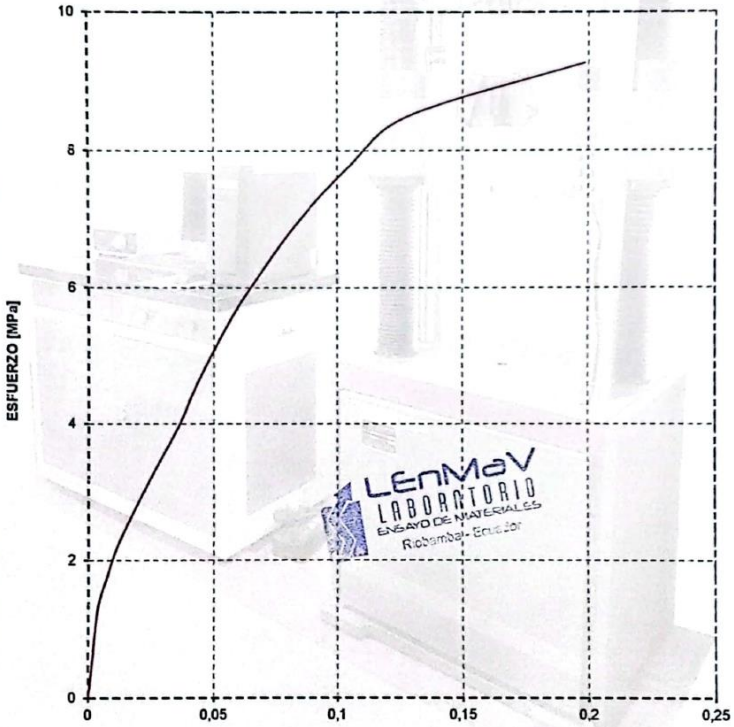
Escaneado con CamScanner

LENMAV
LABORATORIO
ENSAYO DE MATERIALES
Ing. J. Anibal Viñan B. MsC.

ENSAYO DE TRACCIÓN

PROB.	TIPO DE MATERIAL	Fecha de Ensayo
10	BIOPLÁSTICO DE TRIGO	16/12/2024

Curva Esfuerzo - Deformación Unitaria



Aprobado por:

Ing. Anibal Viñán B. M.Sc
GERENTE DEL LABORATORIO

Calle Roma N° 7 y Padua, Cdla. Politécnica (03) 2 924420 - 0987260955
jvinan54@yahoo.es - Riobamba - Ecuador

Escaneado con CamScanner

LENMAV
LABORATORIO
ENSAYO DE MATERIALES
Ing. J. Anibal Viñan B. MsC.

INFORME DE RESULTADOS

ENSAYO DE TRACCIÓN

Denominación: RG 18 - 1
Nº 1

SOLICITADO POR:	Kevin Araujo - Joel Reinoso
PROYECTO DE TESIS:	"ANÁLISIS DE PROPIEDADES MECÁNICAS A UTENSILLOS BIODEGRADABLES"
DIRECCION:	UTA - FAC. ING. CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE ING MECÁNICA
TIPO DE MATERIAL:	BIOPLÁSTICO DE TRIGO
MATERIAL:	TENEDOR DE BIOPLÁSTICO DE TRIGO
FECHA DE FABRICACIÓN:	2024 - 12
NORMA UTILIZADA:	ASTM D3039/D3039M - 17
FECHA DE ENSAYO:	16-dic-24

EQUIPO UTILIZADO: MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B
MARCA: JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO. , LTD
SERIE: 7136 **CERTIFICADO:** LNM-F-2016500064D **CÓD IDENT:** M2

NÚMERO DE LA MUESTRA	1	2	3	4	5
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	Te-BT-01	Te-BT-02	Te-BT-03	Te-BT-04	Te-BT-05
CARACTERÍSTICA	TENEDOR	TENEDOR	TENEDOR	TENEDOR	TENEDOR
ESPESOR [mm]	3,12	3,12	3,12	3,12	3,12
ANCHURA [mm]	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00
LONGITUD INICIAL [mm]	25	25	25	25	25
SECCION TRANSVERSAL [mm^2]	21,84	21,84	21,84	21,84	21,84
MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]	5,252,E+01	5,337,E+01	5,667,E+01	5,766,E+01	1,100,E+02
CARGA DE FLUENCIA [kN]	0,15	0,15	0,15	0,18	0,14
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	6,94	7,04	6,95	8,42	6,27
CARGA MAXIMA [kN]	0,19	0,17	0,16	0,21	0,16
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	8,55	7,62	7,12	9,65	7,48
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

OBSERVACIONES:

LENMAV LABORATORIO ENSAYO DE MATERIALES Riobamba - Ecuador

Aprobado por:

Ing. Anibal Viñán B. M.Sc.
GERENTE DEL LABORATORIO
ENSAYO DE MATERIALES

Documento válido únicamente con el sello de la Empresa. El laboratorio no se responsabiliza por la reproducción parcial o total de éste documento.

1/1

Calle Roma N° 7 y Padua, Cdla. Politécnica (03) 2 924420 - 0987260955
jvinan54@yahoo.es - Riobamba - Ecuador

Escaneado con CamScanner

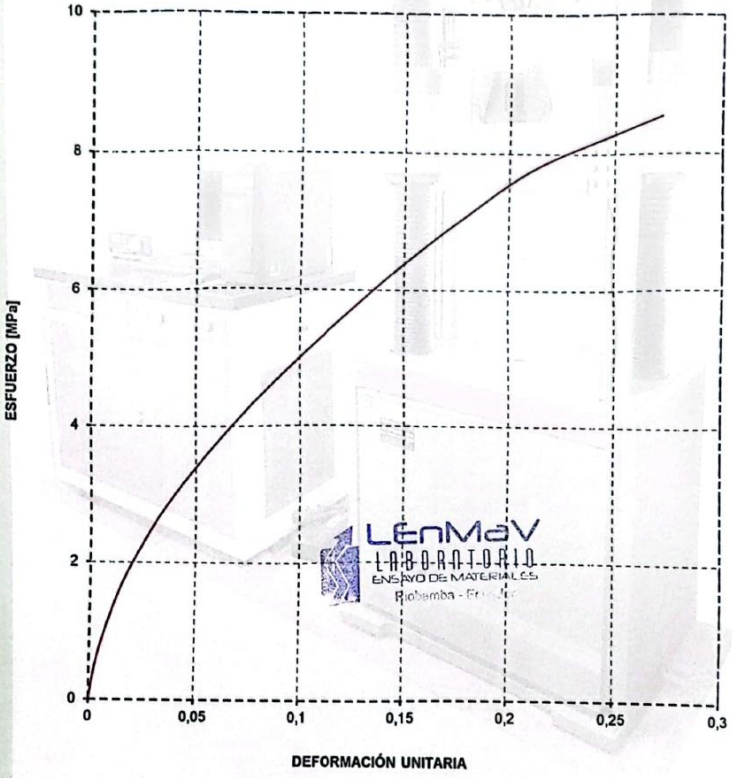
LENMAV
LABORATORIO
ENSAYO DE MATERIALES

Ing. J. Anibal Viñan B. MsC.

ENSAYO DE TRACCIÓN

PROB.	TIPO DE MATERIAL	Fecha de Ensayo
1	BIOPLÁSTICO DE TRIGO	16/12/2024

Curva Esfuerzo - Deformación Unitaria



Aprobado por:

Ing. Anibal Viñán B. M.Sc
GERENTE DEL LABORATORIO

Calle Roma N° 7 y Padua, Cdla. Politécnica (03) 2 924420 - 0987260955
jvinan54@yahoo.es - Riobamba - Ecuador

Escaneado con CamScanner

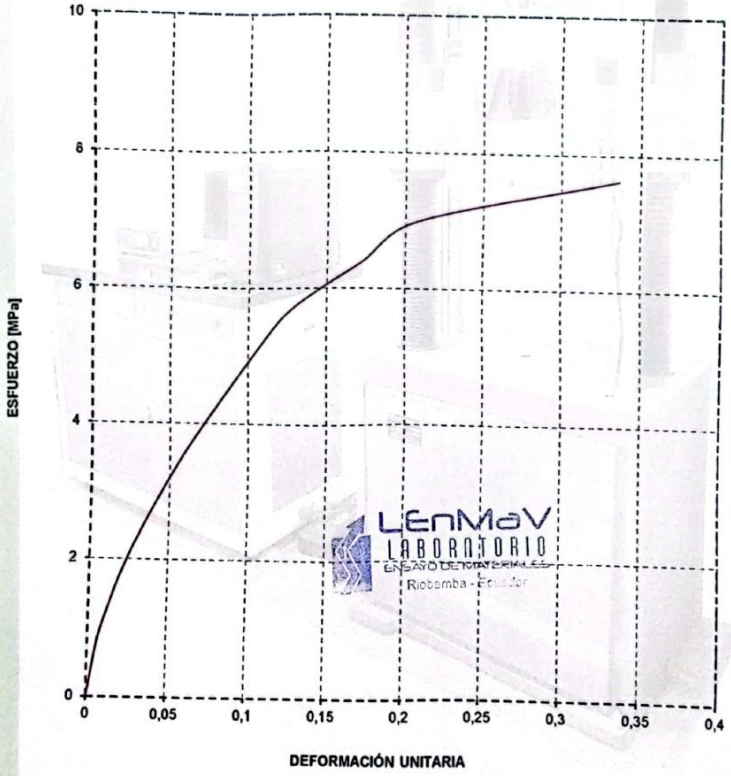
LENMAV
LABORATORIO
ENSAYO DE MATERIALES

Ing. J. Anibal Viñan B. MsC.

ENSAYO DE TRACCIÓN

PROB.	TIPO DE MATERIAL	Fecha de Ensayo
2	BIOPLÁSTICO DE TRIGO	16/12/2024

Curva Esfuerzo - Deformación Unitaria



Aprobado por:

Ing. Anibal Viñán B. M.Sc
GERENTE DEL LABORATORIO

Calle Roma N° 7 y Padua, Cdla. Politécnica (03) 2 924420 - 0987260955
jvinan54@yahoo.es - Riobamba - Ecuador

Escaneado con CamScanner

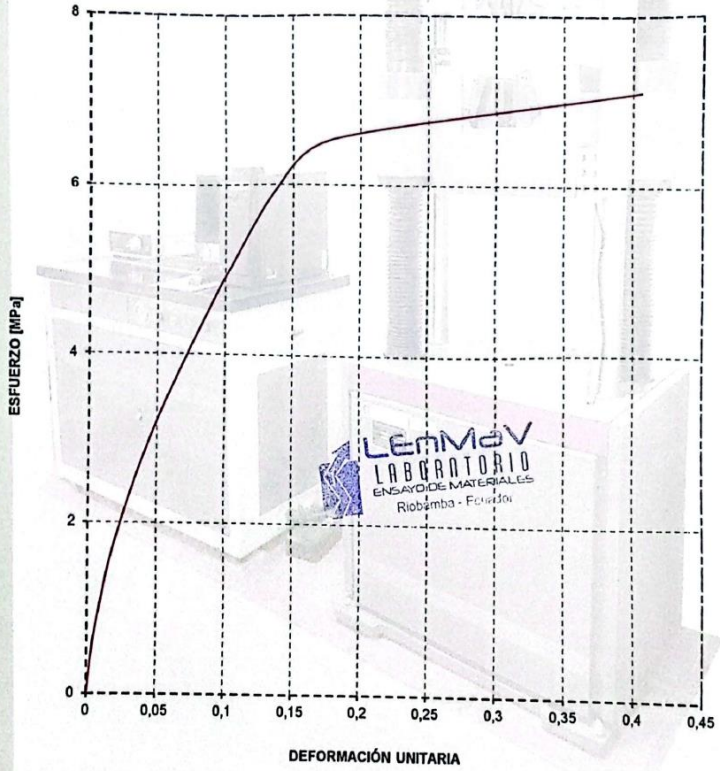
LENMAV
LABORATORIO
ENSAYO DE MATERIALES

Ing. J. Aníbal Viñan B. MsC.

ENSAYO DE TRACCIÓN

PROB.	TIPO DE MATERIAL	Fecha de Ensayo
3	BIOPLÁSTICO DE TRIGO	16/12/2024

Curva Esfuerzo - Deformación Unitaria



Aprobado por:

Ing. Aníbal Viñán B. M.Sc
GERENTE DEL LABORATORIO

Calle Roma N° 7 y Padua, Cdla. Politécnica (03) 2 924420 - 0987260955
jvinan54@yahoo.es - Riobamba - Ecuador

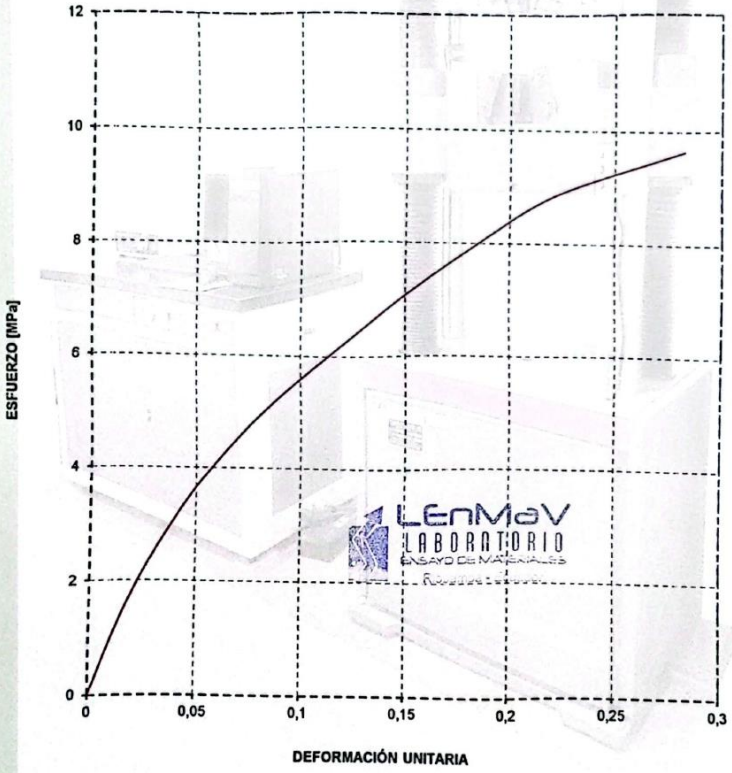
Escaneado con CamScanner

LENMAV
LABORATORIO
ENSAYO DE MATERIALES
Ing. J. Anibal Viñan B. MsC.

ENSAYO DE TRACCIÓN

PROB.	TIPO DE MATERIAL	Fecha de Ensayo
4	BIOPLÁSTICO DE TRIGO	16/12/2024

Curva Esfuerzo - Deformación Unitaria



Aprobado por:

Ing. Anibal Viñán B. M.Sc
GERENTE DEL LABORATORIO

Calle Roma N° 7 y Padua, Cdla. Politécnica (03) 2 924420 - 0987260955
jvinan54@yahoo.es - Riobamba - Ecuador

Escaneado con CamScanner

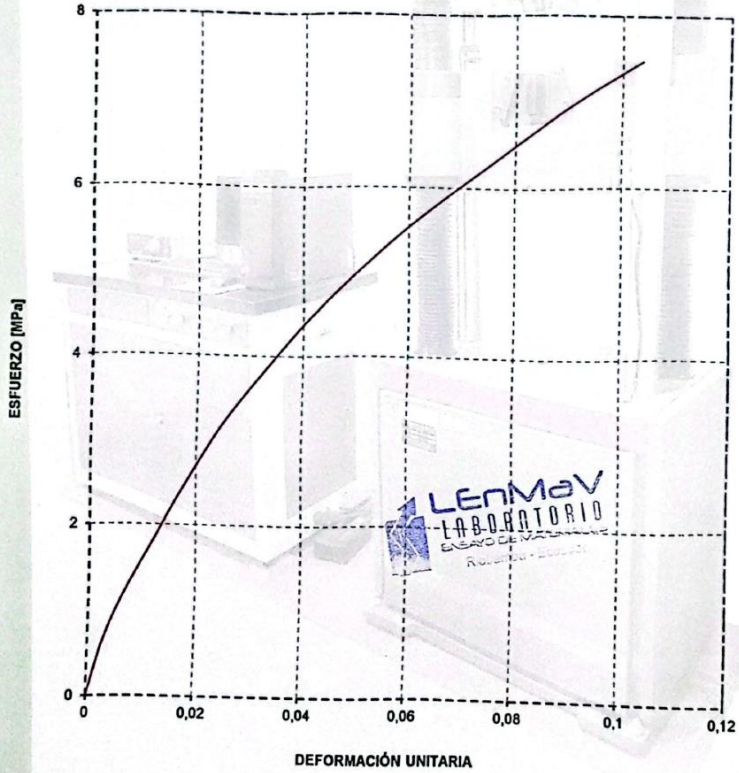
LENMAV
LABORATORIO
ENSAYO DE MATERIALES

Ing. J. Anibal Viñan B. MsC.

ENSAYO DE TRACCIÓN

PROB.	TIPO DE MATERIAL	Fecha de Ensayo
5	BIOPLÁSTICO DE TRIGO	16/12/2024

Curva Esfuerzo - Deformación Unitaria



Aprobado por:

Ing. Anibal Viñán B. M.Sc
GERENTE DEL LABORATORIO

Calle Roma N° 7 y Padua, Cdla. Politécnica (03) 2 924420 - 0987260955
jvinan54@yahoo.es - Riobamba - Ecuador

Escaneado con CamScanner

LENMAV
LABORATORIO
ENSAYO DE MATERIALES
Ing. J. Anibal Viñan B. MsC.

INFORME DE RESULTADOS

ENSAYO DE TRACCIÓN

Denominación: RG 18 - 1
N° 2

SOLICITADO POR:	Kevin Araujo - Joel Reinoso
PROYECTO DE TESIS:	"ANÁLISIS DE PROPIEDADES MECÁNICAS A UTENSILLOS BIODEGRADABLES"
DIRECCION:	UTA - FAC. ING. CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE ING MECÁNICA
TIPO DE MATERIAL:	BIOPLÁSTICO DE TRIGO
MATERIAL:	CUCHARA DE BIOPLÁSTICO DE TRIGO
FECHA DE FABRICACIÓN:	2024 - 12
NORMA UTILIZADA:	ASTM D3039/D3039M - 17
FECHA DE ENSAYO:	16-dic-24

EQUIPO UTILIZADO: MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B
MARCA: JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO. , LTD
SERIE: 7136 **CERTIFICADO:** LNM-F-2016500064D **CÓD IDENT:** M2

NÚMERO DE LA MUESTRA	6	7	8	9	10
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	**Cu-BT-01**	**Cu-BT-02**	**Cu-BT-03**	**Cu-BT-04**	**Cu-BT-05**
CARACTERÍSTICA	CUCHARA	CUCHARA	CUCHARA	CUCHARA	CUCHARA
ESPESOR [mm]	3,12	3,12	3,12	3,12	3,12
ANCHURA [mm]	6,60	6,60	6,60	6,60	6,60
LONGITUD INICIAL [mm]	25	25	25	25	25
SECCION TRANSVERSAL [mm^2]	20,59	20,59	20,59	20,59	20,59
MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]	4,890,E+01	7,376,E+01	1,091,E+02	9,602,E+01	9,733,E+01
CARGA DE FLUENCIA [kN]	0,05	0,21	0,16	0,18	0,17
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	2,58	10,32	7,91	8,94	8,37
CARGA MAXIMA [kN]	0,06	0,23	0,18	0,20	0,19
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	3,05	11,20	8,72	9,70	9,27
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
OBSERVACIONES:					

LENMAV LABORATORIO ENSAYO DE MATERIALES Riobamba - Ecuador

Aprobado por:

Ing. Anibal Viñán B. M.Sc.
GERENTE DEL LABORATORIO
ENSAYO DE MATERIALES

Documento válido únicamente con el sello de la Empresa. El laboratorio no se responsabiliza por la reproducción parcial o total de éste documento.

Calle Roma N° 7 y Padua, Cdla. Politécnica (03) 2 924420 - 0987260955
jvinan54@yahoo.es - Riobamba - Ecuador

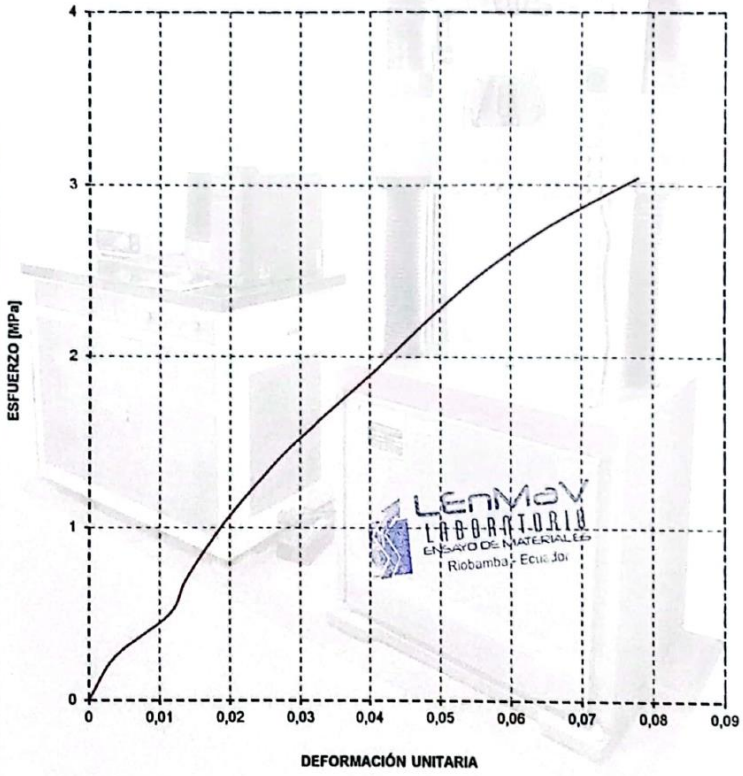
Escaneado con CamScanner

LENMAV
LABORATORIO
ENSAYO DE MATERIALES
Ing. J. Anibal Viñan B. MsC.

ENSAYO DE TRACCIÓN

PROB.	TIPO DE MATERIAL	Fecha de Ensayo
6	BIOPLÁSTICO DE TRIGO	16/12/2024

Curva Esfuerzo - Deformación Unitaria



Aprobado por:

Ing. Anibal Viñán B. M.Sc
GERENTE DEL LABORATORIO

Calle Roma N° 7 y Padua, Cdla. Politécnica (03) 2 924420 - 0987260955
jvinan54@yahoo.es - Riobamba - Ecuador

Escaneado con CamScanner

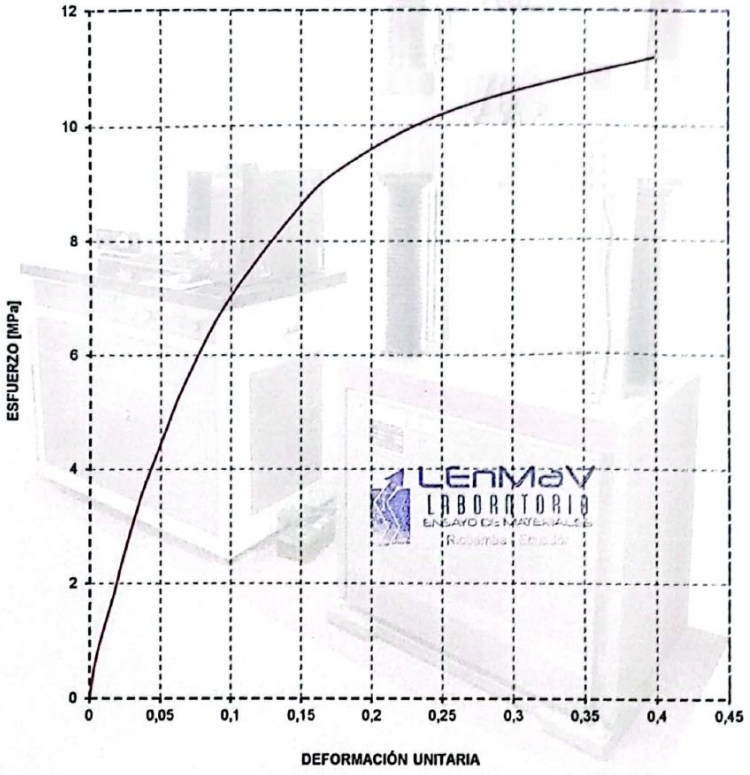
LENMAV
LABORATORIO
ENSAYO DE MATERIALES

Ing. J. Anibal Viñan B. MsC.

ENSAYO DE TRACCIÓN

PROB.	TIPO DE MATERIAL	Fecha de Ensayo
7	BIOPLÁSTICO DE TRIGO	16/12/2024

Curva Esfuerzo - Deformación Unitaria



Aprobado por:

Ing. Anibal Viñán B. M.Sc
GERENTE DEL LABORATORIO

Calle Roma N° 7 y Padua, Cdla. Politécnica (03) 2 924420 - 0987260955
jvinan54@yahoo.es - Riobamba - Ecuador

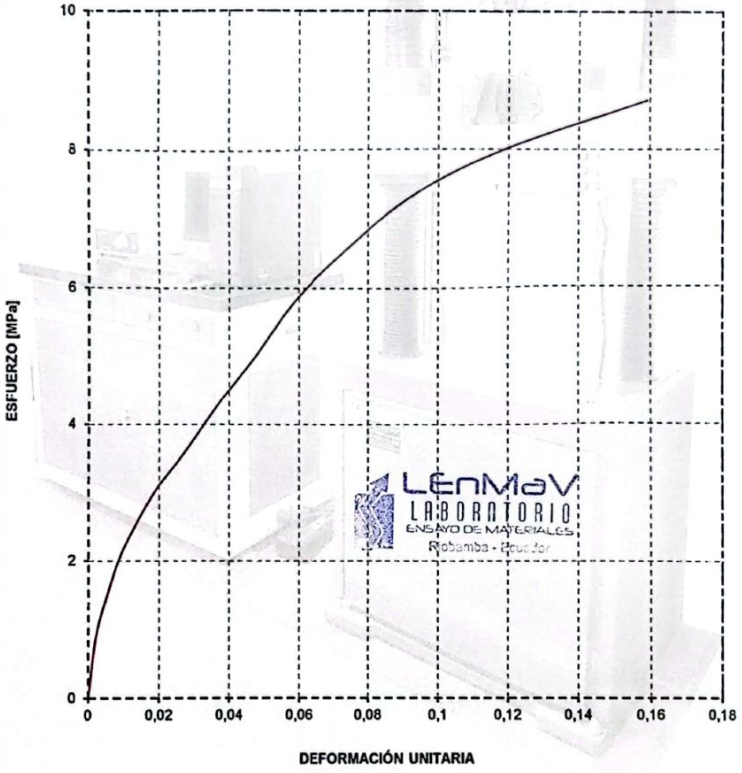
Escaneado con CamScanner

LENMAV
LABORATORIO
ENSAYO DE MATERIALES
Ing. J. Anibal Viñan B. MsC.

ENSAYO DE TRACCIÓN

PROB.	TIPO DE MATERIAL	Fecha de Ensayo
8	BIOPLÁSTICO DE TRIGO	16/12/2024

Curva Esfuerzo - Deformación Unitaria



Aprobado por:

Ing. Anibal Viñán B. M.Sc
GERENTE DEL LABORATORIO

Calle Roma N° 7 y Padua, Cdla. Politécnica (03) 2 924420 - 0987260955
jvinan54@yahoo.es - Riobamba - Ecuador

Escaneado con CamScanner

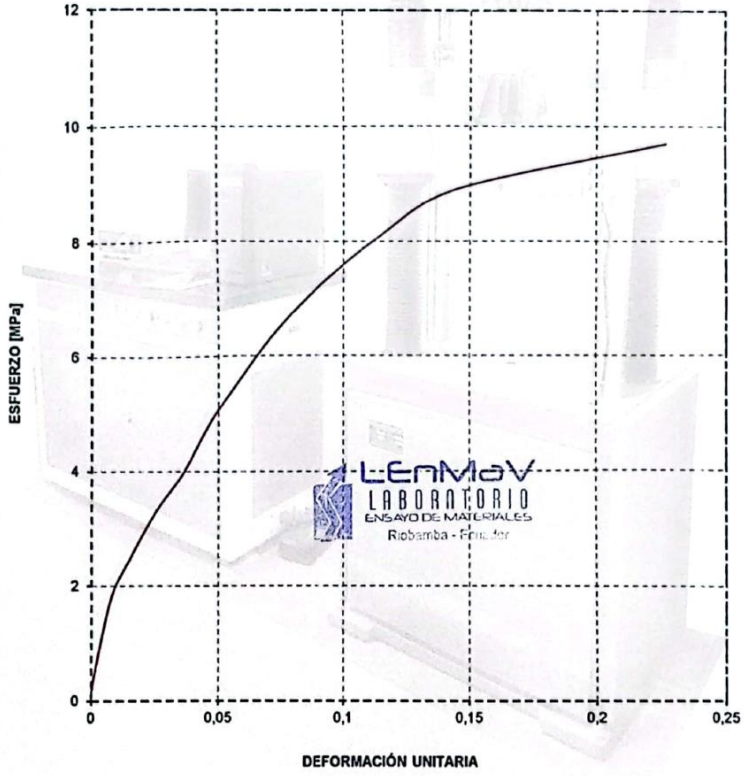
LENMAV
LABORATORIO
ENSAYO DE MATERIALES

Ing. J. Anibal Viñan B. MsC.

ENSAYO DE TRACCIÓN

PROB.	TIPO DE MATERIAL	Fecha de Ensayo
9	BIOPLÁSTICO DE TRIGO	16/12/2024

Curva Esfuerzo - Deformación Unitaria



Aprobado por:

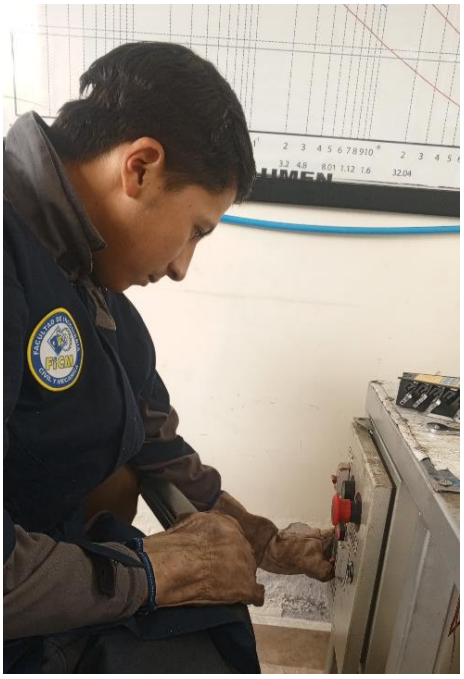
Ing. Anibal Viñán B. M.Sc
GERENTE DEL LABORATORIO

Calle Roma N° 7 y Padua, Cdla. Politécnica (03) 2 924420 - 0987260955
jvinan54@yahoo.es - Riobamba - Ecuador

Escaneado con CamScanner

Anexo 3: Fotografías producto biodegradable terminado


MECÁNICA






KEVIN ARAUJO

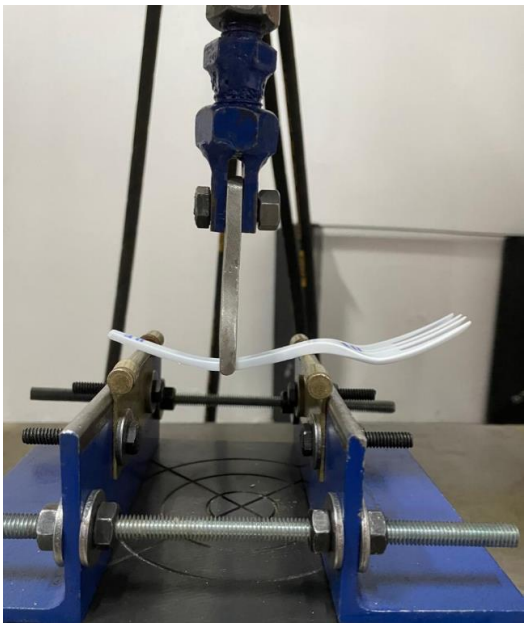


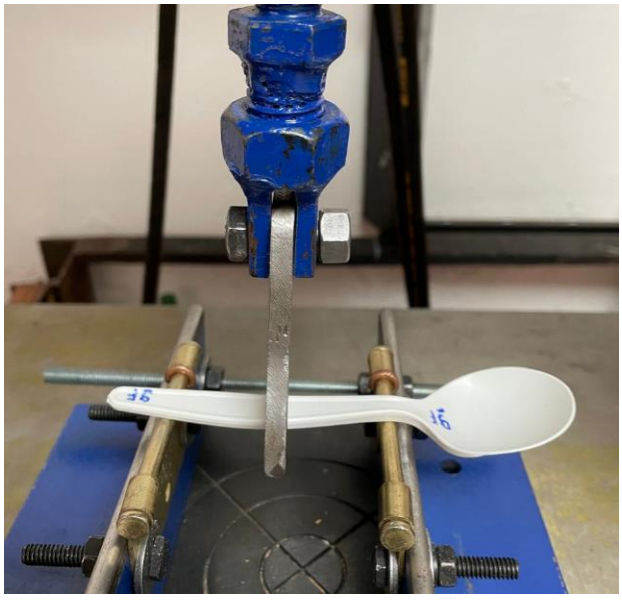


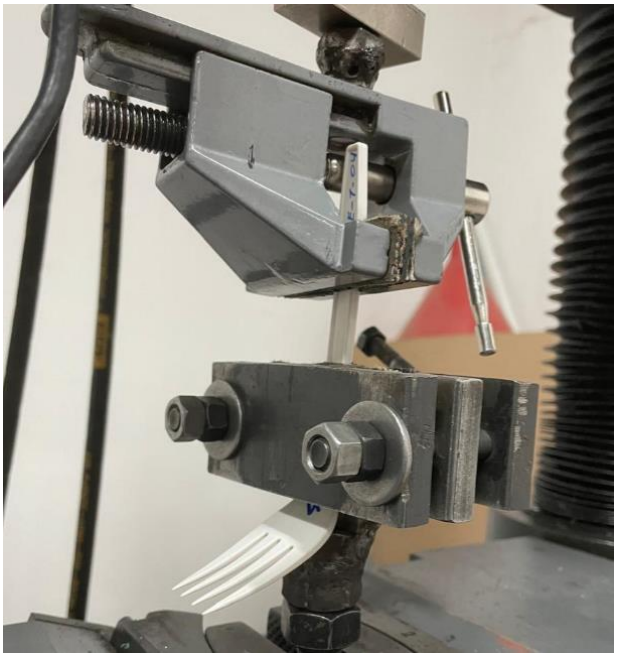


Anexo 4: Fotografías de ejecución de los ensayos flexión y tracción













Anexo 5: Fotografías de ejecución del ensayo de Dureza Shore D




0685
H
OFF
/ON
ZERO


Shore D Durometer
0~100HD
0425
H
OFF
/ON
ZERO

Anexo 5: Fotografías de ejecución del ensayo de Hidrofobicidad




5
4
3
2
1


5
4
3
2
1


5
4
3
2
1


5
4
3
2
1





