

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:

"ESTUDIO DE DUREZA EN MATERIALES BIODEGRADABLES PARA LA ELABORACIÓN DE CUCHILLOS"

AUTOR: Elias Bladimir Machado Muñoz

Michael Paúl Yancha Masaquiza

TUTOR: Ing. Jorge Enrique López Velástegui, Mg.

AMBATO – ECUADOR

Agosto - 2024

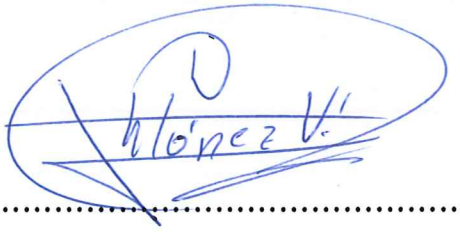
APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del Trabajo Experimental, previo a la obtención del Título de Ingeniero Mecánico, con tema: **"ESTUDIO DE DUREZA EN MATERIALES BIODEGRADABLES PARA LA ELABORACIÓN DE CUCHILLOS"**, elaborado por los Sres. Elias Bladimir Machado Muñoz, portador de la cedula de ciudadanía: C.I. 1850445758, y Michael Paúl Yancha Masaquiza, portador de la cedula de ciudadanía: C.I. 1805475827, 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, agosto 2024



.....

Ing. Jorge Enrique López Velástegui, Mg.

TUTOR

AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Elias Bladimir Machado Muñoz, con C.I. 1850445758, y Michael Paúl Yancha Masaquiza, con C.I. 1805475827, declaramos que todas las actividades y contenidos expuestos en el desarrollo del presente trabajo experimental con el tema: **"ESTUDIO DE DUREZA EN MATERIALES BIODEGRADABLES PARA LA ELABORACIÓN DE CUCHILLOS"**, así como también las ideas de diseño, parámetros, criterios, análisis, graficas, conclusiones y recomendaciones son de mi exclusiva responsabilidad como autor del trabajo, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, agosto 2024

.....

Elias Bladimir Machado Muñoz
C.I. 1850445758
AUTOR

.....

Michael Paúl Yancha Masaquiza
C.I. 1805475827
AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

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

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

Ambato, agosto 2024

.....

Elias Bladimir Machado Muñoz

C.I. 1850445758

AUTOR

.....

Michael Paúl Yancha Masaquiza

C.I. 1805475827

AUTOR

APROBACIÓN DE TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Trabajo Experimental, realizado por los estudiantes Elias Bladimir Machado Muñoz y Michael Paúl Yancha Masaquiza de la Carrera de Mecánica bajo el tema: **"ESTUDIO DE DUREZA EN MATERIALES BIODEGRADABLES PARA LA ELABORACIÓN DE CUCHILLOS"**.

Ambato, agosto 2024

Por constancia firma:

.....	.....
Ing. César Hernán Arroba Arroba, Mg.	**Ing. Juan Gilberto Paredes Salinas, PHD.**
MIEMBRO CALIFICADOR	**MIEMBRO CALIFICADOR**

DEDICATORIA

En el umbral de una etapa inolvidable, no puedo sino expresar un profundo agradecimiento a aquellos seres queridos que han sido mi luz y mi fortaleza en cada paso de este camino. Sus voces resonarán siempre en mi corazón como testigos de mi crecimiento, mi perseverancia y mis logros.

Este gran logro se lo dedico a mi familia quien a pesar de todo siempre me ha apoyado. A mi padre Hernán Machado, guardián de mis sueños y brújula en mis momentos de duda, agradezco su presencia constante y su apoyo inquebrantable. A mi madre Bethy Muñoz, cuya sabiduría y amor incondicional me han guiado en la elección de las mejores sendas, tejiendo un tapiz de sabiduría en mi camino. A mis hermanos, pilares de mi vida, cómplices de mis alegrías y consuelo en mis desafíos, quienes siempre me inspiraron en la búsqueda de nuevas metas.

Que mis palabras de agradecimiento, humildes pero sinceras, encuentren eco en vuestros corazones. Vuestra bondad y apoyo han sido la brújula que ha orientado mi travesía universitaria y han dado sentido a mis logros. Con la certeza de que vuestro amor será para siempre un tesoro en mi vida, os tributo mi más sincero agradecimiento, en este momento de dicha y gratitudes infinitas.

Elias Bladimir Machado Muñoz

Primeramente, dirijo este trabajo de titulación a Dios y a la Virgen por siempre cuidarme, guiarme, brindarme de sabiduría para seguir cada día con mis metas y el regalo más hermoso que me pudieron brindar es mi familia.

A mi querido padre, Humberto Yancha le agradezco mucho por siempre cuidarme y estar ahí para mí en cada momento, por ser el pilar fundamental de nuestro hogar y siempre por enseñarme a luchar por mis sueños, es una persona sabia a su edad, cuida a cada integrante de su familia y siempre quiero le mejor para nosotros, una persona que admiro mucho nunca se deja vencer y sigue adelante cumpliendo todas sus metas, me enseño que si tú te propones puedes llegar a conseguirlo todo.

A mi querida madre, Verónica Masaquiza estoy muy agradecido por cuidarme cada segundo de su vida, por ser mi persona incondicional en cada cosa que realice, estoy muy orgulloso porque hay tanta bondad en ella siempre ayudando a las personas, nos cuida, ama y cociente a nuestra familia, tiene siempre las palabras adecuadas con una calidez que te hace sentir en paz, gracias por siempre creer en mí y nunca dejarme solo, a su lado y la de mi familia es todo lo que pude soñar.

A mi querido hermano, Sebastian Yancha por apoyarme y siempre estar ahí, es la alegría del hogar con cada una de sus ocurrencias, es una persona que cuida del hogar con mucha madures a su corta edad, te quiero mucho y al igual te apoyare para que sigas cumpliendo cada una de tus metas.

Michael Paúl Yancha Masaquiza

AGRADECIMIENTO

A través de estas líneas, deseo expresar mi profundo agradecimiento al concluir de manera exitosa esta maravillosa etapa de mi vida académica. Quiero reconocer y agradecer a quienes han sido parte fundamental de este logro, brindándome inspiración, apoyo incondicional y fortaleza a lo largo de este recorrido.

En primer lugar, quiero expresar mi gratitud a Dios, quien ha sido mi guía constante, brindándome salud y las condiciones necesarias para alcanzar este importante logro. Asimismo, mi agradecimiento se dirige hacia mi familia quienes me han sabido guiar en el trascurso de mi vida, inculcando siempre los mejores valoras y cuyos consejos sabios han sido fundamentales en la toma de decisiones cruciales en mi vida.

Finalmente, pero no menos importante, deseo agradecer a todas aquellas personas que han compartido conmigo este trayecto educativo, brindándome su ayuda desinteresada, apoyo incondicional y enseñanzas que han enriquecido mi crecimiento personal. Su contribución ha sido invaluable y ha dejado una huella imborrable en mi formación como persona y profesional.

A la Universidad Técnica de Ambato mi más sincero agradecimiento por abrirme las puertas y brindarme una educación de calidad y a sus docentes por formar parte de este importante capítulo de mi vida y por haberme acompañado en este camino hacia la culminación de mis estudios universitarios.

Elias Bladimir Machado Muñoz

Agradezco en primer lugar a Dios por brindarme salud y vida, por cuidar a mis seres queridos y otorgarme la oportunidad de estudiar y que nunca me falte el pan de cada día, gracias por siempre protegerme y cuidar mis pasos.

Agradezco a cada uno de mis familiares por siempre estar presentes, ser parte de mi vida y de varios hermosos momentos. Este logro no es solo mío es de todos, me siento muy feliz por celebrar una meta más en mi vida y que mis familiares se encuentren a mi lado, cada uno dio una parte para que yo cumpla mi meta, cada experiencia y consejos les atesoro tanto.

Me siento muy agradecido con mi tutor Ing. Jorge López a más de ser nuestro Tutor se convirtió en una persona digna de confianza, los consejos y las enseñanzas no cualquiera te las brinda, junto con los docentes de la carrera que brindaron cada experiencia, compartiendo sus conocimientos se les agradece mucho y a la facultad de mecánica que fue nuestro segundo hogar, donde vivimos muchas experiencias que las atesorare siempre.

Michael Paúl Yancha Masaquiza

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

PORTADA: ..... **i**

APROBACION 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**

INDICE DE TABLAS ..... **xv**

ÍNDICE DE FIGURAS ..... **xvi**

RESUMEN EJECUTIVO ..... **xviii**

ABSTRACT ..... **xix**

CAPÍTULO I **1**

MARCO TEÓRICO **1**

1.1 Antecedentes Investigativos **1**

1.1.1 Tema del proyecto técnico **1**

1.1.2 Antecedentes **1**

1.1.3 Justificación **3**

1.1.4 Fundamentación Teórica **5**

1.1.4.1 Contaminación ambiental por plásticos **5**

1.1.4.2 Cuchillos **6**

1.1.4.2.1 Tipos de cuchillos **7**

1.1.4.2.2 Forma de la hoja **7**

1.1.4.3 Cubiertos biodegradables **8**

1.1.4.4 Productos desechables **9**

1.1.4.6 Desarrollo sostenible **10**

1.1.5 Materiales Biodegradables 10

1.1.5.1 Tipos de materiales biodegradables 11

1.1.5.1.1 Plásticos biodegradables 11

1.1.5.1.2 Biopolímeros 12

1.1.5.2 Importancia de los materiales biodegradables 12

1.1.5.2.1 Ventajas 13

1.1.5.2.1.2 Diferencia entre plásticos y bioplásticos 14

1.1.5.3 Propiedades de distintos materiales 14

1.1.5.4 Almidón 14

1.1.5.3.1 Bioplástico de almidón de maíz 15

1.1.5.3.2 Bioplástico de harina de maíz negro 15

1.1.5.3.3 Bioplástico de almidón de papa 15

1.1.5.3.4 Bioplástico de almidón de yuca 15

1.1.5.3.6 Bioplástico de cascara de maracuyá 16

1.1.5.3.5 Bioplástico del exoesqueleto de camarón (Quitina) 17

1.1.5.3.6 Almidón de arveja 17

1.1.5.3.7 Bioplástico de trigo 17

1.1.5.3.8 Fibras de bambú 18

1.1.6 Polimerización 19

1.1.6.1 Métodos de polimerización 19

1.1.7 Normas 20

1.1.8 Procesos de Moldeo 21

1.1.8.1 Fundamentos de moldeo 21

1.1.8.2 Moldeo por inyección 21

1.1.8.3 Moldes de inyección 22

1.1.8.3.1 Consideraciones preliminares antes de la inyección 22

1.1.8.3.2 Moldes de 2 placas 22

1.1.8.3.3 Moldes de 3 placas 23

1.1.8.4 Moldeo por termocompresión 23

1.1.8.4.1 Proceso de termocompresión 24

1.1.8.5 Proceso de Termoformado 25

1.1.8.5.1 Moldes de termoformado 26

1.1.8.6 Utilización del termoformado en las industrias 27

1.1.8.6.1 Variables de termoformado 27

1.1.8.6.2 Métodos poco ortodoxos de mecanizado 28

1.1.8.6.2 Proceso de electroerosión 29

1.1.9 Propiedades mecánicas 29

1.1.9.1 Evolución de progreso en la ciencia de los materiales 30

1.1.10 Modelos de exposición 31

1.1.11 Control numérico asistido por computadora (CNC) 31

1.1.12 Centro de mecanizado 31

1.2 Objetivos 32

1.2.1 Objetivo General 32

1.2.2 Objetivos específicos 32

1.3 Planteamiento de la Hipótesis 33

CAPÍTULO II 35

METODOLOGÍA 35

2.1 Materiales 35

2.1.1 Propiedades de materiales plásticos y bioplásticos 35

2.1.1.1 Selección de material bioplástico 36

2.1.2 Materiales para la construcción del molde 41

2.2Métodos 43

2.2.1 Características de los procesos de moldeo 43

2.2.1.1 Selección del proceso de moldeo 45

2.3 Materiales **47**

2.4 Diseño del cuchillo **51**

2.4.1 Selección del diseño de cuchillo **55**

2.4.1.1 Dimensiones utilizadas en el diseño para el cuchillo **56**

2.5 Mapa de procesos para la elaboración del proyecto **57**

CAPÍTULO III **58**

RESULTADOS Y DISCUSIÓN **58**

3.1 Análisis y discusión de los resultados **58**

3.1.1 Temperatura de las resistencias eléctricas **58**

3.1.2 Temperatura de los moldes **58**

3.1.2.1 Matriz Inferior **59**

3.1.2.1 Matriz Superior **62**

3.1.3 Análisis de compresión **65**

3.2 Pruebas realizadas **67**

3.3 Resultados de los ensayos de dureza, flexión, tracción y corte **69**

3.3.1. Ensayo de dureza en cuchillos bioplásticos de trigo **69**

3.3.2 Ensayo de dureza en cuchillos bioplásticos de trigo con fibras de bambú **71**

3.3.3 Ensayo de dureza en cuchillos bioplásticos de aguacate **73**

3.3.4 Ensayo de dureza en cuchillos plásticos **75**

3.3.5 Ensayo de flexión en cuchillos bioplásticos de trigo **77**

3.3.6 Ensayo de flexión en cuchillos bioplásticos de trigo con fibras de bambú **79**

3.3.7 Ensayo de flexión en cuchillos bioplásticos de aguacate y plástico **81**

3.3.8 Ensayo de tracción en cuchillos bioplásticos de trigo y plástico **83**

3.3.9 Evaluación de corte del cuchillo **85**

3.3.9.1 Encuesta para evaluar la calidad de corte que posee el cuchillo. **85**

3.3.10 Análisis de variables que afectan en la obtención del producto final. **86**

3.4 Recursos financieros para la elaboración de cuchillos con material **87**

3.4.1 Costos directos 87

3.4.2 Mecanizado 88

3.4.3 Costos de transporte 88

3.4.4 Costos de mano de obra 89

3.4.5 Costos de los ensayos 89

3.4.6 Costo total 89

3.5 Validación de la hipótesis 90

CAPÍTULO IV 95

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 95

4.1 Conclusiones 95

4.2 Recomendaciones 95

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 97

ANEXOS 103

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Porcentajes de constitución de un cuchillo de plástico desechable [20]. 9
Tabla 2. Diferencia entre materiales plásticos y bioplásticos [27]. 14
Tabla 3. Muestras realizadas con almidón de yuca. 16
Tabla 4. Evaluación de tracción y elongación. 16
Tabla 5. Clasificación taxonómica de la arveja [35]. 17
Tabla 6. Clasificación taxonómica del trigo [36]. 18
Tabla 7. Elaboración del bioplástico de trigo [37]. 18
Tabla 8. Procesos de mecanizado poco ortodoxos [49]. 29
Tabla 9. Tabla comparativa de los polímeros y bioplásticos [22] [31] [32][33]. 36
Tabla 10. Características de los materiales. 37
Tabla 11. Ficha técnica de las propiedades de los aluminios considerados para el molde 42
Tabla 12. Características del proceso de inyección, termoformado y termocompresión [47]. 43
Tabla 13. Tabla de características de los procesos de moldeo. 45
Tabla 14. Pruebas realizadas para la obtención de cuchillos. 67
Tabla 15. Preguntas para evaluar el corte del cuchillo 85
Tabla 16. Costos de los materiales. 87
Tabla 17. Costos del mecanizado de las matrices. 88
Tabla 18. Costos de transporte y envíos. 89
Tabla 19. Costo de ensayos de flexión y tracción. 89
Tabla 20. Costos totales 90
Tabla 21. Distribución de T Student [59]. 92
Tabla 22. Valores para la distribución t calculada. 92

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Desechos de toneladas anuales producido por plástico. 6
Figura 2. Borde de la hoja de con forma recta [16]. 7
Figura 3. Borde de la hoja de con forma dentada [16] 8
Figura 4. Borde de la hoja de con forma granton [16] 8
Figura 5. Desechables de un solo uso [21]. 9
Figura 6. Productos fabricados a base de biomasa vegetal [26]. 12
Figura 7. Máquina de inyección [47]. 22
Figura 8. Molde de 2 placas [47]. 23
Figura 9. Molde de 3 placas [47]. 23
Figura 10. Esquema del proceso [19]. 24
Figura 11. Moldeo por Termocompresión [44]. 25
Figura 12. Termoformado [49]. 26
Figura 13. Formado mecánico con molde macho y hembra [49]. 27
Figura 14. Comparación de la dureza entre los materiales plásticos y bioplásticos 40
Figura 15. Comparación del porcentaje de elongación según el espesor de los plásticos y bioplásticos. 40
Figura 16. Densidad de los materiales de aluminio para el molde. 42
Figura 17. Ángulos de salida en el molde. 44
Figura 18. Tolerancias dimensionales de las piezas moldeadas. 45
Figura 19. Diseño 1 en SolidWorks del cuchillo. 52
Figura 20. Diseño 2 en SolidWorks del cuchillo 52
Figura 21. Peso del cuchillo #2 según la información del SolidWorks. 53
Figura 22. Desplazamientos del cuchillo #2 al ser sometido a una carga en los dientes. 53
Figura 23. Diseño 3 en SolidWorks del cuchillo. 54
Figura 24. Peso del cuchillo #3 según la información del SolidWorks. 54
Figura 25. Desplazamientos del cuchillo #3 al ser sometido a una carga en los dientes. 54
Figura 26. Comparación entre el peso y los tamaños de dientes según los diseños. 55
Figura 27. Dimensiones de la mejor alternativa de diseño #3 56
Figura 28. Distribución de temperatura sobre la cara frontal de la matriz inferior a los 60 segundos. 59
Figura 29. Distribución de temperatura sobre la cara posterior de la matriz inferior a los 60 segundos. 59
Figura 30. Diagrama de Tiempo vs Temperatura de la matriz en 60 segundos. 60

Figura 31. Distribución de temperatura sobre la cara frontal de la matriz inferior a los 180 segundos. 60
Figura 32. Distribución de temperatura sobre la cara posterior de la matriz inferior a los 180 segundos. 60
Figura 33. Diagrama de Tiempo vs Temperatura de la matriz en 180 segundos. 61
Figura 34. Distribución de temperatura sobre la cara frontal de la matriz inferior a los 300 segundos. 61
Figura 35. Distribución de temperatura sobre la cara posterior de la matriz inferior a los 300 segundos. 61
Figura 36. Diagrama de Tiempo vs Temperatura de la matriz en 300 segundos. 62
Figura 37. Distribución de temperatura sobre la cara frontal de la matriz superior a los 60 segundos 62
Figura 38. Distribución de temperatura sobre la cara posterior de la matriz superior a los 60 segundos. 63
Figura 39. Diagrama de Tiempo vs Temperatura de la matriz en 60 segundos. 63
Figura 40. Distribución de temperatura sobre la cara frontal de la matriz superior a los 180 segundos. 63
Figura 41. Distribución de temperatura sobre la cara posterior de la matriz superior a los 180 segundos. 64
Figura 42. Diagrama de Tiempo vs Temperatura de la matriz en 180 segundos. 64
Figura 43. Distribución de temperatura sobre la cara frontal de la matriz superior a los 300 segundos. 64
Figura 44. Distribución de temperatura sobre la cara posterior de la matriz superior a los 300 segundos. 65
Figura 45. Diagrama de Tiempo vs Temperatura de la matriz en 300 segundos. 65
Figura 46. Deformaciones totales de las matrices unidas. 66
Figura 47. Deformación direccional de las matrices unidas en relación al eje Z. 66
Figura 48. Esfuerzo equivalente de Von Mises de las matrices unidas. 66
Figura 49. Diagrama de pescado de factores implicados en la fabricación de cuchillo bioplástico de trigo. 87

RESUMEN EJECUTIVO

El estudio tiene como objetivo analizar la resistencia y viabilidad de diversos materiales biodegradables existentes en el mercado para realizar la fabricación de cuchillos, comparándolos con las propiedades de los materiales plásticos comúnmente utilizados y determinando su idoneidad como alternativas sustentables en la producción de cuchillos bioplásticos y contribuyendo en la reducción de residuos plásticos que contaminan el medio ambiente.

La investigación incluye pruebas de dureza, flexión y tracción de los materiales seleccionados, utilizando métodos adecuados, así como software especializado para el diseño y simulación. Se evaluaron propiedades mecánicas claves, como es la dureza, módulo de elasticidad y porcentaje de elongación, para determinar la capacidad de los materiales biodegradables manteniendo un borde afilado para que puedan resistir la deformación bajo cargas aplicadas. Las pruebas de flexión mostraron que los bioplásticos de trigo reforzados con bambú ofrecieron una mayor resistencia a la deformación en comparación con los bioplásticos sin refuerzo y otros cuchillos plásticos. En los ensayos de tracción, el bioplástico de trigo demostró una mayor resistencia a la tensión y capacidad de elongación en comparación con el plástico común.

Como resultado de los ensayos realizados, se determinó que los materiales biodegradables que fueron estudiados no solo son viables desde una perspectiva ambiental, sino que también cumplen con los requisitos de dureza los cuales son indispensables para tener un buen rendimiento en el corte de distintos alimentos, promoviendo la adopción de nuevas alternativas sostenibles en la industria de utensilios.

Palabras Clave: materiales biodegradables, durabilidad, sustentabilidad, trigo, tracción, flexión, dureza.

ABSTRACT

The study aims to analyze the resistance and viability of various biodegradable materials on the market for the manufacture of knives, comparing them with the properties of the plastic materials used and determining their suitability as sustainable alternatives in the production of bioplastic knives and contributing to the production of bioplastic knives. in reducing plastic waste that pollutes the environment.

The research includes hardness, bending and tensile tests of the selected materials, using appropriate methods, as well as specialized software for design and simulation. Key mechanical properties, such as hardness, elastic modulus, and percent elongation, were evaluated to determine the ability of biodegradable materials to maintain a sharp edge so that they can resist deformation under applied loads. Bending tests showed that bamboo-reinforced wheat bioplastics offered greater resistance to deformation compared to unreinforced bioplastics and other plastic knives. In tensile tests, wheat bioplastic demonstrated higher tensile strength and elongation capacity compared to regular plastic.

As a result of the tests carried out, it is considered that the biodegradable materials studied are not only viable from an environmental point of view, but also meet the essential hardness requirements to perform well in cutting different foods. promoting the adoption of new sustainable alternatives in the utensils industry.

Keywords: biodegradable materials, durability, sustainability, wheat, traction, bending, hardness.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 Antecedentes Investigativos

1.1.1 Tema del proyecto técnico

Estudio de dureza en materiales biodegradables para la elaboración de cuchillos

1.1.2 Antecedentes

De acuerdo con [1], los principales problemas debido al elevado uso de plásticos y sus altos niveles de contaminación resaltan la necesidad de búsqueda de alternativas sustentables es crucial en la producción de utensilios de cocina, generando interés en materiales biodegradables como una opción viable. La cocina; Su durabilidad y resistencia son aspectos claves para su funcionamiento. El estudio se centra en analizar la durabilidad de diversos materiales biodegradables para determinar su idoneidad para la fabricación de cuchillos. Se realizarán estudios para comparar estos materiales con materiales tradicionales, evaluando su desempeño y viabilidad como alternativas sustentables para la producción de utensilios de cocina [2].

Los materiales bioplásticos son de recursos renovables y pueden descomponerse naturalmente en el medio ambiente, reduciendo la contaminación. Los materiales biodegradables comunes son de origen natural como el almidón, utilizados en la producción de cuchillos también incluyen ácido poliláctico (PLA), policaprolactona (PCL), trigo, bambú y bioplásticos a base de maíz. Entre los utilizados en la producción, Cada uno de estos materiales tiene propiedades y ventajas únicas [2]. El almidón es la biomasa residual más abundante que encontramos en la agricultura después de la celulosa y el carbohidrato de almacenamiento de energía primaria en las plantas, esto nos ayuda ya que contiene una gran abundancia en el medio ambiente [3].

De acuerdo a [4], la elaboración de bioplásticos que disminuyan los efectos perjudiciales de los plásticos de un solo uso en el medio ambiente han sido ampliamente estudiados y documentados. Actualmente existen un creciente interés por encontrar diferentes alternativas para la creación de nuevos materiales. “Se han sugerido varias opciones para la producción de utensilios biodegradables, como el uso de almidón de yuca o aguacate”.

Según [5] el objetivo de los utensilios a base de bambú es encontrar alternativas sostenibles y viables a los materiales tradicionales que a menudo causan contaminación y son menos

responsables con el medio ambiente. Estos materiales son biodegradables, renovables y menos dañinos para el medio ambiente que los materiales tradicionales. Materiales, como el PLA (ácido poliláctico), el almidón de maíz y la celulosa, se están volviendo populares como alternativas sostenibles a los plásticos convencionales que se usan habitualmente. Estos materiales se derivan de fuentes renovables y tienen la capacidad de descomponerse en condiciones apropiadas, lo que los hace atractivos para su uso en la fabricación.

Según [6], actualmente el mundo se enfrenta a una progresiva necesidad de crear nuevos materiales que puedan sustituir a los materiales derivados del petróleo. Los materiales plásticos son útiles en diversas actividades que existe en la población, se han convertido en fuentes de contaminación. Una elección precisa y correcta es optar por utilizar nuevas fuentes de recursos renovables para fabricar vajillas biodegradables. Contrariamente a la creencia popular, existen varios materiales agrícolas que se desechan o se utilizan de manera ineficiente y que pueden usarse como materia prima para la producción de nuevos productos biodegradables. En la zona sur del Ecuador constan con varios subproductos ya que son ricas en tierra y que se obtienen fácilmente, como la corteza de yuca. Tomando en cuenta las cortezas se puede adquirir la harina rica en proteínas se puede mezclar con plastificantes como glicerina y agua, así como con un modificador químico como el ácido acético, para crear un termoplástico biodegradable [7].

La durabilidad es una característica muy importante en los utensilios de cocina al momento de su manipulación, particularmente en los cuchillos, donde la capacidad de mantener un borde afilado es fundamental para el rendimiento optimo. Habitualmente, los cuchillos están fabricados de plástico donde son los principales problemas de contaminación, que tiene una alta durabilidad y resistencia a la degradación. El desarrollo de materiales biodegradables plantea la cuestión de si estos materiales pueden cumplir con los estándares de durabilidad necesarios para un rendimiento óptimo en la cocina cumpliendo su funcionamiento adecuado. Las pruebas más comunes para poder determinar las propiedades mecánicas de materiales para sus respectivas aplicaciones son las pruebas conicidad e importantes de durabilidad y compresión. Sin embargo, dependiendo de la aplicación del implante, es posible que se requieran otras pruebas, como la carga cíclica, para determinar la fatiga y el desgaste. Existen diversos métodos para medir su dureza de materiales, incluidos Rockwell, Vickers y Shore. Estos métodos tienen ventajas y desventajas, y la elección está determinada por factores como el tipo de materiales con el que se va a trabajar. Podemos utilizar pruebas de indentación para evaluar con precisión la durabilidad [8].

Los efectos perjudiciales de los plásticos de un solo uso en el medio ambiente se han estudiado y documentado, lo que ha generado interés en encontrar alternativas más sostenibles. “Se han sugerido varias opciones para la producción de utensilios biodegradables, como el uso de materiales como el almidón de yuca o aguacate” [3].

Una forma de reducir los residuos plásticos, especialmente los de un solo uso, es intentar producir envases ecológicos. Objetivos específicos de reutilización, valorización y regeneración de residuos, fomentando la investigación sobre materiales biodegradables [9].

1.1.3 Justificación

Actualmente, el uso generalizado del plástico se ha convertido en una preocupación internacional por su impacto ambiental que se está dando mundialmente, lo que lleva a la alta generación de residuos. Los plásticos de uso común, como el polipropileno y el polietileno, tardan años en degradarse donde son uno de los principales problemas de la contaminación ambiental. Por tanto, es importante encontrar otras formas de reducir la contaminación ambiental, como materiales biodegradables [5].

Servicios como la comida rápida que entregan sorbetes, cucharas y cuchillos a pedido. Conforme el Ministerio del Ambiente de Ecuador (MAE), los mares ecuatorianos están contaminados principalmente por botellas, envases de comida para llevar, envoltorios de dulces, bolsas de plástico y cubiertos desechables [10]. La producción de plástico es muy peligrosa para la vida marina, porque los animales suelen convertir las bolsas de plástico en alimento. Así, usar estas materias primas provoca contaminación y muerte de diversos tipos de animales. Por tanto, surge la necesidad de introducir nuevos materiales en la producción de materiales renovables prioritarios, a diferencia de los materiales tradicionales derivados del petróleo. El problema del uso excesivo de plásticos es el problema de su mala biodegradabilidad, lo que aumenta la producción de residuos. El plástico es muy resistente a las influencias ambientales, es un material alternativo para fines similares y es adecuado para grandes productos industriales [11].

Por otro lado, diversos compuestos orgánicos tienen muchos beneficios. Estos materiales, como el bambú, el maíz o la harina de trigo, se descomponen de forma natural y rápida, sin dejar residuos nocivos en el medio ambiente. Al elegir soluciones sostenibles, podemos reducir

significativamente nuestras emisiones de carbono y ayudar a conservar los recursos ambientales. La contaminación plástica ha alcanzado niveles críticos y debe reducirse para minimizar su impacto. El uso de utensilios de cocina también contribuye mucho a nuestra crisis. Para aprender más sobre la sostenibilidad, es importante comprender la importancia de los residuos en los esfuerzos de reducción de residuos [12].

La utilización de materiales biodegradables en la producción de cuchillos ha ganado mucha atención debido a las crecientes preocupaciones medioambientales y la necesidad de alternativas sostenibles a los plásticos tradicionales. Entre los factores críticos que influyen en el rendimiento y la durabilidad de los cuchillos biodegradables, la dureza destaca como una propiedad mecánica clave. Esta justificación explora la importancia de realizar un estudio sobre la dureza de materiales biodegradables para la fabricación de cuchillos, destacando la importancia de este esfuerzo de investigación [2].

La selección de materiales adecuados es un paso crítico en el diseño y producción de cuchillos biodegradables. La dureza es un criterio clave utilizado para evaluar la idoneidad de los materiales para aplicaciones específicas. Al realizar un estudio exhaustivo sobre la dureza de los materiales biodegradables, podemos identificar materiales con niveles de dureza óptimos para la fabricación de cuchillos. Este conocimiento nos permite tomar decisiones informadas con respecto a la selección de materiales, asegurando que los cuchillos biodegradables cumplan con los requisitos de rendimiento para diferentes entornos y tareas de corte. Además, comprender las propiedades de dureza de los materiales biodegradables facilita el diseño de cuchillos innovadores que aprovechan las características únicas de estos materiales [2].

La aceptación por parte de los consumidores de los cuchillos biodegradables depende de su rendimiento, durabilidad y calidad general. La dureza es un atributo crítico que influye en las percepciones de los consumidores sobre la confiabilidad y longevidad del producto. Al realizar investigaciones sobre la dureza de los materiales biodegradables, podemos mejorar la calidad y el rendimiento de los cuchillos biodegradables, aumentando así la aceptación y satisfacción del consumidor. Cumplir con las expectativas de los consumidores en cuanto a dureza y durabilidad es esencial para impulsar la demanda del mercado y promover la adopción popular de cuchillos biodegradables como alternativas sostenibles a los cubiertos convencionales [2].

La producción y el uso de materiales biodegradables en la fabricación de cuchillos están sujetos a requisitos reglamentarios y estándares de la industria. Las pruebas de dureza a menudo se incluyen en los protocolos de control de calidad para garantizar que los materiales cumplan con los criterios de rendimiento específicos. Al realizar un estudio sobre la dureza de los materiales biodegradables, podemos evaluar su cumplimiento de las normas reglamentarias y los requisitos de garantía de calidad. Esta investigación contribuye al establecimiento de puntos de referencia y directrices de la industria para la producción de cuchillos biodegradables, promoviendo la transparencia, la responsabilidad y la confianza del consumidor en el mercado. Al realizar un estudio sobre la dureza de los materiales biodegradables para la producción de cuchillos se justifica por la necesidad de abordar las preocupaciones de sostenibilidad ambiental, optimizar el rendimiento, facilitar la selección y el diseño de materiales, mejorar la aceptación del consumidor y garantizar el cumplimiento normativo. Al obtener información sobre las propiedades de dureza de los materiales biodegradables, podemos avanzar en el desarrollo de prácticas sostenibles de fabricación de cuchillos y contribuir a la transición hacia una economía circular. Este esfuerzo de investigación tiene un potencial significativo para impulsar la innovación, promover la gestión ambiental y satisfacer las necesidades cambiantes de los consumidores y las partes interesadas en la industria de la cuchillería [2].

En los últimos años ha existido numerosas investigaciones para el desarrollo de materiales capaces de tener una degradación más rápida a comparación de otros materiales. Este proceso permite encontrar alternativas amigables con el medio ambiente y crea oportunidades económicas y comerciales en la producción de productos. Hoy en día existen países como la india que implementan este tipo de materiales en la fabricación de vajillas y cubiertos capaces de cumplir con su principal función. De esta forma, se busca reducir la contaminación plástica y promover un consumo responsable y consciente [13].

1.1.4 Fundamentación Teórica

1.1.4.1 Contaminación ambiental por plásticos

Según informes anuales donados por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) y verificados por el Plan V, los ecuatorianos produjeron 12.739,01 toneladas de desperdicio anuales en 2018. El consumo de plástico es del 11,43 %, un total anual de 531.461 toneladas. Esto corresponde a más de 350.000 vehículos de peso mediano. Según José Luis Solano, profesor de la Universidad Católica de Cuenca, la mayoría de estas 531.461 toneladas son de plástico blanco, generalmente destinado a un uso único (bolsas, los envases de espuma flex y

cubiertos desechables). En total, en los últimos cuatro años se generaron 261.778 toneladas de plástico no reciclable. Las cifras también proporcionan información sobre las regiones, la región de la Sierra tiene la mayor cantidad de plástico de un solo uso, mientras que la región Costera tiene la menor cantidad [14].

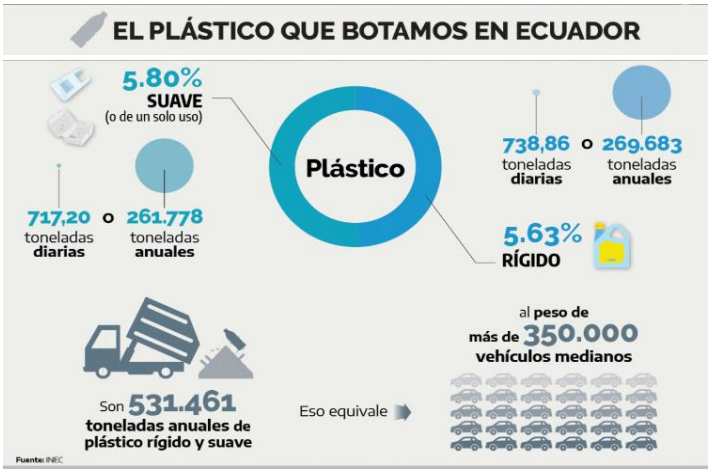


Figura 1. Desechos de toneladas anuales producido por plástico.

Este nuevo informe reconoce que, si bien los plásticos son una parte esencial de la economía global y ofrecen muchos beneficios, la cadena de valor actual presenta algunas desventajas. Según el informe, la mayoría de los envases de plástico se utilizan una sola vez y pierden el 95% de su valor, con un valor de entre 80.000 y 120.000 millones de dólares al año. Siguiendo esta tendencia, se prevé que para 2050 habrá más plástico que peces en el mar. Además, se estima que la industria del plástico consume el 20% de la producción total de petróleo y el 15% del presupuesto anual de carbono [14].

1.1.4.2 Cuchillos

Los cuchillos han evolucionado a lo largo de la historia para satisfacer las necesidades del ser humano en diferentes ámbitos. Desde sus primeros orígenes como cantos de piedra utilizados para cazar animales, hasta la producción de cuchillos de metal con usos militares, de caza y cocina. Con el paso del tiempo, se han ido desarrollando diferentes tipos de cuchillos según su uso especifico, mejorando sus propiedades de durabilidad y mantenimiento a través de la utilización de materiales como el bronce, el hierro y finalmente el acero. En el siglo XVII, tuvo un papel muy importante donde se introdujo el uso del cuchillo en la mesa como un instrumento para tratar los alimentos de acuerdo con las normas de etiqueta. Con la llegada de acero inoxidable, se estableció la forma de mesa de los cuchillos que conocemos en la actualidad.

Adaptándose a las necesidades y usos de cada época y mejorando sus propiedades al largo de este tiempo [15].

1.1.4.2.1 Tipos de cuchillos

Cuchillo de postre: Posee un tamaño más pequeño, sin punta y con poco filo [15].

Cuchillo de pescado: En forma de pala, liso y sin filo, utilizado para separar más que para cortar [15].

Cuchillo de queso: Formas variadas dependiendo el tipo de queso, algunos con doble punta para pinchar el trozo cortado [15].

Cuchillo de pan: Generalmente más grande el cuchillo de mesa, con una sierra marcada para cortar el pan [15].

Cuchillo de mantequilla: Casi sin filo, sin sierra y con hoja curva [15].

Cuchillo de carne: De tamaño similar al cuchillo de mesa, pero con un filo más pronunciado y una sierra marcada, también muy versátil y ampliamente utilizado [15].

Cuchillo de mesa: Similar en tamaño a la cuchara y tenedor de mesa, con poco filo y punta redondeada, pero es el más comúnmente utilizado [15].

1.1.4.2.2 Forma de la hoja

Recta

Esta forma de hoja se caracteriza por tener un borde recto que facilita el corte de carnes crudas, el troceado de pescado y el corte de verduras con precisión [16]. Su diseño recto permite realizar cortes limpios y uniformes en diferentes tipos de alimentos.



Figura 2. Borde de la hoja de con forma recta [16].

Dentada

La hoja dentada presenta pequeñas hendiduras a lo largo de su borde, lo que le permite cortar con facilidad productos blandos y con corteza dura, como pan, tomates o frutas [16]. Las hojas dentadas son ideales para cortar alimentos que pueden ser difíciles de cortar con una hoja lisa, ya que los dientes de la hoja ayudan a agarrar y cortar de manera efectiva.



Figura 3. Borde de la hoja de con forma dentada [16]

Granton

Se caracteriza por tener surcos o hendiduras a lo largo de la hoja, lo que ayuda a reducir la adherencia de los alimentos húmedos al cortarlos [16]. Estos surcos crean pequeñas bolsas de aire entre la hoja y el alimento, lo que facilita el corte y evita que los alimentos se peguen a la hoja. La hoja Granton es ideal para cortar alimentos húmedos y pegajosos, como carnes cocidas o quesos blandos.

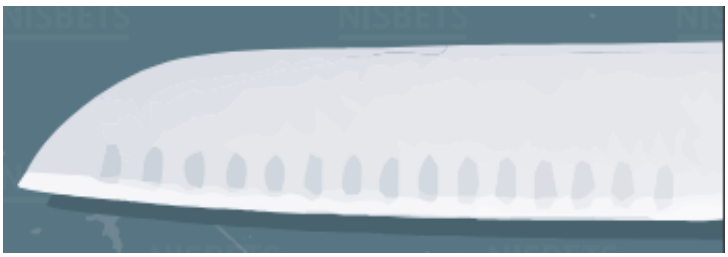


Figura 4. Borde de la hoja de con forma granton [16]

1.1.4.3 Cubiertos biodegradables

El mercado mundial de cubiertos biodegradables alcanzó los 45,0 millones de dólares en 2023 tiene un papel muy importante ya que trata del plástico, a lo que digo que esta sustancia es la más contaminante del medio ambiente del mundo. Sin embargo, sus efectos también influyen a la salud de las personas que viven en este planeta. Según estudios difundidos alimentos en envases platicos y desechables a altas temperaturas son nocivos para la salud del ser humano. Donde el mercado financiero se estipula que 65,8 millones de dólares se obtendrán una valoración después en 2032, la tasa compuesta anual entre 2023 y 2032 fue del 4,3%. Entre los factores que contribuyen al crecimiento del mercado están la expansión significativa de la industria hotelera y turística, avances en la ciencia de los materiales y la aceptación general de los productos en el comercio minorista, factores claves para su crecimiento [17].

En los últimos años, la búsqueda de alternativas sostenibles en diversas industrias ha llevado a la exploración de materiales biodegradables con fines de fabricación. En el sector culinario, el desarrollo de cuchillos biodegradables presenta una vía prometedora para reducir el impacto

medioambiental. Sin embargo, evaluar la dureza de estos materiales es crucial para garantizar su funcionalidad y durabilidad. Este marco teórico profundiza en la importancia de los estudios de dureza en materiales biodegradables para la producción de cuchillos [18].

1.1.4.4 Productos desechables

Los residuos desechables son una de las principales causas de contaminación ambiental debido a su alta demanda de utilización y representan el 30% de los residuos enviados a los vertederos en todo el mundo debido a su "cultura del descarte y de un solo uso". Pero incluso si se desechan, estos productos de poliestireno pueden tener un impacto aún mayor en el medio ambiente. A menudo estos desechos son ingeridos por animales marinos, lo que puede afectar su capacidad para sumergirse o provocar obstrucciones en el sistema digestivo y causar la muerte. Los recipientes desechables y cubiertos son una parte esencial de nuestra vida moderna y ofrecen comidas asequibles, servicio rápido y la comodidad de la entrega a domicilio esto debido a que el ser humano busca comodidad y economía. Pero, aunque este embalaje es útil y reduce costos, pero su uso excesivo ha provocado una cantidad cada vez mayor de desechos no biodegradables (como el plástico) en todo el mundo aumentando la contaminación del medio ambiente. La vajilla desechable, incluidos platos, vasos, cubiertos, botellas de bebidas y bolsas de plástico, es una de las principales fuentes de esta contaminación [19].

Tabla 1. Porcentajes de constitución de un cuchillo de plástico desechable [20].

Mango	Polipropileno	60-70%
Hoja	Poliestireno	30-40%
Diferentes componentes	Detalles y uniones	5-10%



Figura 5. Desechables de un solo uso [21].

1.1.4.5 Alcance económico

El uso de los cuchillos en los cubiertos es una práctica común en todo el mundo, y en algunas culturas se considera indispensable para manipular los alimentos. Esto ha generado una gran demanda de cubiertos, especialmente en reuniones sociales donde se busca dar una buena imagen. En el sector de restauración, también se utiliza una gran cantidad de cubiertos, y algunos lugares lo cambian periódicamente para mantenerlos en perfecto estado. Además, en el sector de los viajar comerciales como cruceros o aviones, la reducción es un factor importante para considerar la elección de los cuchillos que ofrecerán a los clientes. Por lo tanto, la fabricación de cuchillos de materiales biodegradables puede ser una opción atractiva para reducir el y mejorar la reducción de contaminación del medio ambiente [15].

1.1.4.6 Desarrollo sostenible

Ante el aumento de la demanda de las industrias de plástico, la Comisión Mundial sobre el medio ambiente y desarrollo, una rama de asamblea general de las naciones unidades, emitió el informe Brundtland para abordar las preocupaciones ambientales. En este informe se introduce el concepto de desarrollo sostenible, que busca satisfacer las necesidades actuales sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer las suyas. El desarrollo sostenible está ganando importancia a nivel internacional y cuenta con el apoyo de diversas organizaciones comprometidas con la promoción de nuevos modelos económicos, sociales y ambientales que buscan preservar los recursos naturales y resolver problemas sociales importantes. La ecología industrial surge como una forma de reducir los impactos ambientales de las emisiones de las industrias. Se basa en tres estrategias principales: el ecodiseño, que busca crear productos respetuosos con el medio ambiente; los procesos más limpios, que se encuentran en mejorar la estructura de los procesos industriales; y la gestión medioambiental, que abarca las políticas públicas y privadas que regulan estos procesos. Estas estrategias dan lugar a un sistema eco industrial que se caracteriza por una red de intercambios y relaciones no lineales [20].

1.1.5 Materiales Biodegradables

Los materiales biodegradables son aquellos que no afectan al medio ambiente donde ofrecen alternativas sostenibles a los plásticos tradicionales que tardan varios años en descomponerse de diversas industrias, incluida la fabricación de cubiertos donde tomo una alta demanda debido a la comida rápida y al solo uso que se le da. Los materiales naturales son componentes que se presenta y son basados principalmente en materiales orgánicos, donde estos materiales

expuestos al sol, lluvia, humedad y variaciones de temperaturas son las que causan la degradación sin afectar su entorno en el que se encuentra, por otro lado, tenemos un factor que es las bacterias que también influyen en una gran parte de la descomposición [21].

1.1.5.1 Tipos de materiales biodegradables

Un polímero biodegradable es un material que después de cumplir su función puede degradarse en condiciones de compostaje al final de su vida, produciendo subproductos como dióxido de carbono (CO2), agua (H2O), metano (CH4), compuestos inorgánicos y biomasa, sin dejar rastro visible o residuos tóxicos así ayudando al medio ambiente. Estos materiales podemos catalogar según su origen. A continuación, se muestran algunos ejemplos de los tipos de materiales biodegradables: proteínas y polisacáridos obtenidos directamente de biomasa del material, también tenemos el ácido poliláctico (PLA) que se obtiene a partir de los biopolímeros de biomasa sintética, petroquímicos como la policaprolactona (PCL) y el ácido poliglicólico (PGA), también podemos incluir los aquellos producidos con la ayuda de la fermentación microbiana, como los polihidroxialcanoatos (PHA) y el polihidroxibutirato (PHB). Además, el PLA representa una posible alternativa confiable para la industria manufacturera a escala global debido a sus diferentes requisitos en términos de procesabilidad, rigidez, transparencia, biocompatibilidad, comportamiento termoplástico y similitud con los plásticos convencionales [22]. Procesar componentes adicionales de plantas como el maíz, la soja, la mandioca y la caña azúcar es un método común para obtener plástico. El proceso para la obtención normalmente produce etanol, ácido láctico y otros ingredientes básicos mediante la fermentación de granos de plantas, que se convierten en los monómeros plásticos originales. Este proceso permite la producción de plásticos como el ácido poliláctico (PLA), así como plásticos tradicionales como polietileno, polipropileno, metal y otros materiales que tienen propiedades diferentes a sus homólogos derivados del petróleo [23].

1.1.5.1.1 Plásticos biodegradables

Los plásticos biodegradables se pueden elaborar mediante los recursos renovables y combustibles fósiles que son recursos no renovables. Por tanto, tenemos que la biodegradabilidad no está determinada por el origen del material, sino también por la estructura química del plástico y como se encuentra conformado. Sin embargo, para la biodegradación se deben cumplir otros requisitos, como la presencia de microorganismos capaces de descomponer el plástico y las condiciones ambientales necesarias. La mayoría de los plásticos biodegradables están diseñados para este proceso en ambientes específicos, lo que los hace vulnerables a los

microorganismos presentes en los procesos de compostaje (sistemas de producción de biogás para recuperación de energía). Tenga en cuenta que el hecho de que un plástico provenga de una fuente biológica no significa necesariamente que sea biodegradable. Si bien hay casos en los que la biodegradabilidad y el origen biológico van de la mano, como en el caso del PLA, la biodegradabilidad de un plástico depende de su estructura química y no del proceso de fabricación o de la materia prima con la que está elaborado [23].



Figura 6. Productos fabricados a base de biomasa vegetal [26].

1.1.5.1.2 Biopolímeros

Son macromoléculas donde están constituidas y compuestas por unidades funcionales donde se encuentran desarrolladas por diferentes organismos de manera directa o indirectamente durante su procesamiento. Los bioplásticos o biopolímeros son todos los plásticos constituidos de fuentes biológicas o biodegradables que no afectan su entorno. Algunos polímeros plásticos son biodegradables con una estructura compostables según la composición química de sus constituyentes. Pueden provenir estos compuestos de carbohidratos (como almidón, celulosa y caña de azúcar), por otro lado, tenesmo las proteínas (como gelatina, caseína, seda y lana), lípidos (como aceites vegetales) y constan de otros grupos funcionales donde forman materiales como el ácido poliláctico. Poliésteres como ácido (PLA), polihidroxialcanoato (PHA), almidón termoplástico, etc [24].

1.1.5.2 Importancia de los materiales biodegradables

Los productos biodegradables poseen como un punto muy importante que consta con una buena forma de disminuir la contaminación ambiental así protegiendo al medio ambiente, puesto que el uso de envases de plástico que se utiliza diariamente son elaborados a partir de productos derivados del petróleo, tiene como consecuencia provocar problemas de salud al consumir estos alimentos y bebidas que se encuentran en contacto en sus respectivos envases y contaminación.

Los productos no biodegradables donde afectan a plásticos, textiles y materiales sintéticos tardan muchos años en descomponerse afectando a su alrededor, liberando sustancias tóxicas y contaminando el medio ambiente durante mucho tiempo. Por este motivo, se ha buscado fuentes confiables y se recomienda utilizar productos biodegradables que puedan ser degradados por microorganismos siendo amigables con su entorno. Estos métodos garantizan aún más la seguridad y el bienestar tanto para el ser humano como para el planeta, ya que durante la descomposición del material biodegradable no se liberan residuos tóxicos o químicos, así ayudando a que se pueda reciclarse y reutilizarse [25].

1.1.5.2.1 Ventajas

1. Idóneo para los alimentos

Los bioplásticos para envases de alimentos, bebidas y cubiertos biodegradables son aprobados al igual que otros plásticos para el uzo en alimentos normalmente en la vida cotidiana, sin embargo, a pesar de estar constituido con material biodegradable no son aptos para el consumo.

2. Fácil reciclado

El reciclado orgánico existe varias formas más adecuadas para realizar la respectiva descomposición de estos bioplásticos al mezclarse con residuos biológicos las propiedades del material es alterada, debido a esto el reciclado mecánico no es factible.

3. Beneficio medioambiental

La utilización de biomasa para el proceso de elaboración de bioplásticos contribuye a la disminución de gases de efectos invernadero existentes en la atmosfera. Si el material es reciclado se puede disminuir aún más el CO2.

4. Beneficio económico

Es un futuro de mercado con amplios puestos de trabajo, desarrollándose en los sectores rurales y ampliando la exportación de sus productos.

5. Impacto medioambiental

Al utilizar materiales biodegradables en la producción de cuchillos, los fabricantes pueden contribuir a la preservación de los ecosistemas y reducir la carga sobre los vertederos y los océanos.

6. Reducción de la contaminación plástica

Los materiales biodegradables ofrecen una solución a este problema al descomponerse en compuestos naturales mediante descomposición microbiana.

1.1.5.2.1.2 Diferencia entre plásticos y bioplásticos

El plástico convencional es un material sintético derivado del petróleo que tarda cientos de años en degradarse en la naturaleza, contribuyendo significativamente a la contaminación ambiental. En contraste, los bioplásticos son elaborados a partir de fuentes naturales renovables y son biodegradables, lo que significa que son más fáciles de descomponerse [26].

Algunas características de estos son las siguientes:

Tabla 2. Diferencia entre materiales plásticos y bioplásticos [27].

Plástico	Bioplástico
Producción costosa	Ahorro en su producción
Contaminación del medio ambiente	No contamina el suelo
Procedentes de recursos fósiles	Procedentes de recursos vegetales
Difícil reciclaje	Comprensible deterioro

1.1.5.3 Propiedades de distintos materiales

La creciente demanda de materiales biodegradables en diversas industrias, incluida la fabricación de cubiertos, ha estimulado la innovación y la investigación en ciencia e ingeniería de materiales. Los investigadores y fabricantes desarrollan continuamente nuevos materiales biodegradables con propiedades y características de rendimiento mejoradas. Esta innovación continua impulsa el progreso hacia alternativas más sostenibles y respetuosas con el medio ambiente a los plásticos tradicionales. Al invertir en investigación y desarrollo de materiales biodegradables, los fabricantes pueden mantenerse a la vanguardia de la innovación sostenible y satisfacer las necesidades cambiantes de los consumidores y los mercados [27].

1.1.5.4 Almidón

Se destaca por un punto muy importante ya que, como uno de los carbohidratos más significativos por sus respectivas características, desempeñando un papel fundamental al suministrar energía y nutrientes esenciales para la nutrición humana y en algunos casos nutrición animal. Su versatilidad va más allá de su función en la alimentación, ya que su composición la convierte en un componente clave con una amplia gama de aplicaciones en la industria alimentaria y más allá. Este elemento constituyente se encuentra en alimentaria y más allá. Este elemento constituyente se encuentra en alimentos como las papas, la yuca, el camote, así como en cereales como trigo, centeno, cebada de maíz, avena y arroz, representando entre

un 73,7 % y 84,9 del peso en base seca. Es una de las macromoléculas naturales más relevantes y abundantes en la naturaleza, con múltiples usos gracias a su carácter renovable y su amplia disponibilidad. Ante el aumento en los precios de almidones tradicionales como el de maíz, se ha comenzado a considerar otras fuentes económicas como la yuca, el camote y el plátano. La identificación de los distintos tipos de almidón se basa principalmente en sus características microcopia, lo que facilita la diferenciación entre la mayoría de los gránulos de almidón [28].

1.1.5.3.1 Bioplástico de almidón de maíz

De acuerdo con [21], la composición del material realizado con maíz tierno que presentó mejores resultados corresponde a 100 ml de agua destilada, 32 ml de glicerina, 16 ml de ácido acético y 24 gr de almidón de maíz tierno. Obteniendo como resultado esfuerzo máximo de tracción de 16,852 MPa y un módulo de elasticidad de 870,143 MPa, al ser sometido a una fuerza máxima de 173,343 N.

1.1.5.3.2 Bioplástico de harina de maíz negro

Según [29], los bioplásticos elaborados con 5 g de harina y 2.5 de glicerol mostraron tener buenas características físicas (con un espesor de 0.5 mm y %H del 16 %), mecánicas (Punción 26 N; Resistencia de 48 horas y permeabilidad de un 0.91E-06 [g mm h-1 cm-2 Pa-1]) y ópticas (alta luminosidad, brillo y 1.85% de transparencia), siendo el mejor tratamiento comparados con las demás muestras.

1.1.5.3.3 Bioplástico de almidón de papa

El estudio realizado por [30], concluyo que la mejor metodología para fabricar el bioplástico más resistente está constituido de 5 ml de glicerina, 3 ml de ácido acético, 10 g de almidón, 60 ml de agua destilada y se elabora a 150°C. El comportamiento mecánico del bioplástico se vio más afectado por la variación de ácido acético que por la variación de glicerol.

1.1.5.3.4 Bioplástico de almidón de yuca

Según [31], de las mezclas analizadas la de mejor comportamiento mecánico es la 70A 18G 12A (70% Almidón, 18% Glicerina, 12% Agua), porque presenta un buen balance entre resistencia a la tensión, 6.31 MPa, y deformación en el punto de fractura de 44.3%. Cuando disminuye el contenido de almidón y aumenta el contenido de glicerina la resistencia disminuye y la deformación en el punto de fractura aumenta.

Tabla 3. Muestras realizadas con almidón de yuca.

N°	Almidón %	Glicerina %	Agua %	N°	Almidón %	Glicerina %	Agua %
1	80	0	20	11	70	25	5
2	80	10	10	12	70	30	0
3	80	15	5	13	67	0	33
4	80	20	0	14	67	10	23
5	75	0	25	*15	67	24	9
*6	75	10	15	16	67	33	0
7	75	20	5	17	65	0	35
8	75	25	0	18	65	10	25
9	70	0	30	19	65	25	10
*10	70	18	12	*20	65	35	0

De las mezclas anteriores la de mejor comportamiento mecánico es la 70A 18G 12A, porque, aunque tiene menor resistencia a la tensión, 6.31 MPa, que la mezcla con 72% de almidón, su deformación en el punto de fractura es mayor. La mezcla 72A 12G 16A, aunque presenta la mayor resistencia a la tensión, es poco flexible porque su deformación en el punto de fractura es bastante baja. Las mezclas con menor contenido de almidón y mayor contenido de glicerina, aunque presentan una deformación en el punto de fractura más alta, hasta 81%, muestran una resistencia a la tensión muy baja.

1.1.5.3.6 Bioplástico de cascara de maracuyá

Según [32] los bioplásticos con base en la cascara de maracuyá con mayor resistencia a la tracción y elongación. En la muestra número 1 se puede apreciar que tiene en su estructura un 100% cascara de maracuyá y no contiene glicerina en su estructura. La elongación máxima se obtiene en la muestra 2 que está conformada de 81,25% de cascara de maracuyá y el 18,75% de glicerina.

Tabla 4. Evaluación de tracción y elongación.

Evaluación de tracción y elongación.			
Espesor mm	**Muestra**	**Fuerza tracción (MPa) y Desv.**	**Elongación % y Desv.**
0.20	T:1	30.34± 4.55	9.00 ± 4.90
0.37	T:2	1.48 ± 0.19	19.62 ± 1.61
0.62	T:3	0.19± 0.05	15.13 ± 2.57
0.98	T:4	0 ± 0	0 ± 0
0.98	T:5	0 ± 0	0 ± 0

1.1.5.3.5 Bioplástico del exoesqueleto de camarón (Quitina)

El bioplástico conformado con el exoesqueleto de camarón con mejores características en su estructura tiene un 5% de quitina, lo que da una media de dureza respecto al punto de quiebre del material de 8,33N y una densidad de 2,78 g/ml [33].

1.1.5.3.6 Almidón de arveja

La arveja es una planta leguminosa que pertenece a la familia de las fabáceas, es muy común en la mayoría de los países, también conocidas como papilionáceas. Esta planta germina en climas fríos, templados o húmedos y su siembra con su respectivo cuidado se remontan a hace muchos años. Desde aproximadamente 6000-7000 años antes de Cristo, la arveja ha sido cultivada para diferentes usos y una de las principales utilizaciones es para la alimentación humana como para la alimentación animal. Las propiedades de espesamiento y gelificación del almidón de arveja son altamente favorables para su diferente utilización pudiendo ser mejoradas a través de modificaciones que permite obtener un material de calidad mediante los procesos respectivos [34].

Tabla 5. Clasificación taxonómica de la arveja [35].

Clase	Angiosperma
Reino	Vegetal
Familia	Leguminosas
Orden	Fabales
Tribu	Viceas
Subfamilia	Papilonoides
Botánica	Alderman
Nombre común	Arveja, guisante y chícharo

1.1.5.3.7 Bioplástico de trigo

El trigo, perteneciente al género Triticum muy común en el sector agrícola, es un producto agrícola muy fundamental e importante como fuente de alimentación a nivel global debido a las características que contiene. Contiene proteico que consta de un 12% de albuminas, 40% de prolaminas y un 40% de residuo de gluteinas, estos productos agrícolas como el trigo, junto con el maíz y el arroz, son unos de los cereales más ampliamente cultivados por su alta demanda, impulsando un mercado activo a escala mundial. Debido a la alta demanda de estos cereales, su cultivo se ha convertido en un tema muy importante de investigación prioritario, esto dando

lugar a que los científicos agrícolas se ven obligados a implementar programas de mejora en las variedades existentes por su demanda. En ecuador, tenemos que el consumo nacional de trigo supera las 450.000 toneladas al año, con un consumo per cápita promedio de aproximadamente 30 kg al año, este proceso es muy importante para nuestro país. El país importa el 98% de la materia prima de trigo desde el extranjero, mientras que solo un 2% se produce localmente, lo que ha dado como resultado en una fuerte dependencia de las importaciones para satisfacer la demanda interna que contiene el país [28].

Tabla 6. Clasificación taxonómica del trigo [36].

Clase	Liliopsida
Reino	Plantae
Familia	Poaceae
Orden	Cyperales
División	Magnoliophyta
Subreino	Spermatophyta
Genero	Triticum
Especie	Triticum aestivum

Tabla 7. Elaboración del bioplástico de trigo [37].

Trigo	66%
Agua	33%
Enzimas	033%
Bacterias	0,66%

1.1.5.3.8 Fibras de bambú

Estas fibras se seleccionaron como agente de refuerzo debido a sus cualidades mecánicas únicas. Es una planta rápida y versátil, está conformado con más de 1250 especies y consta con 75 géneros. Otro dato de la planta es que su crecimiento diario puede alcanzar hasta 400 mm, con tallos que pueden legar a superar los 40 m en solo algunos meses. Consta con una alta elasticidad de $9000 - 10100\ N/mm^2$ y resistencia a la tracción de $84 - 126\ N/mm^2$, con estas características mecánicas el bambú es ideal para la construcción, con más 1500 aplicaciones documentadas en diversos campos. Este material utilizado tiene unos 2 a 3 años

para poder usarlo. Esta fibra es completamente biodegradable en el suelo, descompuestas por microrganismo y la luz solar, donde es respetuoso con el medio ambiente, al combinarse con otros productos, se descompone aislando sus componentes. Estas fibras empleadas en la fabricación de cuchillos biodegradables son una opción sostenible y respetuosa con el medio ambiente, estas fibras presentan unas excelentes características mecánicas que ofrecen resistencia y durabilidad, es un material natural que se descompone fácilmente en el entorno, características esenciales para un efectivo uso en Ka cocina [35].

1.1.6 Polimerización

Es un proceso en el que monómeros, que son moléculas orgánicas pequeñas, donde estas se unen para formar macromoléculas se llama polimerización. Hay dos clases de polímeros: los sintéticos o industriales, creados artificialmente, y los biopolímeros, producidos por la naturaleza. Un punto importante fue el inicio de la invención de la bakelita, el primer polímero artificial, la familia de estos materiales creció rápidamente con la creación de otros que hoy juegan un papel muy importante como el polietileno, polipropileno, nylon, teflón, poliestireno, acrílico, policloruro de vinilo, etc. Convirtiendo las condiciones de la polimerización se pueden generar cambios en la estructura de las cadenas y en la disposición de los grupos funcionales. Los primeros se producen a escala industrial utilizando materias primas como gas natural, carbón y petróleo. El desarrollo químico de polimerización es complejo y diverso, y es el ingeniero químico quien juega un papel fundamental en el control de este proceso [36].

1.1.6.1 Métodos de polimerización

Polimerización en bloque o fase condensada: es un proceso donde el monómero y un iniciador se combinan en un reactor y se controla directamente la temperatura, para obtener el producto deseado de calidad con todas sus normas. este proceso es común en la polimerización por condensación, especialmente cuando un monómero está cargado en el reactor y el otro se añade gradualmente durante el proceso [36].

Polimerización en solución: este método explica cuando el monómero se disuelve en un solvente no reactivo que contiene un catalizador, permitiendo que el calor liberador por la reacción sea absorbido y reduzca la velocidad por la misma [36].

Polimerización en suspensión: este método implica suspender el monómero y el catalizador en gotitas en una fase continúa, como el agua, ya que este proceso es muy crucial para un

producto un buen estado, donde tiene como trabajo absorber el calor generado por la reacción, requerido agitación constante y posterior separación y deshidratación del polímero [36].

Polimerización por emulsión: este proceso está dado por emulsión que se efectúa en agua donde el monómero se incorpora en micelas formadas por un agente emulsificante, comúnmente como el jabón, y la polimerización se lleva a cabo en su interior. Como punto fuerte de cada uno de estos métodos se emplea ampliamente en la producción de diferentes tipos de polímeros, como el PMMA, PP, VC, P y pinturas estos son los productos que han ido evolucionando con el pasar del tiempo y nos han sido muy útiles en muchas áreas de trabajo [36].

1.1.7 Normas

UNE-EN 1672-2:2020

Especifica los requisitos de seguridad e higiene para las máquinas de procesamiento de alimentos, en particular para los requisitos de los equipos de corte y trituración. Esta norma tiene como objetivo garantizar la protección de los operarios que trabajan con estas máquinas, es una norma clave para garantizar la seguridad y la calidad en el procesamiento de alimentos, proporcionando directrices claras y específicas para la industria alimentaria [37].

NORMA EN 13432

Si un envase o embalaje este compuesto por materiales compostables y biodegradables, en general se considera no compostable en su totalidad. Sin embargo, si los componentes pueden separarse fácilmente. La norma europea establece que los envases deben degradarse en máximo de mese y tener una biodegradabilidad de al menos el 90%. No aborda las regulaciones sobre la computabilidad de los residuos contenidos en los envases [38].

INEN-EN 1672-2:2017

Esta norma adoptada por el Servicio Ecuatoriano de Normalización INEN, establece los requisitos de seguridad e higiene para las maquinas utilizadas en la industria alimentaria, especialmente aquellas destinadas al procesamiento de alimentos. Se enfoca en la protección contra riesgos mecánicos, eléctricos y térmicos para la prevención de la contaminación de alimentos. También aborda la limpieza y desinfección de las máquinas para garantizar la seguridad alimentaria. Cumplir con estos requisitos es fundamental para asegurar la inocuidad de los alimentos procesados y la protección de los consumidores [39].

1.1.8 Procesos de Moldeo

1.1.8.1 Fundamentos de moldeo

En este apartado detallamos el proceso completo, atraviesa el material desde que se ingresa en la maquina hasta obtener el producto deseado moldeado. Se describe detalladamente en comportamiento del material en la cámara extrusora y se hace un análisis preciso del proceso de llenado del molde y enfriamiento del material en la cavidad de moldeo. Se estudia con prudencia los niveles en que se devuelve el material en el moldeo para obtener piezas de plástico de alta calidad. El moldeo posee varios procesos donde implica calentar un material y luego darle forma mediante vacío, soplado o manipulación mecánica para obtener nuestro producto deseado [40].

1.1.8.2 Moldeo por inyección

El moldeo por inyección es un método clave en la industria de plásticos, donde se funde un material plástico y se introduce a presión en un molde para enfriarse y formar piezas sin deformaciones. En este proceso, las propiedades de los polímeros, como el peso molecular, la distribución, la cristalinidad y la estabilidad, son fundamentales. El comportamiento del material es crucial, ya que un plástico muy viscoso puede tener dificultades para llenar el molde a bajas velocidades de cizalla. El proceso se divide en dos fases: la fusión del material y la inyección en el molde, donde en máquinas convencionales, el material se funde en un cilindro de calefacción y se mueve hacia adelante mediante un tornillo de plastificación [41].

En el proceso de moldeo, un molde básico consta de dos mitades que se fijan en la máquina de inyección. Este proceso por lo general consta de una mitad que actúa como lado inyector y la otra como extractor. Después de que el material se ha solidificado en el molde, pasamos al siguiente proceso donde se abre por el plano de participación y la pieza inyectada queda adherida a la mitad del molde del lado extractor. Al continuar abriendo el molde, la parte posterior entra en contacto con un perno fijo de la máquina, lo que inicia el proceso de desmoldeo. El mecanismo de expulsión se activa para separar la pieza y la mazarota del molde [40].

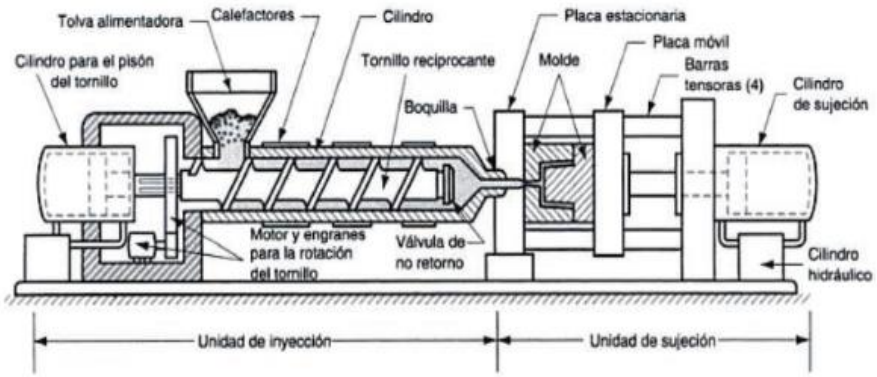


Figura 7. Máquina de inyección [47].

1.1.8.3 Moldes de inyección

1.1.8.3.1 Consideraciones preliminares antes de la inyección

Es muy importante que antes de inyectar los materiales, es crucial considerar algunos factores que intervienen como la humedad presente en la granza, ya que un exceso de humedad puede resultar en defectos en las piezas finales y perdida de recursos. Para poder prevenir estos problemas, se ha optado por secar las granzas de todas las mezclas en una estufa a unos 45 grados centígrados durante u tiempo estimado de 48 horas, asegurándose así que los materiales estén completamente libres de humedad antes de la inyección. Un aspecto muy importante es tener en cuenta la interacción en el PCL y el PLA esto debido que durante el proceso de inyección en la combinación puede ocasionar problemas. Por esta razón, se ha buscado una temperatura de inyección que ermita trabajar con ambos materiales sin que sufran degradación, garantizando la obtención de muestras con una buena mezcla y calidad. Las temperaturas que intervienen en la degradación del almidón y la policaprolactona ronda en un rango de 300 grados centígrados, y la del ácido polilactico es de 350 grados centígrados, se ha realizado análisis para encontrar la temperatura que no comprometa la integridad de los materiales en las mezclas [42].

1.1.8.3.2 Moldes de 2 placas

Los moldes de 2 placas es un diseño de molde más común en donde la cavidad se monta en la placa que permanecerá fija al momento de realizar la inyección, la placa macho se montara en la parte móvil, esto permitirá el accionamiento del proceso de extracción, la el bebedero de alimentación se encontrara localizada en la parte media del molde esto permitirá que la distribución del plástico al ser inyectado sea uniforme, eso dependerá del diseño de la pieza que se intenta obtener [43].

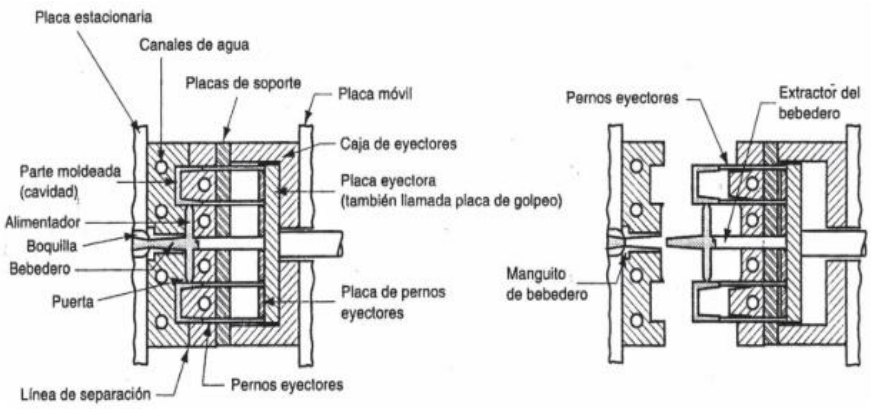


Figura 8. Molde de 2 placas [47].

1.1.8.3.3 Moldes de 3 placas

En los moldes de 3 placas, la configuración consta de tres placas distintas con funciones específicas. La primera placa se encuentra conectada a la parte estática de la máquina de inyección y contiene el bebedero junto con la mitad de los canales de alimentación. La segunda placa se posiciona en el centro de las tres placas y alberga la cavidad destinada a la pieza a moldear, además de la otra mitad de los canales de alimentación. Por último, la tercera placa está unida a la parte móvil de la inyectora y aloja la parte macho o núcleos del molde. La ventaja de este diseño de 3 placas radica en la capacidad de separar tanto la placa intermedia como la placa móvil o macho, lo que posibilita la separación del bebedero y los canales de alimentación de la pieza [43].

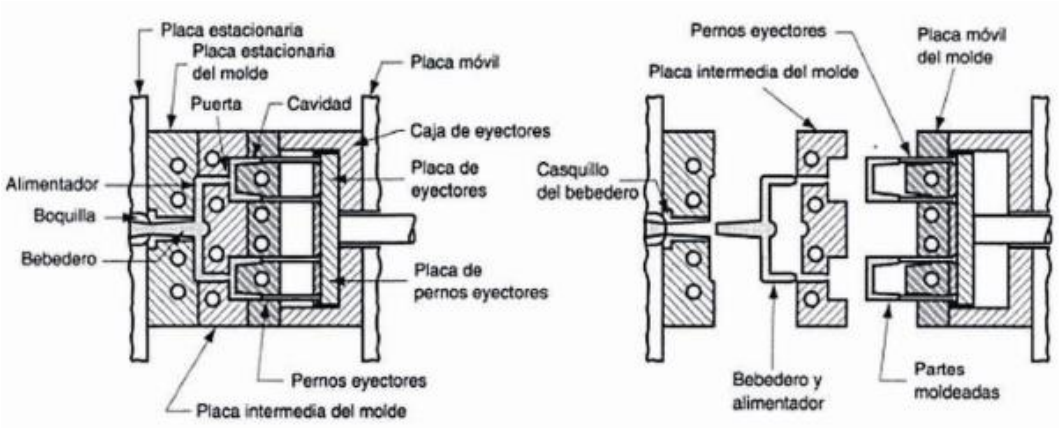


Figura 9. Molde de 3 placas [47].

1.1.8.4 Moldeo por termocompresión

El moldeo por compresión es un método muy utilizado para producir piezas grandes, delgadas, ligeras, fuertes y rígidas. Se utiliza en las industrias de bienes de consumo, industrias mecánicas y eléctricas [41]. El proceso comienza con la introducción de una cantidad específica de

material en un molde. Posteriormente, el material se calienta hasta alcanzar un estado maleable y poder ser moldeado. Luego, una prensa hidráulica comprime el plástico flexible contra el molde, resultando en una pieza moldeada perfectamente que conserva la forma de la superficie interior del molde. Una vez que la prensa hidráulica se retira, un pin eyector en la base del molde expulsa rápidamente la pieza final, marcando así la conclusión del proceso [19].

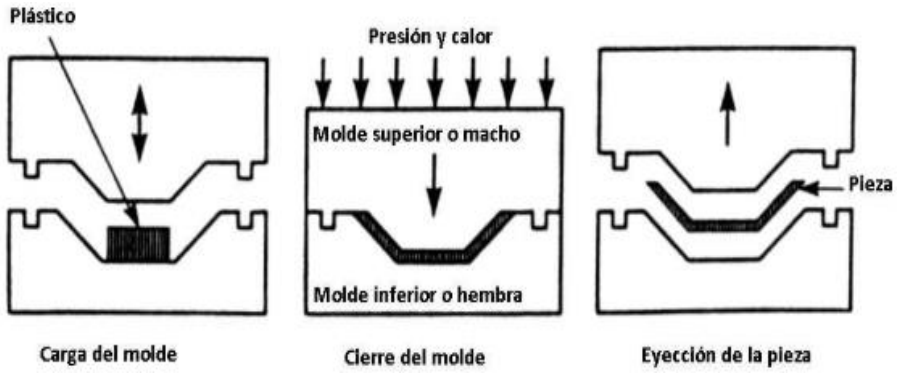


Figura 10. Esquema del proceso [19].

1.1.8.4.1 Proceso de termocompresión

El moldeo por termocompresión se utiliza principalmente para dar forma a materiales termoendurecibles o termoestables, aunque en ocasiones también se utiliza para procesar polímeros termoplásticos. Aquellos materiales suelen estar en forma de polvo o líquido al inicio del proceso. El ciclo comienza cuando se abre el molde para retirar la pieza producida en el ciclo anterior. Después de limpiar el molde, se colocan insertos metálicos, si es necesario, y se introduce material de moldeo en polvo o preformas que se aproximan a la forma del producto final; Generalmente esta carga se realiza manualmente en un molde abierto. Luego se cierra el molde caliente y se aplica presión, y en ocasiones se abre momentáneamente para facilitar el escape de los gases. Finalmente se aplica presión total sobre el molde caliente, y mediante la combinación de calor y tiempo se lleva a cabo el proceso de vulcanización [44].

Es importante resaltar que este método es eficiente y económico en comparación con otros procesos, especialmente para la producción de bajo volumen de piezas de tamaño mediano a grande [44].

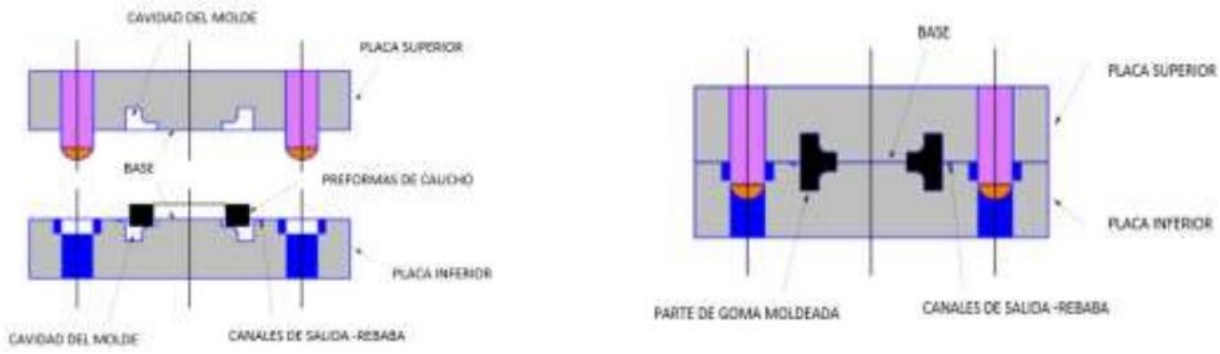


Figura 11. Moldeo por Termocompresión [44].

Los moldes utilizados en este proceso de moldeo suelen ser menos complejos que los empleados en el proceso de inyección. En un molde de compresión no se requieren vertederos ni sistemas de alimentación, y se fabrican piezas con geometrías más sencillas debido a las propiedades de flujo reducido de los materiales termoestables. No obstante, es necesario contar con dispositivos de calentamiento para el molde, los cuales pueden ser implementados mediante resistencias eléctricas, vapor o circulación de aceite caliente [19].

Los moldes de compresión se pueden categorizar en moldes manuales, empleados para pruebas de funcionamiento; semiautomáticos, en los que un ciclo programado sigue a la etapa de prensado, pero el operador carga y descarga manualmente la prensa; y automáticos, que funcionan con ciclos de prensado completamente automatizados, incluyendo la carga y descarga automáticas [19].

1.1.8.5 Proceso de Termoformado

El proceso de termoformado es una técnica muy utilizada en la industria para fabricar productos con diversas formas a partir de láminas de plástico. Este proceso comienza calentando la lámina de plástico hasta que alcanza una temperatura óptima para ser moldeada. Una vez que la lámina está caliente y maleable, se coloca sobre un molde con la forma deseada y se aplica vacío o presión para que el plástico se ajuste perfectamente al contorno del molde. Cuando el material se enfría recobra su rigidez y conserva la forma a la que fue sometido. El costo del equipo y moldes es relativamente bajo y se pueden obtener formas bidimensionales o tridimensionales por medio de una amplia variedad de procesos [45].

El proceso se realiza mediante 4 etapas importantes que son:

- **Calentamiento. –** El material procesado en forma de película o lamina termoplástica, es calentado hasta llegar a superar la temperatura de transición vítrea (Tg) pero sin llegar a alcanzar la temperatura de fundido (Tm), transformando el material a un estado visco-

elástico [46].

- **Formado. –** Al alcanzar el material la temperatura para el termoformado se coloca sobre el molde o matriz en donde se aplicará vacío o presión para adoptarlo a la forma del molde [46].
- **Enfriamiento. –** Al terminar la etapa de formado se debe realizar el enfriamiento para bajar la temperatura del material hasta que llegue a un punto de desmoldeo para evitar tener alabeos y distorsiones en la pieza [46].
- **Corte. –** Una vez retirada la pieza del molde, se deberá realizar un acabado final para eliminar el exceso de material en la pieza [46].

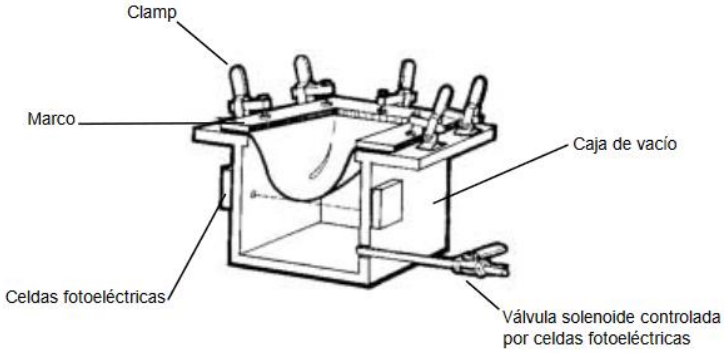


Figura 12. Termoformado [49].

1.1.8.5.1 Moldes de termoformado

Uno de los aspectos críticos a considerar en el proceso de termoformado es la selección adecuada de la técnica a utilizar. Una técnica inapropiada puede resultar en dificultades para obtener una pieza que cumpla con las especificaciones deseadas desde el inicio, lo cual aumenta el riesgo de fracaso en el proceso productivo. Es fundamental evaluar cuidadosamente la elección de la técnica de termoformado antes de avanzar en la fabricación del molde [45].

Algunos aspectos para considerar son:

- La forma y dimensiones de la pieza
- La apariencia deseada.
- La técnica de termoformado.

Una vez analizado los aspectos de la pieza por el proceso de termoformado se debe considerar los criterios descritos a continuación:

- Deberá considerarse un adelgazamiento en el espesor del material, esto dependerá más que nada de la forma, tamaño y técnica utilizada. Se puede considerar que el adelgazamiento en el espesor del material es directamente proporcional a la altura de la pieza [45].
- Considerarse un ángulo de salida de moldeo entre 3° y 5°.

- La pieza tendrá una contracción del 0.6 al 1% al enfriarse.
- La superficie de la pieza termoformada será lisa, aunque es posible obtener algunas texturas.
- En el diseño de la pieza es conveniente incluir radios grandes; es posible obtener aristas, pero podrán causar rasgaduras en el material.

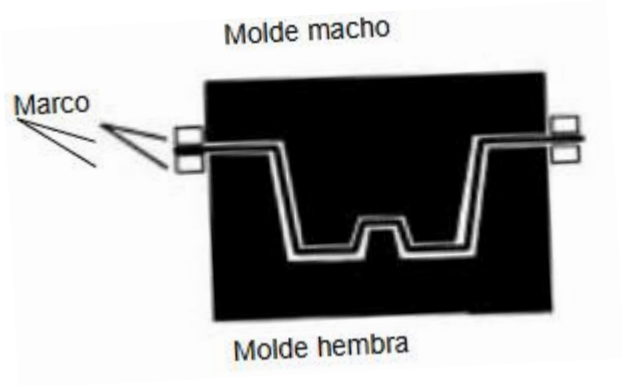


Figura 13. Formado mecánico con molde macho y hembra [49].

1.1.8.6 Utilización del termoformado en las industrias

Las aplicaciones del termoformado se aplican en diversas industrias, las más importantes tenemos, como la fabricación de envases para diferentes productos, piezas duraderas para aeronaves, equipos, dispositivos médicos y abarca una gran variedad en muchas áreas de trabajo. Su uso principal se encuentra en el embalaje, donde las maquinas de termoformado son utilizadas para producir diversos productos de utensilio de cocina y otros artículos empaquetados. Este desarrollo es popular por su eficiencia económica y la posibilidad de obtener productos de alta calidad. Los materiales empleados en el proceso de termoformado juegan un papel muy importante donde presentan una diversidad de características que vuelven adecuados para una amplia gama de usos en variados ámbitos en las industrias [47].

1.1.8.6.1 Variables de termoformado

En el transcurso de las pruebas que se realiza en la máquina, puede ser necesario ajustar los valores de los parámetros de termoformado con los que se está trabajando. Debido a que estos parámetros se consideran principalmente cuando se busca producir grandes cantidades de geometrías. Los parámetros más importantes dentro del proceso son: tiempo de calentamiento, temperatura máxima de calentamiento, tiempo de vacío, tiempo y compresión, tiempo de enfriamiento y longitud del recorrido del molde.

Tiempo de calentamiento de la lamina

Se refiera al periodo necesario en el que se encuentra para que los calefactores calienten la lámina desde que cubren hasta que se retiran, preparándola para el siguiente proceso de termoformado.

Temperatura máxima de calentamiento

Este periodo es crucial, ya que excederla podría llevar a la fusión de la lámina, resultado en una pieza final de baja calidad sin detalles definidos, obteniendo un producto no deseado [48].

Tiempo de vacío

Durante el tiempo de aplicación de vacío, conlleva un proceso importante donde se aplica vacío al objeto a través de canales en el molde para dar forma adecuada a la pieza [48].

Tiempo de compresión

Intervalo de compresión es la duración en la que se aplica presión para lograr la forma óptima deseada de manera precisa [48].

Tiempo de refrigeración

Intervalo en el cual los ventiladores envían aire para reducir la temperatura del objeto, facilitando su manipulación y asegurando de una forma correcta su estabilidad dimensional [48].

Recorrido del molde

Trayectoria seguido por el molde positivo para imprimir su forma geométrica sobre la plancha. Estos procesos, junto con los mencionados anteriormente, son esenciales en el ciclo de termoformado para garantizar eficiencia y productividad [48].

1.1.8.6.2 Métodos poco ortodoxos de mecanizado

Es un punto muy importante durante muchos años, la industria metalmecánica ha empleado técnicas significativas como el fresado, torneado y taladrado, donde son muy relevantes al momento de remover material de manera eficiente. Por otro lado debido a la creciente demanda de piezas que existen con formas y cavidades complejas, debido por este motivo se han desarrollado técnicas nuevas de mecanizado que permiten trabajar con mayor precisión y sin afectar las propiedades del metal al momento del contacto. Los métodos también conocidos como mecanizados no convencionales permiten la eliminación de material de forma precisa y lo impresiónate es sin que la herramienta entre en contacto directo con la pieza, donde resulta en la creación de diferentes piezas con formas más definidas y con ángulos más precisos sin

dañar al material [49].

La categorización es importante en los procedimientos de mecanizado no convencional, este proceso se realiza según el tipo de energía empleada puede ser, mecánica, térmica o química. La clasificación de los 3 grupos es muy importante en sectores industriales de alto nivel como la electrónica, militar y aeroespacial, donde se alcanza componentes de máxima calidad y facilitan el trabajo, gracias a estos métodos de fabricación [49].

Tabla 8. Procesos de mecanizado poco ortodoxos [49].

Mecanizados poco ortodoxos		
Térmico	**Mecánico**	**Químico**
Electroerosión	Chorro abrasivo	Electroquímico
Haz de electrones	Ultrasonido	

1.1.8.6.2 Proceso de electroerosión

Para el proceso de mecanizado mediante electroerosión conlleva una serie de pasos donde consiste en la eliminación de material a través de series de descargas eléctricas mediante un electrodo y la pieza a mecanizar para tener un acabado de mayor precisión, realizándose en un medio dieléctrico. En el proceso existe varios factores, la temperatura puede llegar a altas cifras, provocando reacciones como la fusión o vaporización del material en un área muy reducida debido a la corta duración que posee la chispa. En la pieza se forma un cráter semiesférico, donde el tamaño vario según factores como el dieléctrico, va de la mano con la energía y el tiempo de la descarga y las propiedades físicas de los materiales. El uso correcto de dieléctricos líquidos, como aceites específicos, puede intensificar los efectos de la chispa cuando se realiza en un medio gaseoso [49].

1.1.9 Propiedades mecánicas

La dureza es una propiedad mecánica fundamental crucial para determinar la capacidad de un material para resistir la deformación, el desgaste y la abrasión. En la fabricación de cuchillos, la dureza influye directamente en el filo de la hoja, la retención del filo y el rendimiento general. Los materiales biodegradables, como los bioplásticos y los biocompuestos, deben tener la dureza adecuada para garantizar su viabilidad como sustitutos de los cuchillos [18].

Los materiales biodegradables suelen tener propiedades mecánicas únicas en comparación con los materiales tradicionales para cuchillos, como el acero o la cerámica. Estos materiales pueden variar en composición, estructura y métodos de procesamiento, lo que plantea desafíos a la hora de evaluar con precisión su dureza. Además, factores como el contenido de humedad, las fluctuaciones de temperatura y la cinética de degradación pueden afectar la dureza de los materiales biodegradables con el tiempo [2].

1.1.9.1 Evolución de progreso en la ciencia de los materiales

El mercado está creciendo gracias al desarrollo constante de componentes biodegradables que brindan alta funcionalidad, durabilidad y respeto al medio ambiente caso contrario de los materiales desechables. Los expertos y productores están desarrollando un papel muy importante en la obtención de materiales y técnicas innovadores para superar las limitaciones de las opciones biodegradables tradicionales y brindar un producto óptimo para su utilización, como los biopolímeros avanzados y los materiales compuestos amigables para su degradación. En la creación de cubiertos biodegradables se mantienen su integridad estructural de manera adecuada, en varias condiciones y se degradan naturalmente tras la limpieza y contribuyendo al ambiente, lo que los convierte en una alternativa competitiva a los plásticos tradicionales. Hoy en día la integración de nanotecnología es impresionante, ya que ayuda de muchas formas y en diferentes ámbitos, y en las prácticas sostenibles en el desarrollo de materiales que mejoren sus propiedades mecánicas y térmicas, reduciendo así su tiempo de descomposición y un buen acogimiento por parte del mercado [17].

Además, se pueden realizar estudios con granos con almidón de maíz, patatas y aguacates para probar materiales de cocina biodegradables. Por sus propiedades, estos materiales son ideales para la producción de envases desechables biodegradables. Los alimentos de los granos de maíz, las patatas y el agua son una valiosa fuente de biopolímeros que pueden producir materiales biodegradables. Estos materiales se caracterizan por contener unas propiedades como biodegradabilidad, renovabilidad y capacidad de biodegradarse en el entorno natural y ser amigable con el medio ambiente. Las pruebas pueden evaluar varios aspectos de estos materiales, como resistencia, flexibilidad, durabilidad y reparabilidad. Asimismo, se pueden realizar estudios de degradación en condiciones controladas para determinar el tiempo necesario para la degradación y su impacto en el medio ambiente. Es necesario realizar investigaciones científicas y experimentales para desarrollar nuevos productos biodegradables a partir de estas materias primas, contribuyendo así a la creación de alternativas sostenibles y

ecológicas en la producción de envases desechables [50].

1.1.10 Modelos de exposición

Estos modelos sirven para demostrar las soluciones propuestas para un proyecto a clientes o propietarios, incorporando características realistas y detalles completos de los materiales que utilizaran para su producción en la obra final. Estos modelos tienen un punto muy importante ya que son cruciales para la validación de todos los elementos del proyecto, incluyendo trabajos, medidas, escalas y materiales, donde no facilitan la planificación y presupuestación precisa de la ejecución del proyecto [51].

1.1.11 Control numérico asistido por computadora (CNC)

La integración de la manufactura asistida en el control numérico por computadora (CAM) con el diseño asistido por computadora (CAD) tuvo un movimiento muy importante donde ha permitido mejorar significativamente la precisión, productividad y calidad en los proyectos de diseño. En la actualidad, podemos observar que es común en las oficinas de diseño que los planos están directamente relacionados con los aspectos de diseño y producción. Un método común de transferencia de información del CAD al CAM es a través del control numérico (CN) o control numérico por computadora que es la más utilizada hoy en día y la más exacta (CNC). Esta tecnología puede almacenar diseños utilizados en diversos procesos de fabricación, permitiendo la producción automática de piezas con las medidas, tolerancias y precisión requeridas [51].

Dentro del CAM, la robótica juega un papel muy importante en diferentes áreas de trabajo. Los sistemas robóticos se diferencias de las maquinas CNC en que su principal función es el movimiento. Los manipuladores automáticos, como brazos y manos robóticas, tienen una amplia variedad de tareas de manipulación de materiales con una precisión y confiabilidad excepcionales para un producto final deseado. Estas “extremidades” simuladas en los robots pueden realizar varias funciones muy adecuadas donde pueden agarrar, ensamblar, manipular, utilizar, herramientas y realizar diversas tareas programas con alta exactitud. Aunque la implementación de este sistema puede ser gradual, existen softwares compatibles disponibles en el mercado [51].

1.1.12 Centro de mecanizado

El centro de mecanizado es la etapa más importante donde consta con una maquina altamente

automatizada que puede llevar a cabo diversas operaciones de maquinado con una alta exactitud mediante un sistema de control numérico computarizado, con mínima intervención de un individuo, durante el mecanizado metal. Estas operaciones suelen involucrar el uso de herramientas robóticas en diferentes campos donde son muy útiles y ayudan optimizar el tiempo, como cortadores y brocas [52].

Las características clave que hacen que los centros de maquinado sean altamente productivos incluyen:

Cambio automático de herramientas: donde un programa de control numérico coordina un cambiador automático de herramientas donde realiza la mayoría de trabajo para intercambiar cortadores entre los husillos de la maquina y un tambor de almacenamientos de los mismo, donde puede contener entre 16 y 80 herramientas de corte [52].

Paletas conductoras: estas pueden transferir automáticamente las diversas piezas que contiene de trabajo al husillo de la máquina. Con esta función, el operador puede descargar las piezas ya maquinadas y cargar las siguientes en las que se van a trabajar, mientras la maquina se encarga de trabajar en la pieza actual, reduciendo así los tiempos inactivos [52].

Alineado automático de las piezas de trabajo: donde muchos centros de maquinado disponen de más de tres ejes, con uno diseñando como una mesa rotatoria para colocarla en la posición deseada en relación con el husillo y obtener un producto de calidad. Esto permite que la herramienta de corte realice el maquinado en los cuatro lados de la pieza en una sola instalación, mejorando le eficiencia del proceso de fabricación [52].

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Estudiar materiales biodegradables para la elaboración de cuchillos con la finalidad de obtener un producto sostenible con propiedades resistentes a fuerzas de flexión y corte.

1.2.2 Objetivos específicos

- Investigar los diferentes tipos de materiales biodegradables y sus respectivas propiedades para seleccionar el más apropiado para la construcción de cuchillos.

Mediante una investigación bibliográfica se determinará las propiedades de distintos materiales, de los cuales se seleccionará el material con mejores características para la elaboración de cuchillos. Además, se analizará si el material se encuentra disponible en el mercado.

- Diseñar el modelo del cuchillo mediante la utilización de software para determinar las dimensiones óptimas que deberá tener y verificar la resistencia de su material.

  Con la ayuda de software especializado de diseño se realizará un análisis de diversos modelos de cuchillos para determinar cuál es el diseño con menor peso, pero con buena resistencia en su estructura.

- Utilizar procesos idóneos para la elaboración de prototipos de cuchillos y determinar sus propiedades físicas mediante pruebas de dureza y corte.

  Se llevará a cabo la evaluación de las propiedades mecánicas del producto final, mediante ensayos de dureza y flexión, con el fin de determinar si el cuchillo es resistente al realizar el corte de alimentos.

1.3 Planteamiento de la Hipótesis

Los materiales biodegradables seleccionados se pueden optimizar para fabricar cuchillos que no solo sean ambientalmente sostenibles, sino que también puedan resistir fuerzas de flexión y ofrecer una dureza comparable a la de los cuchillos tradicionales, manteniendo al mismo tiempo un costo razonable.

Variables independientes:

Tipo de Material Biodegradable: Los diferentes materiales biodegradables que se investigarán para la fabricación de cuchillos.

Diseño de cuchillo: Las dimensiones y el diseño del cuchillo, determinados mediante software de modelado.

Proceso de Fabricación: Las técnicas y procesos utilizados para fabricar prototipos de cuchillos.

Variables dependientes:

Dureza del Material: La resistencia del material biodegradable a la deformación o penetración, medida a través de pruebas de dureza.

Hipótesis nula Ho

La utilización de materiales biodegradables no existe muchas diferencias significativas en las propiedades y características de los cuchillos fabricados, en términos de resistencia a fuerzas de flexión y dureza.

Hipótesis alternativa Ha

Los materiales biodegradables seleccionados ofrecen características y propiedades como la resistencia a la flexión y dureza significativamente diferentes a los chillos de plástico tradicional.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1 Materiales

Los materiales bioplásticos los cuales están derivados de fuentes renovables como plantas, almidón, celulosa u otros recursos biológicos, ofrecen una alternativa sostenible a los plásticos tradicionales derivados del petróleo. En este capítulo, exploraremos el fascinante mundo de los materiales bioplásticos, el proceso utilizado en la elaboración de cuchillos, destacando sus propiedades y ventajas. Además, se hablará sobre los respectivos materiales utilizados en el desarrollar del molde para su fabricación.

2.1.1 Propiedades de materiales plásticos y bioplásticos

Las propiedades mecánicas de los materiales plásticos y bioplásticos son atributos fundamentales que permiten evaluar su resistencia ante fuerzas específicas. Estos parámetros son esenciales para discernir la capacidad de un material para soportar cargas, deformaciones y fracturas.

Con el objetivo de identificar el bioplástico más resistente para la fabricación de cuchillos, se llevó a cabo una comparativa de las propiedades mecánicas entre los materiales plásticos convencionales y los bioplásticos.

Tabla 9. Tabla comparativa de los polímeros y bioplásticos [22] [31] [32][33].

Propiedades	**Poliestireno**	**Polipropileno**	**Bioplástico de maíz**	**Bioplástico de Maracuyá**	**Bioplástico de Yuca**	**Bioplástico de Papa**	**Bioplástico de Arveja**	**Bioplástico de Trigo**
Espesor	0,58 mm	0,58 mm	0,83 mm	1,9 mm	0,5 – 1 mm	0,412 mm	0,5 – 1 mm	0,7 – 1,2 mm
Tasa de combustión	125,6 mm/min	111,4 mm/min	118,43 mm/min				110 mm/min	115 mm/min
Degradación en compostaje	> 75 días	> 75 días	< 75 días	< 46 días		< 92 días	< 62días	< 58 días
Degradación en agua	> 75 días	> 75 días	< 75 días	< 46 días		< 92 días	< 62días	< 58 días
Resistencia a la tracción	31,6 MPa	25,72 MPa	16,43 MPa	30,34 MPa		1,257 MPa	20 MPa	18 MPa
Porcentaje de elongación		3,26 %	1,96 %	9 %		19,987 %	6 – 12 %	8 – 14 %
Dureza shore	49,89	55,2	73,85				60 - 70	65 - 75
Resistencia a la tensión					6,31 MPa		5 – 7 MPa	5 – 6 MPa
Esfuerzo a la fractura					6,27 MPa		5 – 7 MPa	5 – 6 MPa

2.1.1.1 Selección de material bioplástico

Para la selección del material, se evalúa los diferentes tipos de bioplásticos disponibles para el producto y se compara para elegir el más adecuado. Tomando en consideración las propiedades de:

- Dureza
- Porcentaje de elongación
- Flexión

La dureza mide la resistencia del material a la deformación, esto ayuda a los cuchillos mantener el filo y resistencia al desgaste durante el corte. El porcentaje de elongación mide la capacidad del material para estirarse antes de romperse, este porcentaje asegura que el cuchillo pueda

absorber cierto grado de deformación sin romperse. La flexión evalúa la capacidad del material para doblarse sin romperse, esta fuerza de flexión evita que el cuchillo se rompa fácilmente [18].

Una vez evaluado los parámetros indicados, se enfoca en seleccionar al fabricante que nos ofrezca la mejor combinación de precio y calidad de la materia prima. Es impórtate considerar las características de la pieza y los posibles métodos de procesamiento de materiales para determinar el proceso de fabricación optimo. Al comprar los materiales debemos tener muy en cuenta, analizando las características claves que pueden afectar el rendimiento de la pieza [15].

En la selección del material se consideró las propiedades más cercanas a las de los materiales plásticos de uzo común. Dos opciones son los materiales biodegradables hechos con almidón de trigo y con cáscara de maracuyá. El almidón de trigo es un polímero natural obtenido a partir del trigo y por su resistencia a la tracción y porcentaje de elongación puede usarse para fabricar envases, bolsas y utensilios desechables. Por otro lado, la cáscara de maracuyá es un subproducto de la fruta que se desecha, este es normalmente aprovechado para la elaboración de materiales biodegradables como envases y embalajes.

Tabla 10. Características de los materiales.

Material	Descripción	Imagen
Almidón de maíz	Es una alternativa sostenible y biodegradable a los plásticos convencionales, fabricado a partir de almidón de maíz que se descompone fácilmente ene le medio ambiente.	
Almidón de papa	Es una solución innovadora y respetuosa con el medio ambiente, creado a partir de almidón de papa que se descompone rápidamente, evitando la acumulación de desechos plásticos.	

Material	Descripción	Imagen
Almidón de yuca	Es una alternativa también conocida como tapioca, contiene propiedades muy importantes y una de ellas son adherentes, gelatinizantes muy útiles al momento de aplicaciones industriales.	
Harina de maíz negro	Es resistente, sostenible y flexible, ideal para trabajar en aplicaciones de empaques. Este maíz es originario de América Latina y se caracteriza por su color oscuro y su alto contenido de antioxidantes.	
Cascara de maracuyá	Contiene propiedades antimicrobianas, también conocida como parchita o fruta de la pasión. Tiene textura rugosa y un color amarillo o morado oscuro.	
Exoesqueleto de camarón	Este material único en su composición ofrece beneficios ambientales al descomponerse sin dejar residuos dañinos, promoviendo la circularidad de la industria.	
Almidón de trigo	Este material se puede utilizar en la producción de cuchillos debido a su contenido de almidón, que puede ser procesado para crear un material biodegradable y resistente.	

Material	Descripción	Imagen
Almidón de arveja	El almidón de arveja ha ganado interés, se puede procesar para formar un polímero biodegradable y compostable por sus características, que se utilizan en la elaboración de utensilios de cocina y cuchillos ecológicos.	
Fibras de bambú	Es un material popular para la fabricación de varios productos biodegradables, ya que es un recurso renovable, estas fibras son fuertes, duraderas y resistentes, lo que hace ideales para la fabricación de utensilios de cocina.	

En las figuras 14 y 15 se presentará una comparativa entre las propiedades mecánicas de los materiales plásticos convencionales y los bioplásticos. Se analizará la dureza y el porcentaje de elongación de cada material, con el fin de evaluar su desempeño en aplicaciones de carga y deformación. Los resultados obtenidos permitirán determinar la viabilidad de sustituir materiales plásticos convencionales por bioplásticos.

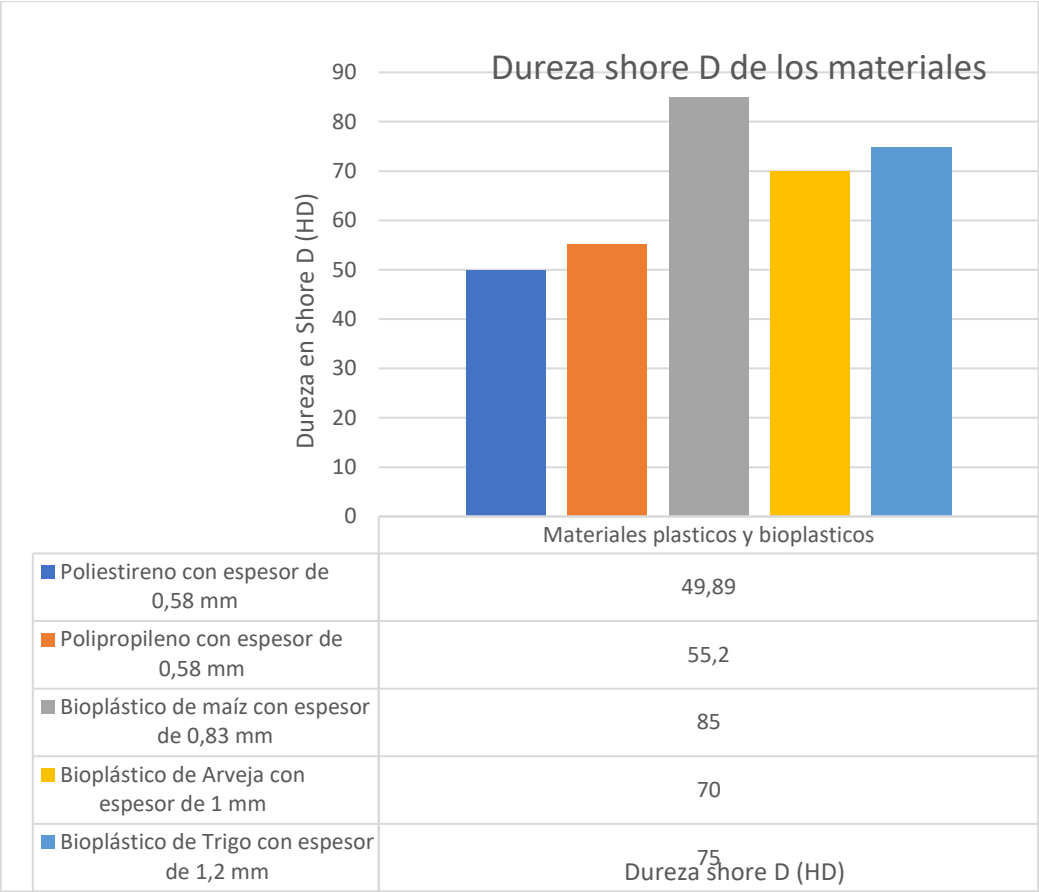


Figura 14. Comparación de la dureza entre los materiales plásticos y bioplásticos

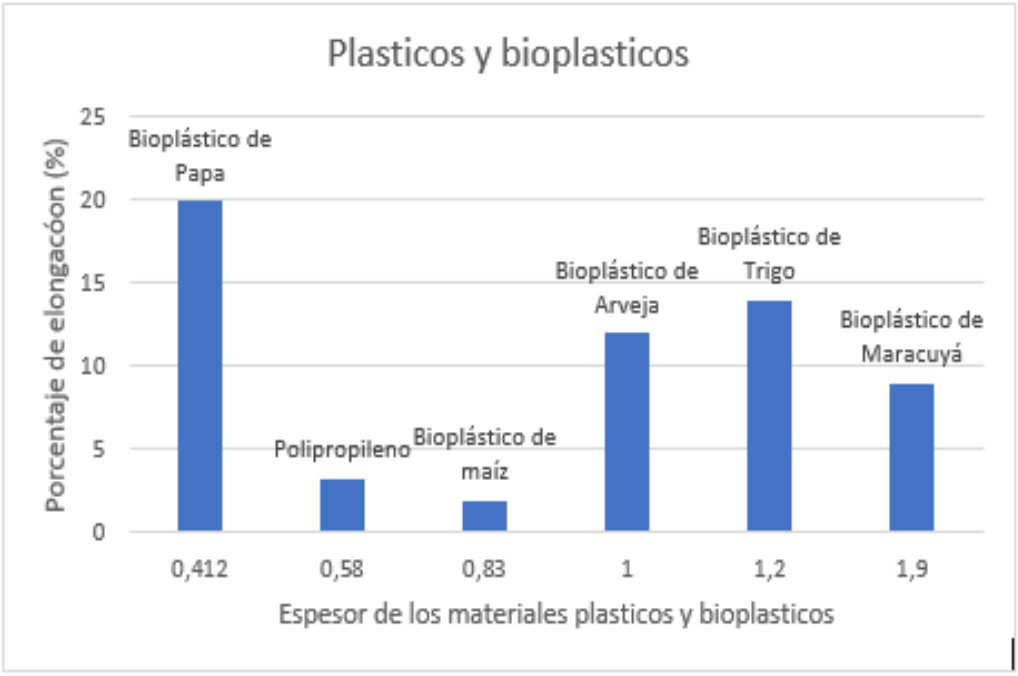


Figura 15. Comparación del porcentaje de elongación según el espesor de los plásticos y bioplásticos.

2.1.2 Materiales para la construcción del molde

1. **Aluminio 6063:** Este material consta con una resistencia media, donde contiene magnesio y silicio como principales elementos. Esta aleación es muy conocida como arquitectónica, es templada en T6. Presenta una alta resistencia a la corrosión y buenas propiedades mecánicas, otra característica importante es la maquinabilidad superior. Consta de una gran variedad de aplicaciones, como tuberías, puertas, marcos y techos, debido a que presenta una gran capacidad de ser soldada, anodizada y tratada térmicamente [53].

2. **Aluminio 7075:** Esta aleación es conocida por su alta resistencia y dureza, lo que la hace ideal para aplicaciones tratables térmicamente que se endurece eficazmente en la maduración natural o también la artificial. Es una aleación que contiene zinc y magnesio, que forman precipitados endurecedores durante el tratamiento. Debido a sus características es muy conocido por tener una alta resistencia mecánica, conductividad térmica y resistencia a la corrosión. Debido a su buen acabado superficial y maquinabilidad se utiliza en la fabricación de moldes para inyección y termoformado [53].

3. **Aluminio 6061:** Es una de las aleaciones más comunes, incluye adiciones de otros elementos químicos con el objetivo de mejorar sus características como el aspecto visual y como prioridad aumentar sus propiedades mecánicas, debido a su utilidad en el campo de la industria por su excelente resistencia a la corrosión. Ofrece una alta resistencia a la tracción y se puede utilizar en casi todo por su facilidad soldable [54].

4. **Aluminio 5083:** Este tipo de aleaciones no se puede realizar tratamientos térmicos, consta con una muy buena resistencia a la tracción, con unas buenas características que van desde 18-51 ksi. Otro punto importante son las propiedades mecánicas donde se ven afectadas por el calor introducido durante el proceso de soldadura, su resistencia se debe a su alto contenido de magnesio, su elemento de aleación principal proporciona a los esfuerzos residuales generados por un endurecimiento provocado al trabajo en frío [55].

Fichas técnicas

Tabla 11. Ficha técnica de las propiedades de los aluminios considerados para el molde

Propiedades	Aluminio 6063	Aluminio 7075	Aluminio 6061	Aluminio 5083	Aluminio 7072
Físicas					
Densidad	2,70 g/cc	2,81 g/cc	2,70 g/cc	2,68 g/cc	2,78 g/cc
Mecánicas					
Dureza, Brinell	60 HB	150 HB	95 HB	75 HB	120 HB
Resistencia a la tracción, máxima	186 MPa	524 MPa	310 MPa	330 MPa	455 MPa
Resistencia a la tracción, rendimiento	145 MPa	462 MPa	276 MPa	240 MPa	325 MPa
Alargamiento a la rotura	18%	9%	12%	14%	20%
Módulo de elasticidad	68,9 Gpa	71,7 GPa	69 GPa	72 GPa	73 GPa
Térmicas					
Conductividad térmica	209 W/mK	130 W/mK	167 W/mK	121 W/mK	121 W/mK
Punto de fusión	616-654 ºC	477 - 635 ºC	582 - 652 ºC	570 - 640 ºC	640 ºC

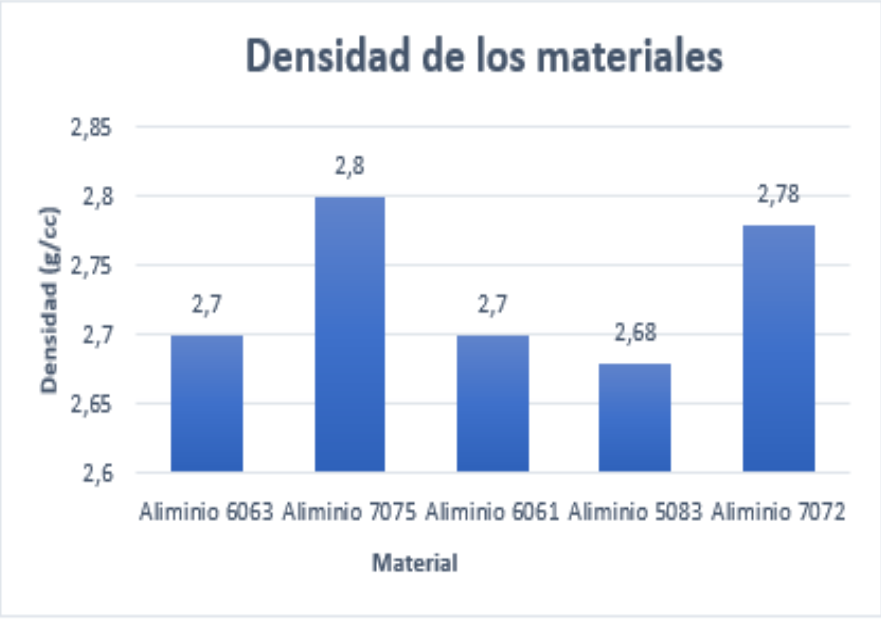


Figura 16. Densidad de los materiales de aluminio para el molde.

2.2Métodos

2.2.1 Características de los procesos de moldeo

Para lograr un producto que cumpla con sus especificaciones, se compararon las características de los procesos de moldeo por inyección, termoformado y termocompresión. En la siguiente tabla se puede apreciar la comparación realizada.

Tabla 12. Características del proceso de inyección, termoformado y termocompresión [47].

VARIABLES	PROCESO		
	INYECCIÓN	**TERMOFORMADO**	**TERMOCOMPRESIÓN**
Espesor	**Constante**	**Variable**	**Variable**
Ángulos de salida del molde	0.5º - 1º	3º - 5º	1º - 3º
Temperatura del molde	200°C a 240°C	160ºC a 180ºC	- Para materiales termoestables 150°C a 200°C - Para materiales termoplásticos de 30°C a 60°C
Tolerancia dimensional	Excelente (+/- 0.05 mm a +/- 0.2)	Relativamente buena, no para piezas de precisión (+/- 0.5 mm a +/- 1.0 mm)	Relativamente buena, no para piezas de precisión (+/- 0.2 mm a +/- 0.5 mm)
Acabado superficial	Superficies lisas y de diferentes texturas	Superficies lisas y de diferentes texturas no muy profundas	Superficies lisas y de diferentes texturas no muy profundas
Producción	Alta producción de cientos o miles de piezas al día	Media producción de cientos de piezas al día	Media producción de cientos de piezas al día

VARIABLES	PROCESO		
	INYECCIÓN	**TERMOFORMADO**	**TERMOCOMPRESIÓN**
Molde	De acero con aleaciones, de alto costo y diseño complejo	Variedad de materiales, costos relativamente bajos y diseño sencillo	Variedad de materiales, costos relativamente bajos y diseño sencillo
Radios	Redondeo de aristas de aproximadamente 1.5 del espesor del material	Redondeo de radios relativamente más grandes	Redondeo de radios relativamente más grandes
Tratamientos o acabados posteriores	Se puede aplicar cualquier tratamiento o acabado	Se puede aplicar cualquier tratamiento o acabado	Se puede aplicar cualquier tratamiento o acabado

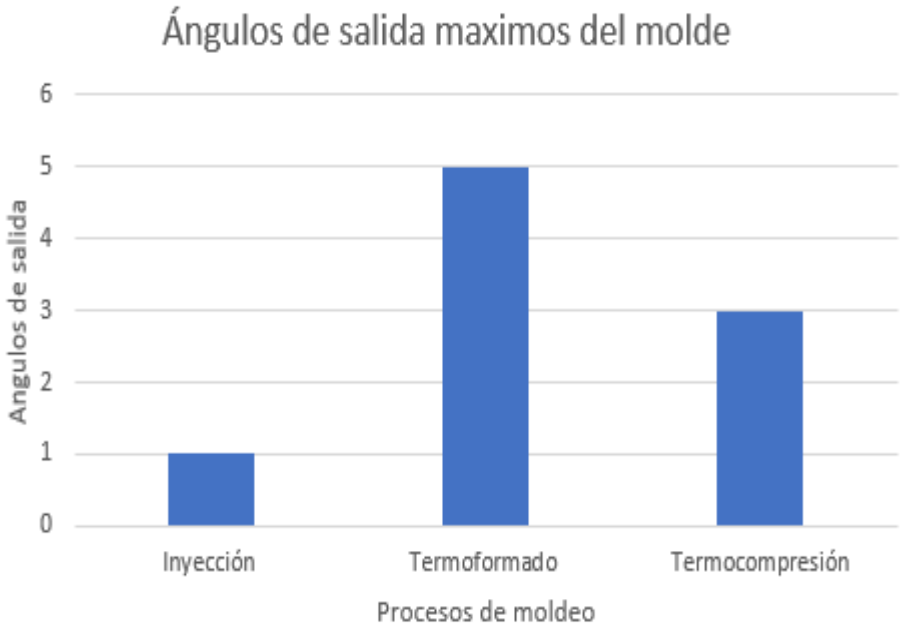


Figura 17. Ángulos de salida en el molde.

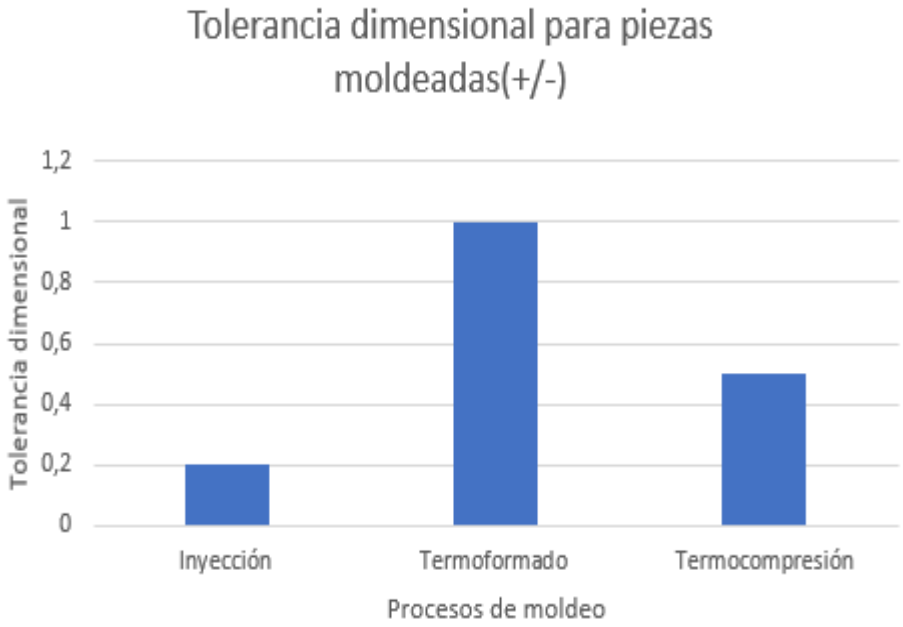


Figura 18. Tolerancias dimensionales de las piezas moldeadas.

2.2.1.1 Selección del proceso de moldeo

Para la selección de los procesos de moldeo, es importante considerar las características del producto final, como la complejidad de la geometría, el tamaño y la cantidad de piezas a producir.

- El proceso de inyección es ideal para piezas con geometrías complejas y altos volúmenes de producción, ya que permite una alta precisión en los detalles y un ciclo de producción rápido.
- El termoformado es más adecuado para piezas con formas simples y grandes superficies planas, siendo una opción económica para producciones a pequeña escala.
- El proceso de termocompresión es ideal para piezas de gran tamaño y materiales compuestos, ofreciendo una alta resistencia y durabilidad en el producto final

Tabla 13. Tabla de características de los procesos de moldeo.

Tipos de proceso de Moldeo	Características
Inyección	• Permite la producción de piezas con tolerancias muy ajustadas y detalles finos.

Tipos de proceso de Moldeo	Características
	• Capaz de producir grandes cantidades de piezas en un corto período de tiempo. • Se puede trabajar con una amplia gama de materiales termoplásticos. • El proceso de inyección genera poco desperdicio de material. • Es un proceso altamente automatizado que requiere poca intervención manual. • Las piezas producidas por inyección suelen tener buenas propiedades mecánicas.
Termoformado	• Las herramientas de termoformado suelen ser más económicas que las de otros procesos de moldeo. • Permite la producción de piezas con formas complejas y geometrías variadas. • Las piezas termoformadas suelen ser más ligeras que las producidas por otros procesos de moldeo. • El termoformado puede producir piezas transparentes o translúcidas. • Las piezas suelen tener buena resistencia a impactos y deformaciones.
Termocompresión	• Ideal para la producción de piezas de materiales compuestos reforzados. • Herramientas de compresión más económicas que las de otros procesos de moldeo.

Tipos de proceso de Moldeo	Características
	• Producción de piezas con buena resistencia a la compresión.
	• En algunos casos se puede necesitar la utilización de resistencias eléctricas, vapor o circulación de aceite caliente. • Es un proceso de baja presión que puede ser menos agresivo con ciertos materiales.

Al considerar la selección del proceso de moldeo más adecuado entre inyección, termoformado y termocompresión, el proceso de termocompresión destaca notablemente debido a sus costos bajos y la facilidad que ofrece para el moldeo de piezas. Este método, que utiliza la aplicación de calor y presión para transformar el material termoplástico en la forma deseada, permite una producción eficiente y con menos inversión inicial en maquinaria en comparación con la inyección de plásticos. Además, la simplicidad en su operación permite a los fabricantes adaptarse rápidamente a variaciones en el diseño y la producción, facilitando así la fabricación de piezas complejas.

2.3 Materiales

Material-Equipo	Descripción	Imagen
Aluminio 7075	La aleación de aluminio 7075 es una de las aleaciones de aluminio más fuertes y resistentes, ampliamente utilizados en aplicaciones que requieren materiales ligeros pero robustos. Es muy útil para el `proceso de termoformado, es una excelente opción debido a su maleabilidad y facilidad para conformarse en formas complejas.	

Material-Equipo	Descripción	Imagen
Fresas	Las fresas empleadas durante la manipulación en la maquina CNC para la fabricación del molde son de carburo de tungsteno, con filos de corte afilados para precisión. Estas fresas nos permiten un mecanizado preciso y detallado en el material.	
Fresa CNC	La fesa CNC marca Travis, modelo M-1000, con comando CNC FAGOR, cuenta con 20 herramientas para mecanizar cuchillos en aluminio. Ofrece precisión, velocidad y versatilidad para una óptima fabricación del producto deseado.	
Taladrina	Conocida como aceite de corte o refrigerante, es un fluido utilizado en procesos de mecanizado para reducir la fricción y disipar el calor al momento de encontrarse en funcionamiento. Este fluido cuenta con un punto muy importante, mejorar la vida útil de la herramienta y a mantener la precisión de las piezas maquinadas.	
Balanza digital	Es un dispositivo electrónico que mide con precisión el peso de objetos, con la ayuda de su pantalla digital para una lectura exacta y saber el uso exacto de la materia prima que se utilizara.	

Material-Equipo	Descripción	Imagen
Bioplástico de trigo	Es un material biodegradable muy común y utilizado por las personas, renovable elaborado a partir de almidón de trigo, amigable con el medio ambiente. Su característica es ser una alternativa sostenible al plástico convencional, presenta propiedades similares comprado con el plástico convencional en cuanto a resistencia y flexibilidad.	
Fibras de bambú	Son fibras naturales de donde se extrae de la planta de bambú, sus características son de rápido crecimiento y sostenibilidad. Sus texturas son suaves, transpirables y biodegradables, donde tiene paso en el mercado para la fabricación de textiles y productos ecológicos.	
Mandil	Prenda de uso académico que nos proporciona protección al vestuario, también tiene como función aportar una imagen de formalidad. Su función principal es protegernos de diversas sustancias que se puede encontrar en las diferentes áreas de trabajo.	
Casco	Es un componente muy importante de protección personal diseñado para resguardar la cabeza parte de nuestro cuerpo de impactos y lesiones en diversas actividades en diferentes áreas de trabajo.	

Material-Equipo	Descripción	Imagen
Guantes	Equipo de protección para las manos, son fabricados en diversos materiales como tela, cuero, polímeros, etc. Proporcionan seguridad a cortes, impactos, abrasiones y productos químicos. Los guantes son diseñados con diferentes niveles de grosor y flexibilidad para adaptarse a varias tareas en diferentes áreas de trabajo.	
Huaipe	Paño de tela suave con características absorbente que se utiliza comúnmente para limpiar polvo, líquidos de diferentes superficies delicadas, como muebles, pantallas electrónicas, entre otros.	
Alcohol	Es un compuesto químico de forma líquida incoloro, inflamable y con un característico olor fuerte. Se utiliza en la industria ampliamente como desinfectante debido a su capacidad de matar microorganismos al entrar en contacto con ellos, lo que hace muy útil para la higiene y limpieza.	
Aceite desmoldante	Es un producto muy útil en el proceso de termo conformado donde facilita la liberación de piezas plásticas de los moldes donde constan con ángulos de salidas complicados. Su composición consta de una mezcla de aceites lubricantes y agentes antiadherentes donde evita que se adhiera el producto	

Material-Equipo	Descripción	Imagen
	al molde durante el proceso de conformado.	
Resistencia térmica	Es un componente clave ya que es la que proporciona la temperatura adecuada para dar forma al material. Está fabricada generalmente con materiales resistentes a altas temperaturas. La temperatura adecuada que brinda la resistencia es fundamental para lograr optimas resultados.	

2.4 Diseño del cuchillo

Ante la creciente necesidad de cambio, el diseño para la sostenibilidad y el papel del diseñador como agente para un desarrollo sostenible están ganando cada vez más importancia. Ya no solo se valoran los productos por su estética y funcionalidad, sino también por su impacto en el medio ambiente, la salud humana y su potencial para formar parte de una economía circular. El diseño respetuoso con el medio ambiente es una metodología que está siendo cada vez más aceptada por la industria. Su objetivo es mejorar la rentabilidad y competitividad al mismo tiempo que se reducen los impactos ambientales de los productos o servicios, teniendo en cuenta la necesidad del consumidor de una forma más sostenible en términos de recursos [56].

Tomando como referencia diseños de cuchillos ya existentes en el mercado se optó por elegir un diseño similar, esto se debe a que la realización de un rediseño desde cero implica significativamente costos extras, mientras que al elegir un diseño ya existente podemos conservar sus características ergonómicas y tener una idea más clara del producto final que obtendremos.

Alternativa de diseño 1

Para el diseño del cuchillo se tuvieron en cuenta diversos factores, como la forma y tamaño de los dientes, así como el peso del cuchillo. El objetivo era lograr un cuchillo ligero que pudiera

realizar cortes precisos en alimentos con textura blanda.

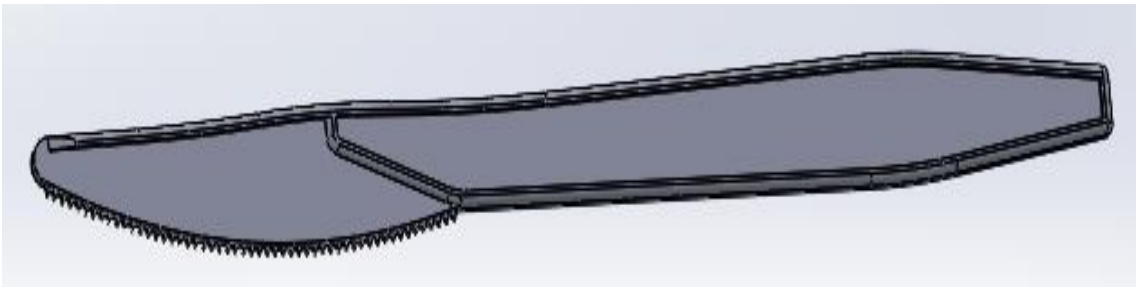


Figura 19. Diseño 1 en SolidWorks del cuchillo.

Se identificó que los dientes del cuchillo actual eran demasiado pequeños para lograr un corte efectivo, por lo que se optó por realizar un rediseño basado en otro modelo tomando como referencia el diseño de otro cuchillo.

Alternativa de diseño 2

Para la elaboración del segundo diseño se tomó como referencia un cuchillo de plástico distinto al primer modelo, caracterizado por poseer un tamaño mayor tanto en el cuchillo en sí como en los dientes. Este enfoque se adoptó con el propósito de optimizar la capacidad de corte del cuchillo rediseñado.

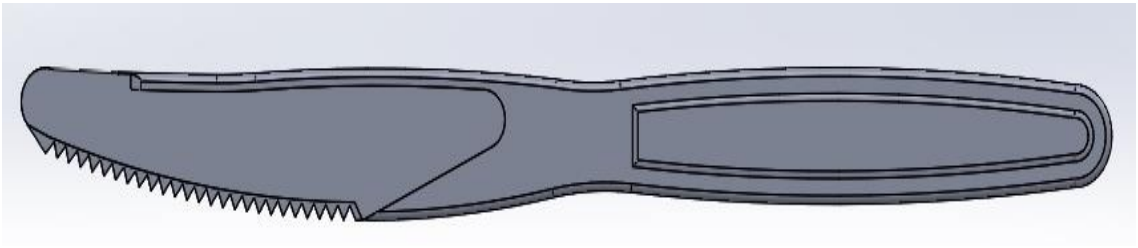


Figura 20. Diseño 2 en SolidWorks del cuchillo

A continuación, se realizó un análisis mediante el software donde se obtendrá el peso final del cuchillo, esto se realiza con el fin de llegar a un peso aproximado en comparación a los cuchillos plásticos existentes en el mercado, este valor se puede observar en la figura 21.

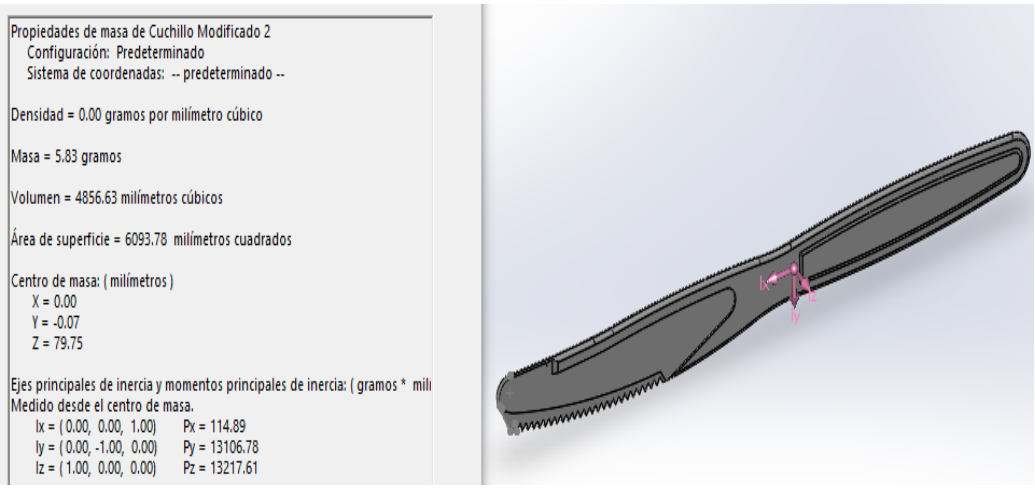


Figura 21. Peso del cuchillo #2 según la información del SolidWorks.

La figura 22 refleja los desplazamientos existentes en el cuchillo al ser sometido a una carga aplicada de 10 N en la sección de los dientes.

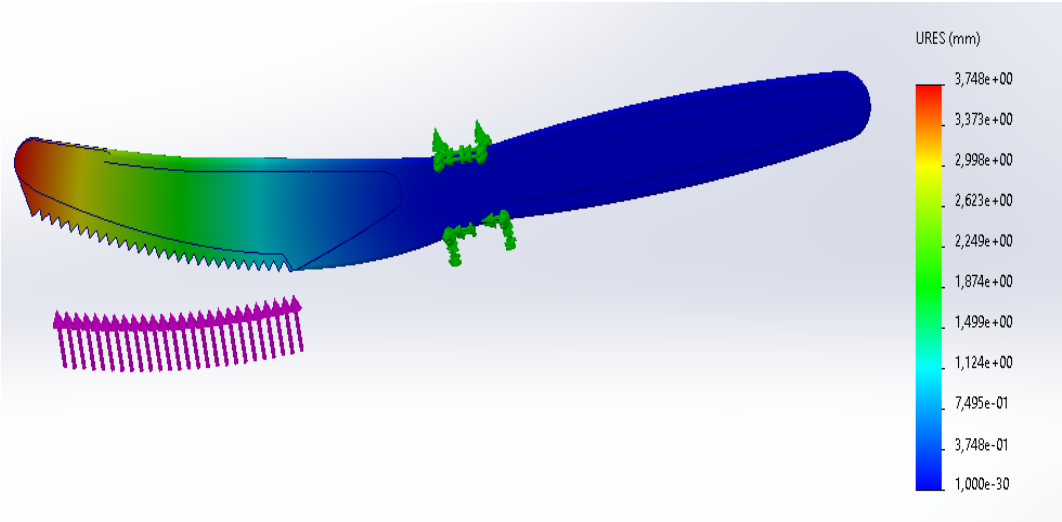


Figura 22. Desplazamientos del cuchillo #2 al ser sometido a una carga en los dientes.

El cuchillo podría cumplir el corte de los alimentos sin problemas por tener unos dientes más grandes que el primer diseño, sin embargo, se realizara un tercer diseño para poder disminuir el peso final del producto.

Alternativa de diseño 3

Para la creación de este nuevo diseño de cuchillo, se tomó como base el diseño 2, el cual fue objeto de algunas modificaciones con el fin de reducir su peso sin comprometer la integridad de la estructura. Se mantuvieron ciertos aspectos de la forma original del cuchillo para preservar su funcionalidad y ergonomía, al tiempo que se implementaron ajustes específicos para alcanzar el objetivo de peso similar a los ya existentes.

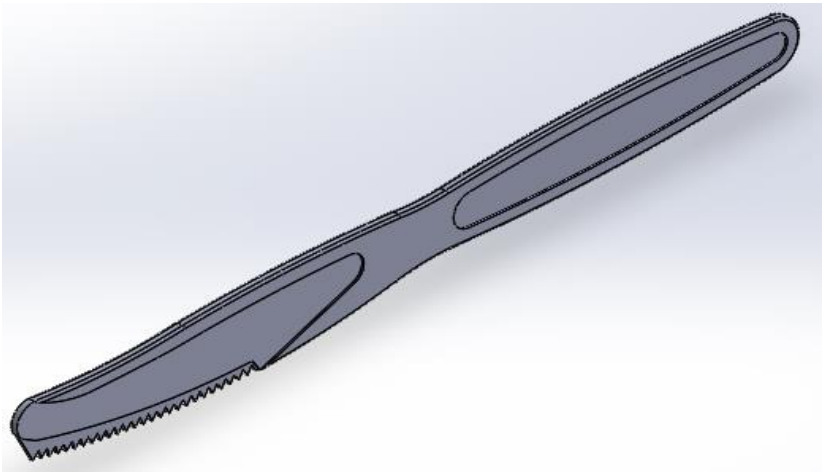


Figura 23. Diseño 3 en SolidWorks del cuchillo.

En las figuras 24 y 25 se muestra el peso final y la deformación que tendrá este último diseño al aplicar una carga de 10 N sobre la superficie de sus dientes.

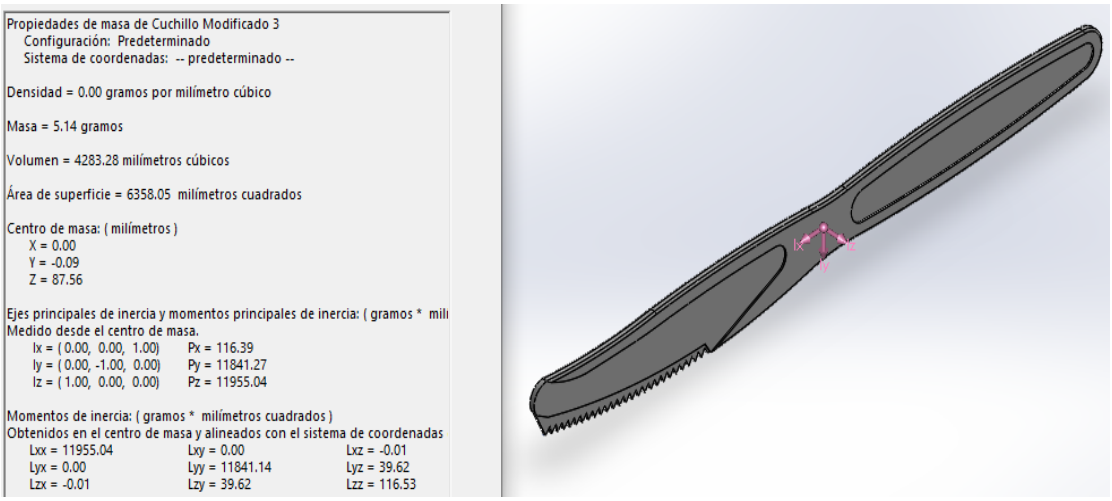


Figura 24. Peso del cuchillo #3 según la información del SolidWorks.

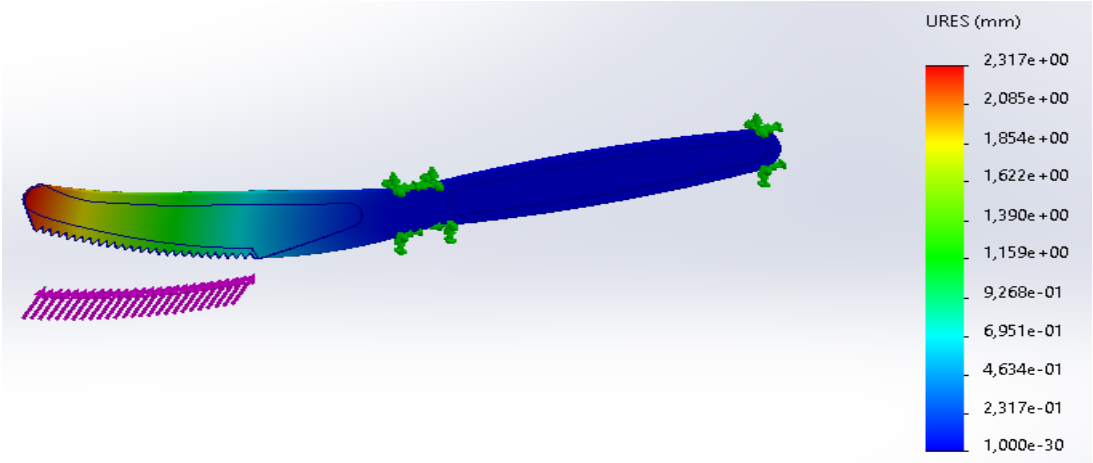


Figura 25. Desplazamientos del cuchillo #3 al ser sometido a una carga en los dientes.

2.4.1 Selección del diseño de cuchillo

En el proceso de selección del diseño óptimo, se evaluó detenidamente el diseño 3, el cual se destacó por tener más resistencia y un peso inferior en comparación con los otros diseños analizados. Asimismo, se tuvieron en cuenta los resultados de las simulaciones realizadas en el software de diseño, donde se observó que las deformaciones y desplazamientos eran mínimos al aplicar una fuerza sobre los dientes. Estos factores contribuyeron a la elección del diseño 3 como la opción más favorable para su implementación.

La figura 26 ilustra la comparativa entre el peso y las dimensiones de los dientes, facilitando la selección del cuchillo con un peso menor, pero con dientes más grandes para lograr obtener un cuchillo ligero con un corte eficiente.

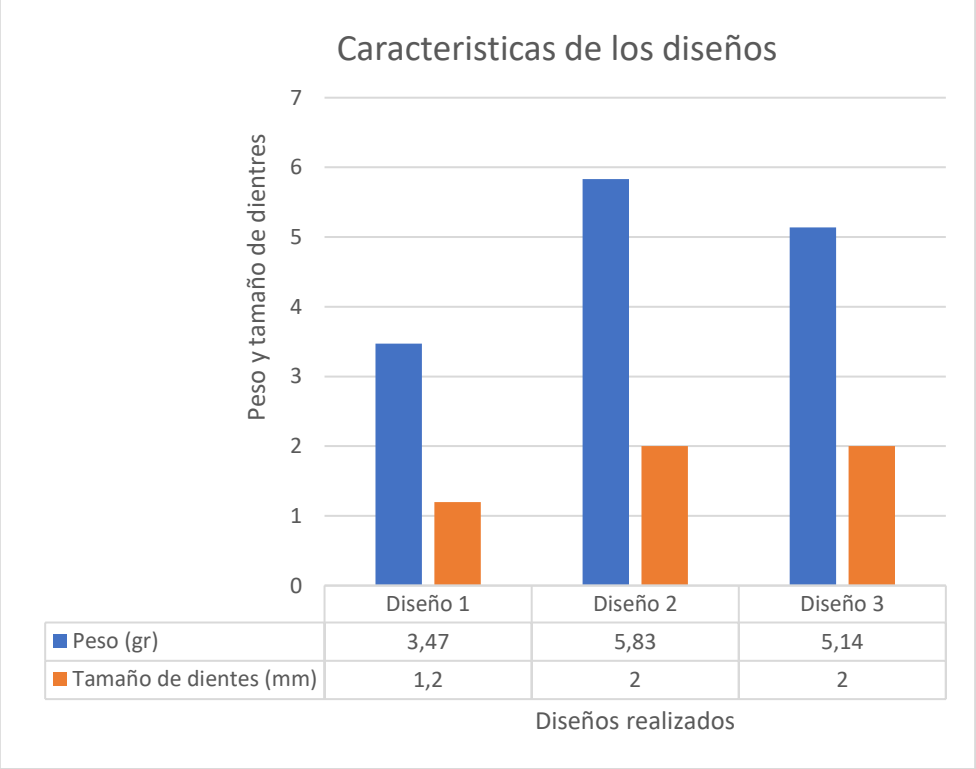


Figura 26. Comparación entre el peso y los tamaños de dientes según los diseños.

2.4.1.1 Dimensiones utilizadas en el diseño para el cuchillo

En las figura 26 se puede apreciar las dimensiones utilizadas para la creacion del cuchillo y con las cuales se realizaron su respectiva simulacion para determinar las fuerzas que podria soportar y el peso aproximado que tendria al finalizar si produccion.

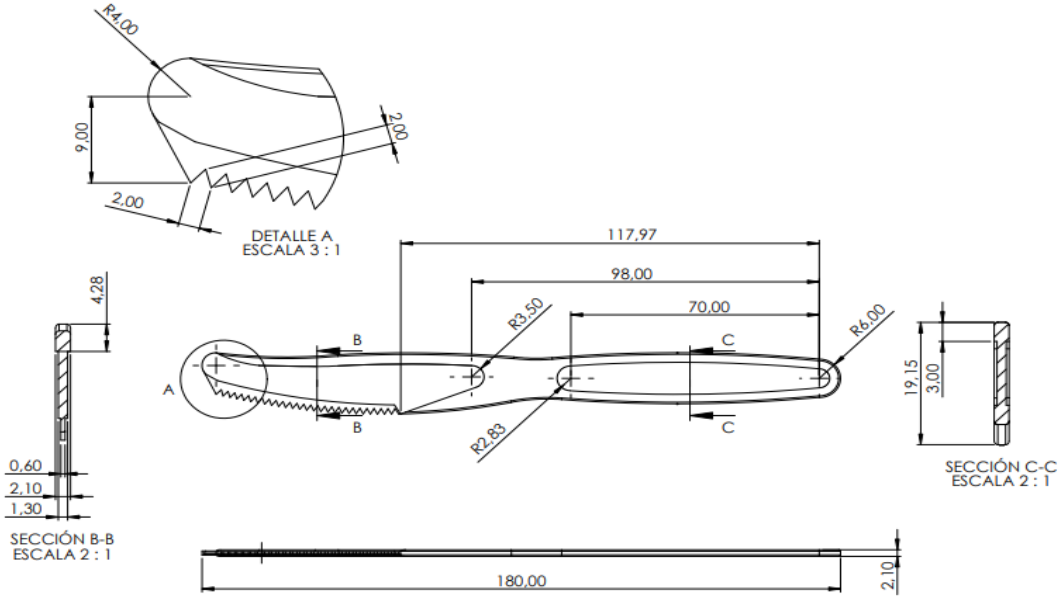


Figura 27. Dimensiones de la mejor alternativa de diseño #3

2.5 Mapa de procesos para la elaboración del proyecto



CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Análisis y discusión de los resultados

En este análisis, se evaluarán los resultados obtenidos del estudio de diferentes tipos de materiales orgánicos y compuestos para determinar el material con mejor resistencia para elaborar cuchillos. Se utilizarán pruebas de dureza Rockwell para obtener datos cuantitativos sobre la resistencia de los materiales, así como ensayos de flexión para analizar el comportamiento que tendrá el cuchillo al utilizarlo y determinar posibles factores que influyan en la dureza. Los resultados y la discusión serán clave para identificar los materiales más adecuados para la fabricación de cuchillos biodegradables con las propiedades mecánicas necesarias para su uso eficiente y seguro.

3.1.1 Temperatura de las resistencias eléctricas

Según la investigación de [25], se ha determinado que las resistencias eléctricas están fabricadas con acero inoxidable AISI 304, con una potencia de 500 W y dimensiones de $100x100x4\ mm$. El calor generado internamente en el componente es de $0{,}00125\ W/mm^3$, y presenta un coeficiente de convección de $5\ W/m^2 * °C$. El sistema completo puede experimentar un incremento de temperatura promedio de hasta 200 °C en un lapso de 60 segundos.

3.1.2 Temperatura de los moldes

Es imprescindible considerar el tiempo requerido para que la temperatura de las resistencias llegue a las superficies de los moldes en contacto con la materia prima. Para determinar este intervalo temporal, se han realizado simulaciones empleando valores de temperatura típicos presentes en pruebas reales, con un rango de 150-250 °C para las matrices superior e inferior.

Mediante el software ANSYS, se efectúa una simulación con un análisis térmico transitorio, tomando en cuenta una temperatura ambiente de 25 °C. Se agrega la resistencia como una carga térmica aplicada a la superficie del molde, simulando la transferencia de calor por conducción desde la resistencia eléctrica a la matriz respectiva, manteniendo dicha matriz a la temperatura indicada. Se destaca que las matrices están fabricadas con una aleación de aluminio 7075.

3.1.2.1 Matriz Inferior

Para calcular el período necesario para que la resistencia eléctrica caliente completamente la matriz, se llevaron a cabo simulaciones considerando varios intervalos de tiempo, que oscilan entre 60 y 300 segundos. La temperatura seleccionada es de 200ºC, ya que la resistencia nos permite alcanzar esa temperatura en 60 segundos, disminuyendo así el tiempo requerido para que la matriz alcance por completo dicha temperatura. En las figuras 28 a 36, se podrá observar la variación mencionada en detalle, visualizando los efectos de esta modificación en el proceso de calentamiento de la matriz.

Comportamiento de la matriz inferior a los 60 segundos

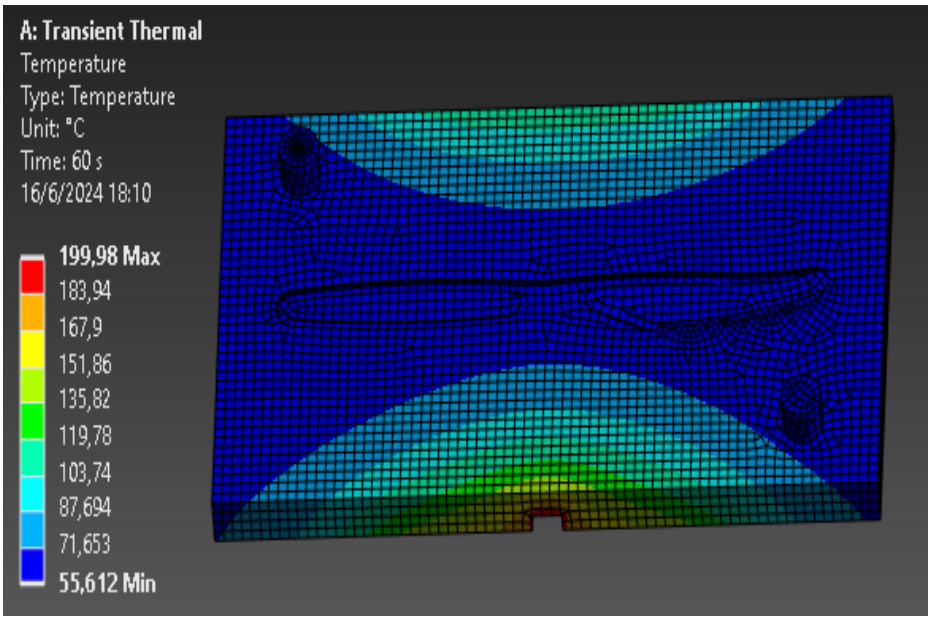


Figura 28. Distribución de temperatura sobre la cara frontal de la matriz inferior a los 60 segundos.

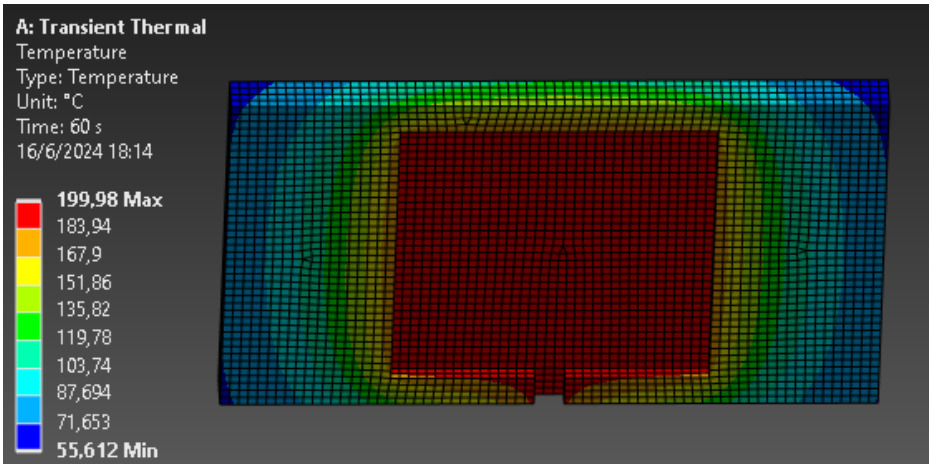


Figura 29. Distribución de temperatura sobre la cara posterior de la matriz inferior a los 60 segundos.

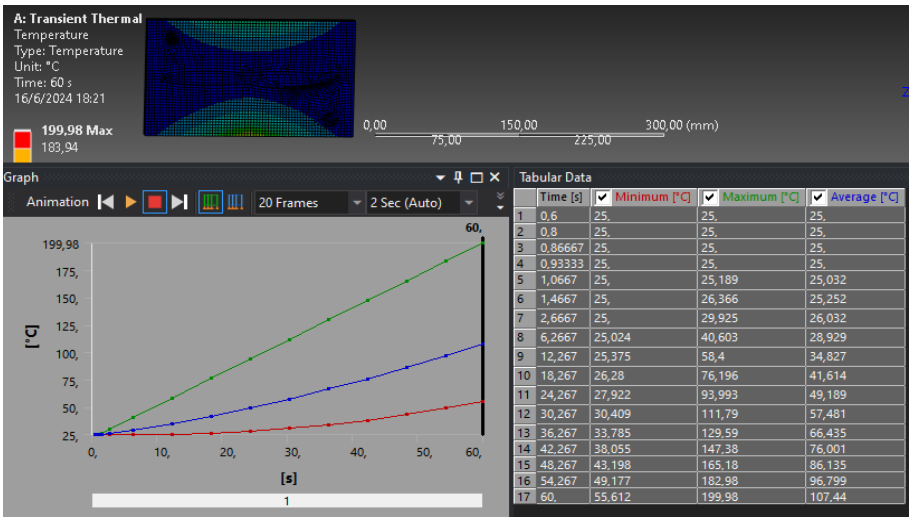


Figura 30. Diagrama de Tiempo vs Temperatura de la matriz en 60 segundos.

Comportamiento de la matriz inferior a los 180 segundos

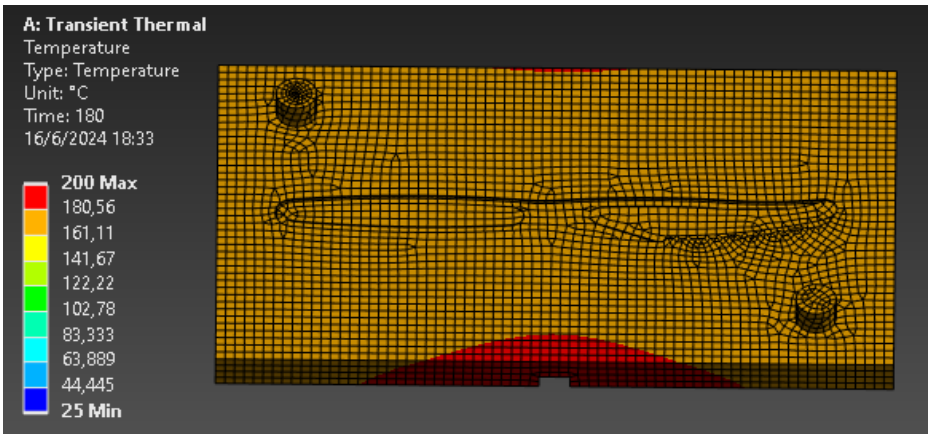


Figura 31. Distribución de temperatura sobre la cara frontal de la matriz inferior a los 180 segundos.

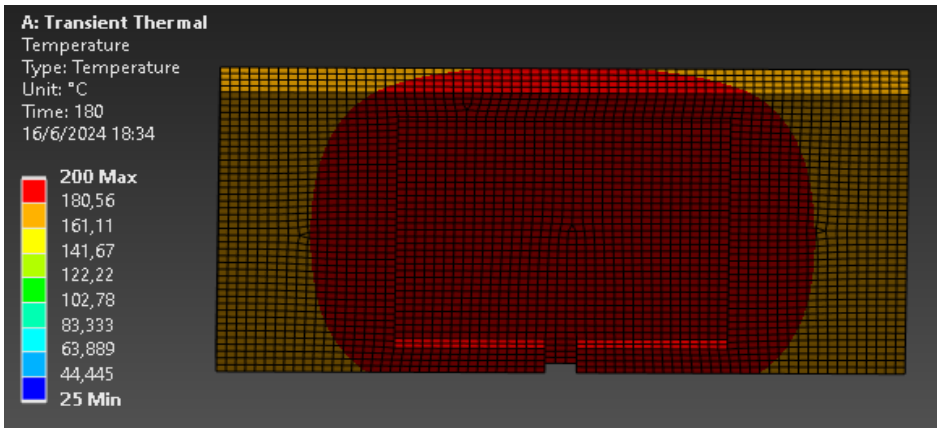


Figura 32. Distribución de temperatura sobre la cara posterior de la matriz inferior a los 180 segundos.

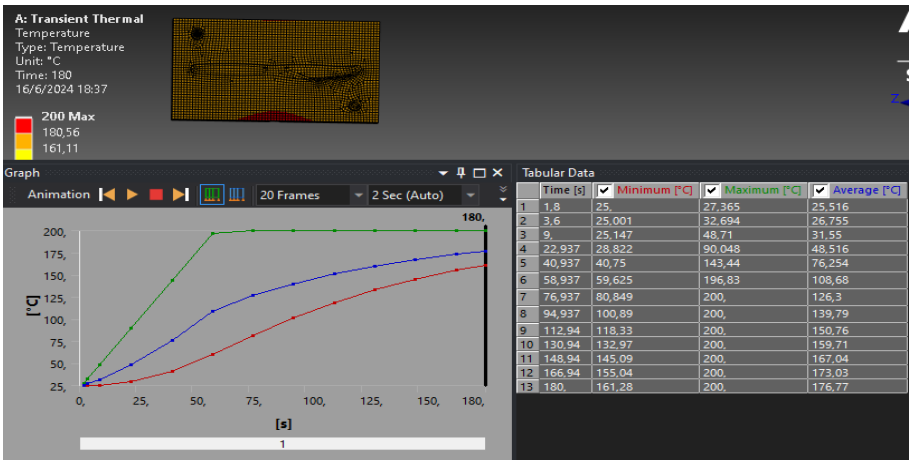


Figura 33. Diagrama de Tiempo vs Temperatura de la matriz en 180 segundos.

Comportamiento de la matriz inferior a los 300 segundos

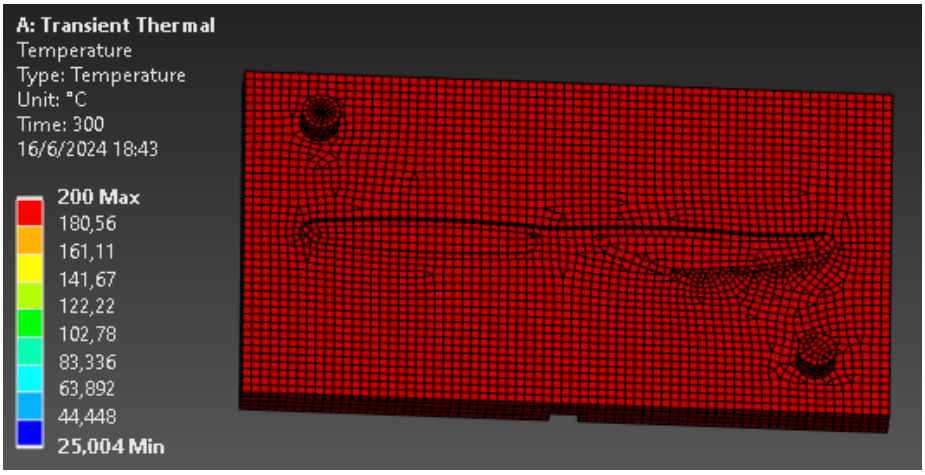


Figura 34. Distribución de temperatura sobre la cara frontal de la matriz inferior a los 300 segundos.

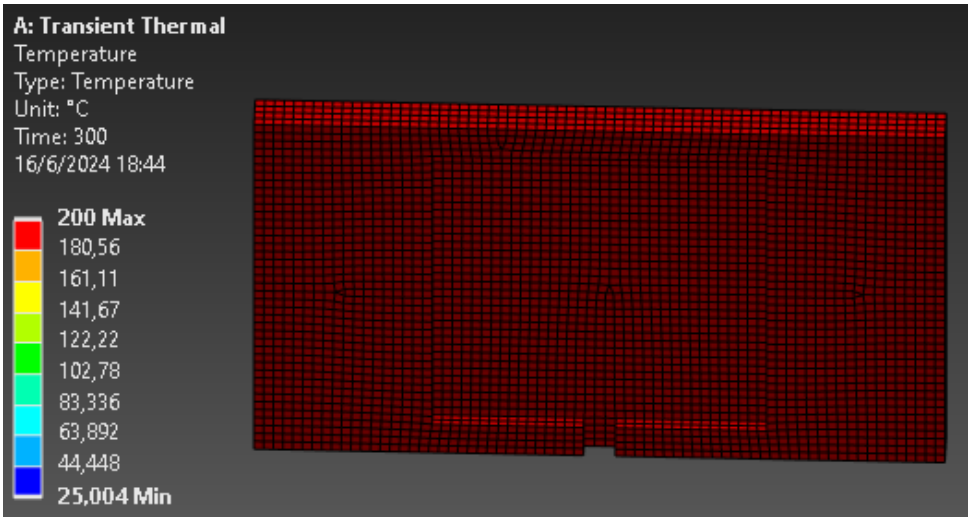


Figura 35. Distribución de temperatura sobre la cara posterior de la matriz inferior a los 300 segundos.

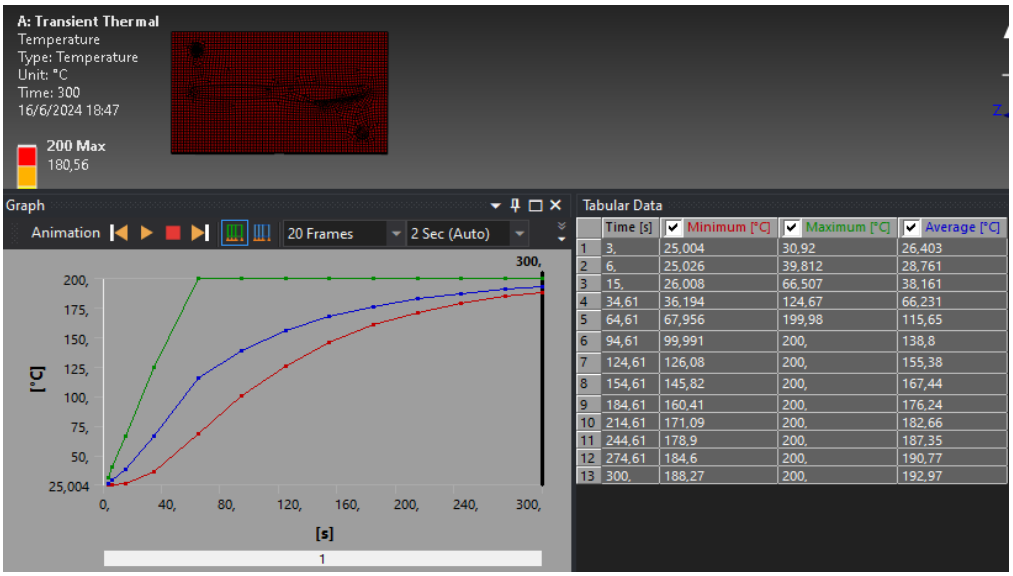


Figura 36. Diagrama de Tiempo vs Temperatura de la matriz en 300 segundos.

3.1.2.1 Matriz Superior

En las figuras 37 a las 45 se puede apreciar al igual que en la matriz inferior las temperaturas del molde cuando es calentado y alcance la temperatura de 200ºC en un tiempo que va desde 60 a 300 segundos. A demás se puede observar las gráficas de temperatura con respecto al tiempo para saber cuál es el comportamiento térmico.

Comportamiento de la matriz superior a los 60 segundos

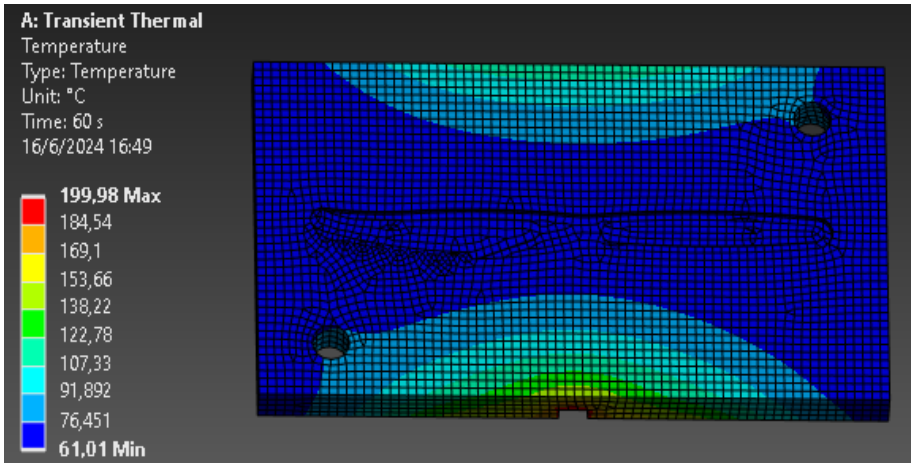


Figura 37. Distribución de temperatura sobre la cara frontal de la matriz superior a los 60 segundos

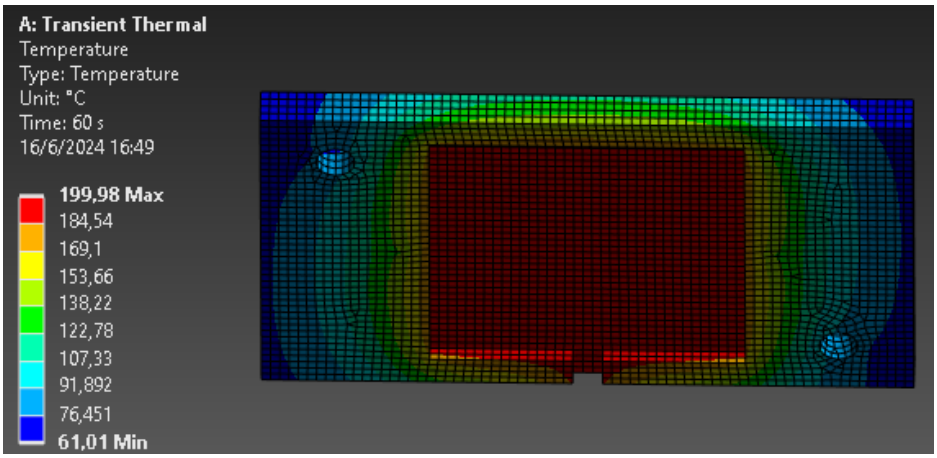


Figura 38. Distribución de temperatura sobre la cara posterior de la matriz superior a los 60 segundos.

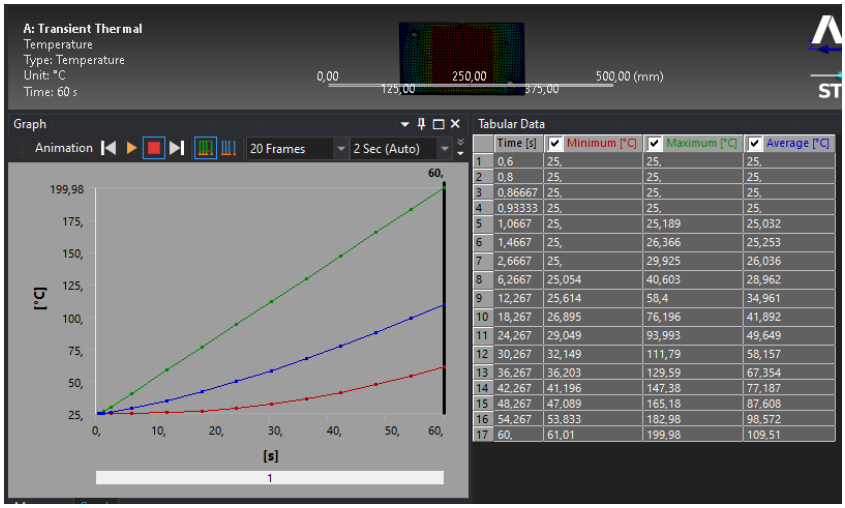


Figura 39. Diagrama de Tiempo vs Temperatura de la matriz en 60 segundos.

Comportamiento de la matriz superior a los 180 segundos

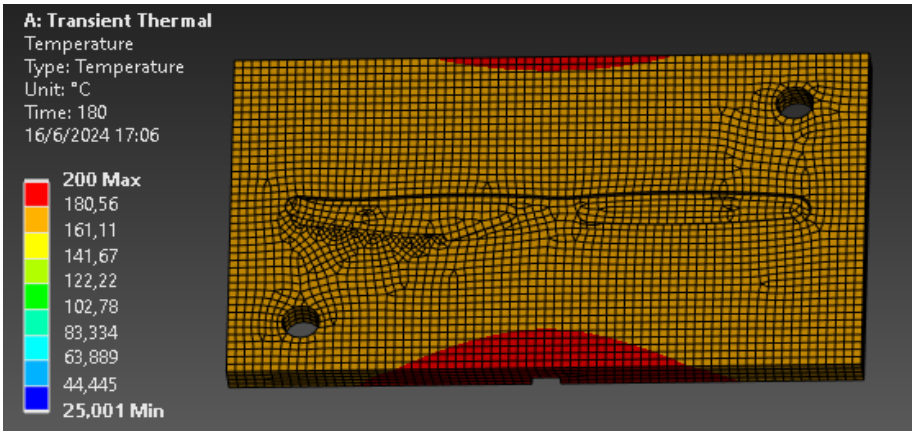


Figura 40. Distribución de temperatura sobre la cara frontal de la matriz superior a los 180 segundos.

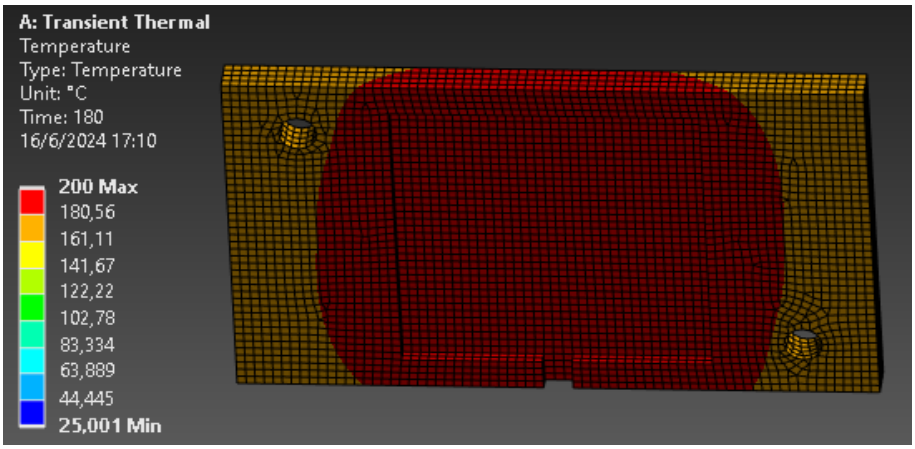


Figura 41. Distribución de temperatura sobre la cara posterior de la matriz superior a los 180 segundos.

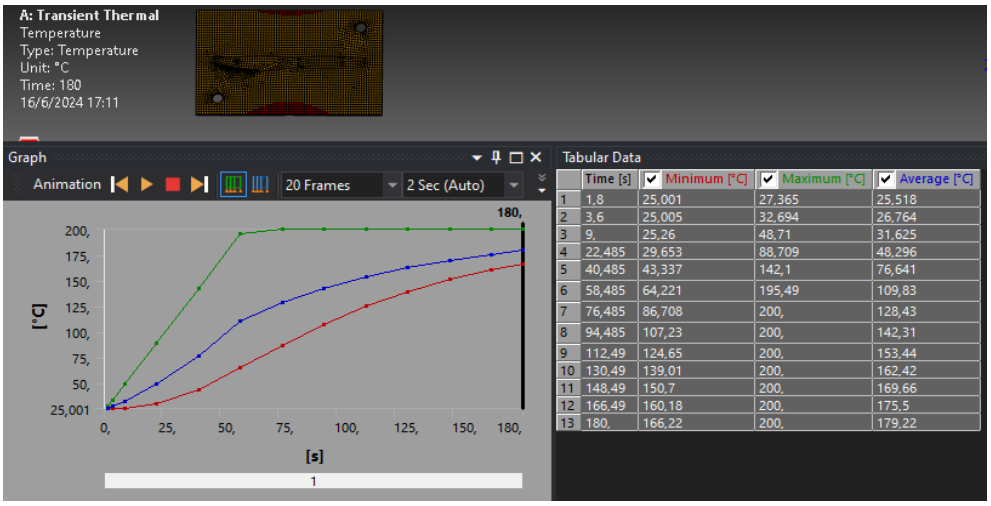


Figura 42. Diagrama de Tiempo vs Temperatura de la matriz en 180 segundos.

Comportamiento de la matriz superior a los 300 segundos

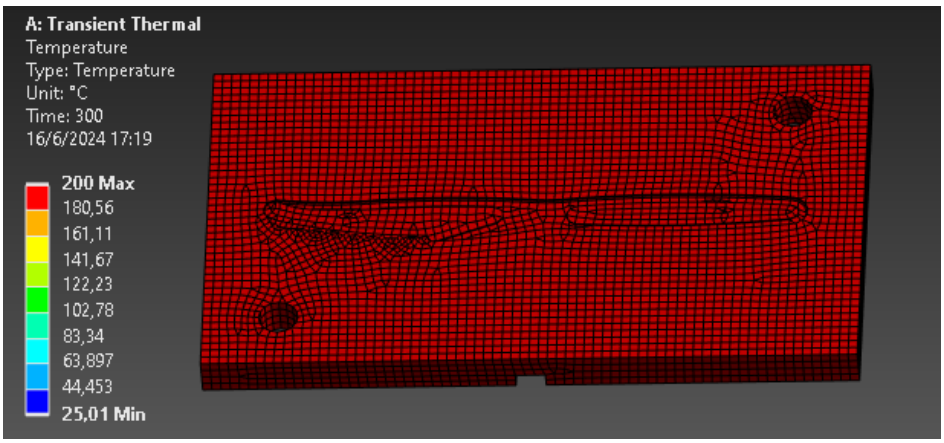


Figura 43. Distribución de temperatura sobre la cara frontal de la matriz superior a los 300 segundos.

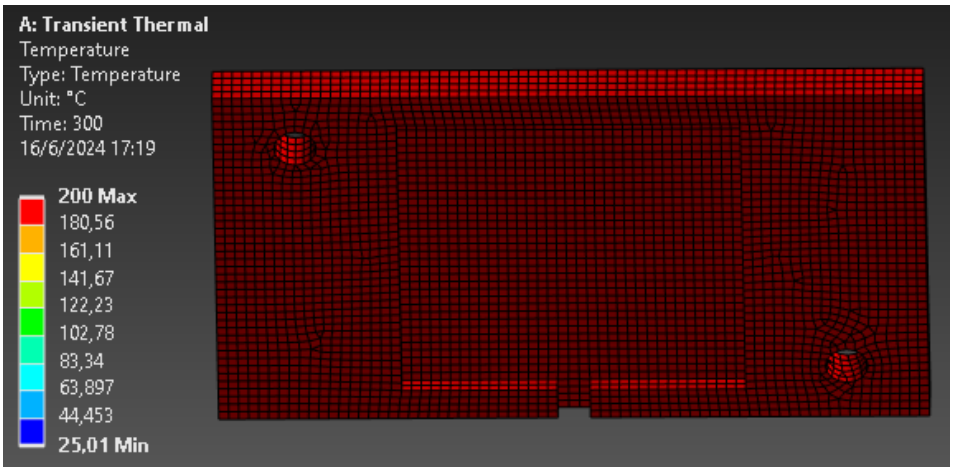


Figura 44. Distribución de temperatura sobre la cara posterior de la matriz superior a los 300 segundos.

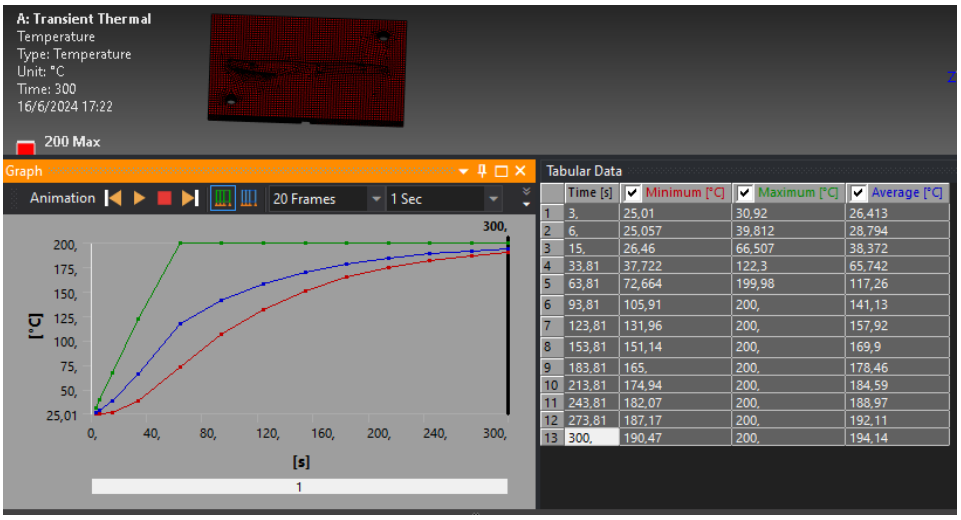


Figura 45. Diagrama de Tiempo vs Temperatura de la matriz en 300 segundos.

3.1.3 Análisis de compresión

El análisis de termocompresión se realiza con el software de diseño ANSYS, que permite analizar el comportamiento de las matrices bajo fuerzas de 3117 N, esta será la máxima fuerza aplicada por el cilindro de la máquina. Este análisis detallado nos facilita la visualización tanto de las deformaciones estructurales como del esfuerzo equivalente al que están sometidas las matrices durante la termocompresión. Al profundizar en estos resultados, se obtiene una comprensión más precisa de cómo las matrices responden a las fuerzas aplicadas y de su comportamiento bajo condiciones de carga. Este análisis mediante simulación se lo puede observar en las figuras 46 a la 48.

Deformaciones totales

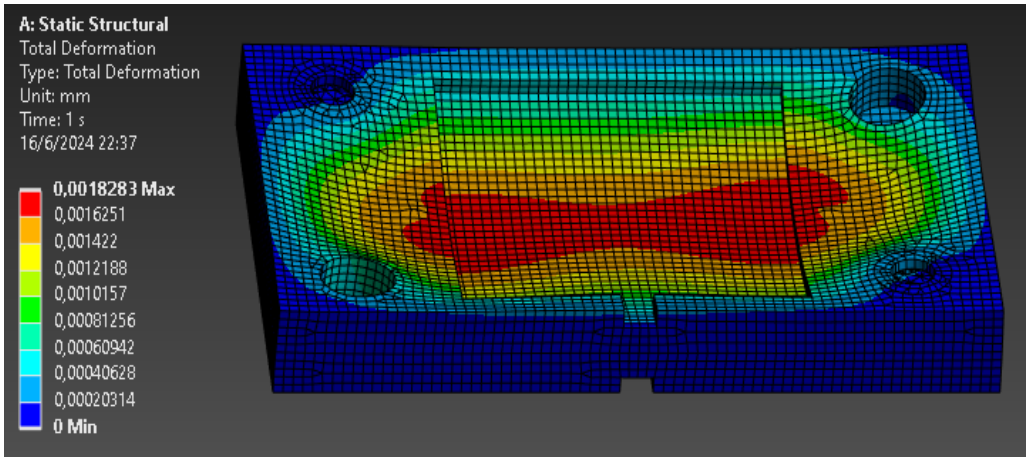


Figura 46. Deformaciones totales de las matrices unidas.

Deformación direccional (eje Z)

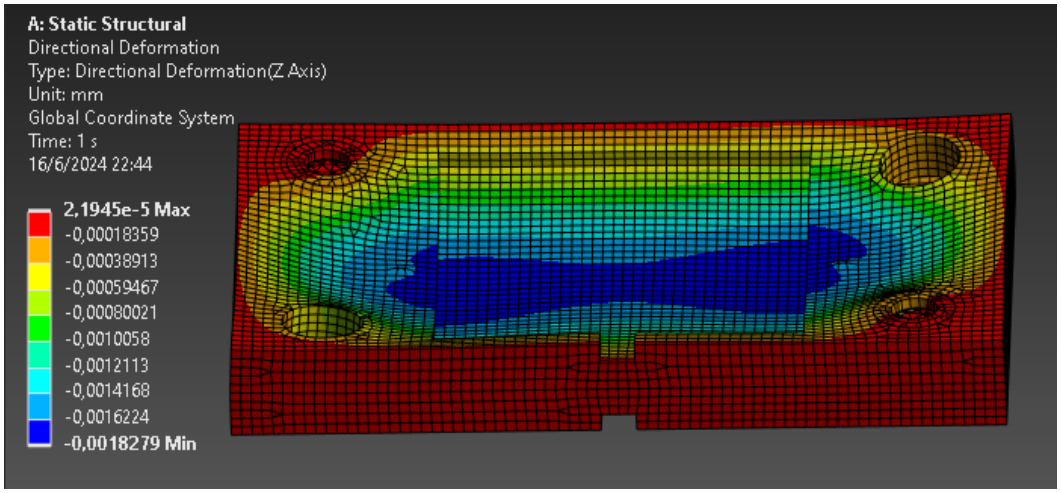


Figura 47. Deformación direccional de las matrices unidas en relación al eje Z.

Esfuerzo equivalente (Von-Mises)

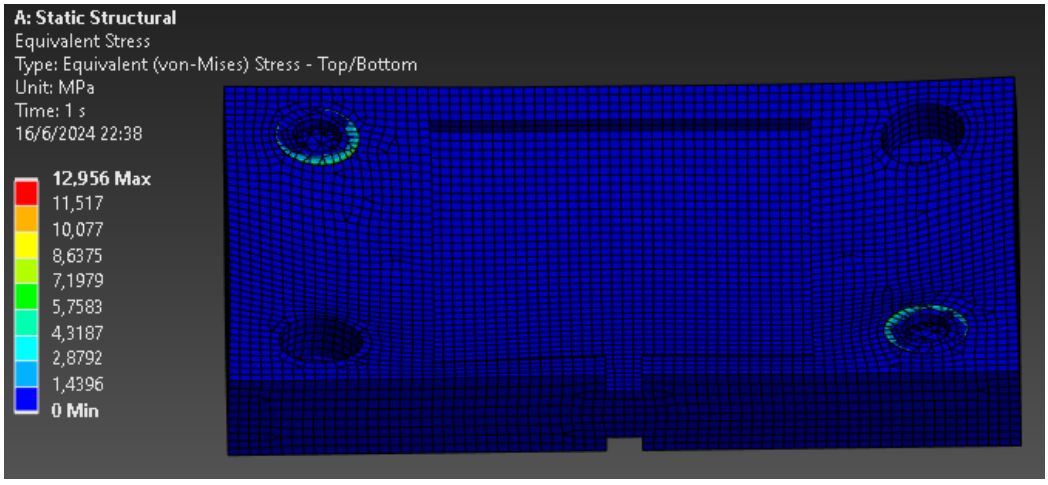


Figura 48. Esfuerzo equivalente de Von Mises de las matrices unidas.

La realización de una simulación para visualizar las deformaciones en el molde al recibir la fuerza de cierre del pistón de la máquina es de suma importancia en el proceso de diseño y fabricación. Esta herramienta permite identificar posibles puntos críticos de debilidad en la estructura del molde, evitando fallos durante su utilización y prolongando su vida útil. Además, ayuda a optimizar el diseño del molde para garantizar una producción eficiente y de alta calidad, minimizando costos y tiempos de fabricación. De esta manera, la simulación se convierte en una herramienta indispensable para asegurar la fiabilidad y eficacia de todo el proceso de fabricación de piezas.

3.2 Pruebas realizadas

La siguiente tabla muestra la diferencia de temperaturas y tiempos considerados para la realización de cada muestra de cuchillos bioplásticos de trigo, aspectos fundamentales que influyen de manera significativa en la resistencia, durabilidad y calidad final de los cuchillos. Estos datos son esenciales para garantizar un proceso de producción eficiente y para asegurar que cada cuchillo cumpla con los estándares de calidad establecidos.

Tabla 14. Pruebas realizadas para la obtención de cuchillos.

N.º	Temp. (ºC)	Presión (bar)	Tiem. (min.)	Observaciones	Imagen
1	200	7	6	Cuchillo elaborado con bioplástico de trigo.	
2	200	7	5	Cuchillo elaborado con bioplástico de trigo.	
3	200	7	5	Cuchillo elaborado con bioplástico de trigo.	
4	200	7	5	Cuchillo elaborado con bioplástico de trigo.	
5	200	7	5	Cuchillo elaborado con bioplástico de trigo.	

N.º	Temp. (ºC)	Presión (bar)	Tiem. (min.)	Observaciones	Imagen
6	200	7	7	Cuchillo elaborado con bioplástico de trigo con un refuerzo intermedio de fibras de bambú.	
7	200	7	6	Cuchillo elaborado con bioplástico de trigo con un refuerzo intermedio de fibras de bambú.	
8	200	7	6	Cuchillo elaborado con bioplástico de trigo con un refuerzo intermedio de fibras de bambú.	
9	200	7	6	Cuchillo elaborado con bioplástico de trigo con un refuerzo intermedio de fibras de bambú.	
10	200	7	6	Cuchillo elaborado con bioplástico de trigo con un refuerzo intermedio de fibras de bambú.	

3.3 Resultados de los ensayos de dureza, flexión, tracción y corte

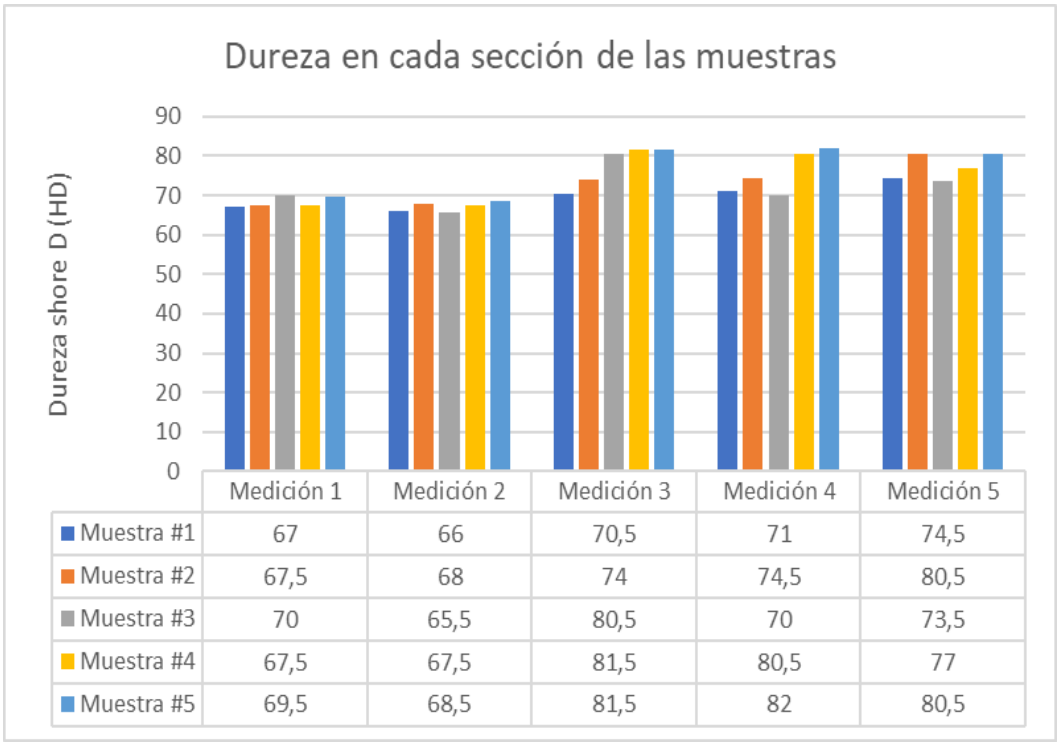
3.3.1. Ensayo de dureza en cuchillos bioplásticos de trigo

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO **FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA** **CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**					
Informes de resultados					
Ensayos de dureza	**Denominación: ED-01**				
					N.º 1
Realizado por:	Machado Bladimir – Yancha Michael				
Proyecto de tesis:	ESTUDIO DE DUREZA EN MATERIALES BIODEGRADABLES PARA LA ELABORACIÓN DE CUCHILLOS				
Dirección:	UTA-FAC. ING. CIVIL Y MECÁNICA. CARERA DE MECÁNICA				
Tipo de material:	Bioplástico de trigo				
Material:	Cuchillo de bioplástico				
Fecha de fabricación:	2024-06				
Norma utilizada:	ASTM D2240				
Fecha de ensayo:	19-junio-2024				
Equipo utilizado:	Durómetro shore D				
Marca:	OTR				
Número de la muestra	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
Designación del material	BPT-01	BPT-02	BPT-03	BPT-04	BPT-05
Características del material	Cuchillo	Cuchillo	Cuchillo	Cuchillo	Cuchillo
Espesor	2,27	2,69	2,50	2,29	2,53
Anchura	12,95	13,2	13,21	12,87	13,31
Sección transversal	29,40	35,51	33,03	29,47	33,67
Medición #1 de Dureza Shore (HD)	67	66	70,5	71	74,5
Medición #2 de Dureza Shore (HD)	67,5	78	74	74,5	80,5
Medición #3 de Dureza Shore (HD)	70	65,5	80,5	70	73,5
Medición #4 de Dureza Shore (HD)	67,5	67,5	81,5	80,5	77
Medición #5 de Dureza Shore (HD)	69,5	68,5	81,5	82	80,5
Observaciones:	- Se realizo 5 mediciones de cada muestra, las cuales se obtuvieron realizándolas en las partes externas y centrales de los cuchillos. - BPT = Bioplástico de Trigo				

Prob.					Designación	Tipo de material	Fecha de ensayo
6	7	8	9	10	BPT-01	Bioplástico de trigo	19/6/2024







	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
Muestra #1	67	66	70,5	71	74,5
Muestra #2	67,5	68	74	74,5	80,5
Muestra #3	70	65,5	80,5	70	73,5
Muestra #4	67,5	67,5	81,5	80,5	77
Muestra #5	69,5	68,5	81,5	82	80,5

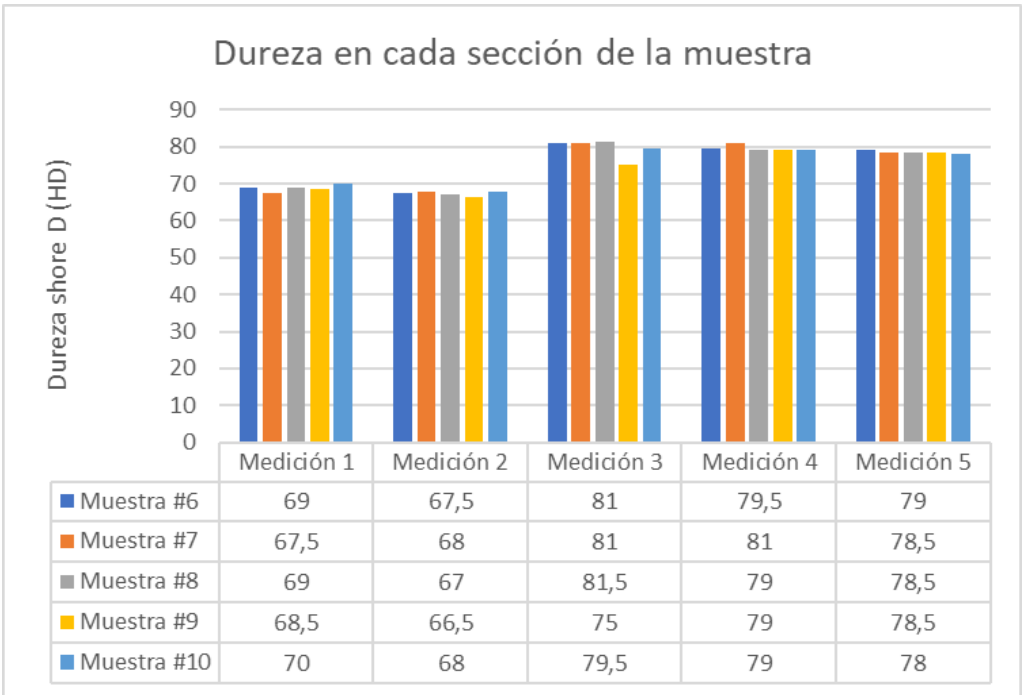
3.3.2 Ensayo de dureza en cuchillos bioplásticos de trigo con fibras de bambú

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:	Machado Bladimir – Yancha Michael				
Proyecto de tesis:	ESTUDIO DE DUREZA EN MATERIALES BIODEGRADABLES PARA LA ELABORACIÓN DE CUCHILLOS				
Dirección:	UTA-FAC. ING. CIVIL Y MECÁNICA. CARERA DE MECÁNICA				
Tipo de material:	Bioplástico de trigo - Fibras de bambú				
Material:	Cuchillo de bioplástico reforzado de forma intermedia con fibras de bambú				
Fecha de fabricación:	2024-06				
Norma utilizada:	ASTM D2240				
Fecha de ensayo:	19-junio-2024				
Equipo utilizado:	Durómetro shore D				
Marca:	OTR				
Número de la muestra	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
Designación del material	BPTB-01	BPTB-02	BPTB-03	BPTB-04	BPTB-05
Características del material	Cuchillo	Cuchillo	Cuchillo	Cuchillo	Cuchillo
Espesor (mm)	2,33	2,25	2,54	2,27	2,44
Anchura (mm)	12,86	12,99	13,28	12,78	13,32
Sección transversal (mm2)	29,96	29,23	33,73	29,01	32,50
Medición #1 de Dureza Shore (HD)	69	67,5	81	79,5	79
Medición #2 de Dureza Shore (HD)	67,5	68	81	81	78,5
Medición #3 de Dureza Shore (HD)	69	67	81,5	79	78,5
Medición #4 de Dureza Shore (HD)	68,5	66,5	75	79	78,5
Medición #5 de Dureza Shore (HD)	70	68	79,5	79	78
Observaciones:	- Se realizo 5 mediciones de cada muestra, las cuales se obtuvieron realizándolas en las partes externas y centrales de los cuchillos. - BPT = Bioplástico de Trigo				

Prob.					Designación	Tipo de material	Fecha de ensayo
6	7	8	9	10	BPTB-01	Bioplástico de trigo con fibras de bambú	19/6/2024







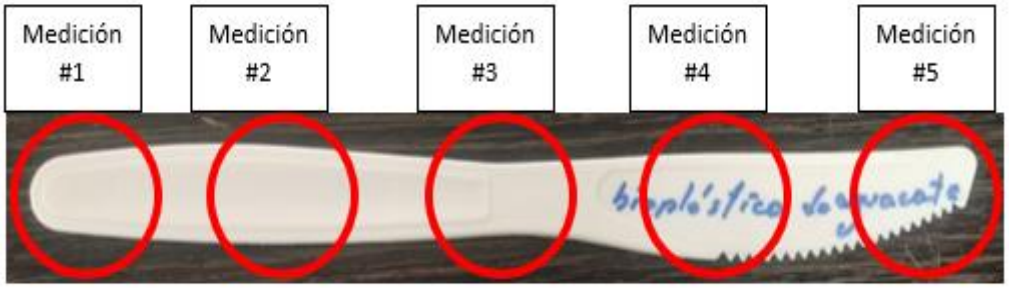
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
Muestra #6	69	67,5	81	79,5	79
Muestra #7	67,5	68	81	81	78,5
Muestra #8	69	67	81,5	79	78,5
Muestra #9	68,5	66,5	75	79	78,5
Muestra #10	70	68	79,5	79	78

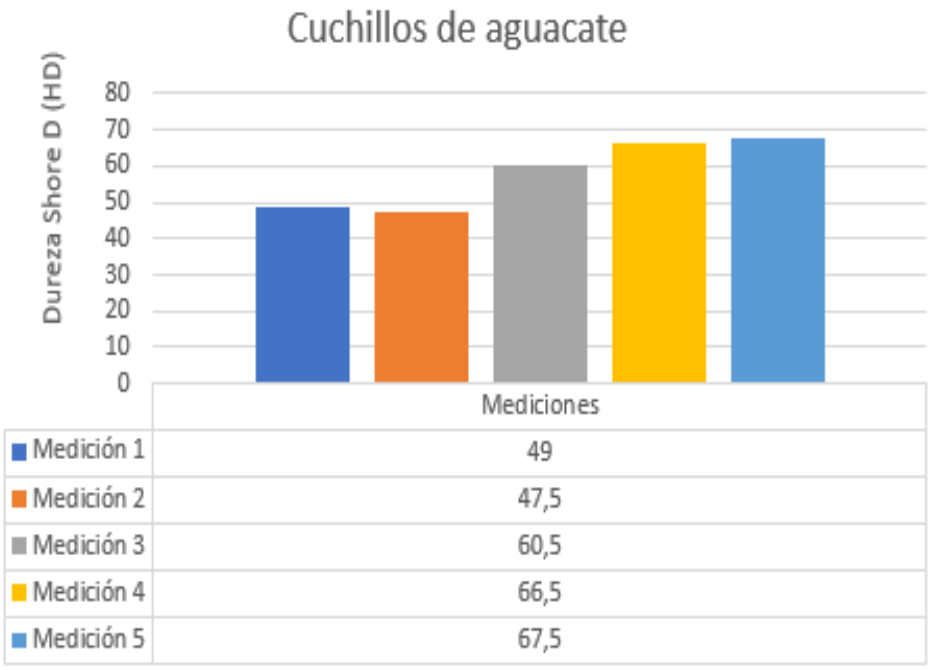
3.3.3 Ensayo de dureza en cuchillos bioplásticos de aguacate

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:	Machado Bladimir – Yancha Michael	
Proyecto de tesis:	ESTUDIO DE DUREZA EN MATERIALES BIODEGRADABLES PARA LA ELABORACIÓN DE CUCHILLOS	
Dirección:	UTA-FAC. ING. CIVIL Y MECÁNICA. CARERA DE MECÁNICA	
Tipo de material:	Bioplástico de aguacate	
Material:	Cuchillo de bioplástico de aguacate	
Fecha de fabricación:	2024-06	
Norma utilizada:	ASTM D2240	
Fecha de ensayo:	19-junio-2024	
Equipo utilizado:	Durómetro shore D	
Marca:	OTR	
número de la muestra		**1**
Designación del material		BPA-01
Características del material		Cuchillo
Espesor (mm)		2,44
Anchura (mm)		13,32
Sección transversal (mm2)		32,50
Medición #1 de Dureza Shore (HD)		49
Medición #2 de Dureza Shore (HD)		47,5
Medición #3 de Dureza Shore (HD)		60,5
Medición #4 de Dureza Shore (HD)		66,5
Medición #5 de Dureza Shore (HD)		67,5
Observaciones:	- Se realizo 5 mediciones de cada muestra, las cuales se obtuvieron realizándolas en las partes externas y centrales de los cuchillos. - BPA = Bioplástico de Aguacate	

Prob.	Designación	Tipo de material	Fecha de ensayo
1	BPA-01	Bioplástico de aguacate	20/6/2024





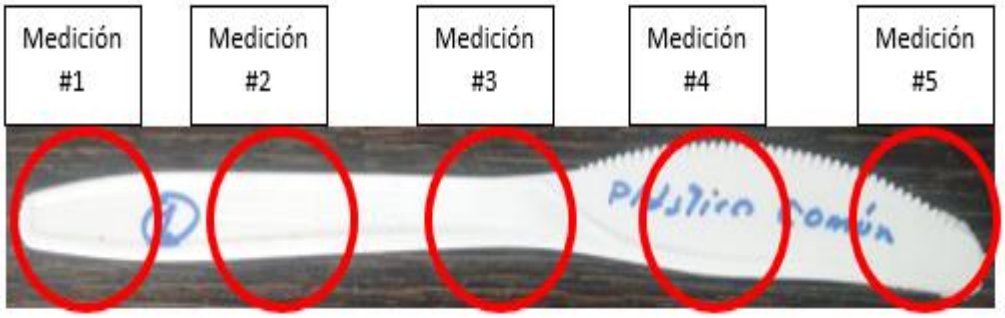


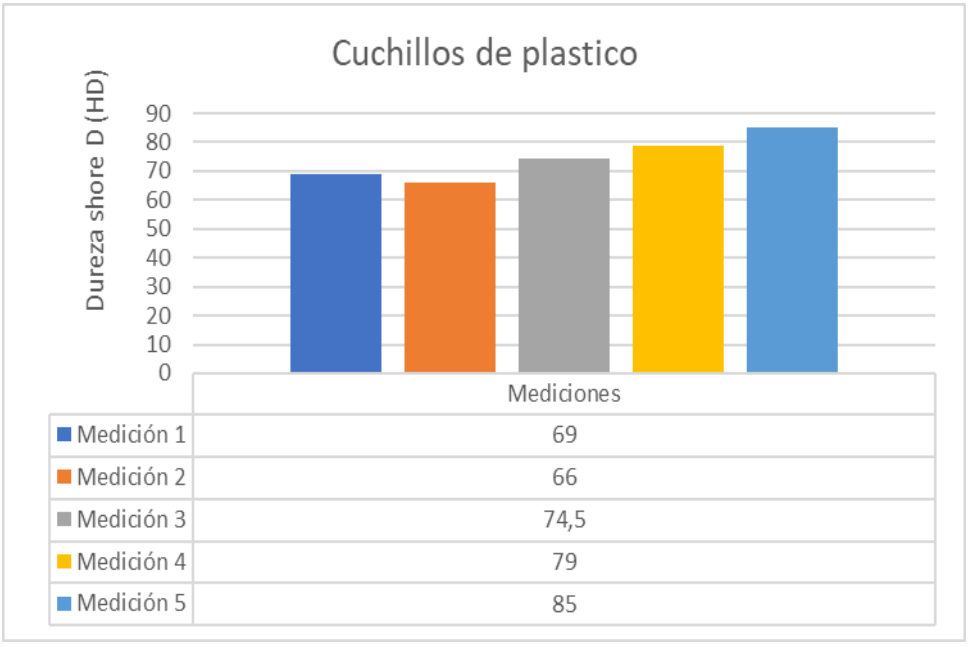
3.3.4 Ensayo de dureza en cuchillos plásticos

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:	Machado Bladimir – Yancha Michael	
Proyecto de tesis:	ESTUDIO DE DUREZA EN MATERIALES BIODEGRADABLES PARA LA ELABORACIÓN DE CUCHILLOS	
Dirección:	UTA-FAC. ING. CIVIL Y MECÁNICA. CARERA DE MECÁNICA	
Tipo de material:	Plástico Común	
Material:	Cuchillo de Polipropileno	
Fecha de fabricación:	2024-06	
Norma utilizada:	ASTM D2240	
Fecha de ensayo:	19-junio-2024	
Equipo utilizado:	Durómetro shore D	
Marca:	OTR	
número de la muestra		**1**
Designación del material		PC-01
Características del material		Cuchillo
Espesor (mm)		2,66
Anchura (mm)		10,2
Sección transversal (mm2)		27,64
Medición #1 de Dureza Shore (HD)		69
Medición #2 de Dureza Shore (HD)		66
Medición #3 de Dureza Shore (HD)		74,5
Medición #4 de Dureza Shore (HD)		79
Medición #5 de Dureza Shore (HD)		85
Observaciones:	- Se realizo 5 mediciones de cada muestra, las cuales se obtuvieron realizándolas en las partes externas y centrales de los cuchillos. - PC = Plástico Común	

Prob.	Designación	Tipo de material	Fecha de ensayo
1	PC-01	Plástico	19/6/2024



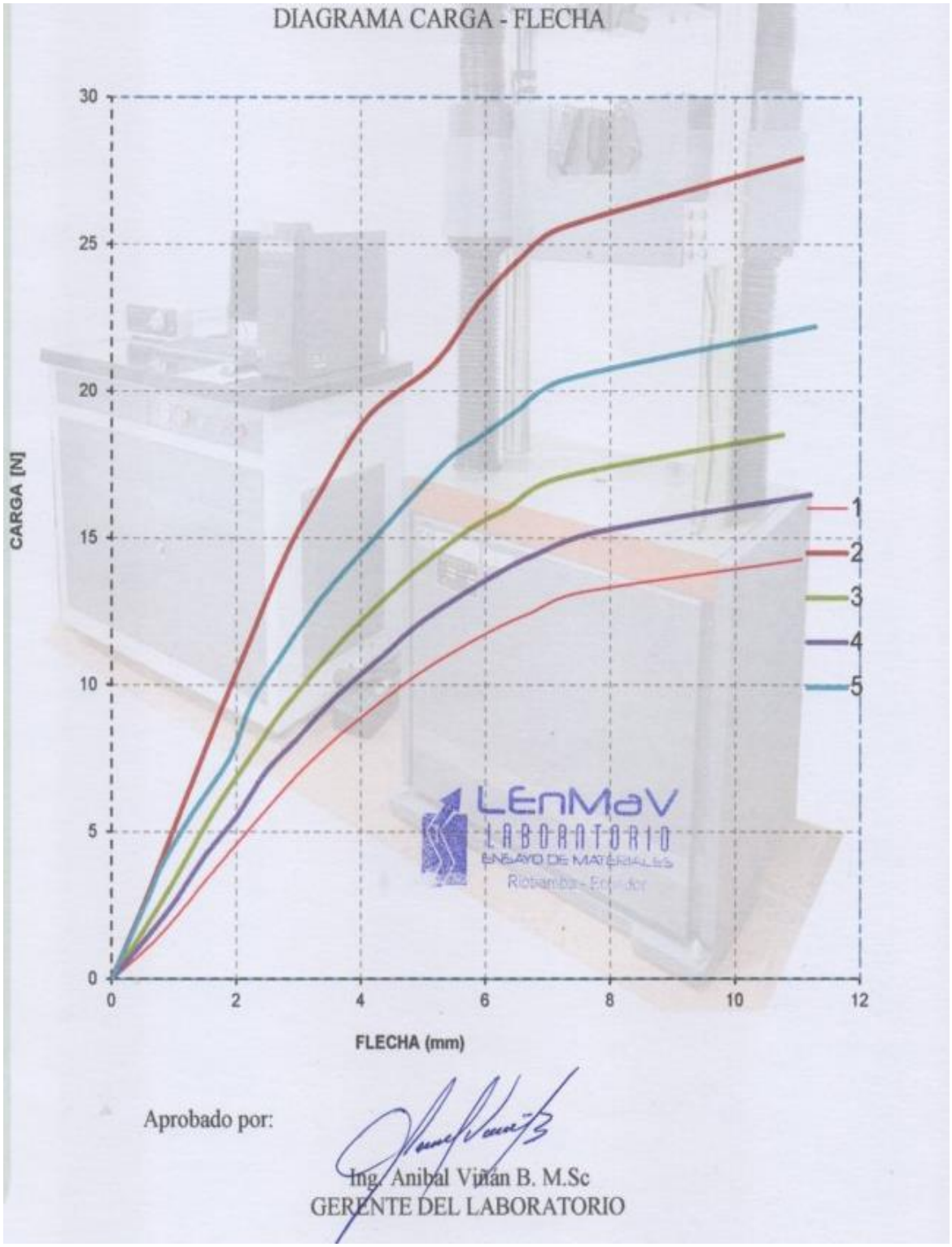




3.3.5 Ensayo de flexión en cuchillos bioplásticos de trigo

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO **FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA** **CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**					
Informes de resultados					
Ensayos de flexión		**Denominación: RG-02-01**			
					N1
Realizado por:	Machado Bladimir – Yancha Michael				
Proyecto de tesis:	ESTUDIO DE DUREZA EN MATERIALES BIODEGRADABLES PARA LA ELABORACIÓN DE CUCHILLOS				
Dirección:	UTA-FAC. ING. CIVIL Y MECÁNICA. CARERA DE MECÁNICA				
Tipo de material:	Bioplástico de trigo				
Material:	Cuchillo de bioplástico				
Fecha de fabricación:	2024-06				
Norma utilizada:	ASTM D7264/D7264M-21				
Fecha de ensayo:	20-junio-2024				
Equipo utilizado:	Maquina universal de ensayos-WAW600B				
Marca:	Jinan llangong testing technology co ltd				
Serie:	7136				
Certificado:	Lnm-f-2016500064d				
Cod ident	MI				
número de la muestra	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
Designación del material	BPT-01	BPT-02	BPT-03	BPT-04	BPT-05
Características del material	Cuchillo	Cuchillo	Cuchillo	Cuchillo	Cuchillo
Espesor [mm]	2,27	2,69	2,50	2,29	2,53
Anchura [mm]	12,95	13,2	13,21	12,87	13,31
Sección transversal [mm^2]	29,40	35,51	33,03	29,47	33,67
Mod. Aparente de elástica. [MPa]	5,631,E+02	7,377,E+02	5,875,E+02	6,259,E+02	8,326,E+02
Carga máxima [N]	14,28	27,93	18,51	16,48	22,22
Esfuerzo máximo [MPa]	16,69	22,80	17,48	19,04	20,34
Flecha máxima [mm]	11,06	11,07	10,76	11,20	11,28
Observaciones:	Longitud entre apoyos=52 mm				

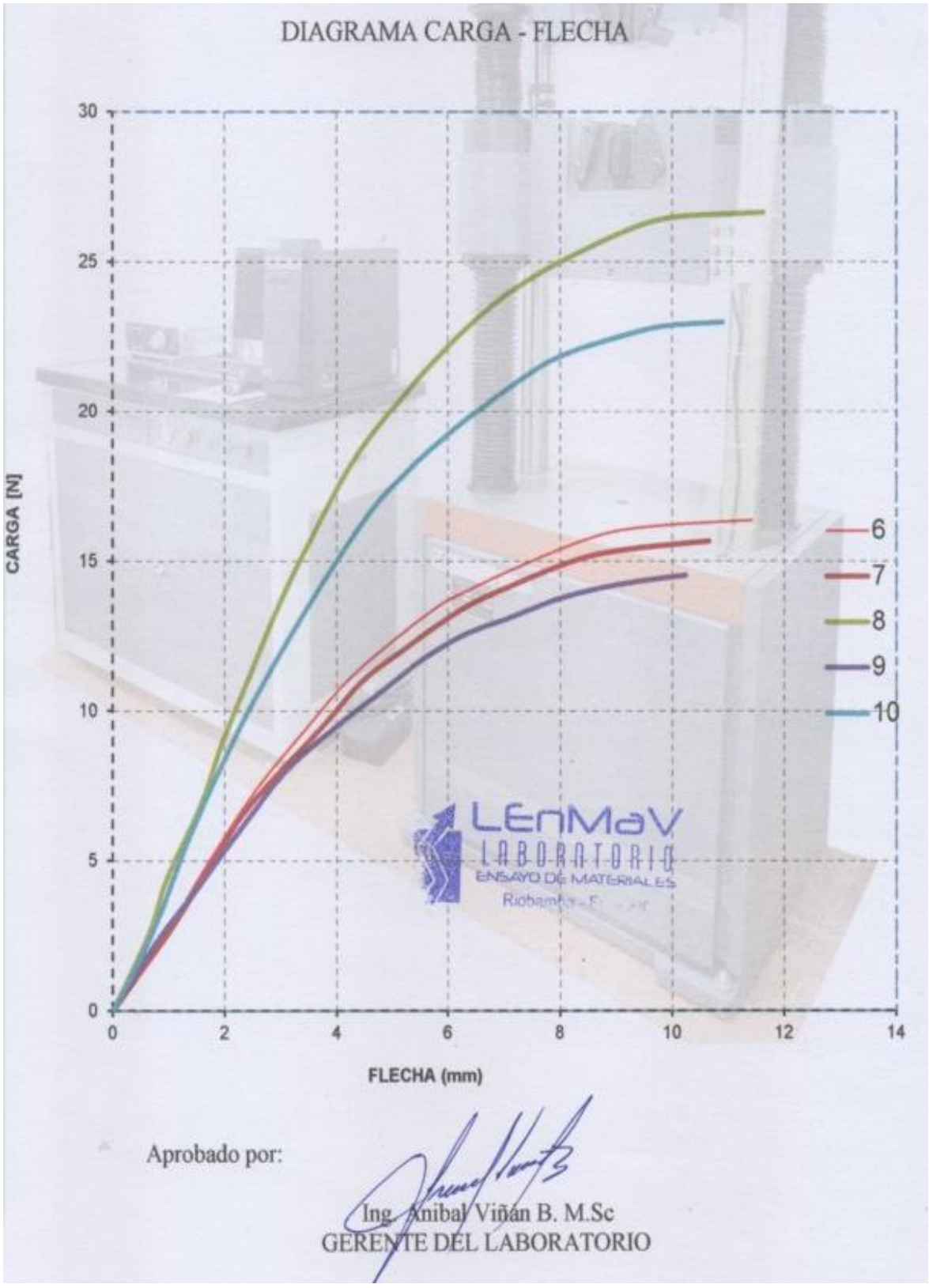
Prob.					Designación	Tipo de material	Fecha de ensayo
1	2	3	4	5	BPT-01	Bioplástico de trigo	20/6/2024



3.3.6 Ensayo de flexión en cuchillos bioplásticos de trigo con fibras de bambú

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO **FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA** **CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**					
Informes de resultados					
Ensayos de flexión	**Denominación: RG-20-01**				
					N2
Realizado por:	Machado Bladimir – Yancha Michael				
Proyecto de tesis:	ESTUDIO DE DUREZA EN MATERIALES BIODEGRADABLES PARA LA ELABORACIÓN DE CUCHILLOS				
Dirección:	UTA-FAC. ING. CIVIL Y MECÁNICA. CARERA DE MECÁNICA				
Tipo de material:	Bioplástico de trigo				
Material:	Cuchillo de bioplástico				
Fecha de fabricación:	2024-06				
Norma utilizada:	ASTM D7264/D7264M-21				
Fecha de ensayo:	20-junio-2024				
Equipo utilizado:	Maquina universal de ensayos-WAW600B				
Marca:	Jinan llangong testing technology co ltd				
Serie:	7136				
Certificado:	LNM-F-2016500064D				
Cod ident:	MI				
número de la muestra	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
Designación del material	BPT-06	BPT-07	BPT-08	BPT-09	BPT-10
Características del material	Cuchillo	Cuchillo	Cuchillo	Cuchillo	Cuchillo
Espesor [mm]	2,33	2,25	2,54	2,27	2,44
Anchura [mm]	12,86	12,99	13,28	12,78	13,32
Sección transversal [mm^2]	29,96	29,23	33,73	29,01	32,50
Mod. Aparente de elastic. [MPa]	6,591,E+02	6,217,E+02	9,519,E+02	5,769,E+02	7,866,E+02
Carga máxima [N]	16,37	15,68	26,64	14,54	22,99
Esfuerzo máximo [MPa]	18,29	18,59	24,25	17,21	22,61
Flecha máxima [mm]	11,42	10,65	11,62	10,23	10,90
Observaciones:	Longitud entre apoyos=52 mm				

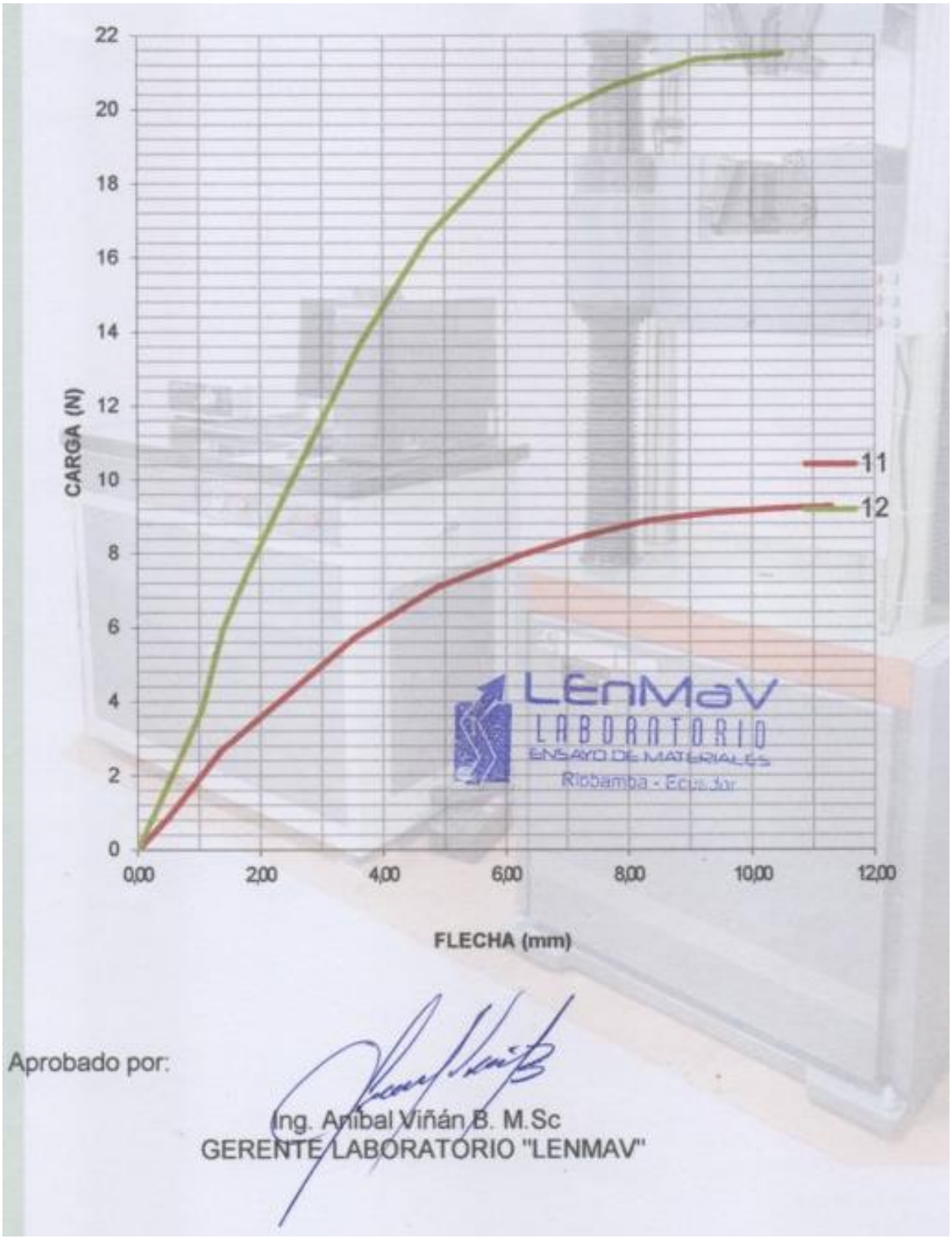
Prob.					Designación	Tipo de material	Fecha de ensayo
6	7	8	9	10	BPT-06	Bioplástico de trigo	20/6/2024



3.3.7 Ensayo de flexión en cuchillos bioplásticos de aguacate y plástico

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO **FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA** **CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**		
Informes de resultados		
Ensayos de flexión		**Denominación: RG-20-01**
		N3
Realizado por:	Machado Bladimir – Yancha Michael	
Proyecto de tesis:	ESTUDIO DE DUREZA EN MATERIALES BIODEGRADABLES PARA LA ELABORACIÓN DE CUCHILLOS	
Dirección:	UTA-FAC. ING. CIVIL Y MECÁNICA. CARERA DE MECÁNICA	
Tipo de material:	Bioplástico de trigo	
Material:	Cuchillo de bioplástico	
Fecha de fabricación:	2024-06	
Norma utilizada:	ASTM D7264/D7264M-21	
Fecha de ensayo:	20-junio-2024	
Equipo utilizado:	Maquina universal de ensayos-WAW600B	
Marca:	Jinan llangong testing technology co ltd	
Serie:	7136	
Certificado:	LNM-F-20161650006	
Cod ident:	MI	
Número de la muestra	**11**	**12**
Designación del material	BPA-01	PC-01
Características del material	Cuchillo	Cuchillo
Espesor [mm]	2,59	2,66
Anchura [mm]	12,34	10,2
Sección transversal [mm^2]	31,96	27,13
Mod. Aparente de elastic. [MPa]	1,72,E+03	3,48,E+03
Carga máxima [N]	9,26	21,51
Esfuerzo máximo [MPa]	15,10	40,23
Flecha máxima [mm]	11,29	10,49
Observaciones:	Longitud entre apoyos=52 mm	

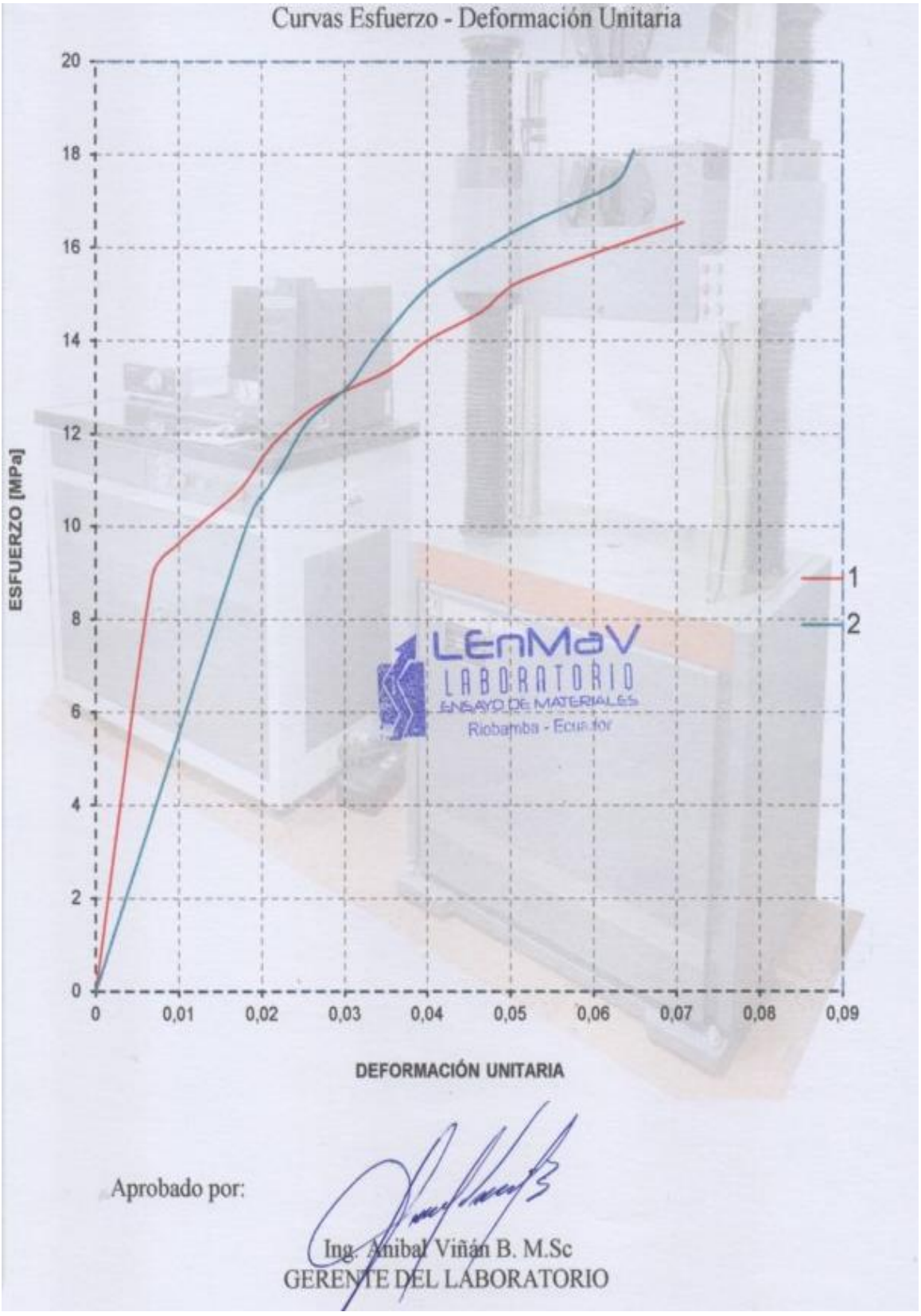
Prob.		Designación	Tipo de material	Fecha de ensayo
11	12	BPT-06	Bioplástico de aguacate – Plástico común	20/6/2024



3.3.8 Ensayo de tracción en cuchillos bioplásticos de trigo y plástico

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO **FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA** **CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**		
Informes de resultados		
Ensayos de tracción		**Denominación: RG 18-1**
		N1
Realizado por:	Machado Bladimir – Yancha Michael	
Proyecto de tesis:	ESTUDIO DE DUREZA EN MATERIALES BIODEGRADABLES PARA LA ELABORACIÓN DE CUCHILLOS	
Dirección:	UTA-FAC. ING. CIVIL Y MECÁNICA. CARERA DE MECÁNICA	
Tipo de material:	Bioplástico de trigo – Plástico común	
Material:	Cuchillo de bioplástico – Cuchillo de plástico	
Fecha de fabricación:	2024-06	
Norma utilizada:	ASTM D3039/D3039M-17	
Fecha de ensayo:	20-junio-2024	
Equipo utilizado:	Máquina universal de ensayos-WAW600B	
Marca:	Jinan llangong testing technology co ltd	
Serie:	7136	
Certificado:	LNM-F-2016500064D	
Cod ident:	M2	
Número de la muestra	**1**	**2**
Designación del material	BPT-01	PC-01
Características del material	Cuchillo	Cuchillo
Espesor [mm]	2,44	2,66
Anchura [mm]	12,88	10,2
Longitud inicial [mm]	50	50
Sección transversal [mm^2]	31,43	27,64
Módulo de elasticidad [MPa]	7,973,E+02	4,994,E+02
Carga de fluencia [N]	301,70	320,62
Esfuerzo de fluencia [MPa]	9,60	11,60
Carga máxima [N]	520,18	500,17
Esfuerzo máximo [MPa]	16,55	18,10
Porcentaje de elongación [%]	3,54	0,72
Observaciones:	BPT=bioplástico de trigo PC=plástico común	

Prob.		Designación	Tipo de material	Fecha de ensayo
1	2	BPT-06	Bioplástico de trigo – Plástico común	20/6/2024



3.3.9 Evaluación de corte del cuchillo

3.3.9.1 Encuesta para evaluar la calidad de corte que posee el cuchillo.

Se realizo una encuesta para analizar la eficiencia de corte que ofrece el cuchillo bioplástico de trigo, donde se utilizó un análisis cualitativo con diferentes alimentos.

Tabla 15. Preguntas para evaluar el corte del cuchillo

¿Consideras que el diseño del cuchillo de bioplástico facilito el corte de los alimentos?					
Si	**X**	No		No estoy seguro	
¿El diseño del cuchillo era ergonómico y ligero durante la manipulación?					
Si	**X**	No		No estoy seguro	
¿En qué tipo de alimentos se pudo utilizar el cuchillo bioplástico?					
Frutas	**X**	Carnes	**X**	Verduras	
¿La forma de la hoja del cuchillo con dientes influyo para una facilidad de corte?					
Si	**X**	No		No estoy seguro	
¿El cuchillo de plástico presento algún problema de resistencia al cortar los alimentos?					
Si		No	**X**	Un poco	

Observaciones:

Se realizo la prueba de corte, entre un cuchillo de plástico y cuchillo de bioplástico de trigo, donde el chuchillo de bioplástico se necesitó menos fuerza para realizar el corte mientras en el de plástico hubo dificultades en el uso.









Anexos de pruebas en diferentes alimentos






3.3.10 Análisis de variables que afectan en la obtención del producto final.

En la figura 48 se puede visualizar el diagrama donde se analiza las causas que pueden influir en un problema o resultado final, permitiendo así analizar de manera más efectiva las variables que afectan en la obtención del producto final.



Figura 49. Diagrama de pescado de factores implicados en la fabricación de cuchillo bioplástico de trigo.

3.4 Recursos financieros para la elaboración de cuchillos con material

3.4.1 Costos directos

En este punto los costos directos se encuentran relacionados con la elaboración de cuchillos con material biodegradable, tenemos como punto importante la adquisición del material bioplástico, gastos de fabricación, mano de obra especializada, costos de distribución y envió. Los costos nombrados pueden variar porque hay irregularidades en el mercado local.

Tabla 16. Costos de los materiales.

Material	**Cantidad**	**Costo unitario ($ USD)**	**Costo total ($ USD)**
Matriz			
Aleación de aluminio 7075 (127x 217x13) mm	2	37,5	75
Materia prima			
Bioplástico de	30	0,25	7,5

Material	Cantidad	Costo unitario ($ USD)	Costo total ($ USD)
trigo			
Fibras de bambú	100	0,13	13
Adicionales			
Huaipe	8	0,25	2
Alcohol	1	3,85	3,85
Aceite desmoldante	1	8,97	8,97
Resistencia térmica	1	28	28
Balanza digital	1	13	13
Total ($ USD)			151,32

3.4.2 Mecanizado

Los costos de mecanizado están basados en el tiempo que se demoró en realizar el proceso para la terminación final de las matrices, esto incluye el acabado final que tendría las matrices.

Tabla 17. Costos del mecanizado de las matrices.

Descripción	Días / horas	Costo diario / hora ($ USD)	Costo total ($ USD)
Servicio de mecanizado con fresado CNC	7 días	65	455
Total ($ USD)			455

3.4.3 Costos de transporte

En este punto es importante considerar los gastos asociados que implica el traslado de los materiales, materia prima y personas. En estos costos incluyen transporte vehicular y servicio de entrega que nos facilita la obtención del producto deseado.

Tabla 18. Costos de transporte y envíos.

Descripción	**Costo total ($ USD)**
Transporte de Ambato - Quito	12
Transporte de Ambato – Riobamba	8
Envió de materiales por Servientrega	5
Total ($ USD)	25

3.4.4 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 400$. Dicho valor se determina en función de las tarifas habituales de expertos en diseño

3.4.5 Costos de los ensayos

Los costos de ensayos son un punto muy importante para la fabricación de cuchillos biodegradables de trigo donde influyen diversos aspectos técnicos y materiales. Implican la realización de pruebas para poder evaluar la resistencia y durabilidad del material. Los costos incluyen los equipos especializados para llevar a cabo los ensayos, donde consta de personal técnico capacitado. La inversión de los ensayos es muy fundamental para garantizar que cumplan con los estándares de calidad y seguridad.

Tabla 19. Costo de ensayos de flexión y tracción.

Descripción	**N. º de Ensayos**	**Costo Unitario ($ USD)**	**Costo Total ($ USD)**
Ensayos de flexión	12	10	120
Ensayos de tracción	2	10	20
Total ($ USD)	140		

3.4.6 Costo total

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 cotos que puedan surgir.

Tabla 20. Costos totales.

Descripción	Costo ($ USD)
Costos directos	151,32
Mecanizado	455
Transporte y envío	25
Ensayos	140
Costo del diseño	400
Subtotal	1171,3
10% Adicionales	117,32
Total ($ USD)	**1288,64**

3.5 Validación de la hipótesis

En este apartado se utiliza el método del modelo T de Student para la verificación de la hipótesis para determinar si existe una diferencia significativa entre dos grupos de datos, donde podemos evaluar si el enunciado del proyecto de tesis se cumple o no.

Hipótesis

Los materiales biodegradables seleccionados se pueden optimizar para fabricar cuchillos que no solo sean ambientalmente sostenibles, sino que también puedan resistir fuerzas de flexión y ofrecer una dureza comparable a la de los cuchillos tradicionales, manteniendo al mismo tiempo un costo razonable.

Variables independientes:

Tipo de Material Biodegradable: Los diferentes materiales biodegradables que se investigarán para la fabricación de cuchillos.

Diseño de cuchillo: Las dimensiones y el diseño del cuchillo, determinados mediante software de modelado.

Proceso de Fabricación: Las técnicas y procesos utilizados para fabricar prototipos de cuchillos.

Variables dependientes:

Dureza del Material: La resistencia del material biodegradable a la deformación o penetración, medida a través de pruebas de dureza.

Hipótesis nula Ho

La utilización de materiales biodegradables no existe muchas diferencias significativas en las propiedades y características de los cuchillos fabricados, en términos de resistencia a fuerzas de flexión y dureza.

Hipótesis alternativa Ha

Los materiales biodegradables seleccionados ofrecen características y propiedades como la resistencia a la flexión y dureza significativamente diferentes a los chillos de plástico tradicional.

Modelo matemático

$$Ho = VI = VD; Ha = VI \neq VD$$

Determinación del nivel de significancia

Para la selección del nivel de confianza tomamos el valor de 80%, lo que corresponde a un 20% en el nivel de significancia, obteniendo un valor de 0,20 para la probabilidad (P).

$$v = n_1 + n_2 - 2$$

Donde:

$v \rightarrow$ número de grados de libertad

$n_1 \rightarrow$ número de muestras del ensayo de dureza con refuerzo de fibras de bambú

$n_1 \rightarrow$ número de muestras del ensayo de dureza sin refuerzo de fibras de bambú

$$v = 5 + 5 - 2$$

$$v = 8$$

Tabla 21. Distribución de T Student [59].

	0.50	0.20	0.10	0.05	0.02	0.01	0.005	0.002	0.001
1	1.000	3.078	6.314	12.706	31.821	63.657	127.321	318.309	636.619
2	0.816	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925	14.089	22.327	31.599
3	0.765	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841	7.453	10.215	12.924
4	0.741	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604	5.598	7.173	8.610
5	0.727	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032	4.773	5.893	6.869
6	0.718	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707	4.317	5.208	5.959
7	0.711	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499	4.029	4.785	5.408
8	0.706	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355	3.833	4.501	5.041
9	0.703	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250	3.690	4.297	4.781
10	0.700	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169	3.581	4.144	4.587
11	0.697	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106	3.497	4.025	4.437
12	0.695	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055	3.428	3.930	4.318
13	0.694	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012	3.372	3.852	4.221
14	0.692	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977	3.326	3.787	4.140
15	0.691	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947	3.286	3.733	4.073
16	0.690	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921	3.252	3.686	4.015
17	0.689	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898	3.222	3.646	3.965
18	0.688	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878	3.197	3.610	3.922
19	0.688	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861	3.174	3.579	3.883
20	0.687	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845	3.153	3.552	3.850

Una vez determinado los grados de libertad igual a 8 y 0,2 para la probabilidad, de la figura obtenemos el valor de t tabulado igual a 1.397.

Cálculo de la distribución T de Student del sistema de dureza con refuerzo de fibras de bambú y sin fibras de bambú.

Tabla 22. Valores para la distribución t calculada.

N°	**Con fibras de bambú**	**Sin fibras de bambú**
1	72	68,3
2	72,5	67,1
3	81	75,6
4	79	75,2
5	78,5	75,6
Media	76,7	72,44

Para calcular el T de Student, necesitamos calcular la desviación y el error estándar para cada conjunto de datos con el valor de la media.

$$\boldsymbol{t = \frac{\overline{X} - \overline{Y}}{s_p\sqrt{\frac{2}{n}}}}$$

$x \rightarrow$ valor del conjunto de los datos obtenidos del ensayo de dureza sin fibras de bambú.

$y \rightarrow$ valor del conjunto de los datos obtenidos del ensayo de dureza con fibras de bambú.

$S_p \rightarrow$ desviación estándar combinada

$\overline{X}\ y\ \overline{Y} \rightarrow$ media de los dos conjuntos

Para el conjunto de datos con fibras de bambú:

Media ($\overline{X}$):76,7

Desviación estándar (s_2): 4,284

Número de muestras (n): 5

Para el conjunto de datos sin fibras de bambú:

Media ($\overline{Y}$):72,44

Desviación estándar (s_1): 4,083

Número de muestras (n): 5

Desviación estándar combinada S_p:

$$S_p = \sqrt{\frac{(n_1 - 1){S_1}^2 + (n_2 - 1){S_2}^2}{n_1 + n_2 - 2}}$$

$$S_p = \sqrt{\frac{(5-1)(4{,}284)^2 + (5-1)(4{,}083)^2}{5 + 5 - 2}}$$

$$S_p = \sqrt{17{,}495}$$

$$S_p = 4{,}182$$

Calculamos el valor de T:

$$t = \frac{76{,}7 - 72{,}44}{4{,}182\sqrt{\frac{1}{5} + \frac{1}{5}}}$$

$$\boldsymbol{t = 1.61}$$

Entonces el valor de T de Student es 1,61, con 8 grados de libertad

Se establece una comparación de los resultados obtenidos de la siguiente manera:

$$\mathbf{t_{calculado} = 1,61 > t_{tabulado} = 1,397}$$

Una vez establecido la comparación y obtenido los resultados, se respalda la hipótesis alternativa en lugar de la hipótesis nula, podemos apreciar el valor calculado de t supera el valor critico proporcionado en la tabla 22. Pudimos confirmar que existe evidencia estadística para firmar la diferencia significativa que posee la hipótesis alternativa que señale que:

Los materiales biodegradables seleccionados ofrecen características y propiedades como la resistencia a la flexión y dureza mayor a los chillos de plástico tradicional.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Tras analizar los resultados de los 8 materiales propuestos, se identificaron 3 materiales con propiedades cercanas a las de los plásticos, concretamente los bioplásticos derivados del maíz, la arveja y el trigo. Estos materiales fueron seleccionados teniendo en cuenta el estudio de su dureza, módulo de elasticidad, porcentaje de elongación y disponibilidad en el mercado.

- Mediante el uso de software especializado de diseño, se pudo analizar y comparar diversos modelos de cuchillos basados en diseños existentes para determinar las dimensiones óptimas que garantizan resistencia estructural sin comprometer el peso del cuchillo. Este enfoque permitió definir el cuchillo numero 3 como la mejor opción debido a que tiene un diseño eficiente y funcional.

- Mediante una comparación entre los resultados de los ensayos de dureza y tracción del bioplástico de trigo utilizado y plástico de polipropileno se obtuvo para el ensayo de dureza un valor de dureza máxima promedio de 79,6 HD para el cuchillo bioplástico de trigo y 74,7 HD del cuchillo plástico de polipropileno. Mientras que el módulo de elasticidad fue de 7,973E+02 MPa para el cuchillo bioplástico de trigo y 4,994E+02 MPa para el cuchillo plástico. Finalmente, el porcentaje de elongación es de 3,54% y 072% respectivamente. De esa forma se pudo determinar que el cuchillo bioplástico de trigo tiene mejores propiedades a comparación de un cuchillo de plástico de venta en el mercado.

4.2 Recomendaciones

- Realizar el análisis y utilización de un material ya existente en el mercado debido a que este ya cuenta con especificaciones técnicas dadas por el fabricante y podemos predecir su comportamiento mediante simulaciones.

- Controlar los tiempos y temperaturas en el proceso de termoformado de acuerdo al tipo de material utilizado en la fabricación del molde. Y con el que se va a trabajar para la elaboración del producto final.

- Realizar la repotenciación de la máquina de termoformado existente en los laboratorios de la facultad de mecánica con la finalidad de mejorar su funcionamiento y obtener productos de mejor calidad.

- Realizar los ensayos a los materiales con máquinas que se encuentren bien calibradas para obtener datos precisos y poder evaluar las propiedades al ser comparadas con los resultados de otros materiales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] S. Aguiar, M. E. Estrella, y H. U. Cabadiana, "Residuos agroindustriales: su impacto, manejo y aprovechamiento", AXIOMA, n.º 27, Art. n.º 27, dic. 2022, doi: 10.26621/ra.v1i27.803.

[2] D. A. S. George y A. S. H. George, "Biodegradable Ecofriendly Sustainable Tableware and Packaging: A Comprehensive Review of Materials, Manufacturing, and Applications", Partn. Univers. Int. Res. J. PUIRJ ISSN 2583-5602, vol. 02, n.º 02, pp. 202-228, jun. 2023, doi: 10.5281/zenodo.8051038.

[3] C. J. Yagos Arias, "Síntesis de un polímero compostable a partir de almidón, como una alternativa para preparar plásticos de primer uso", masterThesis, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial. Maestría en Química, 2022. [En línea]. Disponible en: https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/34277

[4] S. Nanda, B. R. Patra, R. Patel, J. Bakos, y A. K. Dalai, "Innovations in applications and prospects of bioplastics and biopolymers: a review", Environ. Chem. Lett., vol. 20, n.º 1, pp. 379-395, 2022, doi: 10.1007/s10311-021-01334-4.

[5] R. A. Paredes Vega, "Propuesta de elaboración de bioplástico en base a almidón de yuca para vasos descartables", Univ. Cont., 2020. [En línea]. Disponible en: https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/12438

[6] M. J. V. Ulloa y M. G. P. Burneo, "Alternativas de desarrollo sostenible: polímeros a partir de desechos orgánicos", Anal. Claves Pensam. Contemp., vol. 34, p. 4: pp. 1-16, sep. 2022.

[7] Maria Jose Valarezo Ulloa, "Desarrollo de biolímeros a partir de almidon de corteza de yuca (Manihot esculenta)", pdfcoffee.com. [En línea]. Disponible en: https://pdfcoffee.com/maria-jose-valarezo-ulloa-3-pdf-free.html

[8] J. C. Rincon Montenegro, "Material compuesto biodegradable para aplicaciones ortopédicas: algunas consideraciones sobre caracterización microestructural, electroquímica y propiedades mecánicas.", Innov. Dev. Eng. Appl. Sci., vol. 5, n.º 1, p. 9, jul. 2023, doi: 10.53358/ideas.v5i1.870.

[9] X. Castro Ramírez, Y. Chiroque Huertas, V. Delgado Fernández, A. Valderrama García, y B. Zapata Torres, "Diseño de planta de producción de utensilios biodegradables a base de bambú en la región Piura", ene. 2022. [En línea]. Disponible en: https://hdl.handle.net/11042/5376

[10] "Iniciativas para frenar la contaminación del mar con residuos plásticos en Ecuador", El

Universo. [En línea]. Disponible en: https://www.eluniverso.com/noticias/2019/02/12/nota/7186112/iniciativas-disminuir-contaminacion-mares-rios-ecuador

[11] K. F. Ulloa Loor, "Creación de una empresa dedicada a la producción de envases biodegradables para la comercialización de yogurt en la ciudad de Ambato", bachelorThesis, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencias Administrativas. Carrera de Marketing y Gestión de Negocios., 2020. [En línea]. Disponible en: https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/31012

[12] D. Dordevic, L. Necasova, B. Antonic, S. Jancikova, y B. Tremlová, "Plastic Cutlery Alternative: Case Study with Biodegradable Spoons", Foods, vol. 10, n.º 7, Art. n.º 7, jul. 2021, doi: 10.3390/foods10071612.

[13] B. Thagunna, G. Shrestha, R. Karki, K. Baral, y J. Kaur, "Development and quality evaluation of biodegradable edible cutlery: a replacement for a conventional one", Asian J. Pharm. Clin. Res., pp. 49-52, feb. 2023, doi: 10.22159/ajpcr.2023.v16i2.46382.

[14] "La Nueva Economía de Plásticos: Repensando el futuro de los plásticos". [En línea]. Disponible en: https://gestoresderesiduos.org/noticias/la-nueva-economia-de-plasticos-repensando-el-futuro-de-los-plasticos

[15] E. O. Sabater, "Diseño de instrumentos ligeros, resistentes, duraderos y reciclables de base polimérica para cortar, preparar e ingerir alimentos en aplicaciones y usos comerciales.", Trabajo de fin de grado, Universitat politècnica de València, Valencia, España, 2019. [En línea]. Disponible en: 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

[16] "hosteleria10-guia-seleccion-cuchillos.pdf". [En línea]. Disponible en: https://hosteleria10.com/recursos/pdfs/hosteleria10-guia-seleccion-cuchillos.pdf

[17] R. and M. ltd, "Biodegradable Cutlery Market Report by Product (Spoon, Fork, Knife, and Others), Raw Material (Wood, Husk, Paper, Plastic, and Others), Type (PLA, CPLA, Starch Blends), Application (Hotel, Catering, and Others), Distribution Channel (Online, Offline), and Region 2024-2032". [En línea]. Disponible en: https://www.researchandmarkets.com/reports/5947095/biodegradable-cutlery-market-report-product

[18] K. Schimmel, J. Lou, A. Harinath, y L. Uitenham, "Biodegradable Polymer

Characterization Laboratory Unit", ASEE Annu. Conf. Proc., ene. 2004.

[19] F. D. Del Castillo Rodríguez, Conformado de materiales plásticos. Cuautitlán Izcalli, 2012. [En línea]. Disponible en: http://olimpia.cuautitlan2.unam.mx/pagina_ingenieria/mecanica/mat/mat_mec/m6/conformado%20de%20plasticos.pdf

[20] G. Carillo Gonzáles, La ecologia industrial en México. 2013. [En línea]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/350889615_La_ecologia_industrial_en_Mexico

[21] J. A. López Yánez y J. R. Tasigchana Chango, "Obtención de un material biodegradable y elaboración de un vaso a partir de almidón de maíz", bachelorThesis, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera de Ingeniería Mecánica, 2022. Accedido: 8 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en: https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/35517

[22] J. C. Posada y E. Montes-Florez, "Materiales poliméricos biodegradables y su aplicación en diferentes sectores industriales", Inf. Téc., vol. 86, n.º 1, Art. n.º 1, 2022, doi: 10.23850/22565035.3417.

[23] A. Vazquez, M. Velasco Perez, R. Valdemar, y M. Beltrán Villavicencio, Bioplásticos y plásticos degradables. 2016. doi: 10.13140/RG.2.1.1294.4241.

[24] G. V. Cornejo Reyes, E. A. Marinero-Orantes, C. R. Funes-Guadrón, y P. J. Toruño, "Biopolímeros para uso agro industrial: Alternativa sostenible para la elaboración de una película de almidón termo plástico biodegradable", Rev Iberoam Bioecon Cambio Clim, vol. 6, n.º 11, pp. 1359-1382, jul. 2020, doi: 10.5377/ribcc.v6i11.9824.

[25] P. A. Guamanquispe Salas y A. F. Pardo Domínguez, "Diseño y construcción de una máquina para producir platos con material biodegradable para el Laboratorio de Materiales de la FICM-UTA", bachelorThesis, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera de Ingeniería Mecánica, 2023. [En línea]. Disponible en: https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/38082

[26] J. S. Ruiz Huaman, "Introducción de variedades mejoradas de arveja (Pisum sativum L.) en condiciones del distrito de Huando – Huancavelica", Univ. Nac. Cent. Perú, 2019. [En línea]. Disponible en: http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/5333

[27] "Tamaño del mercado de envases biodegradables y análisis de acciones - Informe de investigación de la industria - Tendencias de crecimiento". [En línea]. Disponible en: https://www.mordorintelligence.com/es/industry-reports/gobal-biodegradable-packaging-solutions-market-industry

[28] M. C. Morocho Pilataxi, "Obtención de bioplastico a partir del trigo (Triticum) y cebada

(Hordeum vulgare) para uso como envolturas biodegradables de alimentos", sep. 2021. [En línea]. Disponible en: http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/16840

[29] M. B. V. Vivanco, "Desarrollo de un bioplástico a partir de harina de maíz negro (Zea mays L.)."

[30] P. N. Meza Ramos, "Elaboración de bioplásticos a partir de almidón residual obtenido de peladoras de papa y determinación de su biodegradabilidad a nivel de laboratorio", 2016. [En línea]. Disponible en: http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/2016

[31] R. Avilés, "Polímeros biodegradables a partir del almidón de yuca".

[32] V. M. Escribano Cajo, "Desarrollo y caracterización de un Bioplastico a partir de cáscara de maracuyá (Passiflora edulis)", Repos. Inst. - USS, 2020. [En línea]. Disponible en: http://repositorio.uss.edu.pe//handle/20.500.12802/7450

[33] B. L. Ojeda Benavides, "Elaboración de bioplástico a base del exoesqueleto de camarón (quitina) como alternativa del plástico termo formable", bachelorThesis, 2023. [En línea]. Disponible en: http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/24457

[34] P. M. Robalino Silva, "Elaboración de un bioplástico a partir de almidón de arveja amarilla (Vicia lútea) para uso en embalaje de alimentos", jun. 2022. [En línea]. Disponible en: http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/17764

[35] M. P. Lucena, A. Suarez, y I. Zamudio, "Desarrollo de un material compuesto a base de fibras de bambú para aplicaciones aeronáuticas".

[36] "Polimeros". [En línea]. Disponible en: https://www.inet.edu.ar/wp-content/uploads/2012/11/09_Polimeros.pdf

[37] "UNE-EN 1672-2:2020 (Ratificada) Maquinaria para procesado de a...". [En línea]. Disponible en: https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0065067

[38] "UNE-EN 13432:2001 Envases y embalajes. Requisitos de los envas...". [En línea]. Disponible en: https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0024465

[39] "NEN-EN 1672-2:2020 en". [En línea]. Disponible en: https://www.nen.nl/nen-en-1672-2-2020-en-278623

[40] A. F. Fonseca Muncha, "Diseño y construcción de un molde de inyección para el soporte unión entre el casco y la carcasa de la orejera para la empresa Halley Corporación", bachelorThesis, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica. Carrera de Ingeniería Mecánica, 2018. [En línea]. Disponible en: https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/28173

[41] T. A. Osswald y J. P. Hernández-Ortiz, Polymer processing: modeling and simulation. Munich ; Cincinnati: Hanser Publishers, 2006.

[42] F. Piñeiro Valdés, "Desarrollo de una línea de productos de cubertería desechable mediante el empleo de blends de materiales poliméricos biodegradbles", Proyecto/Trabajo fin de carrera/grado, Universitat Politècnica de València, 2016. [En línea]. Disponible en: https://riunet.upv.es/handle/10251/59696

[43] A. J. Flores Narváez y D. J. Martínez Guashpa, "Diseño, simulación y construcción de una matriz para inyección de cubiertos de polipropileno", bachelorThesis, Quito, 2015., 2015. [En línea]. Disponible en: http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/10288

[44] E. D. Valles Peralta, "Diseño y construcción de una máquina de moldeo por termocompresión automatizada para recubrir discos-pesas de hierro fundido", bachelorThesis, 2020. [En línea]. Disponible en: https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/10098

[45] Platiglas de Mexico S.A. de C.V., "Manual Técnico Termoformado". 2015. [En línea]. Disponible en: https://tecnologia3bunlp.files.wordpress.com/2015/03/manual-determoformado.pdf

[46] J. L. Bejarano Arévalo, "Termoformado del compuesto polietileno de alta densidad con refuerzo lignocelulosico", 2004, [En línea]. Disponible en: http://hdl.handle.net/1992/21091

[47] Plastico, "Guía completa del termoformado: funcionamiento, materiales y aplicaciones". [En línea]. Disponible en: https://www.plastico.com/es/noticias/guia-completa-del-termoformado-funcionamiento-materiales-y-aplicaciones

[48] "Lumieres - Repositorio institucional Universidad de América: Diseño de una máquina de termoformado multifuncional didáctica para el laboratorio de procesos en la Fundación Universidad de América". [En línea]. Disponible en: https://repository.uamerica.edu.co/handle/20.500.11839/8611

[49] C. J. Santamaría Zambrano, "Análisis de parámetros de mecanizado en el proceso de electroerosión por penetración en microfundición de aluminio con electrodos de cobre y grafito y su relación con la rugosidad superficial resultante", bachelorThesis, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica. Carrera de Ingeniería Mecánica, 2017. [En línea]. Disponible en: https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/24777

[50] H. S. Pizá Cedano, S. Rolando Franco, C. C. Ramirez Urbina, S. Villanueva Benites, y A. P. Zapata Carrasco, "Análisis experimental de la elaboración de bioplástico a partir de

la cáscara de plátano para el diseño de una línea de producción alterna para las chifleras de Piura, Perú", feb. 2018, Accedido: 12 de marzo de 2024. [En línea]. Disponible en: https://hdl.handle.net/11042/3224

[51] J. Villeta Molineaux, Desarrollo de proyectos usando CAD. Instituto Tecnológico de Santo Domingo, 2006. [En línea]. Disponible en: http://repositoriobiblioteca.intec.edu.do/handle/123456789/204

[52] Y. V. T. Fernandez, "Fundamentos de manufactura moderna 3edi Groover". [En línea]. Disponible en: https://www.academia.edu/33002366/Fundamentos_de_manufactura_moderna_3edi_Groover

[53] B. M. Guamán Cando, "Diseño y construcción de un molde para la elaboración de platos desechables a partir de material biodegradable de bagazo de caña de azúcar", bachelorThesis, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera de Ingeniería Mecánica, 2024. [En línea]. Disponible en: https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/40974

[54] Abarca Guerrero Sharon Samantha y Marchán Vallejo Diego Roberto, "Estudio de la soldabilidad y resistencia mecánica de los aluminios estructurales AA6063 y AA6061 tratados termicamente por proceso de envejecimiento y soldados mediante proceso de soldadura GMAW", Escuela Politécnica Nacional, 2016. [En línea]. Disponible en: https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/16670/1/CD-7273.pdf

[55] Morales Alfredo, Muñoz Robert, Patarroyo Alfonso, Rojas Fernando, y Aragon Diana, "Caracterización del Aluminio 5083 H116 soldado con el Proceso Gmaw Pulsado", ago. 2012, [En línea]. Disponible en: https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6684865.pdf

[56] "Análisis de Ciclo de vida y Huella de Carbono. Dos maneras de medir el impacto ambiental de un producto", https://www.ihobe.eus. [En línea]. Disponible en: https://www.ihobe.eus/publicaciones/analisis-ciclo-vida-y-huella-carbono-dos-maneras-medir-impacto-ambiental-un-producto-2

ANEXOS

1. Maquinado de la matriz

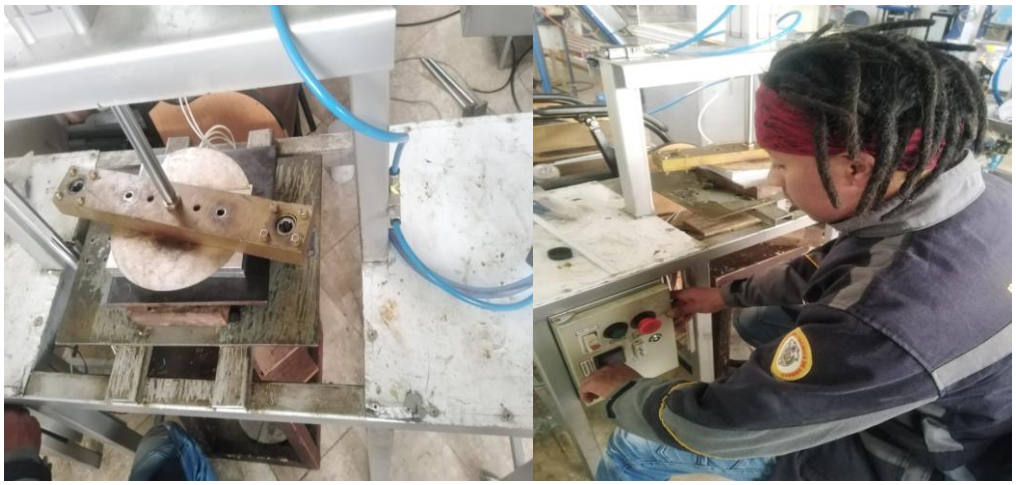


2. Realización del cuchillo con material bioplástico de maíz





3. Pruebas realizadas de termoformado







4. Panel principal de instrumentos



5. Secado del material



6. Durómetro Shore D



7. Cuchillos obtenidos para la medición de dureza



8. Medición de dureza de los cuchillos con el durómetro shore D



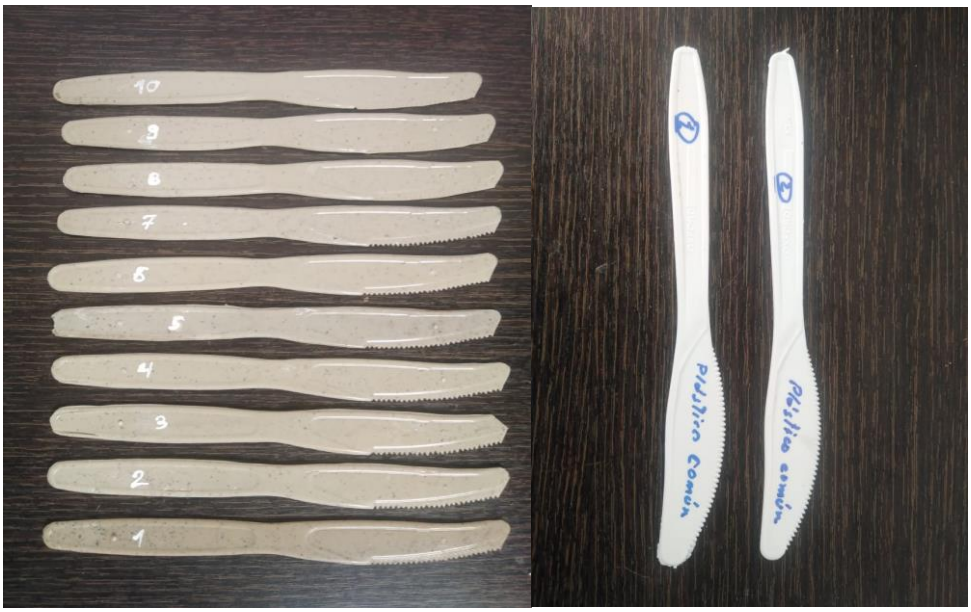


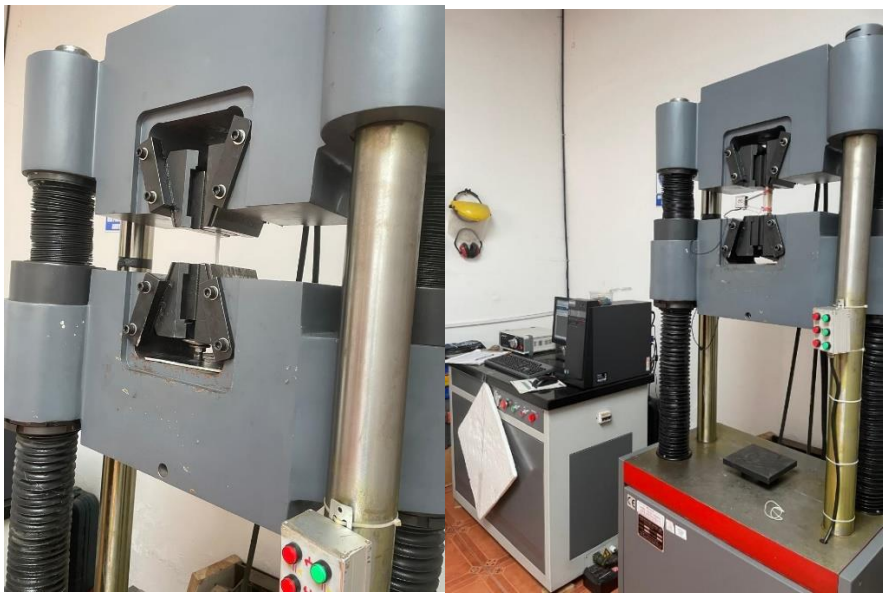


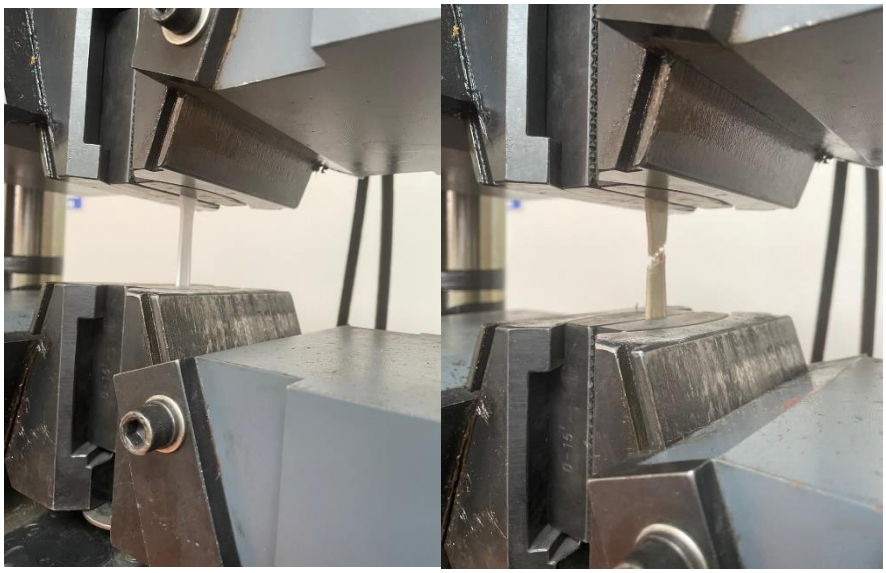


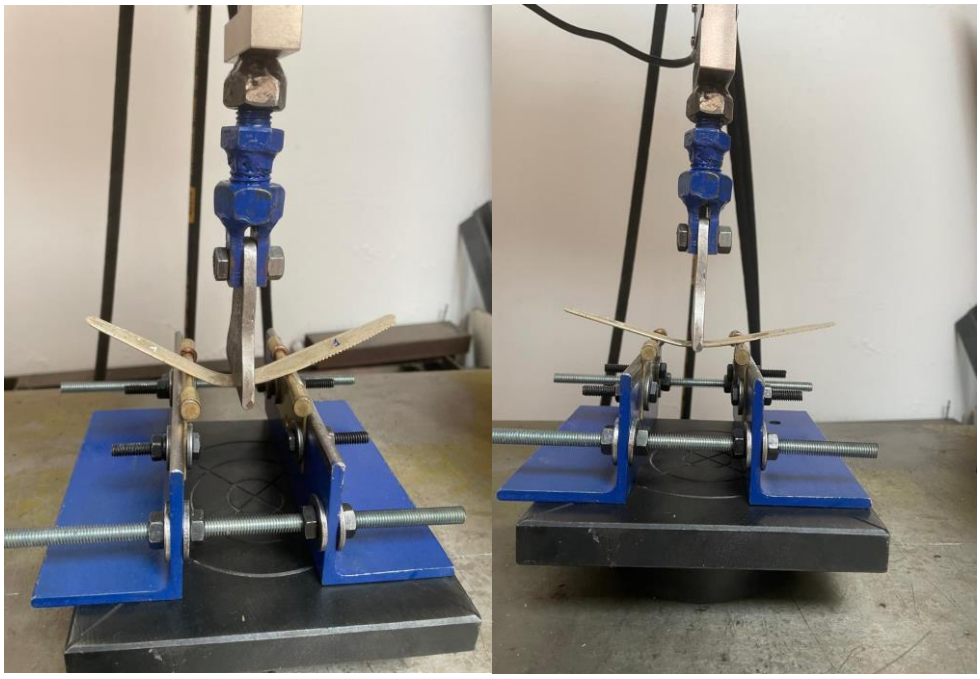
9. Realización de los ensayos de flexión y tracción para determinar la fuerza que puede soportar los materiales.




10
9
8
7
6
5
4
3
2
1







10. Resultados de los ensayos

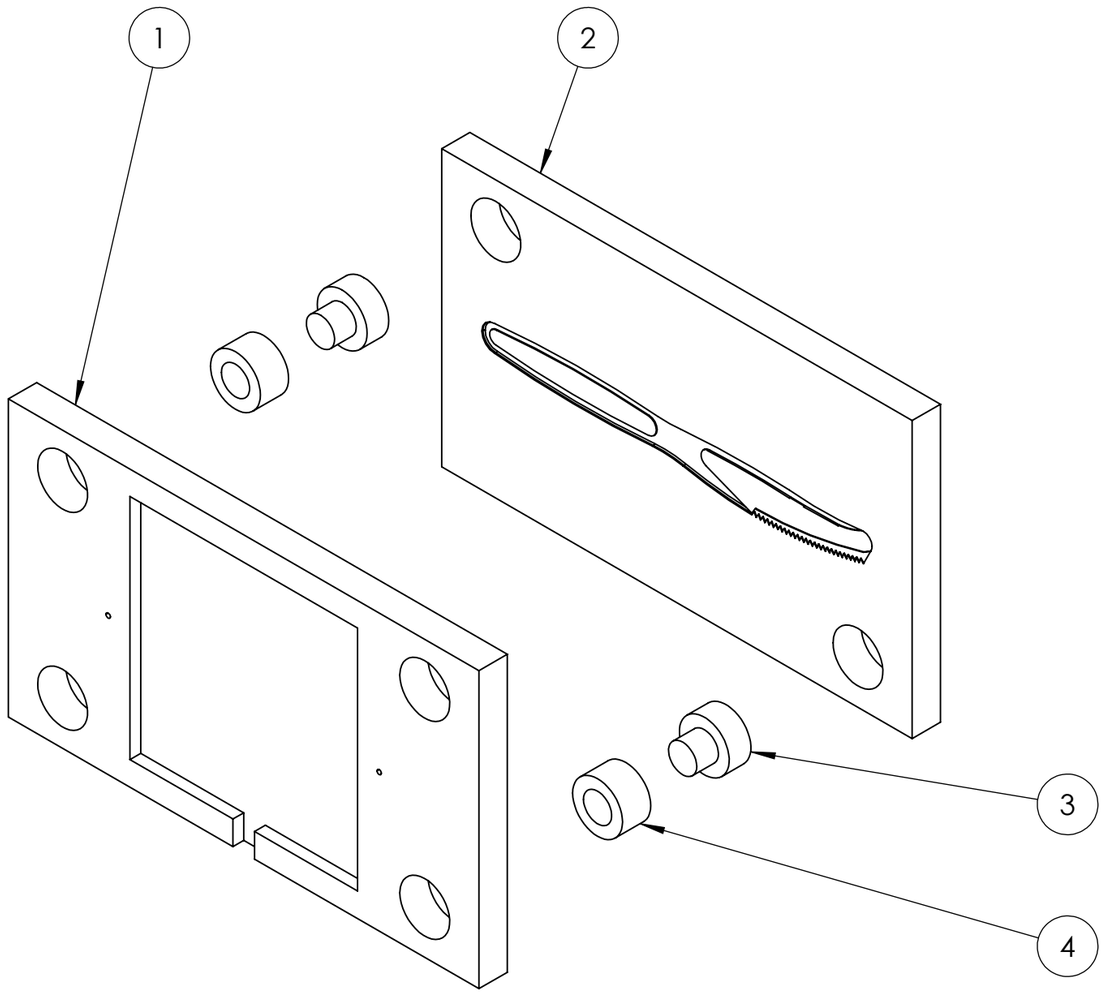


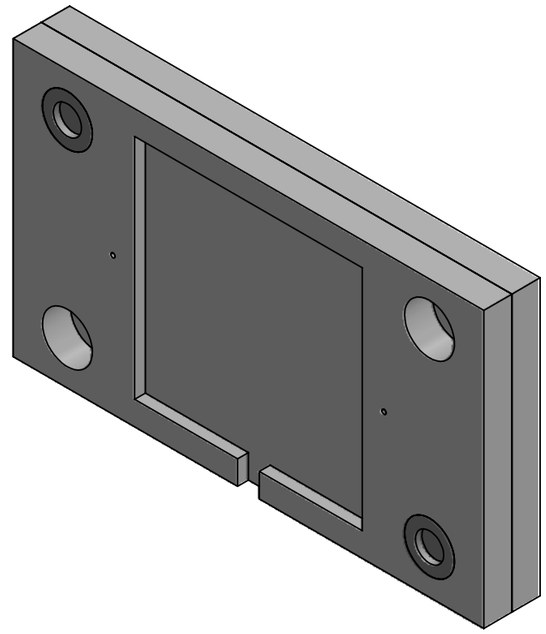


11. Análisis del bioplástico de trigo



12. Planos





Nº. Piez.	Denominación	Nº. de Dibujo	Material	Nº. orden	Nº. del Modelo/Semiproducto	Peso kg/piez.	Observaciones
2	Casquillo	05 de 05	Acero	4	-	0.03	Adquirido
2	Columna guia	04 de 05	Acero	3	-	0.04	Adquirido
1	Matriz inferior	03 de 05	Aluminio 7075	2	-	0.78	Fresado
1	Matriz superior	02 de 05	Aluminio 7075	1	-	0.78	Fresado

Edic.	Modifi.	Fecha	Nom.	Tolerancia	Peso	Material
				± 1	1.75 kg	Aluminio 7075

	Fecha	Nombre
Dib.	10/04/24	Machado B.
Rev.	25/06/24	Ing. Lopez J.
Apro.	25/06/24	Ing. Lopez J.

UTA

Organización

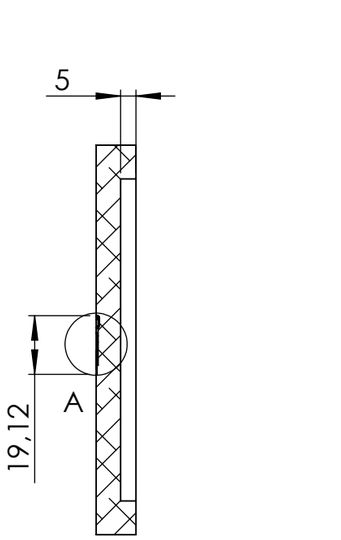
Denominación: Matriz Ensamblada

Escala: 1:2

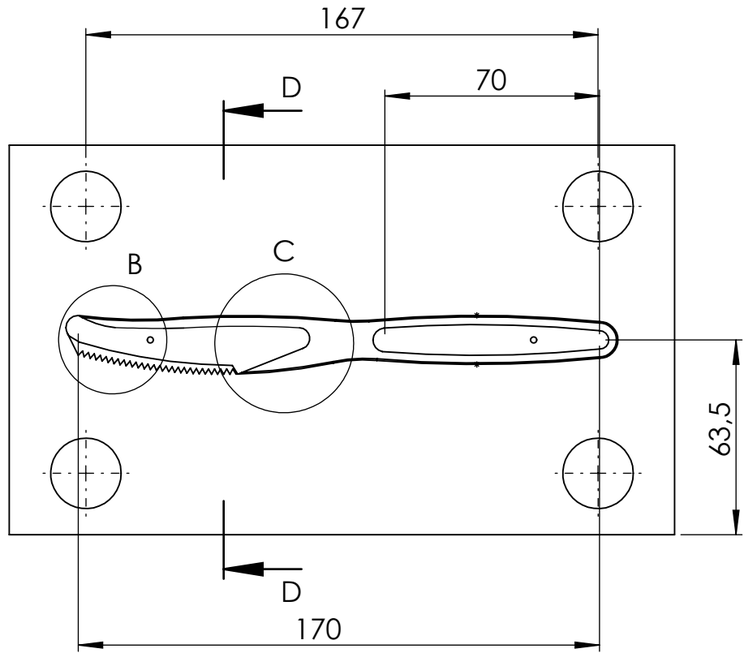
Número de dibujo: 01 de 05

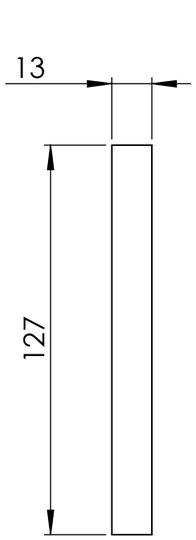
Registro

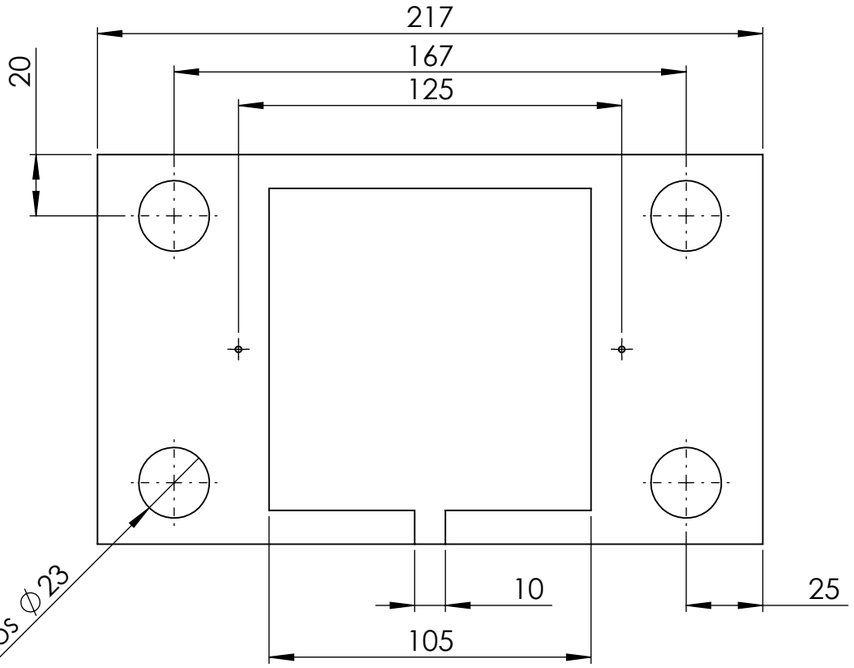
Sustitución

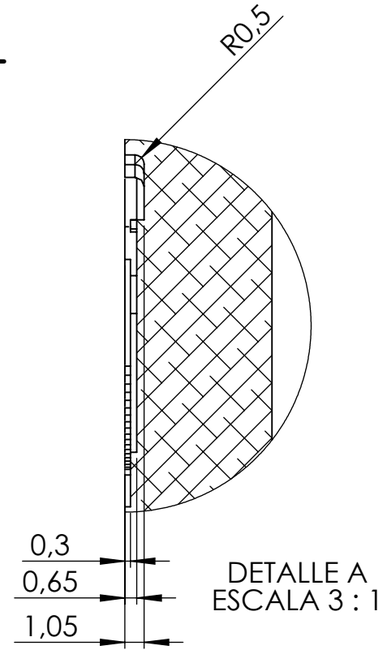


SECCIÓN D-D
ESCALA 1 : 2

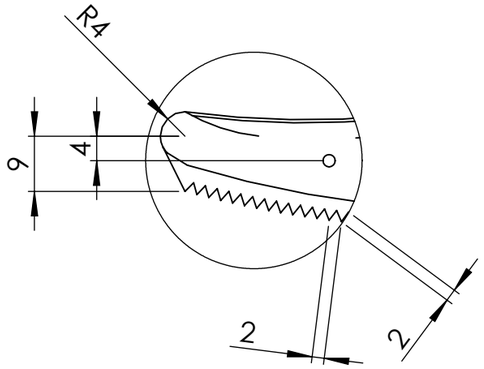




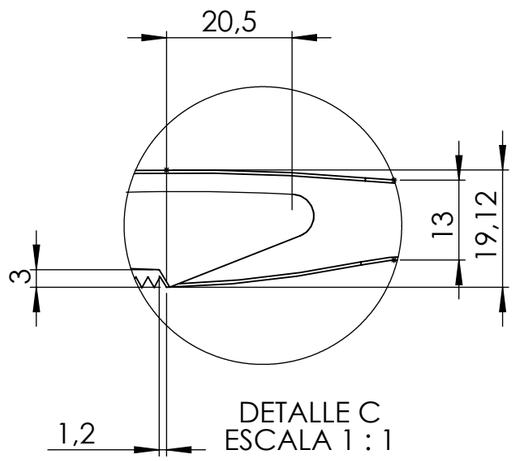




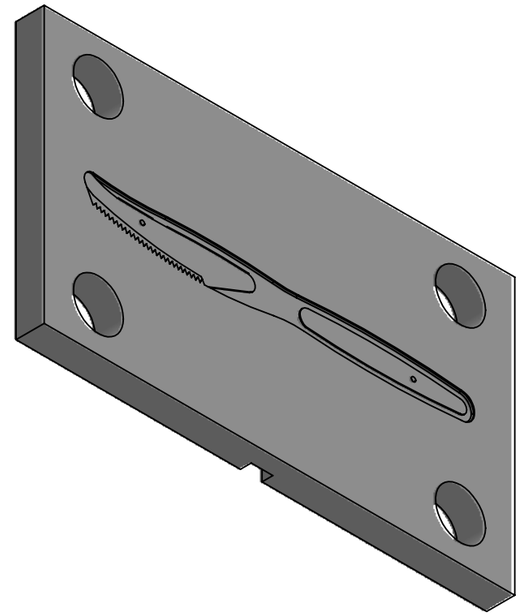
DETALLE A
ESCALA 3 : 1



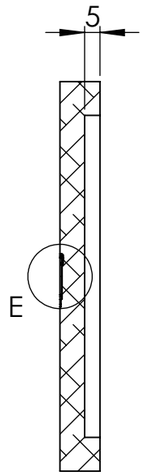
DETALLE B
ESCALA 1 : 1



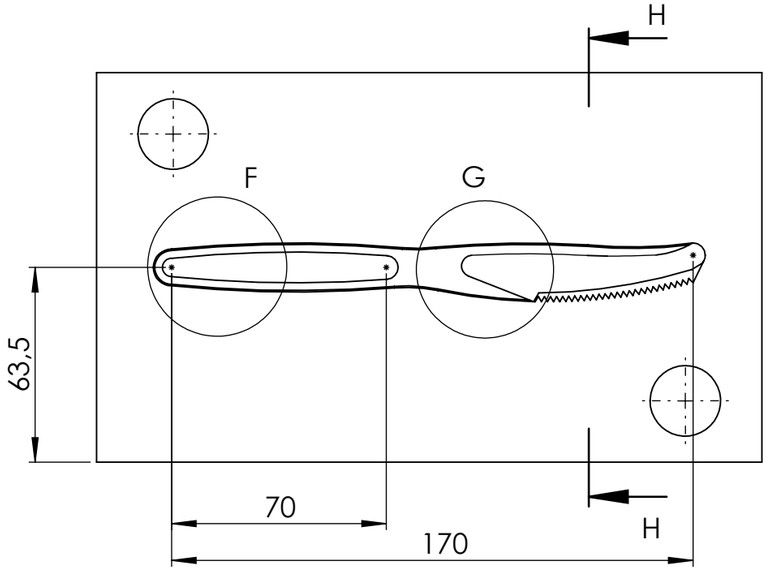
DETALLE C
ESCALA 1 : 1

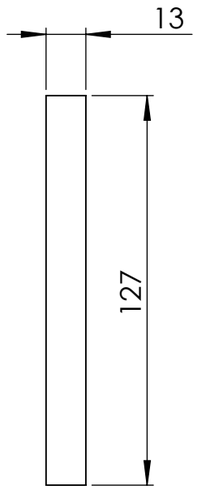


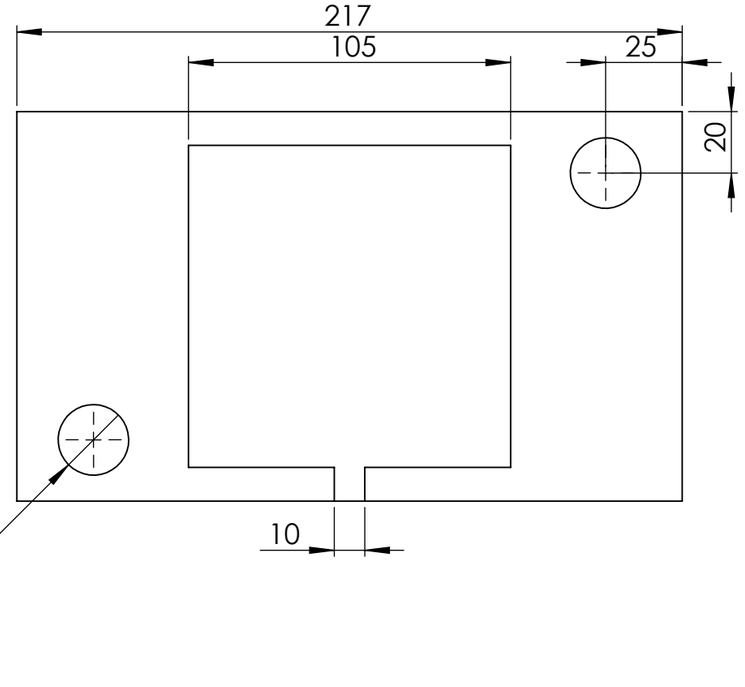
				Tolerancia	Peso	Material	
				± 1	0.78 kg	Aluminio 7075	
					Fecha	Nombre	Denominación / Escala
				Dib.	10/04/24	Machado B.	Matriz Superior / 1:2
				Rev.	25/06/24	Ing. Lopez J.	
				Apro.	25/06/24	Ing. Lopez J.	
				UTA			Número de dibujo: 02 de 05 / Registro
Edic.	Modifi.	Fecha	Nom.	Organización			Sustitución

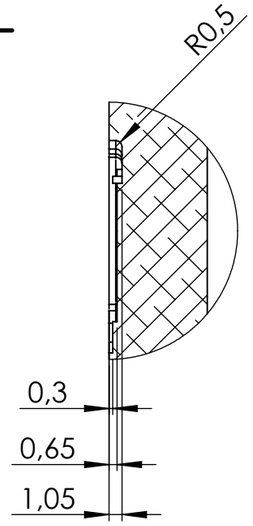


SECCIÓN H-H
ESCALA 1 : 2

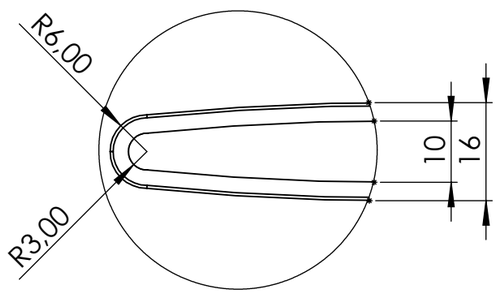




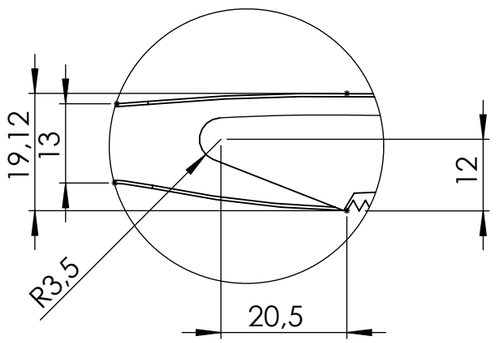




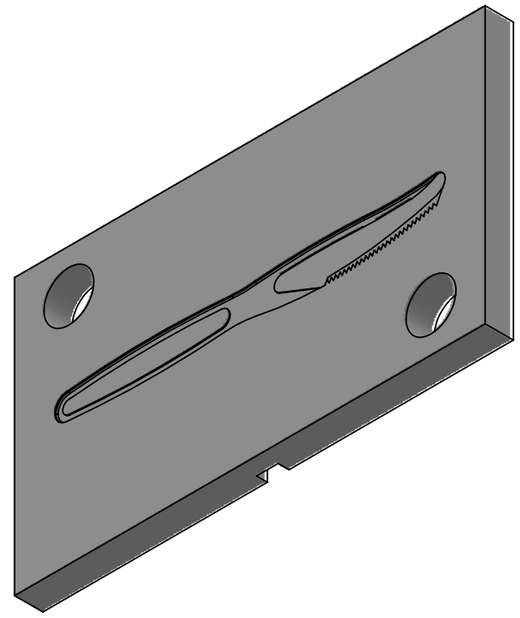
DETALLE E
ESCALA 2 : 1



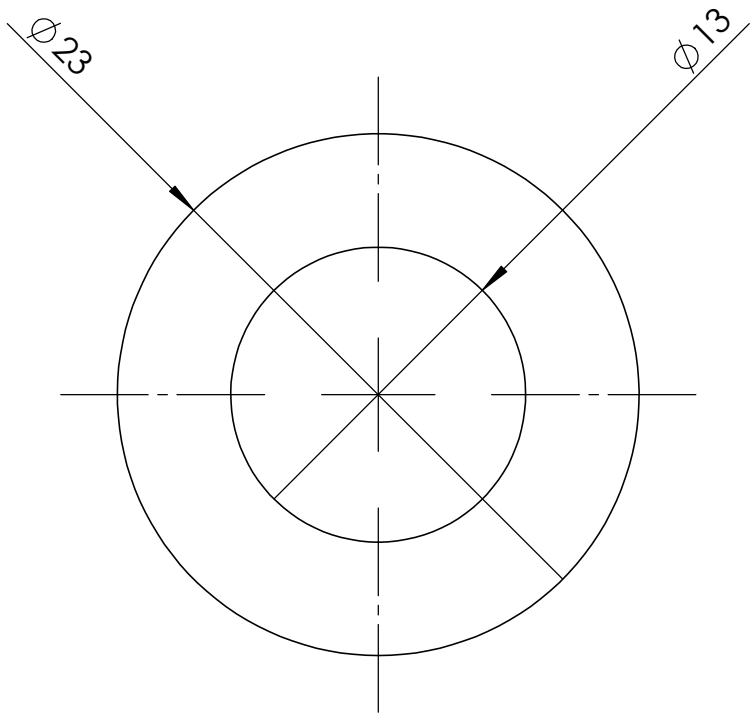
DETALLE F
ESCALA 1 : 1

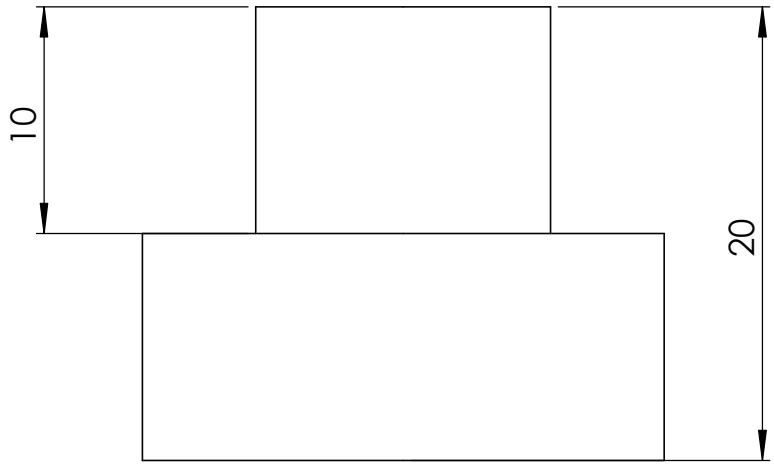


DETALLE G
ESCALA 1 : 1



				Tolerancia	Peso	Material	
				± 1	0.78 kg	Aluminio 7075	
					Fecha	Nombre	Denominación / Escala
				Dib.	10/04/24	Machado B.	Matriz Inferior / 1:2
				Rev.	25/06/24	Ing. Lopez J.	
				Apro.	25/06/24	Ing. Lopez J.	
				UTA			Número de dibujo: 03 de 05 / Registro
Edic.	Modifi.	Fecha	Nom.	Organización			Sustitución





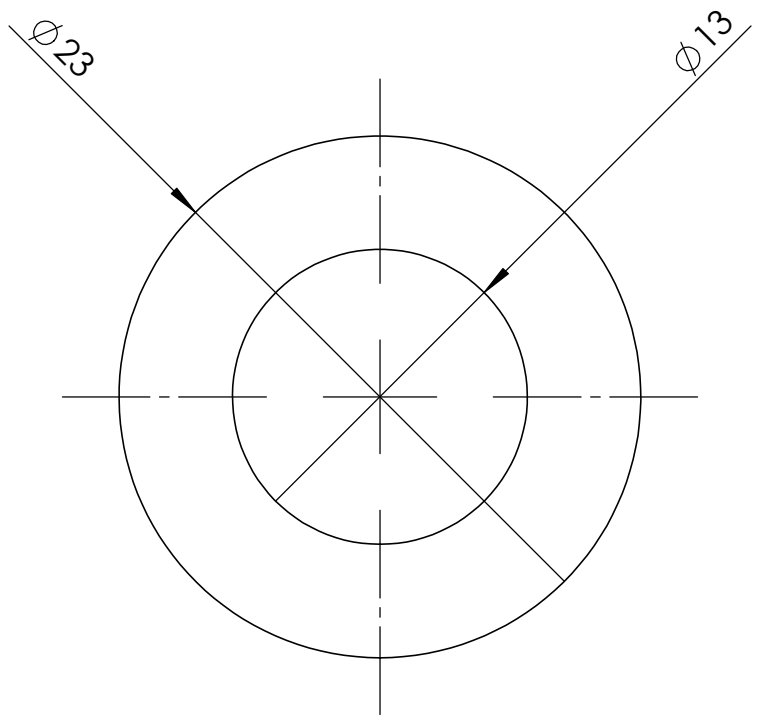
				Tolerancia	(Peso)	Materiales:
				± 1	0.04 kg	Acero
					Fecha	Nombre
				Dibujó:	10/04/24	Yancha M.
				Revisó:	25/06/24	Ing. Lopez J.
				Aprobó:	05/06/24	Ing. Lopez J
				UTA		
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			

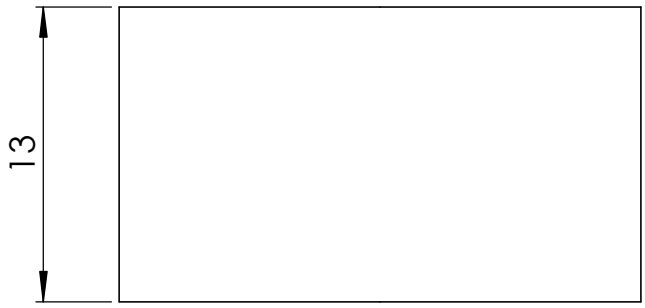
Denominación: Columna guia

Escala: 3:1

Número del dibujo: 04 de 05

(Sustitución)





				Tolerancia ± 1		(Peso) 0.03 kg	Materiales: Acero
					Fecha	Nombre	Denominación: Matriz del cuchillo
				Dibujó:	10/04/24	Yancha M.	Escala: 3:1
				Revisó:	25/06/24	Ing. Lopez J.	
				Aprobó:	05/06/24	Ing. Lopez J	
				UTA			Número del dibujo: 05 de 05
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				(Sustitución)