

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Design, Innovation & Arts School



Diseño de una línea de accesorios para productos tecnológicos elaborados con material biodegradable a base del culmo de maíz, como alternativa sostenible a los plásticos convencionales y aprovechamiento de la merma agrícola guatemalteca.

Trabajo de graduación presentado por Jeraldean Ivanna Fuentes García para optar por el grado académico de Licenciada en Diseño de Producto e Innovación

Guatemala

2025



UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Design, Innovation & Arts School



Diseño de una línea de accesorios para productos tecnológicos elaborados con material biodegradable a base del culmo de maíz, como alternativa sostenible a los plásticos convencionales y aprovechamiento de la merma agrícola guatemalteca.

Trabajo de graduación presentado por Jeraldean Ivanna Fuentes García para optar por el grado académico de Licenciada en Diseño de Producto e Innovación

Guatemala

2025

**Vo.Bo. Asesor**



MA. María Priscila Juárez Barrios

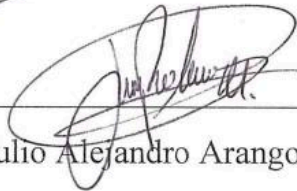
**Tribunal examinador**



MA. María Priscila Juárez Barrios



MA. María Cecilia De León García



Lic. Julio Alejandro Arango Mérida

Fecha de aprobación del examen de graduación:

Guatemala, 8 de diciembre de 2025

## **PREFACIO**

Más que un trabajo académico, este trabajo simboliza un proceso de aprendizaje, dedicación y crecimiento. Nada de esto habría sido posible sin el apoyo constante, la comprensión y la inspiración de quienes me acompañaron en cada paso de este camino.

En primer lugar, quiero agradecerle profundamente a Jenny García y Dean Fuentes, por dejar sus sueños y aspiraciones para convertirse en mis padres. Hoy sé que su mayor sueño era verme cumplir el mío. Gracias, porque todo lo que soy y todo lo que logré, lleva su huella.

También a mis hermanas, Shagty Fuentes y Danna Fuentes, por ser una luz en mi vida; a Shagty, porque siempre me demuestra que hay algo nuevo que aprender, y a Danna, espero ser una fuente de inspiración para demostrarle que todo lo que se proponga, con esfuerzo, lo logrará.

A mis abuelos, Doris Delgado, Sandra de Fuentes y Reynaldo Fuentes, por su motivación constante y apoyo incondicional durante este proceso. De igual forma, a mis tías, Virginia y demás primas, primos, a mi ahijado y a mi sobrino, por siempre esperarme con los brazos abiertos después de cada semestre. Muchas gracias.

A mi abuelito Abel García, que desde el cielo me cuida.

A Josué, por siempre creer en mí.

Un agradecimiento especial a mi asesora, Priscila Juárez, quien, con su sabiduría, generosidad y dedicación, me brindó la orientación necesaria para el desarrollo de este trabajo. Gracias por ser una gran guía a lo largo de este proceso y por contribuir significativamente a mi crecimiento académico y profesional.

Finalmente, a mis amigos: Marco, Dani, Katy, Melsy y Alan, gracias, porque en una ciudad que no es la mía, ustedes se volvieron mi familia.

# ÍNDICE

<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>IV</b>
<b>LISTA DE CUADROS.....</b>	<b>VI</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>VII</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>II. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....</b>	<b>2</b>
<b>III. JUSTIFICACIÓN.....</b>	<b>3</b>
<b>IV. OBJETIVOS.....</b>	<b>4</b>
A. GENERAL.....	4
B. ESPECÍFICOS.....	4
<b>V. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>5</b>
<b>A. Sostenibilidad.....</b>	<b>5</b>
<b>B. Economía circular.....</b>	<b>5</b>
1. Diseño circular.....	5
2. Modelos de negocio para una economía circular.....	5
<b>C. Accesorios para productos tecnológicos.....</b>	<b>6</b>
1. Impacto ambiental de la industria de los accesorios para productos tecnológicos.....	6
<b>D. Accesorios sostenibles.....</b>	<b>6</b>
<b>E. Biomateriales en la industria.....</b>	<b>6</b>
1. Biodegradación.....	6
2. Biobase.....	7
3. Bioplásticos.....	7
<b>F. Materia prima para el desarrollo de biomateriales.....</b>	<b>7</b>
<b>G. De desechos orgánicos a bioplásticos.....</b>	<b>7</b>
1. Residuos de maíz.....	7
2. Culmo de maíz.....	7
<b>H. Aglutinantes naturales para la fabricación de biomateriales.....</b>	<b>8</b>
1. Agar agar.....	8
2. Alginato.....	8
3. Gelatina.....	8
4. Carragenina.....	8
<b>I. Plastificantes naturales.....</b>	<b>9</b>
1. Glicerol.....	9
2. Sorbitol.....	9
3. Ácido cítrico.....	9
<b>J. Contexto de productos sostenibles en Guatemala.....</b>	<b>9</b>

<b>VI. METODOLOGÍA.....</b>	<b>11</b>
A. FASE 1: Investigar y exploración de materiales.....	11
B. FASE 2: Definición del concepto y diseño de productos.....	11
C. FASE 3: Prototipado y validación experimental.....	11
D. FASE 4: Iteración y propuesta final.....	12
<b>VII. FASE 1: INVESTIGACIÓN Y EXPLORACIÓN DE MATERIAL.....</b>	<b>13</b>
A. Benchmarking biomateriales en el mundo.....	14
B. Investigación experimental del material:.....	18
<b>VIII. FASE 2: DEFINICIÓN DE CONCEPTO Y DISEÑO DE PRODUCTOS.....</b>	<b>24</b>
A. Productos tecnológicos.....	25
B. Concepto.....	26
1. Concepto 1: El Cahabonero.....	26
2. Concepto 2: Mal de ojo.....	27
3. Concepto 3: Los Balam.....	28
<b>IX. FASE 3: PROTOTIPADO Y VALIDACIÓN EXPERIMENTAL.....</b>	<b>32</b>
A. Validación de diseño.....	32
B. Fabricación de accesorios.....	34
<b>X. FASE 4: ITERACIÓN Y PROPUESTA FINAL.....</b>	<b>38</b>
A. Validación con usuario potenciales.....	41
B. Propuesta de branding y packaging para la línea raíces.....	47
1. Patrón El Cahabonero.....	47
2. Patrón Mal de Ojo.....	48
3. Patrón Los Balam.....	49
C. Estimación de costos y viabilidad económica.....	53
D. Documentación técnica del producto.....	56
<b>XI. CONCLUSIONES.....</b>	<b>59</b>
<b>XII. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>60</b>
<b>XIII. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>61</b>
<b>XIV. ANEXOS.....</b>	<b>64</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Fase 1: Benchmarking.....	14
Figura 2. Fase 1: Benchmarking.....	15
Figura 3. Fase 1: Benchmarking.....	16
Figura 4. Fase 1: Benchmarking.....	17
Figura 5. Fase 1: Benchmarking.....	17
Figura 6. Fase 1: Investigación no. A1.....	20
Figura 7. Fase 1: Investigación no. B1.....	21
Figura 8. Fase 1: Investigación no. B2.....	23
Figura 9. Fase 2: Usuario.....	24
Figura 10. Fase 2: Moodboard El Cahabonero.....	27
Figura 11. Fase 2: Moodboard Mal de Ojo.....	28
Figura 12. Fase 2: Moodboard Los Balam.....	29
Figura 13. Fase 2: Bocetos El Cahabonero.....	30
Figura 14. Fase 2: Bocetos Mal de Ojo.....	30
Figura 16. Fase 3: Validación, concepto y nombre que lleva la línea de productos.....	32
Figura 17. Fase 3: Validación, valores en el diseño.....	33
Figura 18. Fase 3: Validación, atractivo visual del diseño.....	33
Figura 19. Fase 3: Validación, funcionalidad percibida.....	34
Figura 20. Fase 3: Render familia Mal de Ojo.....	35
Figura 21. Fase 4: Muestrario de colores.....	36
Figura 22. Fase 3: Patronaje cuerpo de funda ipad.....	37
Figura 23. Fase 3: Patronaje solapa de funda ipad.....	37
Figura 24. Fase 3: Patronaje final funda de AirPods.....	38
Figura 25. Fase 3: Patronaje final strap.....	38
Figura 26. Fase 4: Fotografías finales.....	40
Figura 27. Fase 4: Fotografías finales.....	40
Figura 28. Fase 4: Fotografías finales.....	41
Figura 29. Fase 4: Fotografías finales.....	41
Figura 30. Fase 4: Validación.....	42
Figura 31. Fase 4: Validación.....	42
Figura 32. Fase 4: Validación.....	43
Figura 33. Fase 4: Validación.....	43
Figura 34. Fase 4: Validación.....	44
Figura 35. Fase 4: Validación.....	44
Figura 36. Fase 4: Branding y packaging.....	49
Figura 37. Fase 4: Branding y packaging.....	49

Figura 38. Fase 4: Branding y packaging.....	50
Figura 39. Fase 4: Logo de marca.....	51
Figura 40. Fase 4: Troquel funda de iPad.....	52
Figura 41. Fase 4: Troquel funda de AirPods.....	52
Figura 42. Fase 4: Troquel Strap.....	53
Figura 43. Fase 4: Troquel con diseño.....	53
Figura 44. Fase 4: Troquel con diseño.....	53
Figura 45. Recolección de culmo.....	65
Figura 46. Corte de culmo.....	65
Figura 47. Culmo de maíz.....	66
Figura 48. Culmo de maíz seco.....	66
Figura 49. Culmo de maíz triturado.....	67
Figura 50. Pruebas de biomaterial.....	67
Figura 51. Validación.....	68
Figura 52. Validación.....	68
Figura 53. Validación.....	69
Figura 54. Moodboard inspiracional de concepto raíces.....	69

## LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Fase 1: Ingredientes.....	22
Cuadro 2. Fase 4: ¿Qué es lo que más te gusta de raíces?.....	45
Cuadro 3. Fase 4: ¿Qué te transmiten los colores?.....	45
Cuadro 4. Fase 4: Aspectos a cambiar.....	46
Cuadro 5. Fase 4: ¿Qué producto te resultó más atractivo?.....	46
Cuadro 6. Fase 4: Aceptación en el mercado guatemalteco.....	47
Cuadro 7. Fase 4: Precio de producto.....	47
Cuadro 8. Fase 4: Costos de funda iPad.....	55
Cuadro 9. Fase 4: Costos de funda AirPods.....	55
Cuadro 10. Fase 4: Costos de producto.....	56
Cuadro 11. Fase 4: Costos de producto.....	56
Cuadro 12. Fase 4: Ficha técnica del biomaterial.....	57
Cuadro 13. Fase 4: Ficha técnica del producto: Funda para iPad.....	58
Cuadro 14. Fase 4: Ficha técnica del producto: Funda para AirPods.....	58
Cuadro 15. Fase 4: Ficha técnica del producto: Strap.....	59

## **RESUMEN**

El presente trabajo de graduación se enfoca en el diseño y desarrollo de una línea de accesorios tecnológicos sostenibles en Guatemala, elaborados a partir de un biomaterial formulado con culmo de maíz. Este material surge como una alternativa ecológica a los plásticos convencionales, aprovechando los residuos agrícolas locales y promoviendo el uso responsable de los recursos naturales a través del diseño de productos.

A partir de la experimentación con el biomaterial, se desarrollaron propuestas funcionales y estéticamente atractivas que reflejan la identidad guatemalteca y responden a las necesidades del mercado emergente de productos sostenibles. El proceso metodológico se estructuró en cuatro etapas: investigación y exploración de materiales, definición del concepto y diseño de producto, prototipado y validación, e iteración con propuesta final.

Durante el desarrollo se aplicaron principios de sostenibilidad, economía circular y diseño centrado en el usuario, integrando herramientas como el design thinking para orientar las decisiones creativas y técnicas.

Los resultados evidencian el potencial del culmo de maíz como biomaterial funcional para la industria de accesorios, demostrando la viabilidad de su aplicación en una línea de productos que combina innovación, estética y compromiso ambiental.

# I. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de graduación consistió en el diseño y fabricación de una línea de accesorios para productos tecnológicos elaborados con un material biodegradable a base del culmo de maíz, como una alternativa sostenible a los plásticos convencionales. Este proyecto buscó aprovechar los residuos agrícolas guatemaltecos y transformarlos en materiales con valor agregado, que contribuyan a reducir el impacto ambiental y fortalezcan la identidad cultural a través del diseño de producto.

Para alcanzar este objetivo, el proceso de desarrollo se estructuró en cuatro fases, en la primera fase, se realizó una investigación teórica y experimental enfocada en la sostenibilidad, la economía circular y los biomateriales, además de la exploración de la materia prima a base del culmo de maíz. A través de pruebas iniciales se identificaron sus propiedades, posibilidades de uso y comportamiento como alternativa a los plásticos convencionales.

En la segunda fase, se definió el concepto de la línea de productos y se desarrollaron las propuestas de diseño, priorizando la funcionalidad, estética y coherencia con los principios del diseño sostenible. Se generaron bocetos, modelos tridimensionales y estudios de tendencia.

La tercera fase comprendió el proceso de prototipado y validación experimental, en el que se elaboraron los modelos físicos mediante el uso del biomaterial desarrollado, así como su documentación técnica. Durante esta fase se realizaron pruebas formales y de resistencia para evaluar la viabilidad del material en aplicaciones funcionales.

Finalmente, en la cuarta fase, se llevó a cabo la estructuración de respuestas y posibles cambios que surgieran según la validación experimental. Esta fase culmina con la estimación de costos y la proyección del potencial de producción artesanal o semi-industrial en Guatemala, con el fin de promover una alternativa viable y responsable dentro del mercado de accesorios sostenibles.

## II. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El uso intensivo de plásticos convencionales, especialmente en productos tecnológicos de corta vida útil, representa uno de los principales desafíos ambientales a nivel global (UNEP, 2021). El auge de tendencias en accesorios tecnológicos, impulsado por el bajo costo y la alta rotación en tiendas de consumo masivo, ha contribuido a un aumento significativo en la generación de residuos plásticos (OECD, 2022). Estos materiales, derivados de fuentes fósiles, pueden tardar entre 100 y 500 años en degradarse, generando efectos negativos en el suelo, los recursos hídricos y la atmósfera (National Geographic, 2019).

A pesar del desarrollo de bioplásticos como alternativa, su adopción en el mercado guatemalteco sigue siendo limitada, especialmente en sectores como el tecnológico (SEGEPLAN, 2020). Esta situación responde a la falta de soluciones locales que combinan materiales sostenibles con propuestas de diseño funcionales y económicamente viables (UNCTAD, 2021).

En el ámbito agrícola, Guatemala enfrenta un problema estructural relacionado con la gestión de residuos. El culmo de maíz es un subproducto abundante en los cultivos, se suele desechar, quemar o esperar a que se seque para crear abono, pero gran parte se pierde lo cual no solo representa un desaprovechamiento de recursos, sino también fuente de contaminación.

La industria del diseño en Guatemala se enfrenta a un doble desafío, por un lado debe responder a la creciente demanda por productos más responsables con el medio ambiente; y por el otro, integrar materiales sostenibles desarrollados localmente en propuestas tanto innovadoras como funcionales. La falta de investigación aplicada y desarrollo de productos que utilicen biomateriales limita el avance hacia una economía circular en el país.

Por tanto, se identifica como problema central la ausencia de propuestas de diseño que aprovechen el culmo de maíz como materia prima sostenible para la creación de accesorios tecnológicos, limitando así el desarrollo de una industria guatemalteca más responsable, autónoma y alineada con la sostenibilidad.

### III. JUSTIFICACIÓN

El desarrollo sostenible se ha convertido en algo fundamental para la innovación dentro de la industria del diseño de productos. Actualmente, los accesorios tecnológicos como fundas, soportes y organizadores se producen mayoritariamente con plásticos derivados del petróleo. Estos materiales ofrecen durabilidad y bajo costo, pero también presentan serios desafíos ambientales: su degradación puede tardar hasta cientos de años, y su reciclaje es complejo debido a la combinación de polímeros, pigmentos, aditivos y formas poco estandarizadas. Muchas fundas no pueden reciclarse fácilmente y terminan desechadas como residuos sólidos, contribuyendo a la creciente contaminación por plásticos a nivel global (OECD, 2022).

En este contexto, la economía circular surge como una estrategia que busca transformar el modelo lineal de “usar y desechar” en uno regenerativo, en donde los recursos se mantengan en uso el mayor tiempo posible, se recuperen al final de su vida útil y se reintegren a nuevos ciclos productivos. Aplicar este proceso en el diseño implica repensar los materiales, los procesos de fabricación y el ciclo de vida de los productos. Por lo tanto, el diseño sostenible no solo se centra en la funcionalidad o la estética, sino también en el impacto ambiental, social y económico del objeto diseñado.

Por su parte, Guatemala produce grandes cantidades de residuos agrícolas anualmente. Según estimaciones del Instituto Nacional de Estadística (INE), el país genera más de 1.5 millones de toneladas de residuos de maíz por año, incluyendo tallos, hojas y culmo. Este subproducto es rico en almidón y celulosa, y representa una oportunidad valiosa para la elaboración de bioplásticos u otros biomateriales que puedan ser transformados en funcionales.

Aprovechar esta merma como materia prima no solo contribuye a la reducción del uso de plásticos, sino que también puede dinamizar las economías rurales al generar valor a partir de un residuo agrícola.

## **IV. OBJETIVOS**

### **A. GENERAL**

Diseñar una línea de accesorios para productos tecnológicos que utilice material biodegradable a base del culmo de maíz, como una alternativa creativa y sostenible frente al uso excesivo de plásticos convencionales.

### **B. ESPECÍFICOS**

1. Investigar el potencial del culmo de maíz como material biodegradable para su aplicación en el diseño de productos tecnológicos funcionales y estéticos.
2. Desarrollar una propuesta de diseño de accesorios tecnológicos que resuelva una necesidad práctica y transmita un mensaje de responsabilidad ambiental.
3. Validar los productos desarrollados mediante prototipos funcionales, evaluando su desempeño en términos de resistencia, usabilidad y percepción del usuario final.

## V. MARCO TEÓRICO

### A. Sostenibilidad

La sostenibilidad es un principio clave en el diseño de productos que buscan mitigar los impactos ambientales y sociales. Según Naciones Unidas (2016) implica un equilibrio entre las necesidades actuales y las de futuras generaciones. En diseño industrial, esto se traduce en prácticas que reducen el consumo de recursos y disminuyen los residuos, lo cual es vital en la transición hacia materiales biodegradables y soluciones sustentables para la industria tecnológica (*Bocken et al., 2016*).

### B. Economía circular

La economía circular propone un modelo restaurativo y regenerativo desde el diseño, enfocado en el uso eficiente de materiales y energía, la eliminación de residuos y la prolongación del ciclo de vida de los productos (*Geissdoerfer et al., 2017*).

#### 1. Diseño circular

El diseño circular considera la durabilidad, reutilización, reciclaje y descomposición de los materiales desde la etapa de conceptualización. Se promueve el diseño modular, el uso de mono-materiales y la incorporación de biomateriales como el culmo de maíz, contribuyendo a cerrar ciclos productivos (*Moreno et al., 2016*).

#### 2. Modelos de negocio para una economía circular

Los modelos de negocio circulares incluyen prácticas como el alquiler, la reparación, el reciclaje y la remanufactura. Estos modelos no sólo prolongan la vida útil del producto, sino que también permiten una innovación sostenible dentro de la industria del diseño (*Bocken et al., 2016*).

## **C. Accesorios para productos tecnológicos**

Los accesorios tecnológicos como fundas, estuches y soportes representan un mercado en expansión. Sin embargo, su fabricación comúnmente involucra plásticos derivados del petróleo y procesos contaminantes. Esto resalta la necesidad de alternativas más sostenibles (*Kaza et al., 2018*).

### **1. Impacto ambiental de la industria de los accesorios para productos tecnológicos**

El crecimiento del consumo tecnológico ha incrementado el volumen de residuos plásticos de un solo uso. Los accesorios no biodegradables terminan en vertederos o en el medio ambiente, contribuyendo a la contaminación global. Esto genera una urgencia por rediseñar estos productos con criterios ecológicos (*OECD, 2022*).

## **D. Accesorios sostenibles**

Los accesorios sostenibles se desarrollan utilizando materiales reciclados, biodegradables o de origen renovable, como fibras naturales o bioplásticos. Además, consideran su ciclo de vida completo para minimizar su huella ambiental (*Ellen MacArthur Foundation, 2019*).

## **E. Biomateriales en la industria**

El uso de biomateriales representa una estrategia clave para reducir el impacto ambiental en el diseño de productos. Estos materiales provienen de fuentes naturales y renovables, y pueden ser biodegradables o compostables (*European Bioplastics, 2021*).

### **1. Biodegradación**

La biodegradación es la descomposición de materiales orgánicos por acción de microorganismos. Es un factor esencial al considerar materiales para accesorios sostenibles, pues garantiza su retorno seguro al ambiente (*Vert et al., 2019*).

## **2. Biobase**

Un material biobasado proviene parcial o totalmente de biomasa renovable, como plantas o residuos agrícolas. El culmo del maíz es un ejemplo prometedor por su abundancia y disponibilidad en Guatemala (*European Bioplastics, 2021*).

## **3. Bioplásticos**

Los bioplásticos pueden ser biodegradables o no, pero todos están hechos total o parcialmente de materiales renovables. Son una alternativa a los plásticos tradicionales, utilizados en sectores como el embalaje, agricultura y electrónica (*Müller et al., 2020*).

## **F. Materia prima para el desarrollo de biomateriales**

El desarrollo de biomateriales requiere fuentes naturales que sean accesibles, económicas y sostenibles. Los residuos agroindustriales ofrecen una oportunidad para diseñar nuevos materiales a partir de recursos disponibles localmente (*Zhao et al., 2022*).

## **G. De desechos orgánicos a bioplásticos**

La transformación de residuos orgánicos en bioplásticos permite valorizar materiales que de otra manera serían desechados. Esto reduce el impacto ambiental y fortalece la economía circular (*Singh et al., 2021*).

### **1. Residuos de maíz**

Los residuos del maíz, como hojas, tallos y culmo, representan una fuente significativa de biomasa agrícola en Guatemala. Aprovechar estos subproductos permite la creación de materiales biodegradables con aplicaciones industriales (*Gómez et al., 2020*).

### **2. Culmo de maíz**

El culmo del maíz, por su rigidez y composición fibrosa, ha demostrado potencial en el desarrollo de bioplásticos. Su uso como materia prima local reduce la dependencia de materiales importados y potencia la sostenibilidad del diseño (*Ramos et al., 2021*).

## **H. Aglutinantes naturales para la fabricación de biomateriales**

Los aglutinantes naturales como el agar agar, el alginato y la gelatina son comúnmente utilizados para unir partículas y dar cohesión a los bioplásticos. Estos compuestos permiten obtener materiales flexibles, moldeables y completamente biodegradables (*Kowalczyk et al., 2022*).

### **1. Agar agar**

El agar-agar, polisacárido sulfatado de algas rojas (*Gelidium and Gracilaria*, dos géneros de algas diferentes), es un polvo blanco/amarillento, inodoro e insípido. Es insoluble en agua fría, pero soluble en agua hirviendo. Forma geles firmes a 40-50 °C, que se derriten a 80-85 °C. Su fragilidad puede afectar su uso en bioplásticos o laminados flexibles. (*Gómez-Guillén et al., 2021*)

### **2. Alginato**

El alginato de sodio, un polisacárido de algas pardas, forma geles elásticos e irreversibles con iones divalentes. Es soluble en agua y útil en bioplásticos por su compatibilidad con plastificantes y resistencia.

### **3. Gelatina**

La gelatina, proteína animal (piel, huesos, cartílagos de cerdo, res, pescado), es un polvo termo-reversible que gelifica entre 25-30 °C y se funde a 35-40 °C. Es flexible, transparente, adhesiva y biodegradable, usada en bioplásticos. Su origen animal es una desventaja en proyectos veganos.

### **4. Carragenina**

La carragenina, polisacárido de algas rojas (*Chondrus o Eucheuma*), es un gelificante, espesante y estabilizante. En bioplásticos, destaca por su elasticidad superior al agar y su capacidad para formar geles suaves a bajas concentraciones. Biodegradable y no tóxica, es versátil con otros aditivos naturales.

## **I. Plastificantes naturales**

Los plastificantes naturales, como el glicerol, son añadidos a los biomateriales para mejorar su flexibilidad y manejabilidad. Su origen vegetal y biodegradabilidad los convierten en una opción ideal para el desarrollo de productos sostenibles (*Sanyang et al., 2016*).

### **1. Glicerol**

El glicerol es un alcohol trihidroxilado, incoloro, viscoso y dulce, de origen vegetal o animal, soluble en agua. Actúa como plastificante natural, mejorando la flexibilidad de materiales poliméricos, y se usa en bioplásticos (almidón, gelatina, agar o alginato) en concentraciones del 15 % al 30 % del peso del polímero. Es biodegradable y no tóxico.

### **2. Sorbitol**

El sorbitol, un alcohol de azúcar de glucosa, es un polvo blanco o líquido claro y viscoso. Es menos higroscópico que el glicerol, lo que confiere mayor rigidez y menor sensibilidad a la humedad a los materiales que lo contienen. Mejora la resistencia mecánica en mezclas con almidón o pectinas, sin afectar la elasticidad. Se utiliza habitualmente en envases biodegradables y películas comestibles.

### **3. Ácido cítrico**

El ácido cítrico, un ácido orgánico débil de frutas cítricas, es un plastificante secundario y agente reticulante en biomateriales, mejorando la cohesión polimérica. También posee efectos conservantes o antimicrobianos. Se combina con almidón, pectina u otros biopolímeros, aunque su uso puede alterar el pH y la estabilidad térmica si no se controla.

## **J. Contexto de productos sostenibles en Guatemala**

En Guatemala, ha crecido el interés por los productos sostenibles, particularmente en áreas como los textiles, los empaques y el diseño artesanal. No obstante, la fabricación de accesorios tecnológicos a partir de biomateriales se encuentra en una etapa inicial. Esto genera una oportunidad

para diseñadores e innovadores locales que deseen desarrollar soluciones acordes con la cultura, la economía y el medio ambiente de Guatemala (*Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, 2023*).

## VI. METODOLOGÍA

### A. FASE 1: Investigar y exploración de materiales

Esta primera fase tiene como objetivo entender el contexto ambiental, tecnológico y cultural en el que se inserta la propuesta, así como explorar las propiedades del culmo del maíz como un material biodegradable, las acciones clave son:

- Revisión bibliográfica sobre bioplásticos y diseño sostenible.
- Análisis de casos de estudio sobre productos tecnológicos sostenibles.
- Investigación experimental del culmo de maíz: recolección, procesamiento y pruebas básicas de propiedades.

### B. FASE 2: Definición del concepto y diseño de productos

Se definió el enfoque conceptual del proyecto y se desarrolló la línea de diseño de los productos. Asimismo, se determinaron las necesidades funcionales del usuario objetivo a partir de los hallazgos obtenidos en la etapa de investigación.

A través de sesiones de *brainstorming*, se generaron ideas innovadoras relacionadas con el tema y se seleccionaron los productos tecnológicos a los cuales irá dirigido el diseño de accesorios. Posteriormente, se trabajó en la conceptualización de propuestas, desarrollando bocetos que consideren tanto la funcionalidad como la estética de cada producto.

### C. FASE 3: Prototipado y validación experimental

Esta etapa consiste en la fabricación y validación de prototipos funcionales que serán evaluados desde su desempeño físico hasta su aceptación por parte de usuarios potenciales. Primero se elaboraron modelos 3D como una guía del producto tecnológico real para poder elaborar los

prototipos a partir del material formulado con culmo de maíz, se realizaron pruebas de resistencia mecánica básica como la carga, flexión o el desgaste.

En la validación con usuarios se observó el uso que le dan al accesorio, se realizaron entrevistas semiestructuradas sobre la percepción de funcionalidad, estética y sostenibilidad.

Finalmente, se hizo un registro de mejoras o ajustes necesarios al diseño.

#### **D. FASE 4: Iteración y propuesta final**

En esta etapa, se sistematizan los resultados obtenidos en la validación, se perfeccionan los diseños y se presenta una propuesta final integral con un análisis de retroalimentación obtenida en pruebas de usuario, además se realizaron los ajustes al diseño según los hallazgos. Posteriormente, se hacen las partes técnicas como la documentación técnica del producto final como fichas técnicas de materiales, procesos y planos.

Finalmente, se propuso la aplicación o escalabilidad para producción artesanal o semi - industrial en Guatemala.

## VII. FASE 1: INVESTIGACIÓN Y EXPLORACIÓN DE MATERIAL

Como fuentes principales de información se consultaron artículos científicos sobre bioplásticos y diseño sostenible, entre ellos los publicados en Nature Reviews Materials (*Rosenboom et al., 2021*) y la base de datos de PubMed Central (*Yadav et al., 2024*), los cuales presentan una visión actualizada de los avances, ventajas y limitaciones de los polímeros biobasados. Estas investigaciones abordan el papel de los bioplásticos en la economía circular y su potencial para sustituir materiales derivados del petróleo, resaltando la importancia de su correcta gestión de fin de vida y de la transparencia en su biodegradabilidad.

De igual manera, se consideraron estudios que analizan la composición química del culmo de maíz y su potencial como fuente de fibras y biomasa lignocelulósica. Entre ellos se encuentran los trabajos de *Wozniak et al. (2021)* y de *Bioresources Journal et al. (2019)*, los cuales detallan procesos de extracción y caracterización de componentes como celulosa, hemicelulosa y lignina, confirmando su viabilidad como materia prima para el desarrollo de biomateriales sostenibles.

En el campo del diseño, se emplearon referencias vinculadas al enfoque de *material-driven design*, que promueve la experimentación y la creación de productos a partir de las propiedades intrínsecas del material. Este enfoque permite integrar criterios ambientales desde las etapas iniciales del diseño, fomentando la innovación responsable y la transición hacia materiales regenerativos.

Para complementar la investigación teórica, se revisaron casos de estudio de productos tecnológicos sostenibles disponibles en plataformas digitales y artículos de mercado. Estos casos incluyen fundas biodegradables a base de PLA (Ácido poliláctico), TPU (Poliuretano termoplástico), biocompuestos con fibras naturales y accesorios elaborados con residuos agrícolas. El análisis permitió identificar estrategias de comunicación, ventajas funcionales y

desafíos en torno a la durabilidad, la percepción del consumidor y la claridad en el etiquetado ambiental.

Finalmente, se consideraron publicaciones periodísticas recientes, como la del diario The Guardian (2025), que presentan hallazgos sobre los posibles impactos ambientales y biológicos de ciertos bioplásticos a base de almidón. Esta información resultó relevante para plantear una visión crítica y equilibrada dentro del trabajo experimental, especialmente en lo relacionado con la seguridad y la biodegradación real de los materiales.

## A. Benchmarking biomateriales en el mundo

**Tomtex:** es una marca creada por Uyen Tran, diseñadora vietnamita que desarrolla materiales sostenibles a partir de desechos orgánicos como conchas de mariscos, café y hongos. Su propuesta combina biotecnología, diseño y conciencia ambiental, dando vida a un biotextil flexible y versátil que emula la apariencia y textura del cuero, pero sin impacto animal ni plástico. Inspirada en la riqueza natural y cultural de Vietnam, busca redefinir la relación entre material y diseño, ofreciendo una alternativa innovadora que une estética, funcionalidad y sostenibilidad en armonía con el entorno.

Figura 1. Fase 1: Benchmarking



Nota. Dezeen. (2020, 16 de octubre). *Leather alternatives: Vegan materials for design*.

**Pela Case:** es una marca canadiense que produce fundas para teléfonos con Flaxstic®, un biocompuesto de lino y biopolímeros compostables. Su objetivo es reducir el uso de plásticos en accesorios tecnológicos mediante diseños sostenibles, duraderos y biodegradables, dentro de un modelo de economía circular.

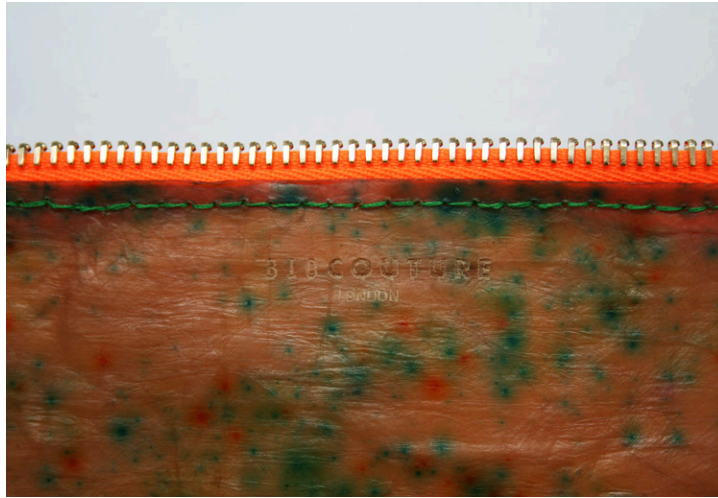
**Figura 2. Fase 1: Benchmarking**



Nota. Pela Case. (s. f.). *Eco-Friendly Phone Case* [Documento en línea]. Recuperado de <https://pelacase.com/>

**The biocouture Bag & Clutch:** es una propuesta desarrollada por la diseñadora Suzanne Lee, pionera en el uso de biotecnología aplicada al diseño de moda y accesorios. Estas piezas están elaboradas a partir de textiles cultivados con celulosa bacteriana, un material orgánico que se forma mediante la fermentación de té verde, azúcar y microorganismos. El resultado es un tejido flexible, resistente y completamente biodegradable que replantea el futuro del diseño sustentable. Inspirada en los procesos naturales de crecimiento, la propuesta de Biocouture fusiona ciencia, arte y sostenibilidad, demostrando que la innovación material puede coexistir con la estética y la responsabilidad ambiental.

**Figura 3. Fase 1: Benchmarking**



Nota. van der Leest, E. (2014). *The Biocouture Bag & Clutch*. Recuperado de <https://emmavanderleest.com/portfolio/bag-2/>

**Brands:** es una colaboración que une la innovación tecnológica con el diseño textil sostenible. Ambas marcas desarrollaron una línea de accesorios ecológicos elaborados con tejidos reciclados a partir de botellas plásticas PET transformadas en hilos textiles de alta calidad. Este proyecto, parte de la iniciativa Upcycling for good, busca reducir el impacto ambiental de los productos tecnológicos mediante el uso de materiales responsables y procesos circulares. La propuesta combina la estética minimalista de Kvadrat con la precisión tecnológica de Samsung, demostrando cómo la moda, la tecnología y la sostenibilidad pueden coexistir en un mismo diseño.

**Figura 4. Fase 1: Benchmarking**



Nota. Samsung. (2025). *All mobile accessories.* Samsung Singapore. <https://www.samsung.com/sg/mobile-accessories/all-mobile-accessories/>

**Sliip:** es una marca mexicana que diseña fundas para teléfonos y accesorios a partir de bioplásticos y materiales reciclados, con un enfoque en sostenibilidad y producción local. Sus productos destacan por su diseño minimalista, funcional y responsable con el medio ambiente, promoviendo el consumo consciente y la reducción del uso de plásticos convencionales.

**Figura 5. Fase 1: Benchmarking**



Nota. SLIIP. (2025). *Laptop sleeves.* Recuperado de <https://www.sliip.com.au/collections/laptop-sleeves?srsId=AfmBOopahlfoGGGzahZHG8WZJausEiZxQZeBgLb4PLcIU1qcFST5VJEy>

## **B. Investigación experimental del material:**

Esta fase se llevó a cabo con el propósito de definir la formulación más adecuada del biomaterial a base del culmo de maíz, evaluando su comportamiento, apariencia y aplicabilidad en el diseño de accesorios para productos tecnológicos. Se consideraron aspectos como la resistencia, flexibilidad, color, acabado superficial y estabilidad del material, con el fin de determinar sus alcances y posibles usos en el desarrollo de fundas u otros accesorios.

Para el desarrollo de esta etapa, se introdujo el culmo de maíz como materia prima principal, aprovechando un residuo agrícola de alta disponibilidad en Guatemala. El proceso inició con la recolección del material en áreas rurales de Alta Verapaz, particularmente en los municipios de Cobán y San Pedro Carchá, priorizando culmos secos y libres de contaminantes. Una vez recolectado, el material fue limpiado, secado al sol indirecto y posteriormente triturado hasta obtener una fibra fina apta para la experimentación. Este proceso varió según la humedad ambiental, aunque pudo optimizarse mediante el uso de hornos de secado.

La fase experimental se dividió en dos etapas principales. La primera consistió en ensayos con aglutinantes naturales, como glicerina, con el objetivo de analizar su compatibilidad con la fibra del culmo y determinar cuál ofrecía mejores propiedades estructurales. La segunda etapa se enfocó en definir las proporciones entre componentes sólidos y líquidos dentro de la mezcla base, evaluando su efecto en la resistencia, flexibilidad y calidad del acabado superficial del material.

Finalmente, esta fase concluyó con la selección de la composición más estable y funcional del biomaterial a base del culmo de maíz. Los resultados obtenidos permitieron establecer los parámetros técnicos necesarios para su futura aplicación en productos sostenibles, sentando las bases para el desarrollo de una línea de accesorios para productos tecnológicos elaborados con materiales biodegradables y de origen local.

Recolección: se recolectó culmos en un mercado agrícola de Cobán, Alta Verapaz, para capturar variabilidad. Las varas de culmo presentaban un alto contenido de humedad, por lo que se dejaron secar durante varios días bajo el sol directo.

Pretratamiento: se limpiaron todas las hojas y se partió a la mitad el culmo para maximizar su secado en horno a 200°C.


Molienda: se utilizó molino de cuchillas hasta obtener el tamaño de partícula deseado para uso como filler o para extracción de fibra.

Experimento:

Durante este proceso se realizaron pruebas que no resultaron óptimas para obtener el material con las propiedades deseadas.

Como se observa en la Figura 6 la formulación correspondiente a la experimentación A1 estuvo compuesta por almidón de maíz, agua, culmo de maíz, carbonato de calcio, ácido cítrico y glicerina. El procedimiento consistió en mezclar el agua con 0.5g de carbonato de calcio y 0.3g ácido cítrico, seguido de la incorporación del polvo de culmo de maíz y el almidón de maíz. Finalmente, se añadió la glicerina como plastificante para otorgar mayor flexibilidad al material.

**Figura 6. Fase 1: Investigación no. A1**

Experimento A1	Receta	Propiedades	Observaciones
	Ingrediente 1 Agua Cantidad: 70%	Transparencia: - Color: Beige	
	Ingrediente 2 Culmo de maíz Cantidad: 15%	Rigidez: - Textura: -	
	Ingrediente 3 Almidón de maíz Cantidad: 8%	Flexibilidad: - Brillo: -	
	Ingrediente 4 Carbonato de calcio Cantidad: 2%	Olor: Desagradable Humedad: Alta	
	Ingrediente 5 Ácido cítrico Cantidad: 0.5%	Vestible: No Otros:	
	Ingrediente 6 Glicerina Cantidad: 4%		
	Otros:		

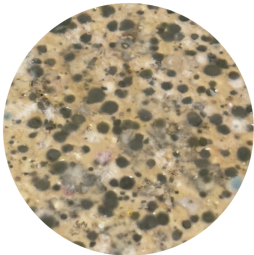
Nota. Elaboración propia.

De esta muestra se obtuvo un resultado negativo, ya que, tras tres días de secado, el material no logró deshidratarse por completo y desarrolló moho y grietas debido al exceso de humedad. Por este motivo, la receta fue descartada al no cumplir con los requisitos de resistencia establecidos.

Con el objetivo de mejorar la formulación, se desarrolló el experimento B1 como se observa en la Figura 7, en el cual se sustituyeron el carbonato de calcio y el ácido cítrico por gelatina sin sabor, componente que contribuye a generar mayor elasticidad en el biomaterial. La nueva mezcla incluyó agua, glicerina, gelatina sin sabor y fibra de culmo de maíz.

El resultado inicial también fue negativo, debido a las proporciones inadecuadas de los ingredientes; sin embargo, la formulación no fue descartada, sino ajustada y mejorada para continuar con las siguientes etapas de experimentación.

**Figura 7. Fase 1: Investigación no. B1**

Experimento B1	Receta	Propiedades		Observaciones
	Ingrediente 1 Agua Cantidad: 77%	Transparencia:	-	El contenido de fibra (culmo de maíz) puede variar entre 5-15% según la textura y rigidez deseada. A mayor cantidad, el material gana resistencia mecánica, pero puede perder flexibilidad.
		Color:	Beige	
	Ingrediente 2 Culmo de maíz Cantidad: 9%	Rigidez:	-	
		Textura:	-	
	Ingrediente 3 Gelatina Cantidad: 3%	Flexibilidad:	-	
		Brillo:	-	
	Ingrediente 4 Glicerina Cantidad: 3%	Olor:	Desagradable	
		Humedad:	Elevada	
	Ingrediente 5 Colorante Cantidad: 1%	Vestible:	No	
	Otros:			

Nota. Elaboración propia.

Se utilizó la base de los ingredientes de la experimentación B1 mejorando la formulación y proceso de realización, se usó gelatina sin sabor como aglutinante base, cuya formulación fue determinada con el apoyo de una ingeniera química, quien brindó orientación técnica para establecer una guía adecuada en el desarrollo de las experimentaciones.

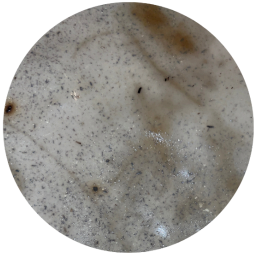
### Cuadro 1. Fase 1: Ingredientes

Ingredientes
100 ml de Agua
5g de Glicerina
10g de Gelatina sin sabor
Fibra de culmo de maíz
Colorante en polvo

Nota. Elaboración propia.

La receta principal empleada en las experimentaciones estuvo compuesta por polvo de culmo de maíz, agua, glicerina y gelatina sin sabor. El proceso inició con la mezcla del agua y el polvo de culmo de maíz para la preparación de la base destinada a la formación de la fibra. Posteriormente, la gelatina fue hidratada en agua fría durante 10 minutos y luego calentada entre 50 °C y 70 °C hasta lograr su completa disolución. Finalmente, se incorporó la glicerina a la mezcla para mejorar la flexibilidad y cohesión del material.

**Figura 8. Fase 1: Investigación no. B2**

Experimento B2	Receta	Propiedades	Observaciones	
	Ingrediente 1 Agua Cantidad: 79%	Transparencia: ✓ Color: ✓	Esta proporción incrementa la cantidad de gelatina respecto a la fórmula anterior, lo cual mejora la cohesión y rigidez del biomaterial. Sin embargo, la alta proporción de agua (79%) puede seguir favoreciendo la aparición de moho si el secado no se controla adecuadamente (temperatura recomendada: 35-45 °C en ambiente ventilado).	
	Ingrediente 2 Culmo de maíz Cantidad: 9%	Rigidez: ✓ Textura: -		
	Ingrediente 3 Gelatina Cantidad: 8%	Flexibilidad: ✓ Brillo: ✓		
	Ingrediente 4 Glicerina Cantidad: 3%	Olor: - Humedad: -		
	Ingrediente 5 Colorante Cantidad: 1%	Vestible: ✓ Otros:		
	Otros: Vinagre Cantidad: 1%			<input checked="" type="checkbox"/>

Nota. Elaboración propia.

El resultado obtenido fue exitoso, logrando mejoras significativas en el biomaterial. Para evitar la propagación de moho, se incorporó un porcentaje de vinagre en la formulación, lo que permitió mitigar el crecimiento microbiano y prolongar la vida útil del material.

Se realizaron diversas pruebas de resistencia, incluyendo exposición a la intemperie, al agua, a la radiación solar durante 1 día y evaluaciones de textura al tacto, con el fin de determinar el comportamiento del material ante diferentes condiciones ambientales.

Una vez ajustadas las propiedades del biomaterial conforme a los resultados obtenidos, se buscó aumentar su durabilidad y resistencia al agua. Este objetivo se alcanzó mediante la aplicación de cera de abeja frotada sobre la superficie, lo que mejoró la consistencia táctil, la tolerancia al calor y la protección contra la humedad.

## VIII. FASE 2: DEFINICIÓN DE CONCEPTO Y DISEÑO DE PRODUCTOS

En la fase dos se desarrolló el concepto creativo, incluyendo subconceptos, una variedad de propuestas y prototipos, aplicando metodologías de diseño. Todo ello se basó en un proceso de ideación orientado a generar posibles productos que cumplieran con criterios de funcionalidad, usabilidad y valor estético.

Durante esta fase, y con el apoyo de las pruebas realizadas al biomaterial, se elaboraron prototipos de baja fidelidad con el fin de validar la funcionalidad del producto con usuarios clave y recopilar sus comentarios respecto a aspectos como color, concepto y diseño estético.

Se definió un usuario potencial luego de hacer una validación corta para conocer a los usuarios objetivos para el uso de accesorios para productos tecnológicos. Con esta línea de accesorios se busca llegar a personas que sean amantes de los accesorios tecnológicos pero que busquen una forma más sostenible de consumir este tipo de productos.

Figura 9. Fase 2: Usuario

# Laura Morales

20 años Nivel economico: Medio - Alto

Estudiante de Nutrición

**Personalidad:**

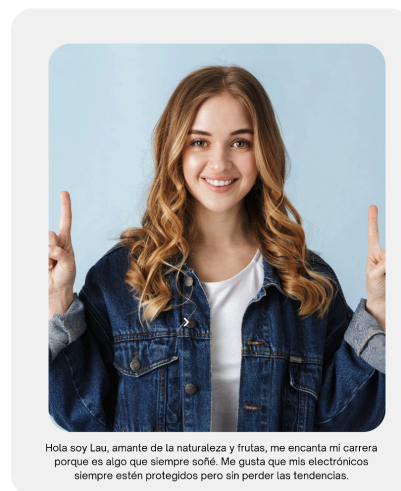
Carismática - Amigable  
Responsable

**Habilidades:**

Matemáticas - Creatividad - Deportes

**Intereses**

Lectura - Tendencias sostenibles  
Moda - Salud



Nota. Elaboración propia.

## **A. Productos tecnológicos**

Para el desarrollo de esta línea de productos después de un estudio de resistencia del biomaterial se descartó la idea de poder fabricar una carcasa para celular, por lo que se tomaron en cuenta otras opciones.

La realización de fundas protectoras para iPad y AirPods, acompañado de un strap para poder transportar los productos tecnológicos sin necesidad de una bolsa.

Se planteó un diseño de forma sencilla y funcional, considerando las limitaciones y requerimientos del proceso de fabricación. En una primera etapa, a partir de la investigación preliminar con usuarios potenciales, surgió la intención de incorporar colores y patrones en relieve como parte del diseño, con el propósito de aportar textura, identidad y un valor estético distintivo a cada pieza, en coherencia con los subconceptos planteados.

Sin embargo, tras la validación visual y material realizada con usuarios, se observó una preferencia generalizada por superficies lisas y acabados naturales, asociados a una estética más minimalista y contemporánea. De acuerdo con los resultados obtenidos, el 60% de los encuestados manifestó no sentirse identificado con el uso de relieves o grabados visibles, argumentando que estos podrían restar sobriedad o generar una apariencia artesanal excesiva para un producto tecnológico.

Como resultado de estos hallazgos, se decidió descartar el uso de patrones en relieve en la propuesta final, manteniendo la esencia conceptual de cada subconcepto a través del color, la forma y la elección del material. Esta decisión permitió fortalecer la coherencia visual de la línea de productos y adaptarla mejor a las preferencias del usuario meta.

(Resultados de validación en Anexo.)

## **B. Concepto**

La línea de productos se fabricó bajo el nombre de la colección “Raíces”, una palabra que, para mí, representa llevar siempre en el corazón el lugar de donde venimos. En un sentido cultural, “raíces” simboliza la conexión con nuestra historia, nuestras tradiciones y nuestra identidad, aquello que nos forma y nos define.

El concepto de diseño de esta línea de accesorios para productos tecnológicos surge del deseo de expresar mi origen y mis costumbres, elementos que, aunque puedan parecer pequeños, poseen un valor profundo y significativo en mi vida. Cada pieza de la colección busca capturar esa esencia, transformando lo cotidiano en un objeto que refleja identidad, memoria y pertenencia.

A partir del concepto general de la colección “Raíces”, se desarrollaron subconceptos con el propósito de dotar a cada producto de una esencia propia, que reflejara distintos aspectos de la conexión con nuestra identidad y aquellos que nos forman, integrando nuestra cultura guatemalteca. Cada subconcepto busca contar una historia y transmitir un significado particular.

### ***1. Concepto 1: El Cahabonero***

Inspirado en la riqueza de un hombre cuya esencia teñía la vida de sabor y sazón, originario de Cahabón, Alta Verapaz, y enamorado del chile cahabonero que lo vio nacer. Cada día de su vida estaba marcado por el sabor y la tradición, cada bocado era un ritual que despertaba una energía que tejía un hilo invisible entre él y su tierra, transmitiendo alegría y una conexión profunda con sus raíces. Su vida se sentía como un chile: intensa, auténtica y llena de calor, dejando en quienes lo rodeaban una huella imborrable.

Este subconcepto busca capturar esa esencia única, la fuerza del sabor que despierta los sentidos, la vitalidad de lo cotidiano y la pasión por lo propio. Cada línea, el color y la textura pretende transportar al usuario al corazón de Cahabón, a la esencia de un hombre que convirtió lo cotidiano en un acto de identidad y de amor por sus raíces.

El Cahabonero se traduce en formas y colores que evocan picor, calidez y vitalidad, reflejando la intensidad del sabor y la personalidad vibrante de quien lo inspira.

**Figura 10. Fase 2: Moodboard El Cahabonero**



Nota. Elaboración propia.

## **2. *Concepto 2: Mal de ojo***

Nace de la guardiana de tradiciones y creencias ancestrales, cuyo amor y sabiduría se tejen en cada gesto cotidiano. Inspirado en un collar típico de Alta Verapaz, rojo y anudado al pecho, símbolo de protección y cuidado, este subconcepto busca capturar la fuerza invisible que vela por quienes amamos.

Es un homenaje a la creencia popular que atraviesa generaciones: la protección espiritual como un hilo silencioso que nos conecta con nuestras raíces, con lo sagrado y con la memoria de quienes nos precedieron. Cada forma, cada color y cada textura de “Mal de ojo” pretende susurrar seguridad y tradición, transformando un objeto cotidiano en un amuleto cargado de historia, identidad y cuidado.

Portar este subconcepto es, así, más que usar un accesorio, es sentir la presencia de quienes nos guían, el abrazo de la cultura y la fuerza de lo intangible que protege, nutre y acompaña la vida.

**Figura 11. Fase 2: Moodboard Mal de Ojo**



Nota. Elaboración propia.

### **3. *Concepto 3: Los Balam***

Nace del amor y la fortaleza de dos jaguares, siempre juntos, siempre firmes que recorren la selva de la vida con gracia y poder. Ellos son el centro, los guardianes de un legado que atraviesa generaciones.

Inspirado en el gran jaguar de la cosmovisión maya, este subconcepto busca capturar la fuerza silenciosa, la protección y la unidad que define a quienes sostienen con amor la historia familiar. Cada línea y cada detalle en el diseño evocan la majestuosidad del animal, su determinación y su presencia imponente, recordándonos que la verdadera fuerza reside en la unión y en el cuidado mutuo.

Portar “Los Balam” es abrazar la herencia, sentir la presencia de quienes nos guían y conectar con la riqueza simbólica de nuestra cultura, donde cada jaguar no solo protege, sino que también inspira, guía y enseña el valor de permanecer juntos frente a la vida.

**Figura 12. Fase 2: Moodboard Los Balam**

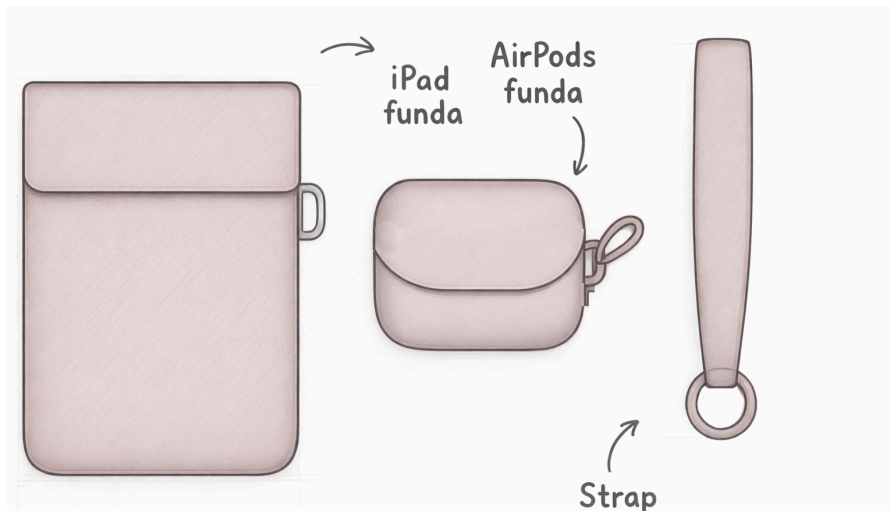


Nota. Elaboración propia.

A partir del desarrollo conceptual de la línea Raíces, basada en los tres subconceptos definidos, se elaboraron los bocetos finales de los tres accesorios para productos tecnológicos. Cada uno mantiene una identidad visual distinta que se refleja principalmente en la selección del color del biomaterial, conservando la coherencia formal y estética entre las piezas.

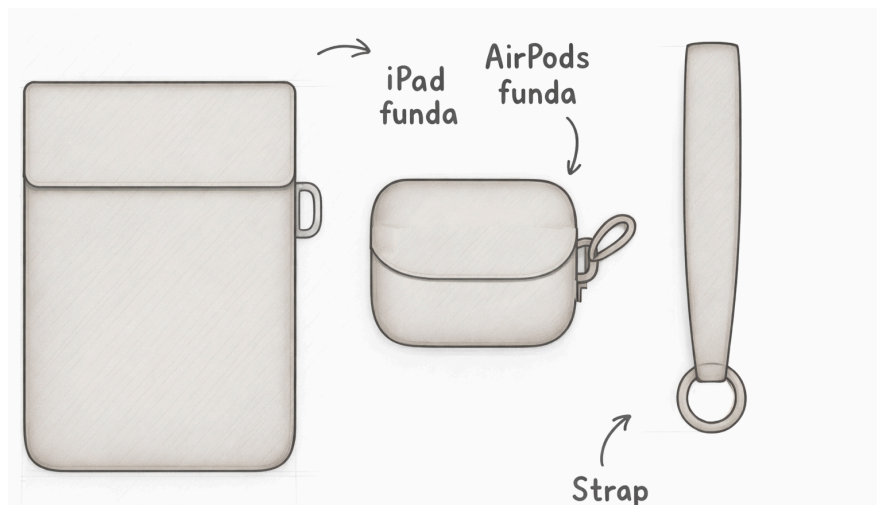
En la Figura 21 se presenta la línea de color propuesta. Se seleccionó el tono hueso para el producto Mal de Ojo, como símbolo de pureza y protección; el color rosado rojizo se asignó a El Cahabonero, en representación de la energía y el chile característico de la región; y finalmente, se mantuvo el color natural del biomaterial para Los Balam, haciendo alusión a la conexión con la naturaleza y la autenticidad del material.

**Figura 13. Fase 2: Bocetos El Cahabonero**



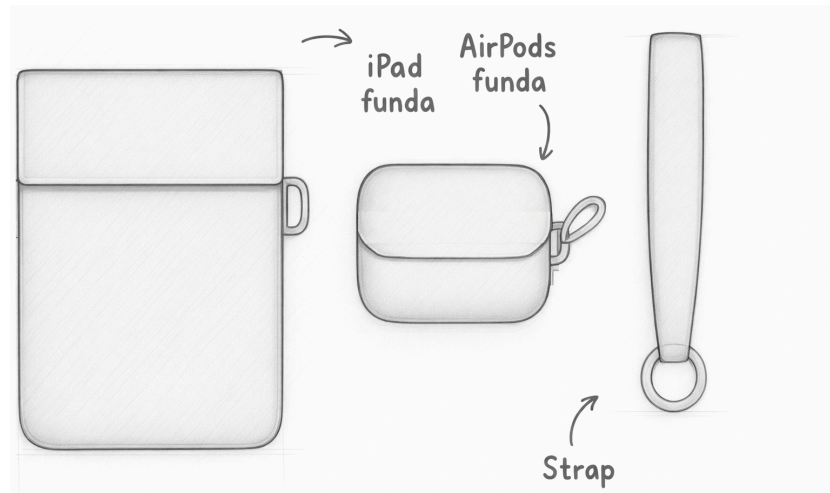
Nota. Boceto final para fabricación. Elaboración propia.

**Figura 14. Fase 2: Bocetos Mal de Ojo**



Nota. Boceto final para fabricación. Elaboración propia.

**Figura 15. Fase 2: Bocetos Los Balam**



Nota. Boceto final para fabricación. Elaboración propia.

## IX. FASE 3: PROTOTIPADO Y VALIDACIÓN EXPERIMENTAL

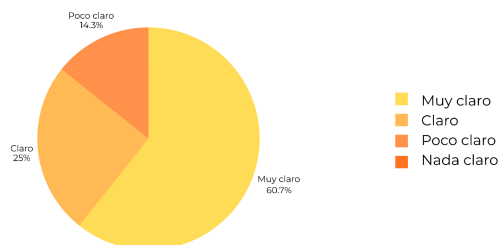
Para iniciar esta fase como parte del proceso de validación, se llevó a cabo una evaluación con usuarios potenciales con el objetivo de conocer su percepción sobre el concepto, el diseño y el atractivo visual de los accesorios tecnológicos elaborados con el biomaterial a base del culmo del maíz.

A través de esta validación se buscó identificar el nivel de aceptación del producto, así como recopilar observaciones y sugerencias que permitieran fortalecer su funcionalidad y propuesta estética.

Los comentarios obtenidos sirvieron como base para realizar ajustes finales en el diseño y mejorar la experiencia del usuario en futuras etapas de desarrollo.

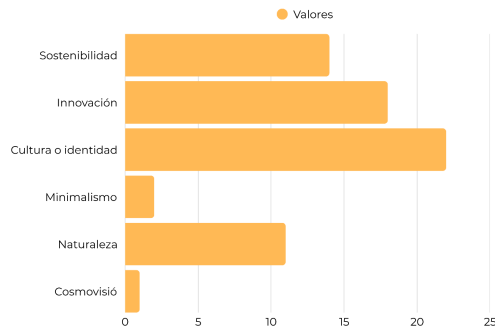
### A. Validación de diseño

Figura 16. Fase 3: Validación, concepto y nombre que lleva la línea de productos



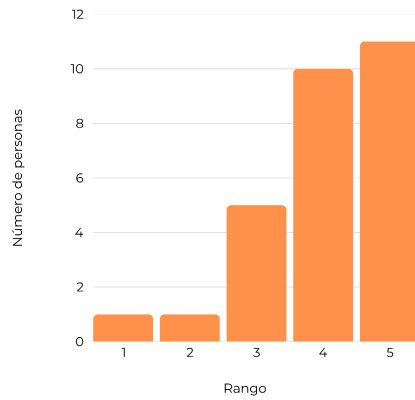
Nota: La figura muestra la aceptación del concepto y del nombre de la línea por parte del usuario. Elaboración propia.

**Figura 17. Fase 3: Validación, valores en el diseño**



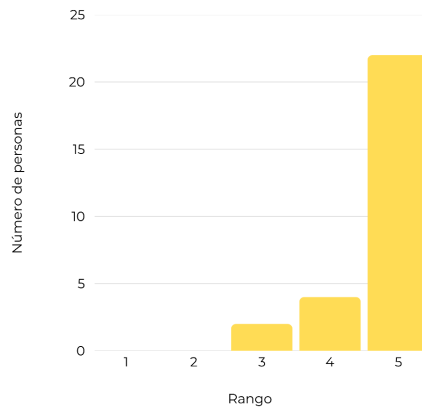
Nota: La figura muestra los valores que los usuarios identifican dentro del diseño. Elaboración propia.

**Figura 18. Fase 3: Validación, atractivo visual del diseño**



Nota: La figura muestra el resultado de una escala de valoración, siendo 1 poco estético - 5 muy estético. Elaboración propia.

**Figura 19. Fase 3: Validación, funcionalidad percibida**



Nota: La figura muestra el resultado de una escala de valoración, siendo 1 poco estético - 5 muy estético. Elaboración propia.

## **B. Fabricación de accesorios**

La etapa de prototipado y validación experimental presentó varios retos, ya que se realizaron diversas pruebas de resistencia, como agua y sol. En esta fase se buscó comprobar la viabilidad funcional, técnica y estética de los accesorios tecnológicos elaborados con biomaterial a base del culmo de maíz, verificando su resistencia, flexibilidad, textura y durabilidad.

Asimismo, esta etapa tiene como objetivo analizar la aceptación del producto por parte de usuarios potenciales, a través de observaciones y entrevistas semi estructuradas que permitan obtener retroalimentación sobre funcionalidad, comodidad, estética y valor sostenible.

Para llevar a cabo el desarrollo del prototipo, se realizaron modelos y renders tridimensionales que sirvieron como guía visual y técnica para la fabricación de los accesorios. Estos renders permitieron definir proporciones, detalles constructivos, uniones y acabados del producto, facilitando la comprensión de su forma final antes del proceso de manufactura con el biomaterial a base de culmo de maíz.

El modelado en 3D también permitió simular el comportamiento estético del material, aplicando las texturas, colores y patrones definidos en la línea Raíces, con el objetivo de anticipar su apariencia real y asegurar la coherencia entre concepto, la identidad visual y la funcionalidad del diseño.

**Figura 20. Fase 3: Render familia Mal de Ojo**



Nota: Render final para la fabricación. Elaboración propia.

Como parte de esta fase, se llevó a cabo la fabricación de las láminas de biomaterial. Este proceso se desarrolló de manera controlada, cuidando parámetros como el tiempo de secado, el espesor y la flexibilidad del material a base del culmo de maíz, con el propósito de obtener láminas estables y funcionales que garantizaran un adecuado desempeño en las etapas posteriores de corte y confección.

De forma paralela, se realizaron pruebas con diferentes pigmentos para evaluar su compatibilidad con la mezcla, su comportamiento durante el secado y su estabilidad visual. Los resultados de estas pruebas permitieron definir la paleta final de tonos utilizada en la línea Raíces, seleccionando aquellos colores que mejor se adaptaban a la textura lisa y al acabado natural del material.

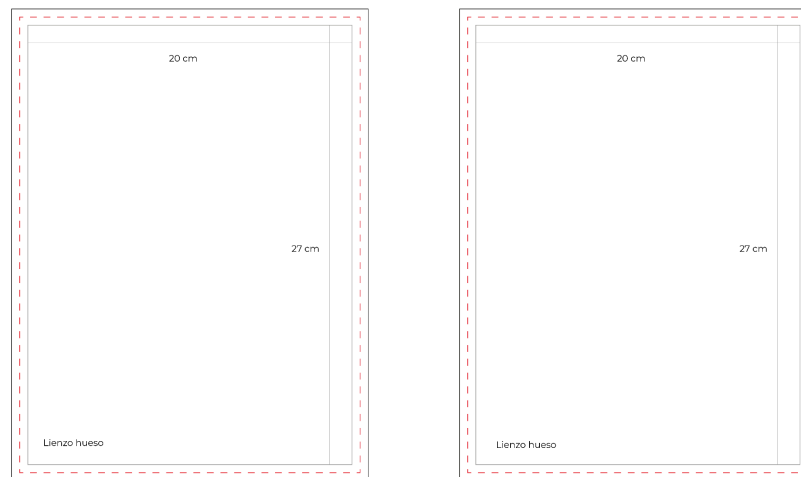
**Figura 21. Fase 4: Muestrario de colores**



Nota: Muestrario de colores de biomaterial. Elaboración propia.

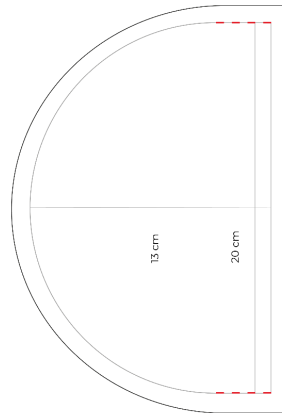
A partir de estas láminas, se desarrolló un proceso de patronaje que permitió definir con precisión las piezas necesarias para el armado de cada accesorio, garantizando un aprovechamiento eficiente del material. Los patrones fueron utilizados como guía para el corte y confección artesanal de las fundas, priorizando la calidad de los acabados y la integración estética del relieve diseñado en la etapa anterior.

**Figura 22. Fase 3: Patronaje cuerpo de funda iPad**



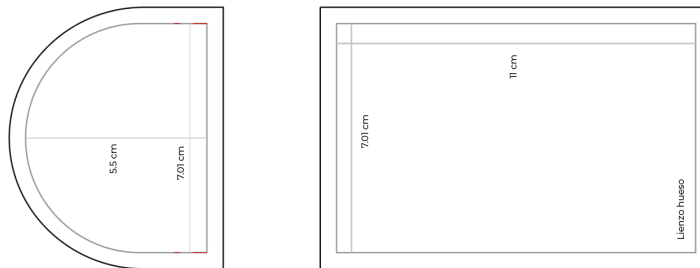
Nota: Patrón utilizado sobre lienzo hueso. Elaboración propia.

**Figura 23. Fase 3: Patronaje solapa de funda ipad**



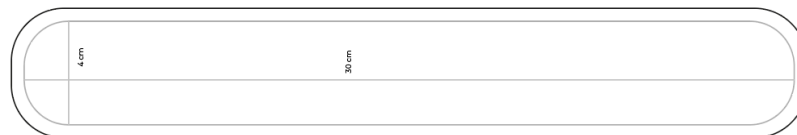
Nota: Patrón de solapa utilizado sobre lienzo hueso. Elaboración propia.

**Figura 24. Fase 3: Patronaje final funda de AirPods**



Nota: Patrón de solapa y cuerpo utilizado sobre lienzo hueso. Elaboración propia.

**Figura 25. Fase 3: Patronaje final strap**



Nota: Patrón de strap utilizado sobre lienzo hueso. Elaboración propia.

## **X. FASE 4: ITERACIÓN Y PROPUESTA FINAL**

Para el desarrollo de esta última fase, se buscó previamente obtener una comprensión más profunda sobre la percepción de los usuarios potenciales en relación con la línea de productos diseñada.

Con el propósito de recolección de datos, entre ellas entrevistas y encuestas, orientadas principalmente a obtener información cualitativa sobre la estética, funcionalidad y factores que influyen en la decisión de compra de los consumidores.

Paralelamente, esta etapa plantea la proyección del potencial de implementación de los productos dentro de un esquema de producción artesanal o semi-industrial en Guatemala, incentivando el aprovechamiento responsable de residuos agrícolas y la valorización de la identidad cultural a través del diseño.

En conjunto, esta fase representa la transición del proceso experimental hacia la formulación de una propuesta final consolidada, que demuestra la viabilidad del biomaterial desarrollado como una alternativa a los plásticos convencionales, aplicada al diseño de accesorios tecnológicos.

**Figura 26. Fase 4: Fotografías finales**



Nota: Fotografías de producto. Elaboración propia.

**Figura 27. Fase 4: Fotografías finales**



Nota: Fotografías de producto. Elaboración propia.

**Figura 28. Fase 4: Fotografías finales**



Nota: Fotografías de producto. Elaboración propia.

**Figura 29. Fase 4: Fotografías finales**



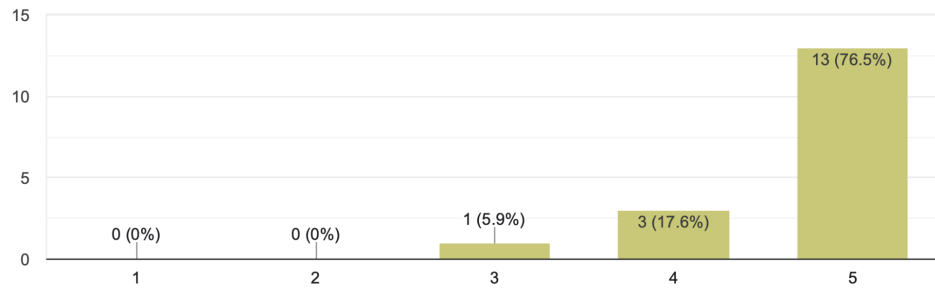
Nota: Fotografías de producto. Elaboración propia.

## A. Validación con usuario potenciales

**Figura 30. Fase 4: Validación**

Los materiales y colores elegidos reflejan los conceptos.

17 respuestas

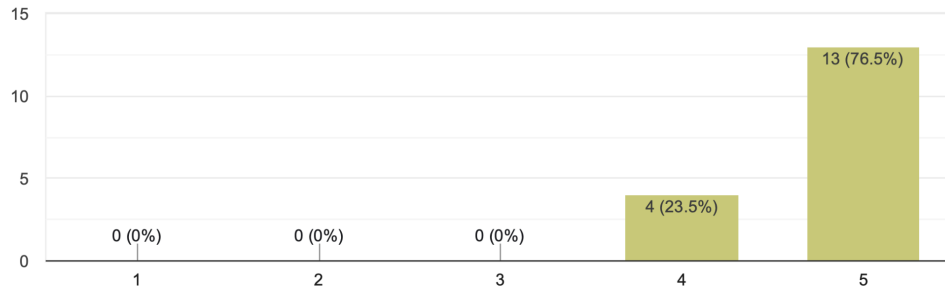


Nota: Validación con usuarios potenciales. Elaboración propia.

**Figura 31. Fase 4: Validación**

El conjunto de productos se percibe coherente como una línea de diseño.

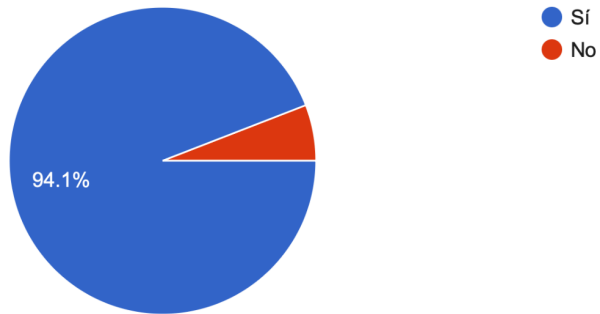
17 respuestas



Nota: Validación con usuarios potenciales. Elaboración propia.

**Figura 32. Fase 4: Validación**

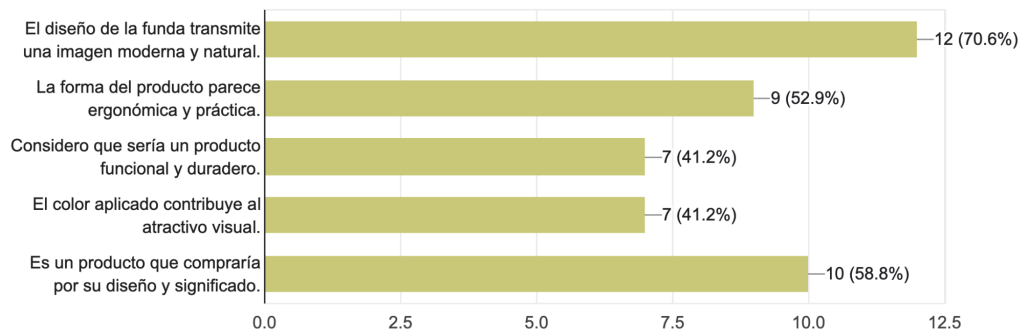
El diseño general resulta atractivo y moderno.  
17 respuestas



Nota: Validación con usuarios potenciales. Elaboración propia.

**Figura 33. Fase 4: Validación**

Funda para iPad  
17 respuestas

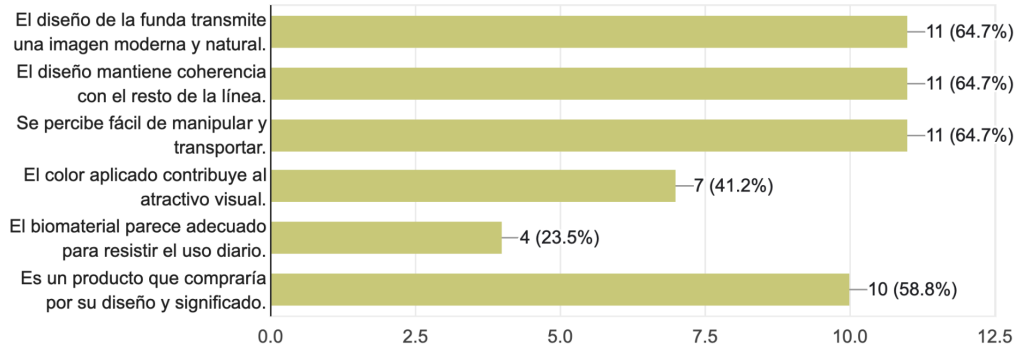


Nota: Validación con usuarios potenciales. Elaboración propia.

**Figura 34. Fase 4: Validación**

**Funda para AirPods**

17 respuestas



Nota: Validación con usuarios potenciales. Elaboración propia.

**Figura 35. Fase 4: Validación**

**Strap (correa)**

17 respuestas



Nota: Validación con usuarios potenciales. Elaboración propia.

## Cuadro 2. Fase 4: ¿Qué es lo que más te gusta de raíces?

Comentario del participante	Aspecto destacado
"Que se ve que es natural."	Apariencia del biomaterial
"El biomaterial."	Material utilizado
"El concepto detrás y lo innovador del material."	Innovación y concepto
"La manera en que se conecta con la cultura, la forma en que cada parte tiene un significado y"	Conexión cultural y estética
"Su relación con lo orgánico y duradero."	Sustentabilidad y durabilidad
"El uso de un material sostenible."	Sostenibilidad
"Lo que me llamó la atención definitivamente fueron los colores y patrones elegidos."	Paleta cromática y diseño
"La historia."	Narrativa y contexto cultural
"La idea principal bastante innovadora, siempre apegada a nuestra cultura y biodiversidad, lo más"	Innovación cultural y ecológica
"El uso de biomateriales para la fabricación del producto."	Aplicación del material
"La adaptación a un diseño tecnológico."	Funcionalidad y aplicación moderna
"El uso del biomaterial y lo bien que se ve el diseño."	Material y estética
"Diseño."	Diseño general
"El color y significado."	Color simbólico
"El material."	Material principal
"Que los colores representen distintas características de la cultura y tradiciones."	Representación cultural

Nota: Validación con usuarios potenciales. Elaboración propia.

## Cuadro 3. Fase 4: ¿Qué te transmiten los colores?

Comentario del participante	Sensación o percepción asociada
"Tranquilidad."	Calma
"Neutralidad."	Equilibrio
"Mucha conexión con lo natural."	Naturaleza
"Me vuelven a mis tradiciones, me hacen sentir perteneciente a una cultura."	Identidad cultural
"Me da la impresión de muy 'limpio' o 'fino' y no tan rústico."	Estética limpia y moderna
"Modernidad y naturaleza."	Contraste armónico
"Tortilla, me hace pensar en tortillas. Blancas, negras, etc. Una por cada tipo de maíz."	Asociación cultural y simbólica
"Me parecen minimalistas, limpios y combinables."	Minimalismo y versatilidad
"Me transmite cultura, innovación y calidez."	Cultura y cercanía
"Minimalismo."	Simplicidad
"Calma, limpieza, duradero."	Paz y durabilidad
"Cercanía, paz, significado."	Conexión emocional
"Frescura."	Naturalidad
"Algo muy orgánico y limpio."	Pureza y naturalidad
"Calma y modernidad."	Equilibrio contemporáneo
"Me parecen muy culturales pero al mismo tiempo limpios y modernos."	Identidad cultural moderna

Nota: Validación con usuarios potenciales. Elaboración propia.

#### Cuadro 4. Fase 4: Aspectos a cambiar

Comentario del participante	Aspecto a mejorar o sugerencia
"Ninguno."	Sin observaciones
"Los tonos o las texturas."	Ajustes cromáticos y de acabado
"La parte del protector que recubre la tapa de los AirPods se extiende de una forma"	Ergonomía del producto
"Ir creando más colores y variaciones en un futuro para adaptarse a muchos más"	Diversificación cromática
"Están perfectos."	Sin observaciones
"Colores o texturas más 'sucias'."	Exploración de nuevas paletas y texturas
"Nada."	Sin observaciones
"La funda de la tablet no se ve práctica; es molesta la idea de tener que sacar y guardar"	Funcionalidad y usabilidad
"Nada."	Sin observaciones
"Ninguno."	Sin observaciones
"Que muestren algo más relación con la cultura guatemalteca en general."	Refuerzo de identidad cultural
"Variación de colores."	Ampliación de opciones cromáticas
"El diseño no especifica si su cierre es de metal o imán."	Claridad en los detalles técnicos
"Tal vez brindar opciones o modificaciones para hacer más accesible el uso del iPad, que"	Accesibilidad y compatibilidad

Nota: Validación con usuarios potenciales. Elaboración propia.

#### Cuadro 5. Fase 4: ¿Qué producto te resultó más atractivo?

Comentario del participante	Producto preferido
"El de los AirPods porque es el que uso más y se ve más compacto."	Funda para AirPods
"El protector para AirPods porque siempre cargo mis audífonos a la mano y me gustaría que tuvieran una apariencia diferente, interesante y atractiva. Creo que el protector podría ser motivo para iniciar una conversación; alguien podría preguntar '¿Dónde conseguiste eso?' o '¿Por qué se ve así?'"	Funda para AirPods
"La línea: El Cahabonero, el concepto y el color son bastante atractivos."	Línea <i>El Cahabonero</i>
"El strap porque se me hace muy útil y versátil."	Strap
"AirPods, porque solo esto usaría."	Funda para AirPods
"El estuche de iPad porque es lo que más uso."	Funda para iPad
"El strap, es el único que compraría. La funda de tablet no me parece funcional, no utilizo AirPods, y solamente el strap es un ítem que adquiriría."	Strap
"El de iPad, pues no he visto cases con ese material."	Funda para iPad
"Los tres me parecen atractivos y sobre todo muy útiles en estos tiempos tecnológicos."	Los tres productos
"La funda para iPad es mayormente atractiva, además de ser la principal razón por la que los clientes comprarían el producto."	Funda para iPad
"Me gustó la línea completa, me parece que es un conjunto muy completo y atractivo."	Los tres productos
"El de AirPods por lo funcional, adaptable y que es el producto que más uso."	Funda para AirPods
"Los tres hacen juego."	Los tres productos
"La funda para iPad, ya que la de AirPods probablemente sería mi segunda opción en compra por la funcionalidad, y la cinta ya es un plus."	Funda para iPad
"Funda para AirPods."	Funda para AirPods
"El de los AirPods me parece más atractivo por su funda y diseño."	Funda para AirPods

Nota: Validación con usuarios potenciales. Elaboración propia.

## Cuadro 6. Fase 4: Aceptación en el mercado guatemalteco

Comentario del participante	Percepción sobre el potencial del producto
"Sí, sí tienen buen precio."	Aceptación positiva condicionada al precio
"Creo que sí, sería exitoso en ciertos espacios."	Éxito parcial en nichos específicos
"Sí y aportaría mucho a la educación ambiental ya que resaltaría la importancia de innovar y de que es posible buscar alternativas no tan dañinas al medio ambiente."	Valor educativo y ambiental
"Sí, debido a que cada vez más los guatemaltecos están en busca de alternativas estéticamente modernas y que los conecten con lo que ellos consideran del país."	Conexión cultural y modernidad
"Tal vez solo el estuche de los AirPods, porque las personas ya tienen fundas para iPads y es más normal cambiar de funda de AirPods."	Mayor aceptación del estuche para AirPods
"Sí, porque se basa en un producto que se da mucho en Guatemala."	Aceptación por vínculo local
"No, las personas guatemaltecas tratan de utilizar accesorios que reflejen estilos europeos. Ya dependería del costo, si fuese muy bajo para que lo escojan por encima de otras opciones."	Aceptación limitada por tendencias y precio
"Considero que los tres son flexibles en el mercado."	Viabilidad general
"Sí, bastante aceptación, pues como repito, estamos en tiempos de tecnología y cuidar de los aparatos es necesario y más importante si de la mano cuidamos el medio ambiente."	Alta aceptación y conciencia ambiental
"Sí, porque reflejan un poco de la esencia de la cultura guatemalteca."	Valor cultural positivo
"Sí, pero por como funciona el mercado, los más interesados podrían ser los turistas."	Potencial en mercado turístico
"Creo que la barrera de entrada es significativa, pero un precio competitivo y mucha visualización serían de gran ayuda."	Desafío de posicionamiento
"Los tres."	Aceptación general de la línea completa
"Sí, está muy de moda comprar productos para nuestros aparatos tecnológicos; yo agregaría un protector para teléfono en lugar de la cinta."	Interés general con propuesta adicional
"Considero que sí, pero para un mercado específico como estudiantes, porque son quienes comúnmente utilizan estos productos."	Segmentación hacia público joven
"Me parece que no es imposible; aunque tiene bastante competencia, me parece que sí tiene una oportunidad muy amplia en lugares turísticos y zonas grandes."	

Nota: Validación con usuarios potenciales. Elaboración propia.

## Cuadro 7. Fase 4: Precio de producto

Comentario del participante	Funda para iPad (Q)	Funda para AirPods (Q)	Strap (Q)	Observaciones
"AirPods 150, iPad 300, strap 100."	300	150	100	—
"Funda para iPad: Q450; Protector para AirPods: Q350;"	450	350	150	—
"250-350 por producto, 800 línea completa."	300 (prom.)	300 (prom.)	200 (prom.)	Disposición alta
"iPad: Q135, auriculares: Q95, strap: Q45."	135	95	45	—
"iPad: 200, AirPods: 100, strap: 70."	200	100	70	—
"Q250."	250	—	—	Sin especificar producto
"Yo estaría dispuesto a pagar máximo Q100 por la funda de"	100	50	15	Límite inferior
"Q100-Q200."	150 (prom.)	—	—	—
"Funda para iPad 200.00, funda AirPods 125.00, correa 100.00."	200	125	100	—
"Q150.00 o 180.00."	165 (prom.)	—	—	—
"Funda iPad Q230, funda AirPods Q150, strap Q75."	230	150	75	—
"Correa: Q40, estuches: Q200."	200	—	40	—
"Q120."	120	—	—	—
"Q150."	150	—	—	—
"200."	200	—	—	—
"iPad: Q250, AirPods: Q120, strap: Q50."	250	120	50	—

Nota: Validación con usuarios potenciales. Elaboración propia.

## **B. Propuesta de branding y packaging para la línea raíces**

Como parte de la propuesta final, se definió un empaque tipo sobre elaborado con cartón kraft reciclado, el cual respondía a los principios de sostenibilidad y simplicidad que caracterizan la línea Raíces.

Este tipo de empaque permitió una presentación práctica, ecológica y visualmente coherente con la estética natural del biomaterial, además de requerir un bajo consumo de materiales y procesos de fabricación.

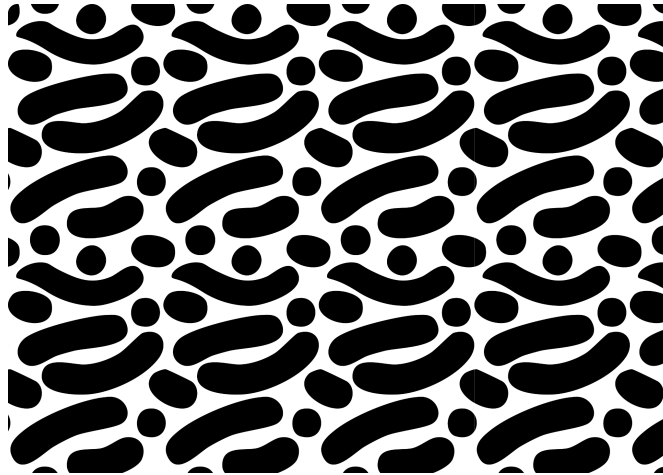
El empaque incluyó una impresión serigráfica o estampado ecológico, en la cual se aplicó el branding diseñado específicamente para la línea de productos, reforzando la identidad visual del proyecto. Esta aplicación mantuvo un diseño limpio y sobrio, en armonía con la filosofía artesanal y sostenible que sustentó toda la propuesta.

A partir de los desarrollado en la fase 2 y de la creación de los conceptos previamente definidos, se diseñaron patrones basados en abstracciones de los elementos que sirvieron de inspiración para cada subconcepto. Estas referencias incluyeron el chile cahabonero, asociado a la energía y vitalidad; el collar de protección, como símbolo de resguardo espiritual; y las máscaras de jaguar utilizadas en el baile del venado, representando la fuerza y la conexión con la naturaleza.

### **1. Patrón El Cahabonero**

Inspirado en el chile seco característico de la región de Alta Verapaz, símbolo de energía y vitalidad, este diseño se desarrolló como una abstracción visual del chile antes de ser molido para su consumo, representando el dinamismo y la fuerza presentes en el subconcepto El Cahabonero.

Figura 36. Fase 4: Branding y packaging

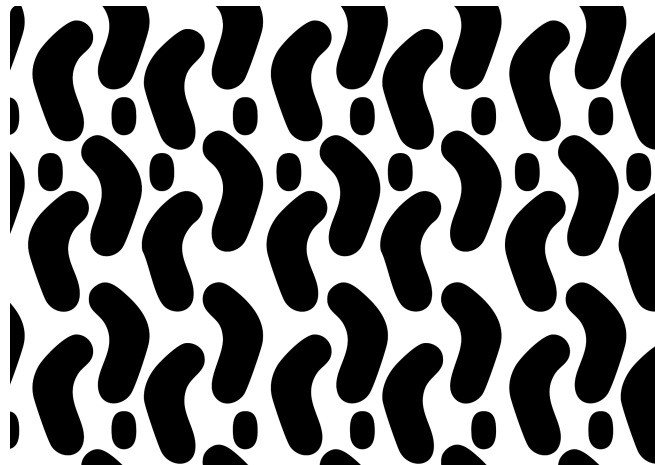


Nota: Diseño de Patrón. Elaboración propia.

## 2. *Patrón Mal de Ojo*

Representando la protección espiritual contra las malas energías, este diseño tomó como referencia la abstracción de un collar perteneciente al traje típico de Cahabón, Alta Verapaz, símbolo de resguardo y equilibrio.

Figura 37. Fase 4: Branding y packaging

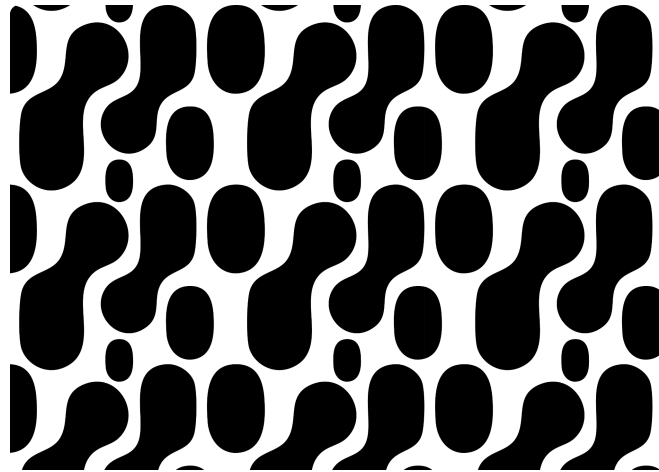


Nota: Diseño de Patrón. Elaboración propia.

### 3. *Patrón Los Balam*

Inspirado en los guardianes de la selva, protectores de la tierra y la naturaleza, este diseño se desarrolló a partir de las máscaras tradicionales de jaguar utilizadas en el baile folklórico La Danza del Venado, una representación cultural que se practica en las tierras de Alta Verapaz, vinculada a la fuerza y sabiduría ancestral.

Figura 38. Fase 4: Branding y packaging



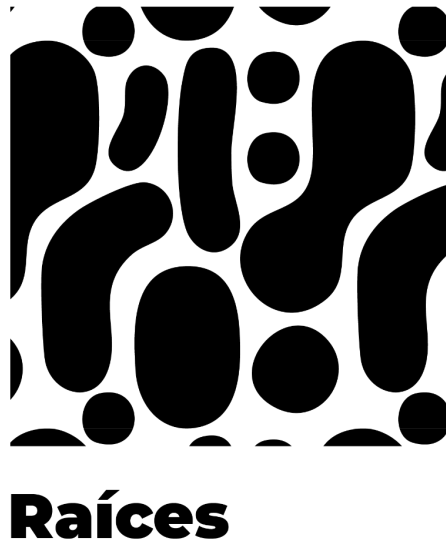
Nota: Diseño de Patrón. Elaboración propia.

A partir de los tres subconceptos desarrollados, se diseñó un logotipo que combina elementos visuales derivados de cada uno de los patrones, representando la unificación simbólica de la línea Raíces.

Este logotipo se construyó bajo la modalidad de combination mark, integrando un símbolo gráfico junto al nombre de la marca para reforzar su identidad visual.

La tipografía seleccionada fue Montserrat Bold como tipografía principal y Montserrat Light como tipografía secundaria, por su legibilidad, equilibrio y estilo contemporáneo, que complementa la estética limpia y natural del proyecto.

Figura 39. Fase 4: Logo de marca



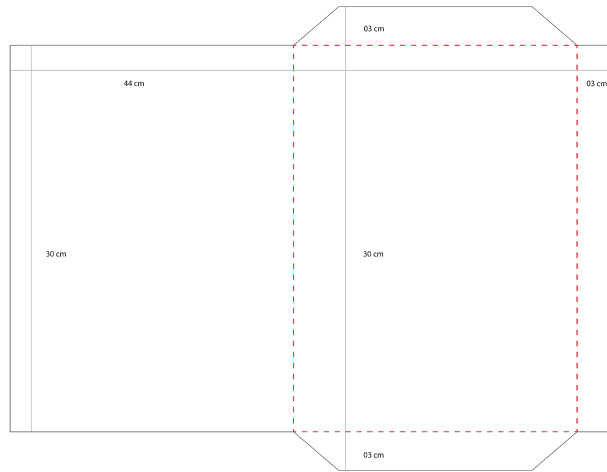
Nota: Diseño de Logo. Elaboración propia.

Con el propósito de definir los empaques para cada producto de la línea Raíces, se elaboraron troqueles a escala basados en las dimensiones reales de los accesorios para productos tecnológicos. A partir de las medidas finales de la funda para iPad, la funda para AirPods y el strap, se diseñaron empaques tipo sobre, adecuados para proteger y presentar cada pieza de forma práctica y sostenible.

Los troqueles fueron desarrollados para ser fabricados en cartulina de papel kraft, material que responde a los principios de simplicidad del proyecto. Este tipo de empaque permite un ensamblaje sencillo necesitando pocos adhesivos plásticos como tiras de goma fina para cerrar pliegues, además de mantener coherencia estética con la textura natural del biomaterial utilizado en los productos.

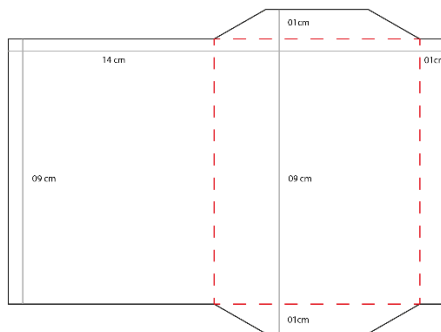
En la representación gráfica de los troqueles, la línea negra indica el contorno de corte, mientras que la línea roja punteada señala los pliegues o dobleces necesarios para el armado del empaque. Estas guías facilitan la comprensión del proceso de montaje y garantizan precisión durante la etapa de producción o prototipado.

**Figura 40. Fase 4: Troquel funda de iPad**



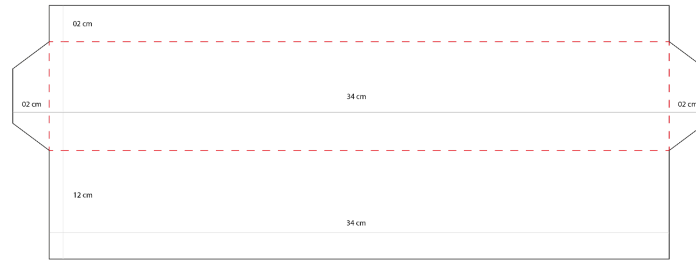
Nota: Troquel de fabricación. Elaboración propia.

**Figura 41. Fase 4: Troquel funda de AirPods**



Nota: Troquel de fabricación. Elaboración propia.

Figura 42. Fase 4: Troquel Strap



Nota: Troquel de fabricación. Elaboración propia.

Figura 43. Fase 4: Troquel con diseño



Nota: Troquel de fabricación con ilustración. Elaboración propia.

Figura 44. Fase 4: Troquel con diseño



Nota: Troquel de fabricación con ilustración. Elaboración propia.

### **C. Estimación de costos y viabilidad económica**

Con el objetivo de determinar la factibilidad económica de los productos desarrollados en la línea Raíces, se realizó una estimación de costos basada en los materiales, procesos de fabricación y acabados empleados en los prototipos.

El propósito de este análisis es establecer un rango de precios de producción y venta que permita visualizar la posible inserción del producto en el mercado nacional, considerando una escala de producción artesanal o semi-industrial.

El costeo incluye la valoración del biomaterial elaborado a partir del culmo de maíz, los insumos adicionales utilizados (como glicerina, alginato y pigmentos naturales), así como el tiempo estimado de mano de obra, empaque y posibles márgenes de ganancia.

De esta manera, se busca proponer un modelo económico sostenible que favorezca la producción local, la valorización de los residuos agrícolas y la competitividad frente a productos convencionales hechos con plásticos.

**Cuadro 8. Fase 4: Costos de funda iPad**

Concepto	Cantidad utilizada	Costo unitario (Q)	Costo total (Q)
Glicerina	10 oz	12	12
Gelatina sin sabor	25 g	6.1	5.44
Agua	250 ml	—	0
Culmo de maíz	10 g	—	—
Colorante natural	1 pizca	8	0.5
Cera de abeja	—	95.00 / 16 oz	5.94
Hilo	—	—	1
Ganchos mosquetones	1 unidad	3.75	3.75
<b>Subtotal</b>	—	—	<b>28.63</b>
<b>+ Mano de obra estimada</b>	—	—	<b>13</b>
<b>Costo total unitario</b>	—	—	<b>41.6</b>
<b>Precio sugerido (50% margen)</b>	—	—	<b>Q65</b>

Nota: Cuadro de costos. Elaboración propia.

**Cuadro 9. Fase 4: Costos de funda AirPods**

Concepto	Cantidad utilizada	Costo unitario (Q)	Costo total (Q)
Glicerina	5 oz	12	6
Gelatina sin sabor	10 g	6.1	2.18
Culmo de maíz	5 g	—	—
Agua	150 ml	—	—
Colorante natural	1 pizca	8	0.5
Cera de abeja	—	95.00 / 16 oz	3.56
Hilo	—	—	1
Ganchos mosquetones	1 unidad	3.75	3.75
<b>Subtotal</b>	—	—	<b>16.99</b>
<b>+ Mano de obra estimada</b>	—	—	<b>8</b>
<b>Costo total unitario</b>	—	—	<b>24.99</b>
<b>Precio sugerido (50% margen)</b>	—	—	<b>Q35</b>

Nota: Cuadro de costos. Elaboración propia.

**Cuadro 10. Fase 4: Costos de producto**

Concepto	Cantidad utilizada	Costo unitario (Q)	Costo total (Q)
Glicerina	4 oz	12	4
Gelatina sin sabor	8 g	6,1	1,74
Agua	100 ml	—	0
Colorante natural	1 pizca	8	0,5
Cera de abeja	—	95,00 / 16 oz	2,38
Hilo	—	—	1
Ganchos mosquetones	1 unidad	3,75	3,75
<b>Subtotal</b>	—	—	<b>13,37</b>
<b>+ Mano de obra estimada</b>	—	—	<b>9,35</b>
<b>Costo total unitario</b>	—	—	<b>23,12</b>
<b>Precio sugerido (50% margen)</b>	—	—	<b>Q25</b>

Nota: Cuadro de costos. Elaboración propia.

**Cuadro 11. Fase 4: Costos de producto**

Producto	Costo total unitario (Q)	Margen aplicado (50%)	Precio sugerido de venta (Q)
Funda para iPad	41,6	20,8	<b>65</b>
Funda para AirPods	24,99	12,5	<b>35</b>
Strap corto tipo asa	23,12	11,56	<b>25</b>
<b>Total estimado del set completo</b>	—	—	<b>125</b>

Nota: El cálculo de costos se realizó con base en los materiales empleados en la fabricación artesanal del biomaterial a base de culmo de maíz y los elementos de ensamble (como ganchos mosquetones e hilo). El margen de ganancia del 50% permite cubrir gastos indirectos y valorar la mano de obra artesanal. Elaboración propia.

## D. Documentación técnica del producto

Este paso permitió definir los parámetros necesarios para la reproducción, control de calidad y escalabilidad de los productos desarrollados.

Incluye fichas técnicas de materiales, procesos de fabricación, planos, medidas y detalles constructivos.

**Cuadro 12. Fase 4: Ficha técnica del biomaterial**

<b>Nombre del material:</b>	<b>Bioplástico a base de culmo de maíz</b>
<b>Composición:</b>	Gelatina sin sabor, glicerina, culmo de maíz, colorante natural y agua.
<b>Origen:</b>	Biomaterial elaborado a partir del culmo de maíz (residuo agrícola guatemalteco).
<b>Tipo de material:</b>	Flexible, biodegradable, biobasado.
<b>Coloraciones disponibles:</b>	Natural, blanco hueso y rosado rojizo (según subconcepto de diseño).
<b>Propiedades físicas:</b>	Buena flexibilidad, textura natural, superficie moldeable y grabable en relieve artesanal.
<b>Técnica de fabricación:</b>	Mezcla y cocción de los ingredientes, vertido en moldes planos, secado a temperatura ambiente
<b>Aplicaciones:</b>	Elaboración de láminas para accesorios tecnológicos, fundas y elementos decorativos.
<b>Ventajas:</b>	Biodegradable, estética natural y adaptable a procesos artesanales.
<b>Limitaciones:</b>	Sensible a la humedad y a altas temperaturas prolongadas.
<b>Proceso de degradación:</b>	Biodegradación natural entre 30 y 90 días en condiciones controladas de compostaje.

Nota: Ficha técnica de materiales para fabricación. Elaboración propia.

Como se observa en el Cuadro 12 el biomaterial desarrollado, elaborado a partir de gelatina sin sabor, glicerina, culmo de maíz, agua y colorante en polvo, presentó una estructura flexible y parcialmente hidrosoluble, lo que favorece su proceso de degradación natural.

Este tipo de formulaciones, basadas en matrices proteicas y plastificantes naturales, son reconocidas por su capacidad de descomponerse en periodos relativamente cortos bajo condiciones ambientales controladas, como humedad moderada y temperatura estable.

De acuerdo con investigaciones previas sobre bioplásticos elaborados con gelatina y glicerina, estos materiales pueden degradarse completamente en un rango estimado de 30 a 90 días, dependiendo de la proporción de los componentes y del entorno de exposición (Jiang et al., 2021; Venkatesan & Rajeswari, 2019).

Por lo tanto, se estima que el biomaterial obtenido en esta propuesta puede presentar un comportamiento de biodegradación similar, contribuyendo así a la reducción del impacto ambiental generado por los plásticos convencionales.

**Cuadro 13. Fase 4: Ficha técnica del producto: Funda para ipad**

<b>Nombre del producto:</b>	<b>Funda para iPad</b>
<b>Dimensiones:</b>	27 cm (alto) × 20 cm (ancho) + márgenes de costura.
<b>Material principal:</b>	Biomaterial a base de culmo de maíz.
<b>Componentes:</b>	Cuerpo principal, solapa semicircular (13 cm), cierre de velcro, hilo, gancho
<b>Técnicas de unión:</b>	Costura interna.
<b>Color base:</b>	Hueso, rosado rojizo y natural, correspondientes a los subconceptos.
<b>Acabado superficial:</b>	Sellado con cera natural.
<b>Modo de uso:</b>	Protección externa para iPad, compatible con distintos modelos estándar.

Nota: Ficha técnica de materiales para fabricación. Elaboración propia.

**Cuadro 14. Fase 4: Ficha técnica del producto: Funda para airpods**

<b>Nombre del producto:</b>	<b>Funda para AirPods</b>
<b>Dimensiones:</b>	7 cm (alto) × 5 cm (ancho).
<b>Material principal:</b>	Biomaterial a base de culmo de maíz.
<b>Componentes:</b>	Cuerpo principal, solapa semicircular, cierre de velcro, gancho mosquetón.
<b>Técnicas de unión:</b>	Costura interna.
<b>Color base:</b>	Hueso, rosado rojizo y natural, correspondientes a los subconceptos.
<b>Acabado superficial:</b>	Sellado con cera natural.
<b>Modo de uso:</b>	Protección externa para estuche de AirPods (segunda y tercera generación).

Nota: Ficha técnica de materiales para fabricación. Elaboración propia.

**Cuadro 15. Fase 4: Ficha técnica del producto: Strap**

<b>Nombre del producto:</b>	<b>Strap corto tipo asa</b>
<b>Dimensiones:</b>	30 cm (largo) × 4 cm (ancho).
<b>Material principal:</b>	Biomaterial de culmo de maíz.
<b>Componentes:</b>	Cinta base, gancho mosquetón, hilo para refuerzo.
<b>Técnicas de unión:</b>	Costura doble reforzada.
<b>Color base:</b>	Hueso, rosado rojizo y natural, correspondientes a los subconceptos.
<b>Acabado superficial:</b>	Sellado con cera natural.
<b>Modo de uso:</b>	Asa complementaria para transportar fundas u otros accesorios.

Nota: Ficha técnica de materiales para fabricación. Elaboración propia.

## **XI. CONCLUSIONES**

El desarrollo de este proyecto permitió comprobar que el culmo de maíz posee un alto potencial como materia prima biodegradable y alternativa sostenible para la creación de nuevos biomateriales.

La línea Raíces consolidó una propuesta que combina identidad cultural, diseño responsable y aprovechamiento local de recursos, contribuyendo al fortalecimiento del diseño sostenible en el país.

Se confirmó que los usuarios valoran positivamente los materiales naturales y las propuestas que promueven una relación más consciente con el entorno.

Se demostró el potencial del diseño como herramienta de cambio social y ambiental, capaz de impulsar modelos de producción más naturales y de inspirar nuevas líneas de investigación en biomateriales guatemaltecos.

Finalmente, el proyecto Raíces no solo representa una alternativa ecológica tangible, sino también un punto de partida hacia una industria del diseño más ética, local y responsable.

## **XII. RECOMENDACIONES**

1. Se recomienda analizar el ciclo de vida del material, para conocer su durabilidad y evaluar su potencial dentro de una economía circular.
2. Seguir realizando mejoras en el biomaterial, para definir su resistencia, durabilidad y comportamiento, así como también evaluar distintos grosores para identificar las condiciones óptimas de aplicación.
3. Establecer convenios o alianzas con agricultores locales, para garantizar un suministro constante de culmo de maíz y fomentar el aprovechamiento responsable de los residuos agrícolas.
4. Profundizar el estudio de los usuarios potenciales, con el objetivo de comprender sus preferencias estéticas y funcionales, lo que permitirá incorporar texturas o acabados adicionales.
5. Explorar colaboraciones con cooperativas o talleres artesanales, con el fin de agregar un valor social y cultural al proceso productivo, promoviendo la inclusión laboral y la preservación de técnicas manuales.
6. Implementar estrategias de comunicación digital, utilizando redes sociales y plataformas en línea para dar a conocer el producto y sensibilizar al público sobre el valor del diseño sostenible.

## XIII. BIBLIOGRAFÍA

Amalia, D., Saleh, D., & Djonaedi, E. (2020). Synthesis of biodegradable plastics using corn starch and corn husk as the fillers as well as chitosan and sorbitol. *Journal of Physics: Conference Series*, 1442(1), 012007. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1442/1/012007>

American Chemical Society. (2020). Inspection of degradation rates of common plastics under environmental conditions. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*. <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acssuschemeng.9b06635>

Bocken, N. M. P., Short, S. W., Rana, P., & Evans, S. (2016). A literature and practice review to develop sustainable business model archetypes. *Journal of Cleaner Production*, 65, 42–56. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.11.039>

CONCYT – SENACYT Guatemala. (2018). *Informe Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2018*. Ciudad de Guatemala. <https://concyt.gob.gt/wp-content/uploads/2021/10/InformeNacionalCTI2018.pdf>

Ellen MacArthur Foundation. (2019). *Completing the picture: How the circular economy tackles climate change*. <https://ellenmacarthurfoundation.org>

European Bioplastics. (2021). *Bioplastics market data 2021*. <https://www.european-bioplastics.org/market>

Extraction, chemical composition, and characterization of potential lignocellulosic biomasses and polymers from corn plant parts. (2019). *Bioresources / NC State*.

Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N. M. P., & Hultink, E. J. (2017). The circular economy – A new sustainability paradigm? *Journal of Cleaner Production*, 143, 757–768. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.048>

Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura – IICA. (2021). *Residuos agrícolas en Centroamérica: Retos y oportunidades para la bioeconomía circular*. San José, Costa Rica. <https://repositorio.iica.int/handle/11324/17179>

International Union for Conservation of Nature (IUCN). (2024). *Plastic pollution: Issues brief*. <https://www.iucn.org/resources/issues-briefs/plastic-pollution>

Jiang, Y., Lan, W., Sameen, D. E., Ahmed, S., Qin, W., Zhang, Q., & Liu, Y. (2021). Gelatin-based edible films and coatings for food packaging applications. *Food Chemistry*, 358, 129431. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129431>

Marichelvam, M. K., Jawaid, M., & Asim, M. (2019). Corn and rice starch-based bio-plastics as alternative packaging materials. *Fibers*, 7(4), 32. <https://doi.org/10.3390/fib7040032>

Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales – MARN. (2023). *Informe sobre sostenibilidad y producción limpia en Guatemala*. <https://www.marn.gob.gt>

Narancic, T., Cerrone, F., Beagan, N., & O'Connor, K. E. (2020). Recent advances in bioplastics: Application and biodegradation. *Polymers*, 12(4), 920. <https://doi.org/10.3390/polym12040920>

Ramos, J., Hernández, E., & Pérez, M. (2021). Desarrollo de bioplásticos a partir del culmo de maíz: Análisis de propiedades físico-mecánicas. *Revista Latinoamericana de Biomateriales*, 6(1), 15–24.

Rodríguez, S., & Cortés, A. (2020). Bioplásticos: Una alternativa al uso del plástico convencional. *Revista Iberoamericana de Ciencias*, 7(4), 121–134. <https://ricsh.org/index.php/RICSH/article/view/477>

Rosenboom, J. G., et al. (2021). Bioplastics for a circular economy. *Nature Reviews Materials*.

The Guardian. (2025). Starch-based bioplastic may be as toxic as petroleum-based plastic, study finds.

United Nations. (2025). *In images: Plastic is forever*. <https://www.un.org/en/exhibits/exhibit/in-images-plastic-forever>

Venkatesan, J., & Rajeswari, D. (2019). Preparation and characterization of biodegradable bioplastic using glycerol and gelatin. *Materials Today: Proceedings*, 14, 574–579. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2019.04.158>

Visual Capitalist. (2024). *How long does it take for plastic to decompose?* <https://www.visualcapitalist.com/infographic-how-long-does-plastic-take-to-decompose/>

Woźniak, M., et al. (2021). Chemical and structural characterization of maize stover. *PMC article*.

Yadav, K., et al. (2024). Comprehensive analysis of bioplastics: Life cycle... [Revisión]. *PMC*.

## XIV. ANEXOS

**Figura 45. Recolección de culmo**



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 46. Corte de culmo**



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 47. Culmo de maíz**



Nota: Fotografía del culmo de maíz. Elaboración propia.

**Figura 48. Culmo de maíz seco**



Nota: Fotografía del culmo de maíz. Elaboración propia.

**Figura 49. Culmo de maíz triturado**



Nota: Fotografía del culmo de maíz triturado. Elaboración propia.

**Figura 50. Pruebas de biomaterial**

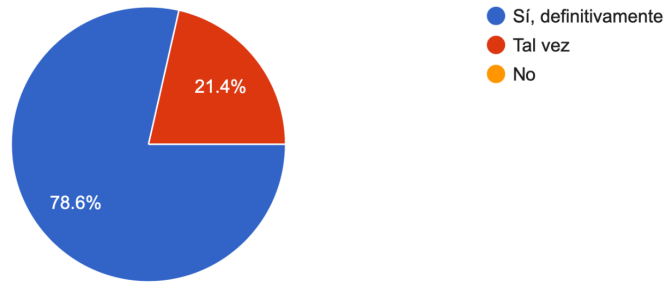


Nota: Fotografía de pruebas de biomaterial. Elaboración propia.

**Figura 51. Validación**

¿Estarías dispuesto/a a adquirir un accesorio tecnológico hecho con biomateriales?

28 respuestas

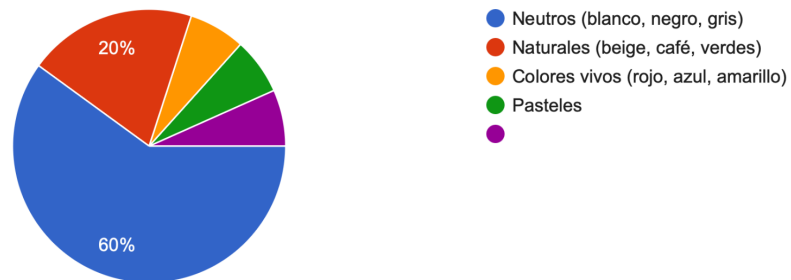


Nota: Validación con usuarios potenciales. Elaboración propia.

**Figura 52. Validación**

¿Qué colores prefieres para accesorios tecnológicos?

15 respuestas

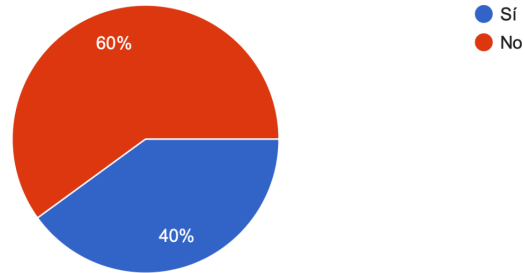


Nota: Validación con usuarios potenciales. Elaboración propia.

**Figura 53. Validación**

¿Te gustaría que tu funda tenga diseños con relieves?

15 respuestas



Nota: Validación con usuarios potenciales. Elaboración propia.

**Figura 54. Moodboard inspiracional de concepto raíces**



Nota: Moodboard inspiracional. Elaboración propia.