



Universidad de Chile
Facultad de Arquitectura y Urbanismo
Escuela de Pregado



Kaffa

Potenciador de la experiencia de beber
café en cafeterías especializadas, desde
sus residuos

Memoria para optar al título de Diseñadora Industrial

María Esperanza Morales Miqueles
Profesora guía: Andrea Wechsler

Santiago, Chile. 2024

Agradecimientos

A mi familia, por su apoyo y cariño durante el proceso universitario.

A mis amigos y seres queridos que siempre me motivaron y acompañaron.

A la profesora Andrea Wechsler por la paciencia y por haberme guiado en este proceso.



Dedicatoria

A mis peques que me acompañaron durante toda mi vida y
que ahora lo hacen desde arriba.



M. M. B.

Índice

Introducción.....	10	Capítulo 2: Metodología.....	26
Hipótesis.....	11	Resumen metodologías.....	27
Objetivo general.....	11	Etapa 1.....	28
Objetivos específicos.....	11	1.1 Preparación de la borra de café para su posterior uso	
Resumen metodología.....	11	1.1.1 Secado del residuo y análisis de humedad.....	29
Capítulo 1: Revisión de literatura.....	12	1.1.2 Análisis granulométrico.....	29
El café y su experiencia.....	13	Etapa 2.....	31
El origen del café.....	13	2.1 Seleccionar el aglomerante que cumpla con los	
De la planta de café a la bebida.....	13	criterios	32
Análisis del ciclo de vida del café.....	13	2.1.1 Seleccionar el aglomerante.....	32
Consumo de café en Chile.....	14	2.1.2 Realizar pruebas entre la borra y el aglomerante.....	32
El residuo del consumo.....	14	2.2 Definir las proporciones entre el residuo y el	
La borra de café.....	14	aglomerante.....	33
Compónentes de la borra de café.....	15	2.2.1 Evaluar las probeas para definir la mezcla final.....	33
Compuestos volátiles.....	16	Etapa 3.....	33
Impacto ambiental de la borra de café.....	17	3.1 Caracterización física del material.....	34
Sustentabilidad.....	17	3.2 Realizar pruebas de humectabilidad	35
Materiales biobasados.....	18	3.3.1 Prueba dela gota y liberación de material en agua	
Diseño a través de las emociones.....	18	caliente.....	35
Diseño emocional.....	18	3.3.1 Pruebas de densidad, contenido de humedad,	
La experiencia de beber café.....	20	absorción de agua e hinchamiento	35
¿Cómo se podría potenciar esta experiencia?.....	20	3.4 Realizar pruebas de trabajabilidad	37
Cómo influye la taza en la percepción del café.....	21	3.5 Realizar pruebas de resistencia a agentes externos	37
El olfato como generador de recuerdos.....	22	3.5.1 Ensayo de resistencia a reactivos químicos.....	38
Estado del arte.....	23	3.5.2 Evaluar degradicilidad en el exterior.....	39
Referentes y su relación con el proyecto.....	23	3.4 Realizar evaluación perceptual.....	39
Criterios de sustentabilidad.....	25	3.6.1 Encuesta de evaluación perceptual.....	40
		Etapa 4.....	41
		4.1 Diseñar y fabricar prototipos.....	41
		4.1.1 Desarrollar propuesta conceptual.....	41
		4.1.2 Desarrollo de propuesta formal.....	41
		4.1.3 Fabricar propuesta.....	41

Etapa 5.....	42	Etapa 4.....	58
5.1 Validar el prototipo con el usuario.....	43	4.1 Diseñar y fabricar prototipos.....	58
Capítulo 3: Resultados.....	44	4.1.1 Desarrollar propuesta conceptual.....	60
Etapa 1.....	45	4.1.2 Desarrollo de propuesta formal.....	64
1.1 Preparación de la borra de café para su posterior uso.....	45	4.1.3 Fabricar propuesta.....	67
1.1.1 Secado del residuo y análisis de humedad.....	45	Etapa 5.....	70
1.1.2 Análisis granulométrico.....	45	5.1 Validar el prototipo con el usuario.....	70
1.1.3 Determinar el formato de borra a utilizar.....	45	Capítulo 4: Conclusiones.....	72
Etapa 2.....	46	Capítulo 5: Proyecciones.....	74
2.1 Seleccionar el aglomerante que cumpla con los		Referencias bibliográficas.....	76
criterios	46	Anexo.....	79
2.1.1 Seleccionar el aglomerante.....	46		
2.1.2 Realizar pruebas entre la borra y el aglomerante.....	47		
2.2 Definir las proporciones entre el residuo y el			
aglomerante.....	48		
Etapa 3.....	50		
3.1 Caracterización física del material.....	50		
3.2 Realizar pruebas de humectabilidad.....			
3.2.1 Prueba de la gota y liberación de material en agua	50		
caliente	50		
3.3.1 Pruebas de densidad, contenido de humedad, absorción			
de agua e hinchamiento.....	52		
3.4 Realizar pruebas de trabajabilidad	55		
3.5 Realizar pruebas de resistencia a agentes externos	56		
3.5.1 Ensayo de resistencia a reactivos químicos.....	56		
3.5.2 Evaluar degradabilidad en el exterior.....	57		
3.6 Realizar evaluación perceptual.....	58		
3.6.1 Encuesta de evaluación perceptual.....	58		

Índice de figuras

Figura 1: Ciclo del café desde la plantación hasta el residuo. Elaboración propia.....	13	Figura 21: Esquema de conformación de las probetas. Elaboración propia.....	47
Figura 2: Esquema Economía lineal y Economía circular del café. Basado en el esquema de Forsch, 1992. Elaboración propia.....	17	Figura 22: Probetas con variación de tamaño de partícula y porcentaje de carga. Elaboración propia.....	48
Figura 3: Esquema metodológico del Diseño Emocional. Fuente: (Desmet, 2002).....	19	Figura 23: Resultados prueba de liberación de material en agua caliente. Elaboración propia.....	50
Figura 4: Taza tulipan, abierta y dividida. Fuente: Van Dorn... 21	21	Figura 24: Resultado molde PLA. Elaboración propia	55
Figura 5: Mapa de productos. Elaboración propia.....	22	Figura 25: Resultado molde madera. Elaboración propia	55
Figura 6: Biomaterial hecho con borra de café. Fuente: www.artisananroast.cl, 2022.....	23	Figura 26: Resultados grabado láser. Elaboración propia	55
Figura 7: Centro de mesa hecho de material de borra de café. Fuente: www.decafé.com, 2016.....	23	Figura 27: Probetas antes y después de la prueba de inmersión. Elaboración propia.....	56
Figura 8: Taza de borra de café. Fuente: www.wetimobiomateriales.myshopify.com, 2022.....	24	Figura 28: Probetas antes y después de la prueba de limpieza. Elaboración propia.....	57
Figura 9: Taza Kaffeeform. Fuente: www.kaffeeform.com.....	24	Figura 29: Registro de fotos de la probeta semanalmente. Elaboración propia.....	57
Figura 10: Borra recién recolectada. Elaboración propia.....	29	Figura 30: Resultados encuesta perceptual. Elaboración propia.....	58
Figura 11: Tamices Biolab FAU. Elaboración propia.....	30	Figura 31: Observación de usuarios en cafeterías mediante sketching. Elaboración propia.....	61
Figura 12: Mezcla de Poliuretano biobasado en relación 2:1. Elaboración propia.....	32	Figura 32: Arquetipo de usuario. Elaboración propia.....	62
Figura 13: Registro de la prueba de la gota en la superficie del material. Elaboración propia.....	35	Figura 33: Mapeo de conceptos. Elaboración propia.....	63
Figura 14: Implementos para medir la densidad, balanza gramera y pie de metro. Elaboración propia.....	36	Figura 34: Esquema de conceptos. Elaboración propia.....	64
Figura 15: Toma de medidas probeta para prueba de hinchamiento. Elaboración propia.....	37	Figura 35: Moodboard de concepto Vínculo acogedor basado en referentes web. Elaboración propia.....	64
Figura 16: Molde PLA. Elaboración propia.....	37	Figura 36: Morfología de los osos en base a observación de fotografías como referente. Elaboración propia.....	65
Figura 17: Parámetros para grabado láser. Elaboración propia	38	Figura 37: Exploración de la forma. Elaboración propia.....	66
Figura 18: Probetas en la prueba de inmersión. Elaboración propia.....	38	Figura 38: Bocetos de la taza final. Elaboración propia.....	67
Figura 19: Probetas en la prueba de limpieza colgadas. Elaboración propia.....	39	Figura 39: Proceso de modelado en Rhinoceros 3D. Elaboración propia.....	67
Figura 20: Análisis granulométrico. Elaboración propia.....	46	Figura 40: Render del contenedor. Elaboración propia	68
		Figura 41: Logo y paleta de colores. Elaboración propia	68
		Figura 42: Prototipo PLA después del lijado. Elaboración propia.....	69

<i>Figura 43: Moldes de yeso elaborados a partir del prototipo impreso en PLA. Elaboración propia.....</i>	69
<i>Figura 44: Molde de yeso con el prototipo con el material final. Elaboración propia.....</i>	70
<i>Figura 45: Prototipo PLA junto a prototipo con el materia final. Elaboración propia.</i>	70
<i>Figura 46: Prototipo con el materia final. Elaboración propia.</i>	70
<i>Figura 47: Usuario evaluando el prototipo. Elaboración propia.....</i>	72
<i>Figura 48: Usuario evaluando el prototipo. Elaboración propia.....</i>	72
<i>Figura 49: Elaboración del prototipo final. Elaboración propia</i>	73
<i>Figura 50: Usuarios evaluando el prototipo final. Elaboración propia</i>	74
<i>Figura 51: Usuario evaluando el prototipo final. Elaboración propia</i>	74

Índice de tablas

<i>Tabla 1: Algunas notas aromáticas de los componentes volátiles del café tostado. Composición química de una taza de café, 2011. Elaboración propia.....</i>	16	<i>Tabla 17: Resultado contenido de humedad. Elaboración propia.....</i>	52
<i>Tabla 2: Criterios desde la sustentabilidad y el diseño para crear un material biobasado. Elaboración propia.....</i>	25	<i>Tabla 18: Resultados de absorción de agua del material final. Elaboración propia.....</i>	53
<i>Tabla 3: Tabla resumen de métodos. Elaboración propia.....</i>	27	<i>Tabla 19: Resultados de hinchamiento del material final. Elaboración propia.....</i>	54
<i>Tabla 4: Etapa 1. Caracterizar el residuo de borra de café de cafeterías de especialidad. Elaboración propia.....</i>	28	<i>Tabla 20: Resultados variación de diámetro, espesor y masa de las probetas. Elaboración propia.</i>	56
<i>Tabla 5: Etapa 2. Desarrollo del biomaterial. Elaboración propia.....</i>	31	<i>Tabla 21: Resultados variación de diámetro, espesor y masa de las probetas. Elaboración propia.....</i>	57
<i>Tabla 6: Tabla de descripción de características. Elaboración propia.....</i>	33	<i>Tabla 22: Resultados de la encuesta de validación. Elaboración propia.....</i>	71
<i>Tabla 7: Matriz comparativa de muestras. Elaboración propia.....</i>	34	<i>Tabla 22: Resultados de la encuesta de validación final. Elaboración propia</i>	74
<i>Tabla 8: Etapa 3 Caracterizar el material compuesto mediante la evaluación de sus propiedades. Elaboración propia.....</i>	34		
<i>Tabla 9: Intervalos de confianza para el cálculo de la muestra finita. Elaboración propia.....</i>	40		
<i>Tabla 10: Etapa 4 Desarrollar elemento sensorial para potenciar emociones positivas.....</i>	41		
<i>Tabla 11: Etapa 5. Validar el biomaterial mediante la aplicación como contenedor.....</i>	43		
<i>Tabla 12: Encuesta para validación del prototipo. Elaboración propia.....</i>	44		
<i>Tabla 13: Análisis granulométrico. Elaboración propia.....</i>	46		
<i>Tabla 14: Evaluación perceptual de las probetas Elaboración propia.....</i>	49		
<i>Tabla 15: Resultado densidad de las 9 probetas. Elaboración propia.....</i>	51		
<i>Tabla 16: Resultado promedio probeta del material final. Elaboración propia.....</i>	51		

Índice de gráficos

<i>Gráfico 1: Porcentaje de cafeterías en Chile basado en el Censo cafetero, 2022. Elaboración propia.....</i>	14
<i>Gráfico 2: Porcentaje de componentes de la borra de café. Elaboración propia.....</i>	15
<i>Gráfico 3: Materiales comunes de las tazas Fuente: CES Edu Pack, 2024.....</i>	22
<i>Gráfico 4. Resultado prueba de la gota. Elaboración propia..</i>	50
<i>Gráfico 5. . Variación masa y espesor en la probeta a través del tiempo. Elaboración propia.....</i>	57

Introducción

Este proyecto propone una solución innovadora al problema de los residuos generados por las cafeterías, específicamente la borra de café, mediante el desarrollo de un material biobasado que permitirá la creación de un contenedor sensorial: una taza. Este material no solo contribuirá a reducir el impacto ambiental de los residuos, sino que también busca potenciar la experiencia de disfrutar del café al aprovechar sus propiedades organolépticas y táctiles.

El café es una de las bebidas más populares a nivel mundial, con un consumo estimado de 2 mil millones de tazas al día (Du et al., 2020). Este alto consumo genera una cantidad significativa de residuos, principalmente borra de café, que representa un problema ambiental considerable. En Chile se consumen alrededor de 53,5 millones de tazas al día, lo que genera unas 234 mil toneladas de borra anualmente, que en su mayoría terminan desechadas en vertederos (Rivera, 2022). Este residuo, al descomponerse anaeróbicamente, produce gases de efecto invernadero como el metano y el CO₂, además de generar malos olores y atraer vectores, lo que agrava su impacto ambiental (Cueva, 2020).

Sin embargo, la borra de café posee propiedades únicas que pueden ser aprovechadas. Este residuo contiene celulosa, hemicelulosa y lignina, compuestos que contribuyen a su textura granulosa y a su capacidad para retener aromas característicos del café. Además, incluye compuestos aromáticos como las pirazinas, furanos y oxazoles, responsables de notas ahumadas, dulces, tostadas y terrosas, que enriquecen su perfil sensorial. Estas características hacen de la borra de café un recurso con gran potencial para la creación de materiales innovadores y sostenibles.

El acto de beber café, especialmente en cafeterías especializadas, se ha convertido en una experiencia sensorial y emocional profundamente valorada por los consumidores. Las cafeterías buscan constantemente enriquecer esta experiencia a través de elementos que estimulen los sentidos, creando momentos únicos de disfrute y conexión. En este contexto, reutilizar la borra de café para desarrollar un producto que combine funcionalidad, sostenibilidad y diseño, como una taza, representa una oportunidad para integrar las propiedades del material en una experiencia sensorial más rica. Este enfoque no solo contribuye a la economía circular, sino que también fomenta emociones y recuerdos positivos asociados al consumo de café.

Hipótesis

La borra de café, gracias a sus propiedades organolépticas tales como el aroma, puede ser utilizada como un insumo para potenciar la experiencia de beber café en cafeterías aplicada en un producto para este fin. Este elemento no solo aprovechará los compuestos volátiles que generan el característico olor del café, sino que también inducirá emociones y recuerdos positivos en los usuarios, mejorando la percepción sensorial del acto de beber café

Objetivo General

Valorizar la borra de café como materia prima para crear un contenedor que potencie la experiencia sensorial en cafeterías, aprovechando sus propiedades aromáticas y su textura terrosa para inducir emociones placenteras y recuerdos positivos en los consumidores.

Objetivos Específicos

1. Caracterizar el residuo borra de café de cafeterías de especialidad y su factibilidad de ser utilizada en un material biobasado
2. Desarrollar un material biobasado resistente a la humedad y alta temperatura a partir de borra de café conservando su aroma característico.
3. Evaluar las propiedades físicas, resistencia a agentes externos y perceptuales del material biobasado desde la borra de café desarrollado.
4. Desarrollar un elemento sensorial para potenciar la experiencia de beber café en cafeterías de especialidad desde el material desarrollado.
5. Validar la efectividad sensorial y aceptación del usuario del contenedor de café hecho a partir de borra de café mediante su aplicación en un entorno real en cafeterías.

Resumen metodología

Para lograr el objetivo de este proyecto, se divide cada objetivo específico en una etapa. La primera etapa consistió en recopilar información sobre el consumo de café en cafeterías especializadas en Chile, los impactos ambientales de los residuos generados y el potencial de la borra de café para convertirse en un material biobasado capaz de enriquecer la experiencia sensorial de beber café. En la segunda etapa, se desarrolló el material biobasado utilizando borra de café como componente principal. Posteriormente, en la tercera etapa, se evaluaron las propiedades físicas y funcionales del biomaterial, considerando factores como sus propiedades físicas, su resistencia a la humedad y características sensoriales. La cuarta etapa se centró en el diseño de un elemento sensorial enfocado en el acto de beber café, buscando potenciar la conexión emocional y la experiencia de los usuarios. Finalmente, en la quinta etapa, se evaluó el desempeño del elemento sensorial en un contexto real, implementándolo en cafeterías especializadas para analizar su funcionalidad, aceptación y efectos en los usuarios. Los resultados y conclusiones de estas etapas destacan las posibilidades de revalorizar la borra de café como recurso sostenible y su contribución al diseño de experiencias enriquecedoras para los consumidores de café.

A continuación se presenta el desarrollo de este proyecto.

CAPÍTULO 1

REVISIÓN DE LITERATURA

El café y su experiencia

El origen del café

Se dice que el café es oriundo de Kaffa, en el suroeste de Etiopía, una región montañosa, que alcanza alturas de hasta 3500 metros, de clima y vegetación tropical. Allí nació la planta del café (*Coffea arabica*), en forma silvestre (Wagner, 2001).

Se cuenta que un pastor de cabras llamado Kaldi le asombró el comportamiento que tenían las cabras después de haber mascado algunas cerezas rojas de café en el arbusto, por lo que decidió probar estas cerezas sintiendo una inyección de energía al momento de consumirlas. Entonces Kaldi decidió llevar algunos frutos y ramas de ese arbusto a un monasterio, donde contó la historia de lo que sucedió con las cabras y como él se sintió después de probar sus cerezas. Los monjes decidieron realizar una infusión con las hojas y las cerezas, saliendo una bebida muy amarga, por lo que decidieron tirar la infusión con las hojas y cerezas al fuego. Luego, los monjes comenzaron a percibir un agradable olor que se desprendía de las semillas que habían tirado a la brasa, por lo que retiraron enseguida y realizaron una bebida basada en el café tostado (Imaskafe s.f.; Recalde, 2015).

De la planta de café a la bebida

El café, una de las bebidas más apreciadas en el mundo, se prepara mediante la infusión de las semillas del fruto del cafeto. Estas semillas, conocidas como granos de café, son procesadas y tostadas para resaltar sus características únicas. Su aroma y sabor, inconfundibles, varían según factores como la variedad del grano, su origen, y el método de preparación empleado. No solo es una bebida estimulante, sino también un símbolo de encuentro y conexión en muchas culturas a nivel global.

Análisis de ciclo de vida del café



Figura 1. Ciclo del café desde la plantación hasta el residuo. Elaboración propia.

El viaje del café comienza en las plantaciones, donde las cerezas maduras se recolectan cuidadosamente, ya sea a mano o utilizando métodos como el raspado o el remezón de las ramas. Una vez recolectadas, estas cerezas pasan por un proceso de separación y limpieza que puede realizarse por vía seca (secado al sol) o vía húmeda (fermentación y lavado). Este procesamiento permite obtener los granos de café, que luego se clasifican, pulen y envasan. En esta etapa, el producto se conoce como café verde, y sus características como el aroma, el sabor y la calidad, dependen de diversos factores, entre ellos la variedad del cafeto, el clima y el método de procesamiento.

El tostado es fundamental para transformar los granos verdes en el producto final que llega a las tazas de los consumidores. Durante el tostado, los granos son expuestos a temperaturas entre 200 y 250 °C, lo que provoca una serie de cambios químicos y físicos: los granos se deshidratan, reducen su peso, adquieren un color oscuro (ver figura 1) y liberan aceites aromáticos que intensifican su sabor (Wintgens, 2004).

Existen diversos niveles de tostado, que van desde los más claros, como el New England roast, hasta los más oscuros, como el tostado italiano o espresso. Cada nivel de tostado aporta un perfil único de sabor, permitiendo que los amantes del café disfruten de una amplia gama de experiencias sensoriales.

Consumo de café en Chile

El mercado de café en Chile está experimentando un crecimiento sustancial debido a factores como la creciente demanda de café premium y de especialidades, el aumento de las exportaciones de café chileno y el creciente número de cafeterías en la región (Panorama del Mercado del Café en Chile, 2023).

Las tendencias en relación al café de grano y particularmente el café de especialidad han tomado gran relevancia en los últimos años en Chile, consolidando un nuevo segmento de cafeterías y diferenciándose fuertemente de las cafeterías comerciales.

En la figura 2 se puede observar el porcentaje de cafeterías que existen en Chile (Censo cafetero, 2022) en donde se concentra un alto porcentaje de estas en la región metropolitana con un 38,6%, lo que corresponde a 656 cafeterías de las 1.701 en total.

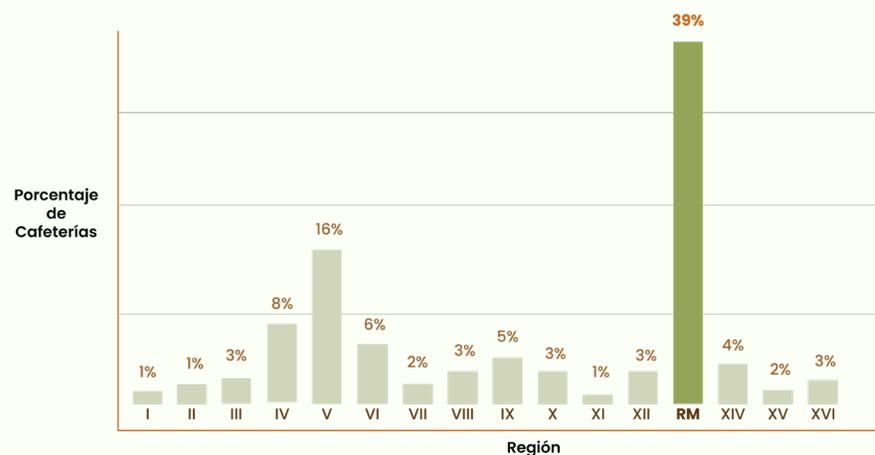


Gráfico 1. Porcentaje de cafeterías en Chile basado en el Censo cafetero, 2022. Elaboración propia.

En Chile, el consumo de café alcanza las 53,5 millones de tazas por día, lo que equivale a alrededor de 19,5 mil millones de tazas consumidas anualmente. Este alto consumo coloca a Chile en un perfil destacado de consumo de café (Rivera, 2022). Con base en estas cifras, se estima que se generan aproximadamente 234 mil toneladas de borra anualmente, la cual es generalmente desechada en vertederos (ver gráfico 1).

El residuo del consumo

La borra de café

La borra de café es el residuo que queda después de preparar café, compuesto principalmente por los granos de café molidos que no se disuelven en el agua durante el proceso de extracción. Este material tiene una textura granulosa y puede contener una pequeña cantidad de aceites y compuestos solubles que aportan sabor y aroma al café.

La borra de café tiene varias aplicaciones, tanto en el ámbito doméstico como industrial. Por ejemplo, se puede utilizar como abono orgánico en jardinería debido a su contenido de nutrientes, como nitrógeno, fósforo y potasio. También se utiliza en la fabricación de productos como exfoliantes naturales para la piel debido a sus propiedades antioxidantes, antiinflamatorias, antihipertensivas y antimicrobianas (Esquivel, Jiménez, 2012), como biocombustibles, y como ingrediente en materiales compuestos y biodegradables, aprovechando su estructura y propiedades.

Además, la borra de café es un subproducto de gran volumen, lo que la convierte en un recurso valioso para la economía circular, ya que su reutilización contribuye a reducir el desperdicio y a fomentar prácticas más sostenibles en la industria del café.

Componentes de la borra de café

La composición de la borra de café se basa principalmente en Celulosa ($12,40 \pm 0,79$), Hemicelulosa ($39,10 \pm 1,94$), Lignina ($23,90 \pm 1,70$), Grasas ($2,29 \pm 0,30$), Cenizas ($1,30 \pm 0,10$), Proteínas ($17,44 \pm 0,10$) y Nitrógeno ($2,79 \pm 0,10$) por cada 100 gramos (Ballesteros et al., 2014). (Ver gráfico 2).

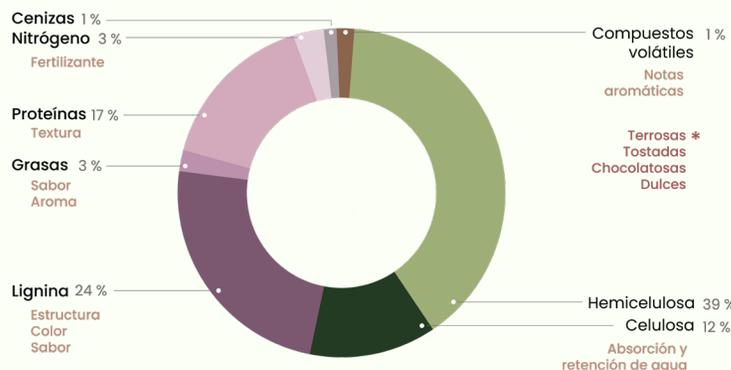


Gráfico 2. Porcentaje de componentes de la borra de café. Elaboración propia.

Cada componente presente en la borra de café tiene funciones específicas y contribuye a sus características particulares, las cuales se presentan a continuación.

La celulosa es un polisacárido que proporciona estructura y rigidez a las paredes celulares de las plantas, incluyendo los granos de café. En la borra de café, la celulosa contribuye a su textura fibrosa y su capacidad para retener agua.

La hemicelulosa es otro tipo de polisacárido presente en las paredes celulares de las plantas. La hemicelulosa es menos rígida que la celulosa y puede retener agua en mayor medida, lo que ayuda a dar a la borra de café su capacidad para absorber líquidos y retener la humedad.

La lignina es un polímero complejo que proporciona resistencia y rigidez a las plantas, especialmente en madera. En la borra de café, la lignina contribuye a su estructura y puede influir en su color y sabor.

Las grasas y proteínas son compuestos que están presentes en la borra de café en cantidades variables. Las grasas pueden proporcionar sabor y aroma, mientras que las proteínas pueden contribuir a la textura y el perfil nutricional de la borra.

El nitrógeno es un nutriente esencial para el crecimiento de las plantas. El nitrógeno en la borra puede ser utilizado por las plantas como fertilizante cuando se utiliza como abono orgánico.

Las cenizas son los residuos minerales que quedan después de quemar la materia orgánica. En la borra de café, las cenizas pueden contener una variedad de minerales que pueden tener efectos beneficiosos como fertilizantes cuando se utilizan como abono.

En resumen, la borra de café es un material rico en componentes que aportan propiedades únicas y diversas. Reforzando la importancia de su valorización como un recurso versátil y sostenible.

Compuestos volátiles

Los compuestos volátiles son moléculas orgánicas que se evaporan fácilmente a temperatura ambiente. Estos son responsables de muchos de los aromas que percibimos en el café. Estos compuestos juegan un papel crucial en la experiencia sensorial del café, ya que contribuyen a su característico aroma.

En la borra de café, los niveles de compuestos volátiles suelen ser menores que en el café recién preparado, aunque aún están presentes en cantidades variables. Estas variaciones dependen de factores como el tipo de grano, el método de preparación y el tiempo transcurrido desde la extracción. Los compuestos volátiles no solo influyen en el aroma característico de la borra, sino también en su sabor, lo que permite aprovecharlos en distintas aplicaciones como en productos cosméticos, materiales sostenibles o elementos que enriquecen experiencias multisensoriales.

En la tabla 1 se muestran algunos compuestos volátiles y sus notas aromáticas

Tabla 1. Algunas notas aromáticas de los componentes volátiles del café tostado. Composición química de una taza de café, 2011. Elaboración propia.

Componentes volátiles	Notas aromáticas
Fenoles	Tabaco, ahumado, amargo, terroso, madera y quemado.
Furanos	Caramelo, azúcar quemado, café tostado y frutal
Aldehídos	Miel, cocido, tostado, madera, verde, ácido, dulce y vainilla.
Pirazinas	Chocolate, tierra, mohoso, nuez, tostado, graso y maní.
Piridinas	Amargo, astringente, caramelo y mantequilla.
Pirroles	Dulce, maíz, cereal, aceite, medicinal, grasa y nuez
Cetonas	Mantequilla, caramelo, dulce, miel, floral, frutal y madera.

Según investigaciones previas, se han encontrado que entre los compuestos de mayor aportación al aroma y al sabor del café están los fenoles, furanos, aldehídos, pirazinas, piridinas, pirroles y cetonas (López et al., 2006). En la tabla 1 se aprecian las notas aromáticas de los principales compuestos de la borra del café.

El sabor dulce y los compuestos volátiles contribuyen en conjunto a la experiencia multisensorial del café, creando asociaciones positivas en el consumidor. El sabor dulce es respaldado por estudios que lo relacionan con emociones placenteras, está asociado con la activación de circuitos cerebrales de recompensa y placer, fortaleciendo la conexión emocional del café con sensaciones de confort y satisfacción.

Por otro lado, los compuestos volátiles, como los aldehídos, furanos y cetonas, son responsables de los matices aromáticos únicos del café. Estos compuestos no solo definen su aroma característico, sino que también refuerzan el impacto emocional del consumo, ya que el olfato está estrechamente vinculado con la memoria y las emociones. En particular, los aromas agradables, como el de cacao o tostado, han demostrado

evocar emociones positivas como bienestar y relajación, potenciando la experiencia global de consumo (Bhumiratana, 2019).

Impacto ambiental de la borra de café

Actualmente, el manejo de residuos representa uno de los mayores desafíos ambientales a nivel global. Entre los desechos orgánicos generados diariamente, la borra de café ocupa un lugar importante debido al consumo masivo de esta bebida alrededor del mundo. Cada año, toneladas de borra de café terminan en vertederos, desaprovechando su potencial como recurso reutilizable y contribuyendo a problemas ambientales significativos. Aunque la borra de café es un subproducto biodegradable, su desecho sin un tratamiento adecuado tiene impactos negativos sobre el medio ambiente, incrementando problemas como la contaminación del suelo, la emisión de gases de efecto invernadero y el agotamiento de los recursos naturales.

La borra de café está compuesta por diversos elementos orgánicos e inorgánicos, incluyendo grasas, aceites, celulosa y lignina. Si bien algunos de estos componentes poseen propiedades valiosas para su posible reutilización, cuando la borra se acumula en vertederos, estas mismas características pueden convertirse en un problema ambiental. El proceso de descomposición de la borra inicia aproximadamente a los tres meses dentro del ambiente anaeróbico en el que se encuentra, ya que no pasa por ningún proceso de separación y se desecha junto con otros residuos orgánicos e inorgánicos. La borra es contaminante porque, debido a sus componentes químicos, como grasas y aceites, durante el proceso de descomposición libera sustancias que acidifican el suelo. Esto afecta los suelos cercanos a los vertederos y genera metano, un gas de efecto invernadero que contribuye significativamente al cambio climático (González, 2007).

Sustentabilidad

La degradación progresiva del medio ambiente es uno de los grandes problemas al que hay que hacer frente para la preservación de nuestro planeta.

Según Artaraz (2002), la sostenibilidad en términos ecológicos implica que la economía adopte un modelo circular, donde se cierre el ciclo de vida de los productos y materiales, tratando de imitar los procesos de la naturaleza. En un sistema de economía circular, los sistemas productivos debieran estar diseñados de tal manera que utilicen exclusivamente recursos y energías renovables, minimizando al máximo el uso de materiales no renovables y la generación de residuos (Artaraz, 2002).



Figura 2. Esquema Economía lineal y Economía circular del café. Basado en el esquema de Forsch, 1992. Elaboración propia.

En este modelo, todos los residuos generados deben ser reciclados o reutilizados de alguna forma, evitando que se conviertan en basura. Por ejemplo, los residuos orgánicos pueden transformarse en compost, que es devuelto a la tierra como fertilizante, cerrando así el ciclo de nutrientes. Los materiales reciclables, como el plástico, el vidrio y el metal, se recolectan y se procesan para convertirse en materias primas que pueden ser utilizadas en la fabricación de nuevos productos.

Además de los beneficios económicos, este modelo de gestión industrial sostenible contribuye significativamente a la protección del medio ambiente. Al disminuir la cantidad de residuos destinados a la disposición final, se reduce la presión sobre los vertederos y se minimizan las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera. Esto tiene un impacto directo en la reducción de la contaminación del aire, lo que mejora la calidad de vida.

De esta manera, los beneficios que se obtienen al adoptar enfoques de economía circular son numerosos y significativos. Al integrar principios de sostenibilidad en los procesos productivos, no solo se optimizan los recursos y se reduce el impacto ambiental, sino que también se generan nuevas oportunidades de negocio y se fortalecen las cadenas de valor. Esto fomenta la innovación y la competitividad de las industrias, incentivando la creación de productos y servicios más sostenibles.

Además, los criterios de economía circular fomentan el diseño de productos que sean duraderos, recuperables y reciclables. Esto incluye la creación de bienes con materiales que puedan ser fácilmente descompuestos y reintegrados en el proceso de producción, reduciendo así la necesidad de extraer nuevos recursos naturales.

Materiales biobasados

Según Karana et al. (2014), existe una creciente tendencia hacia soluciones biobasadas en el diseño, impulsada por la visión de un mundo más limpio y amigable con el medio ambiente. Esto implica una transición hacia sistemas de producción basados en materias primas renovables, con productos diseñados para ser reciclables y biodegradables, alineados con los principios de economía circular.

Tal como señalan Donoso y Wechsler (2020), los materiales biobasados representan una oportunidad clave para la reutilización de residuos, integrando subproductos y desechos en nuevos ciclos productivos. Este enfoque no solo contribuye a reducir la dependencia de recursos fósiles y a minimizar la generación de residuos, sino que también permite desarrollar soluciones innovadoras que combinan funcionalidad, estética y sostenibilidad. La incorporación de biomateriales en el diseño no solo promueve prácticas responsables, sino que también refuerza el vínculo entre el diseño y los valores ecológicos, creando productos que cuentan una historia de respeto y armonía con el entorno.

Diseño a través de las emociones

Diseño emocional

El diseño emocional se centra en la creación de productos que evocan emociones en los usuarios. Según Desmet (2001), para los diseñadores es fundamental diseñar productos que se ajusten a las emociones de los usuarios, es decir, que susciten las emociones que estos desean experimentar. Sin embargo, las emociones pueden ser difíciles de verbalizar, especialmente aquellas sutiles y de baja intensidad que los productos suelen provocar (Desmet et al., 2001).

La Real Academia Española (RAE) define la emoción como la “alteración del ánimo intensa y pasajera, agradable o penosa, que va acompañada de cierta conmoción somática”. En este sentido, el término “emoción” hace referencia a un sentimiento y sus pensamientos característicos, estados psicológicos y biológicos, y a diversas tendencias a actuar. Existen cientos de emociones, junto con sus combinaciones, variables, mutaciones y matices (Goleman, 2000).

Aunque el orden y la categorización de las emociones no están completamente definidos, las principales incluyen ira, tristeza, temor, placer, amor, sorpresa, disgusto y vergüenza. Paul Ekman destaca que cuatro de estas emociones (temor, ira, tristeza y placer) son reconocidas universalmente a través de expresiones faciales, independientemente de la cultura.

Pieter Desmet (2002) estudió la naturaleza de las emociones y afirmó que una característica común es que siempre implican una relación entre la persona que las experimenta y un objeto en particular. Aunque las respuestas emocionales pueden variar entre las personas, el modo en que estas emociones se generan es universal. Por ello, Desmet enfatiza la importancia de diseñar productos que provoquen emociones, aumentando así su impacto y significado.

Donald Norman, en su libro *Emotional Design. Why We Love (or Hate) Everyday Things*, propone que la relación de las personas con los objetos está influenciada tanto por factores internos como externos. Según Norman (2004), esta relación se basa en tres niveles de diseño: visceral, de comportamiento y reflexivo.

El nivel visceral es el más primitivo y automático. Corresponde a la respuesta inicial y subconsciente que los sentidos perciben. Aquí, el cerebro evalúa rápidamente si algo es bueno o malo, desencadenando reacciones inmediatas. Diseñar para este nivel implica centrarse en la apariencia y las sensaciones iniciales que un producto genera, buscando conmover al usuario.

El nivel de comportamiento abarca los procesos cerebrales relacionados con el uso cotidiano. Este nivel se enfoca en la funcionalidad del producto y en cómo satisface las necesidades del usuario. Diseñar para este nivel requiere garantizar que los productos sean funcionales, confiables y fáciles de usar.

El nivel reflexivo es el más complejo, ya que involucra la memoria, la experiencia y la reflexión consciente. A diferencia del nivel visceral, que es biológico, el nivel reflexivo es cultural. Diseñar en este nivel significa crear productos que generen un impacto duradero, conectados con valores y significados profundos. Mientras que lo atractivo funciona en el nivel visceral, lo bello opera en el nivel reflexivo.

Estos tres niveles interactúan constantemente y moldean la experiencia del usuario. Diseñar con éxito implica considerar los aspectos sensoriales, funcionales y culturales del producto para satisfacer tanto las necesidades prácticas como emocionales de las personas.

Por otro lado, Desmet (2002) propone una teoría de evaluación emocional basada en cuatro aspectos: la relación del producto con los objetivos del usuario, su atractivo sensorial (que involucra todos los sentidos), su legitimidad y la novedad que representa. Además, señala que el impacto emocional de un producto está intrínsecamente ligado a sus materiales, propósitos, significados y expresiones (Desmet, 2010). (Ver figura 3).



Figura 3. Esquema metodológico del Diseño Emocional.
Fuente: (Desmet, 2002).

Norman (2020) respalda esta idea al afirmar que los materiales juegan un papel crucial en la percepción del usuario. Los materiales no solo afectan la funcionalidad del producto, sino que también influyen en si la interacción con este es placentera. Rognoli (2020) agrega que trabajar con materiales implica una experiencia única de exploración, donde se analizan sus cualidades y limitaciones, promoviendo una reflexión profunda sobre el proceso creativo.

De este modo, cada decisión de diseño representa una oportunidad para generar emociones y crear conexiones significativas entre los productos y sus usuarios. Incorporar este enfoque en el diseño permite trascender la funcionalidad, otorgando a los objetos un valor emocional duradero.

La experiencia de beber café

El café es celebrado como un producto único gracias a sus características organolépticas, que puede ser percibido a través de los órganos sensoriales, creando una experiencia sensorial única (Samoggia et al., 2020). La experiencia de beber café se considera hedónica, asociada tanto a la estimulación física como al disfrute sensorial. Es descrita como una “fuente de satisfacción a través del olfato y el gusto” y tiene el poder de provocar una amplia variedad de emociones (Rodríguez, 2022).

Los factores que impulsan el consumo de café son diversos. Aunque el sabor y el aroma son razones primordiales, el café también está profundamente ligado a la socialización, la creación de atmósferas acogedoras, y al disfrute en diferentes contextos, ya sea en casa, el trabajo o con amigos. Además, aspectos como el diseño y material de la taza contribuyen significativamente a la experiencia (Samoggia et al., 2020). Esta combinación de elementos transforma el café en algo más que una bebida: es una tradición cultural y sensorial que enriquece la vida diaria de quienes lo consumen.

Un estudio de Bhumiratana et al. (2011) profundizó en las emociones provocadas por las características sensoriales del café. Por ejemplo, el aroma a cacao despierta emociones positivas como bienestar y placer, mientras que las notas de tabaco evocan energía y alivio. Aromas tostados o quemados inducen relajación, pero algunas notas cítricas pueden generar emociones negativas como desagrado o incomodidad. Este equilibrio de sensaciones hace que el café sea una experiencia compleja y profundamente personal.

La experiencia del servicio también juega un papel crucial en la percepción del café. En un mercado donde un buen servicio es una expectativa básica, lo que marca la diferencia es la capacidad de crear momentos memorables que deleiten y conecten emocionalmente con el consumidor. Diseñar experiencias creativas y únicas puede fortalecer la relación con el cliente, haciendo del café un ritual emocionalmente significativo.

¿Cómo se podría potenciar esta experiencia?

El consumo de café ya es una experiencia rica en estímulos sensoriales pero aún puede enriquecerse integrando elementos que profundicen la conexión del consumidor con el producto y su impacto en el entorno utilizando el mismo residuo que deja el mismo consumo, la borra de café.

Este residuo puede ser aprovechado para fabricar un elemento aportando un significado simbólico y ecológico al acto de beber café reforzando el vínculo entre el consumidor y el ciclo completo del café. Además se podría intensificar la experiencia olfativa permitiendo que la taza libere un ligero aroma a café que complemente el disfrute de la bebida. El diseño de la taza también juega un papel importante pudiendo potenciar la experiencia al evocar calidez y comodidad al momento de utilizarla aprovechando la textura del material y creando una conexión más íntima y sensorial con el acto de beber café.

Cómo influye la taza en la percepción del café

El contenedor en el que se sirve el café tiene un impacto significativo tanto físico como psicológico en la percepción del contenido, influyendo no solo en la experiencia sensorial, sino también en la forma en que las personas asocian el acto de beber café con emociones y rituales cotidianos. Su textura, forma, aroma y diseño pueden amplificar o disminuir el disfrute de la bebida, convirtiéndose en un elemento clave que conecta al usuario con el contenido, creando una experiencia más rica y significativa.

En el estudio de Van Doorn et al. (2017) se comprobó que aspectos como la forma, el tamaño y el material influyen directamente en la liberación y retención de los volátiles aromáticos, elementos esenciales para el aroma del café. Además, las expectativas sobre el sabor y la calidad de la bebida están condicionadas no solo por estas características físicas del recipiente, sino también por el entorno en el que se consume, así como por factores como el color, la marca y la información descriptiva proporcionada.

El color de la taza tiene un efecto importante en las expectativas de sabor. Por ejemplo, se ha observado que un café con leche servido en una taza blanca es percibido como más intenso que en una taza de vidrio transparente o azul, lo que sugiere que el color del recipiente también influye en la percepción de atributos como la dulzura y la acidez. Por otro lado, la textura del recipiente también puede alterar la experiencia de degustación. Un estudio de Carvalho, et al. (2018) mostró que una superficie rugosa en la taza puede hacer que el café se perciba como más seco o rugoso y más ácido al gusto, mientras que una textura lisa está asociada con una mayor percepción de dulzura.

Asimismo, la forma y el tamaño del recipiente también juegan un papel importante en la percepción del aroma y el sabor del café. Las tazas con forma de tulipán intensifican la percepción del aroma, mientras que las tazas redondeadas o divididas están asociadas con una mayor dulzura y acidez. (ver figura 4). En cuanto al tamaño, investigaciones como la de Van Doorn et al. (2017) sugieren que las tazas más cortas y estrechas están relacionadas con cafés percibidos como más amargos, aromáticos e intensos, mientras que las tazas más anchas evocan una percepción de sabor más dulce.



Figura 4. Taza tulipán, abierta y dividida. Fuente: Van Doorn

Además de estas características, el peso del recipiente también puede influir en la percepción del consumidor, ya que en el ámbito de alimentos y bebidas se asocia un mayor peso con una mejor calidad, mayor costo y mayor saciedad.

Finalmente en un estudio de Turoman, et al., (2017), se comprobó que la simetría de las formas también guarda relación con las expectativas sensoriales: las formas con simetría suelen asociarse con dulzura y placer, mientras que las formas asimétricas tienden a relacionarse con sabores más ácidos o amargos.

Este conjunto de características demuestra cómo el diseño del recipiente puede potenciar o modificar la experiencia sensorial del consumo del café, resaltando la compleja interacción entre forma, textura, color y tamaño del recipiente con las percepciones del consumidor.

Análisis de referente (mapa de productos)

Al analizar las tazas que existen actualmente en el mercado, se pueden distinguir dos grupos principales (ver figura 5). El primer grupo lo conforman las tazas tradicionales, ampliamente disponibles en el mercado local, fabricadas con materiales comunes como cerámica, vidrio o melamina. Estas tazas son accesibles y cumplen con su función básica, pero carecen de elementos innovadores o sostenibles. Por otro lado, el segundo grupo incluye tazas innovadoras hechas a partir de borra de café, un material que resalta por su vínculo directo con el ciclo del café y su propuesta de sostenibilidad. Sin embargo, este tipo de tazas no se encuentran en el mercado local y son de difícil adquisición (ver figura 5).



Figura 5. Mapa de productos. Elaboración propia.

De este análisis surge una oportunidad para crear un contenedor que combine la accesibilidad, la innovación y el enfoque sustentable de las tazas hechas a partir de borra de café potenciando la experiencia del consumidor.

El olfato como generador de recuerdos

El sentido del olfato tiene un vínculo particularmente fuerte con la memoria y las emociones debido a la manera en que el cerebro procesa los estímulos olfativos. Los olores son detectados por los receptores olfativos en la nariz, que envían señales directamente al sistema límbico, específicamente al bulbo olfatorio. Este sistema incluye estructuras como la amígdala y el hipocampo, que están íntimamente relacionados con la emoción y la memoria.

A diferencia de los otros sentidos, que pasan primero por el tálamo para ser procesados antes de llegar a áreas específicas del cerebro, las señales olfativas tienen una conexión directa con estas regiones emocionales y de memoria. Esta ruta neural es la razón por la cual los olores pueden desencadenar recuerdos vívidos y emocionales casi instantáneamente, una respuesta conocida como reminiscencia olfativa (Real).

Por ejemplo, un aroma específico puede transportar a una persona de inmediato a una experiencia pasada, como el olor del café recién hecho que puede evocar recuerdos de momentos acogedores en el hogar o con amigos. Este fenómeno también explica por qué los olores tienden a ser más efectivos que imágenes o sonidos para evocar recuerdos emocionales profundos y a largo plazo.

Estudios han demostrado que la memoria asociada con olores tiende a ser más precisa y emocionalmente intensa que la relacionada con otros estímulos sensoriales. Esto se debe a la integración única del sistema olfativo con las redes cerebrales responsables de la memoria autobiográfica y emocional (Saive, 2015).

Estado del arte

Referentes y su relación con el proyecto

A continuación se presentan cuatro referentes de materiales biobasados hechos a partir de la borra de café.

Artisan Roast

La tostadería Artisan Roast implementó un sistema de biología para recolectar la borra de café de sus clientes y revalorizarla. Con la colaboración con la Universidad de Chile, se caracterizaron sus propiedades para explorar nuevas aplicaciones. Junto con FabLab, también han desarrollado prototipos de biomateriales. Actualmente este residuo se utiliza en la producción de jabones exfoliantes y humectantes.

Este proyecto destaca como un referente en la revalorización de residuos en Chile, combinando investigación académica y diseño de nuevos materiales. Aunque actualmente se enfocan en jabones, su trabajo en biomateriales sugiere un gran potencial para innovar en productos relacionados con el consumo de café y enriquecer la experiencia de esta bebida.



Figura 6. Biomaterial hecho con borra de café. Fuente: www.artisanroast.cl, 2022.

Decafé - 2016

Decafé utiliza un material compuesto en base a borra de café y aglutinantes naturales, totalmente biodegradable y respetuoso con el medio ambiente. Este material es sometido a un proceso de moldeado mediante el uso de calor y presión a partir de matrices negativas. Su estructura destaca por la resistencia del material que le permite ser lijado, siendo posible su mecanización en algunos casos. Destaca también su olor y demás características perceptuales.

Aunque este es un material innovador, no es un producto local, lo que lo hace irrelevante para el contexto de una solución para la disminución de residuos en Chile. Además presenta una falta de resistencia a la humedad, lo que lo hace inadecuado para aplicaciones en contenedores de líquidos. Esto resalta la oportunidad de desarrollar un material biobasado de borra de café que logre mantener las cualidades sensoriales del mismo y que tenga la capacidad de ser resistente a la humedad.



Figura 7. Centro de mesa hecho de material de borra de café. Fuente: www.decafé.com, 2016.

Tazas desde la borra del café

Etimo materiales

Etimo Biomateriales ha desarrollado una taza a partir de un material compuesto que utiliza borra de café combinada con aglutinantes naturales, los cuales no se especifican. Este material es completamente biodegradable y respetuoso con el medio ambiente. Sin embargo, al no tratarse de un producto desarrollado en Chile, su implementación no contribuye directamente a la disminución de los residuos de borra de café en el contexto local.

Si bien la taza conserva el característico aroma de la borra de café, su diseño simple no logra integrar elementos que inviten a una conexión con el acto de beber café.



Figura 8. Taza de borra de café. Fuente: www.etimobiomateriales.myshopify.com, 2022.

Kaffeeform

Kaffeeform es otro referente destacado en el diseño de tazas sostenibles, utilizando borra de café reciclada y materias primas renovables para la creación de sus productos. Aunque representa una iniciativa valiosa en términos de sostenibilidad no es un proyecto local, lo que no contribuye a abordar las problemáticas específicas relacionadas con los residuos de borra de café en Chile.

Kaffeeform cuenta con dos diseños distintos de tazas, los cuales, a pesar de ser funcionales, no exploran innovaciones formales significativas y se asemejan a las tazas convencionales disponibles en el mercado.



Figura 9 Taza Kaffeeform. Fuente: www.kaffeeform.com

Criterios de sustentabilidad

En Chile, el enfoque y el interés por el medioambiente ha cambiado desde los escritos de Elizalde (1958), quien se pregunta si es compatible el llamado progreso material con la conservación de los recursos renovables. Además, señala que es un dilema que hay que resolver a la brevedad posible, porque se evidencia el creciente agotamiento de nuestras reservas vitales (Fuentealba, 2011).

Es por esto que se ha despertado un interés particular en el desarrollo de materiales biobasados de bajo impacto ambiental. Se crea la oportunidad de aprovechar los residuos que se generan en grandes cantidades diariamente. Al desarrollar biomateriales a partir de estos residuos se logra reducir la necesidad de extraer nuevos recursos naturales, disminuyendo así la presión sobre el ecosistema y contribuyendo a la conservación de los recursos renovables. Además se evita la acumulación de residuos en vertederos, atenuando los problemas asociados con la gestión de desechos y promoviendo una economía circular más eficiente.

Criterios para diseñar un material de bajo impacto ambiental

Para elaborar un material de bajo impacto ambiental es necesario considerar criterios enfocados en la sostenibilidad y desde el diseño. En la tabla 2 se presentan y explican los criterios de diseño que se aplicarán para la elaboración de un material biobasado desde la borra del café.

Tabla 2. Criterios desde la sustentabilidad y el diseño para crear un material biobasado. Elaboración propia.

	Criterio	Descripción
Criterios desde la sustentabilidad	Fuente de recursos renovables	Los componentes utilizados provienen de fuentes renovables, esto quiere decir que la tasa de adquisición debe ser menor a la tasa de regeneración natural (Vezzoli, 2014).
	Recursos locales	Son aquellos recursos que se encuentran disponibles dentro del mismo sector donde serán utilizados, minimizando los recursos empleados en el transporte y favoreciendo económicamente a la comunidad local.
	Inocuo para la salud	El uso de materiales no tóxicos e inofensivos para la salud humana y el medio ambiente a lo largo de todo su ciclo de vida (Vezzoli, 2014).
	Durabilidad	Se busca que el material desarrollado tenga una vida útil prolongada, minimizando la generación de desechos de manera rápida y promoviendo un enfoque sostenible.
Criterios desde el diseño	Aromático	El material biobasado debe conservar el aroma característico de la borra.
	Textura suave	Debe tener una textura suave para mejorar la percepción sensorial del material.

CAPÍTULO 2

METODOLOGÍA

Resumen metodología

La tabla 3 muestra de manera detallada los objetivos específicos del proyecto, las etapas en las que se dividen, las actividades necesarias para alcanzar cada etapa y las tareas concretas que se llevarán a cabo.

Tabla 3. Tabla resumen de métodos. Elaboración propia.

Objetivo general	Valorizar la borra de café como materia prima para crear un contenedor que potencie la experiencia sensorial en cafeterías, aprovechando sus propiedades aromáticas y su textura terrosa para inducir emociones placenteras y recuerdos positivos en los consumidores.			
Objetivo específico	Etapas	Actividad	Tareas	
1. Caracterizar el residuo borra de café de cafeterías de especialidad y su factibilidad de ser utilizada en un material biobasado	1. Preparación de la borra de café para su posterior uso como materia prima	1.1 Definir procesos a utilizar durante la preparación del material	1.1.1 Secado del residuo y análisis de humedad	
			1.1.2 Análisis de granulometría	
			1.1.3 Determinar el formato de borra de café a utilizar	
2. Desarrollar un material biobasado resistente a la humedad y alta temperatura a partir de borra de café que conserve su aroma característico.	2. Desarrollo del biomaterial con borra de café como materia prima junto con aglomerantes	2.1 Seleccionar los aglomerantes que cumplan con los criterios elegidos	2.1.1 Realizar pruebas de mezclas entre la borra de café y el aglomerante	
			2.2 Definir las proporciones entre el residuo y el aglomerante	2.2.1 Evaluar las probetas para definir la mezcla final
				2.2.2 Definir la mezcla final del material
3. Evaluar las propiedades físicas, resistencia a agentes externos y perceptuales del material biobasado desde la borra de café desarrollado.	3. Caracterizar el material compuesto mediante la evaluación de sus propiedades	3.1 Realizar evaluación perceptual	3.1.1 Evaluación perceptual	
			3.2. Realizar pruebas de humectabilidad	3.2.1 Prueba de la gota, desprendimiento del material
		3.3 Caracterización física del material		3.3.1 Pruebas de densidad, contenido de humedad, absorción de agua e hinchamiento
			3.4 Realizar pruebas de trabajabilidad	3.4.1 Pruebas de moldeabilidad y grabado láser
		3.5 Realizar pruebas de resistencia a agentes externos		3.5.1 Ensayo de resistencia a reactivos químicos
			3.5.2 Evaluar degradabilidad en el exterior	
4. Desarrollar un elemento sensorial para potenciar la experiencia de beber café en cafeterías de especialidad desde el material desarrollado.	4. desarrollar elemento sensorial para potenciar emociones positivas	4.1 Diseñar y fabricar prototipos	4.1.1 Desarrollar propuesta conceptual	
			4.1.2 Desarrollo de propuesta formal	
			4.1.3 Fabricar propuesta	
5. Validar la efectividad sensorial y aceptación del usuario del contenedor de café hecho a partir de borra de café mediante su aplicación en un entorno real en cafeterías.	5. Validar el biomaterial mediante la aplicación como contenedor	5.1 Validar prototipo con el usuario	5.1.1 Validar el prototipo mediante encuesta en cafeterías especializadas	

Metodología Etapa 1

En esta primera etapa se realizan pruebas para caracterizar la borra de café para su potencial uso para desarrollar un material biobasado a través de la preparación de la borra.

Tabla 4. Etapa 1. Caracterizar el residuo borra de café de cafeterías de especialidad y su factibilidad de ser utilizada en un material biobasado *Elaboración propia.*

Etapa	Actividad	Tareas
1. Caracterizar el residuo borra de café de cafeterías de especialidad y su factibilidad de ser utilizada en un material biobasado	1.1 Preparación de la borra de café para su posterior uso como materia prima	1.1.1 Secado del residuo y análisis de humedad
		1.1.2 Análisis de granulométrico
		1.1.3 Determinar el formato de borra de café a utiliza

Etapa 1 Caracterizar el residuo borra de café de cafeterías de especialidad y su factibilidad de ser utilizada en un material biobasado

Obtención de materias primas

Se obtiene borra de café del Biolab FAU de la Universidad de Chile. Esta fue recolectada anteriormente de distintas cafeterías cercanas. El residuo se dejó secar en el horno a 60 grados durante 24 horas para luego ser conservada en bolsas plásticas herméticas y almacenada en un contenedor hermético en un lugar seco, para evitar que adquiriera humedad ambiental

Actividad 1.1 Preparación de la borra de café para su posterior uso como materia prima

1.1.1. secado del residuo y análisis de humedad

Contenido de humedad

Previo a acondicionar la borra, se lleva a cabo un análisis de contenido de humedad. Este análisis busca identificar qué tan húmeda se obtiene la borra al preparar el café.

Esta fue recolectada anteriormente de distintas cafeterías cercanas (ver figura 10). El residuo se dejó secar en el horno a 100 grados durante 24 horas para luego ser conservado en bolsas plásticas herméticas y almacenado en un contenedor plástico en un lugar seco, para evitar que adquiriera humedad ambiental.



Figura 10. Borra recién recolectada. Elaboración propia.

Se utilizó el siguiente cálculo para obtener el resultado:

$$\text{Contenido de humedad} = \frac{W2 - W1}{W1} \times 100$$

W1 → Masa inicial de la borra de café (T° ambiente)

W2 → Masa final de la borra de café (seca)

1.1.2. Análisis granulométrico

Para determinar el rango de tamaños de las partículas presentes en la borra de café generada durante el proceso de preparación en cafeterías, se tomó una muestra de 170 gramos de borra de café. Esta muestra fue tamizada empleando los tamices estandarizados ASTM E-11 con las mallas 10, 18, 35, 50, 100 y 325 mesh del Biolab FAU (ver figura 11). Posteriormente, se pesaron las partículas retenidas en cada nivel de tamiz para calcular tanto la cantidad como el porcentaje correspondiente a cada tamaño de partícula. Esto permitió identificar la distribución granulométrica de la borra de café.



Figura 11. Tamices Biolab FAU. Elaboración propia.

1.1.3. Determinar el formato de borra de café a utilizar

Con base en el análisis anterior, se eligió el tamiz que permitió obtener la mayor cantidad de material en relación con la masa total tamizada. Esto tiene como objetivo aprovechar al máximo la borra de café en un solo proceso de tamizado, optimizando así el tiempo, la energía y el esfuerzo necesarios para preparar la materia prima.

Metodología Etapa 2

En esta etapa se desarrolla un material biobasado desde la borra de café y se define su composición final de acuerdo al los criterios.

Tabla 5. Etapa 2 Desarrollo del biomaterial con borra de café como materia prima junto con aglomerantes. *Elaboración propia.*

Etapa	Actividad	Tareas
2. Desarrollo del biomaterial con borra de café como materia prima junto con aglomerantes	2.1 Seleccionar los aglomerantes que cumplan con los criterios elegidos	2.1.1 Seleccionar el aglomerante
		2.1.2 Realizar pruebas de mezclas entre la borra de café y el aglomerante

Actividad 2.1 Seleccionar los aglomerantes que cumplan con los criterios elegidos

2.1.1. Seleccionar el aglomerante

PU biobasado de aceites naturales

El poliuretano a base de aceite de ricino está basado en una fuente natural y renovable. Es biodegradable a un largo plazo (8 años) mediante compostaje industrial, no es tóxico para las personas, es resistente a los rayos UV, y el manejo y curado es a temperatura ambiente (25°C) y se puede acelerar con temperaturas de entre 60° C a 90° C (Dias, Lahr, 2004).

Este es un adhesivo de dos componentes; polioli e isocianato y se usa en proporciones 2:1 respectivamente, la principal ventaja de este aglomerante es que es resistente a la humedad (Kehl, 2007), aportando durabilidad al material compuesto.

2.1.2. Definición de cantidad de aglomerantes y tamaños de partícula más adecuado entre la borra de café y el aglomerante

Se lleva a cabo un primer diseño experimental donde se comparan 9 variables, en las que se estudió la incidencia del porcentaje de PU y tamaño de partícula más adecuado de la borra. Se utilizó borra sin tamizar, de 35 mesh y de 50 mesh y se mezcló cada una con distintos porcentajes de Poliuretano biobasado, 20%, 30% y 40%.

Para el procedimiento, se vertieron el polioli y el isocianato en una proporción 2:1, siguiendo las especificaciones del fabricante. Los componentes se mezclaron inicialmente con una espátula de madera hasta obtener una integración homogénea. Posteriormente, se pesó la borra de café y se incorporó cuidadosamente a la mezcla de poliuretano (PU).

El proceso se completó manualmente, integrando los componentes hasta formar una mezcla homogénea. Esto se realizó durante aproximadamente tres minutos.

La mezcla obtenida se vertió manualmente en moldes de madera de dimensiones 60 x 60 x 9 mm, previamente acondicionados. Se aplicó presión gradualmente para asegurar una distribución uniforme del material dentro de los moldes. Estos se colocaron en una prensa xilográfica, donde permanecieron durante un mínimo de 2 horas.

Finalmente, las probetas se retiraron de la prensa y se colocaron en una estufa de secado marca Binder, ubicada en BioLab FAU, a una temperatura de 60°C durante 1 hora, con el objetivo de acelerar el proceso de secado. Cabe destacar que este último proceso no es esencial para el curado del poliuretano, pero contribuye a optimizar los tiempos de endurecimiento.

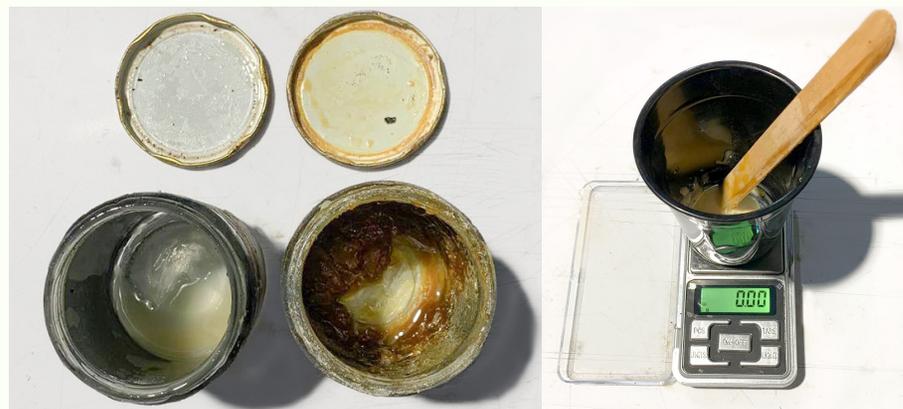


Figura 12. Mezcla de Poliuretano biobasado en relación 2:1. Elaboración propia.

Metodología Etapa 3

En esta etapa se caracteriza el material biobasado desarrollado desde la borra de café mediante sus propiedades físicas y perceptuales.

Tabla 6. Etapa 3 Caracterizar el material compuesto mediante la evaluación de sus propiedades. Elaboración propia.

Etapa	Actividad	Tareas
3. Caracterizar el material compuesto mediante la evaluación de sus propiedades	3.1 Evaluación perceptual	3.1.1 Evaluación perceptual
	3.2 Realizar pruebas de humectabilidad	3.2.1 Prueba de la gota y liberación de material en agua caliente
	3.3 Caracterización física del material	3.3.1 Pruebas de densidad, contenido de humedad, absorción de agua e hinchamiento
	3.4 Realizar pruebas de trabajabilidad	3.4.1 Pruebas de moldeabilidad y grabado láser.
	3.5 Realizar pruebas de resistencia a agentes externos	3.5.1 Ensayo de resistencia a reactivos químicos
		3.5.2 Evaluar degradabilidad en el exterior
	3.6 Realizar evaluación perceptual	3.6.1 Encuesta de evaluación perceptual

Actividad 3.1 Definir las proporciones del residuo y el aglomerante

3.1.1. Evaluar las probetas

En la tabla 7 se muestran las características que serán evaluadas junto con la puntuación que se le asignará a cada una.

Tabla 7. Tabla de descripción de características. Elaboración propia.

Característica	Descripción	Puntuación
Olor	La muestra desprende olor a borra	1: Bueno
Color	La muestra presenta un color café sin ser muy oscuro (quemado)	0: Leve
Textura	La muestra presenta una textura suave	-1: Malo
Se aglomera	Se logra aglomerar de manera uniforme los componentes	1: Si
Desprendimiento	La muestra no desprende partículas al ser manipulada	0: Indiferente -1: No

Tabla 8. Matriz comparativa de muestras. Elaboración propia.

Código de muestra	Componentes	Olor	Color	Textura	Se aglomera	Desprendimiento	Total

Actividad 3.2 Realizar pruebas de humectabilidad

3.2.1 Prueba de la gota y liberación de material en agua caliente

Prueba de la gota

Se adaptó la norma ISO 19403 "Determinación de propiedades de mojabilidad" la cuál mide el ángulo de contacto, energía superficial y mojabilidad de materiales sólidos.

Se observó la tensión superficial de una gota de agua en la superficie de cada una de las 9 muestras midiendo el ángulo de cada gota con respecto a la superficie y se fue monitoreando cada 15 minutos anotando el ángulo para ver cuánto tiempo se tardaba en absorber completamente.

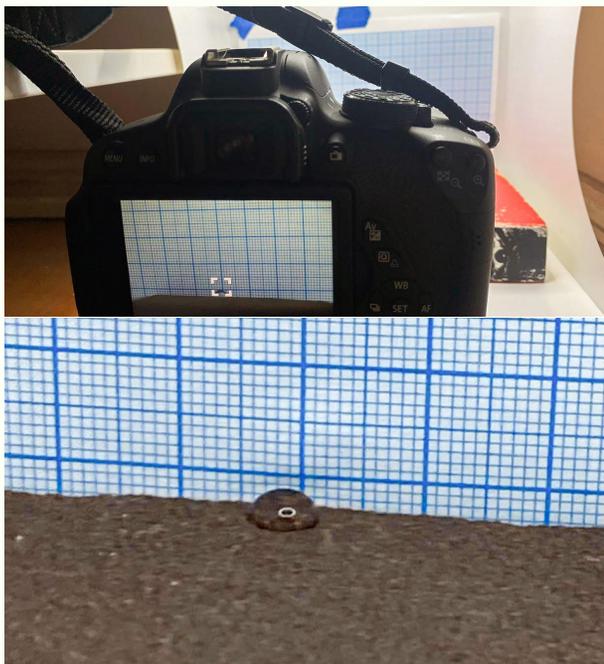


Figura 13. Registro de la prueba de la gota en la superficie del material. Elaboración propia.

Prueba de liberación de material en agua caliente

En esta prueba se evaluó la estabilidad del material biobasado frente a la exposición a agua caliente, con el objetivo de identificar posibles migraciones o desprendimientos. Se sumergieron las 9 muestras en agua destilada recién hervida y se mantuvo cada muestra en inmersión durante un período de dos horas. Al concluir el tiempo de exposición, se analizó el color del agua para detectar cualquier cambio cromático que pudiera indicar la migración de pigmentos del material, así como la presencia de partículas sólidas mostrando un desprendimiento físico del material biobasado.

Actividad 3.3 Caracterización física del material

3.3.1 Pruebas de densidad, contenido de humedad, absorción de agua e hinchamiento

Densidad

Se utiliza la norma ASTM D792 "Densidad y gravedad específica de plásticos mediante desplazamiento", en la cual se mide la masa del material seco y su volumen ya sea por desplazamiento de agua o cálculo directo

Las probetas se elaboraron con medidas de 60 x 60 mm y un espesor uniforme de 9 mm, garantizando que todas las muestras cumplieran con las mismas características para poder comparar los resultados entre sí y junto con otros materiales.

Para determinar la densidad del material se consideró como unidad de medida g/cm^3 y se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{Densidad} = \frac{m}{v}$$

m → masa (g)

v → volumen (cm)



Figura 14. Implementos para medir la densidad, balanza gramera y pie de metro. Elaboración propia.

De igual manera se comparó con la densidad de otros materiales utilizados comúnmente en tazas, mediante el software Granta EduPack 2024.

Contenido de humedad

Para determinar el contenido de humedad se utilizaron 9 muestras de 60 x 60 x 9 mm las cuales se masaron previamente. Luego se secaron a 100° C por 24 horas, se utilizó el horno Binder el cual fue facilitado por el laboratorio Biolab-FAU. Pasadas las 24 horas se volvieron a masar.

Se utilizó la siguiente fórmula para obtener el resultado de cada muestra:

$$\text{Porcentaje de contenido de humedad} = \frac{W2 - W1}{W1} \times 100$$

W1 → Masa inicial de la probeta (T° ambiente)

W2 → Masa final de la probeta (seca)

Absorción de agua

Para determinar la absorción de agua se determinó a través de la norma ASTM D1037-12. Se utilizaron 9 muestras de 60 x 60 x 9 mm, las cuales, fueron sumergidas en agua en diferentes frases de vidrio con igual cantidad de agua. Se consideró un tiempo de inmersión de 24 horas. Se masaron las muestras antes de ser sumergidas, luego al pasar 2 horas y finalmente al pasar 22 horas.

Se utilizó la siguiente fórmula para obtener los resultados:

$$\text{Porcentaje de absorción de agua} = \frac{W2 - W1}{W1} \times 100$$

W1 → Masa inicial de la probeta

W2 → Masa final de la probeta

Hinchamiento

Se determinó el hinchamiento del material a través de un método basado en la norma ASTM D1037-12, mediante la fórmula porcentaje de hinchamiento. Se utilizaron 3 muestras de 60 x 60 x 9 mm, las cuales fueron sumergidas en diferentes frascos de vidrio con igual cantidad de agua. Se consideró un tiempo de inmersión de total de 24 horas, midiendo el espesor de las cuatro esquinas de las probetas antes de ser sumergidas (ver figuras 15), luego pasadas 2 horas y por último transcurridas las 22 horas (ASTM, 2020).

Se utilizó la siguiente fórmula para obtener los resultados.

$$\text{Porcentaje de hinchamiento} = \frac{X2 - X1}{X1} \times 100$$

X1 → Espesor inicial de la probeta

X2 → Espesor final de la probeta



Figura 15. Toma de medidas probeta para prueba de hinchamiento. Elaboración propia.

Actividad 3.4 Realizar pruebas de trjabajabilidad

3.4.1 Pruebas de moldeabilidad y grabado láser

Moldeabilidad

Se explora la capacidad del material para moldearse en diferentes superficies, utilizando una variedad de moldes. Se emplean moldes de PLA con desmoldante (ver figura 16) y en el caso de los moldes de madera, se utiliza cinta adhesiva y silicona como desmoldante para evitar la adhesión del material a la superficie de la madera.



Figura 16. Molde PLA. Elaboración propia.

Grabado láser

Se realiza un test de grabado láser para conocer los valores óptimos de grabado en el material. Se ocupa una máquina láser facilitada por la Universidad de Chile marca Ortur 2 de 15 W. La velocidad va desde 100% a 25% en intervalos de 25 y la potencia de 10 a 70 en intervalos de 20 (Ver figura 17).

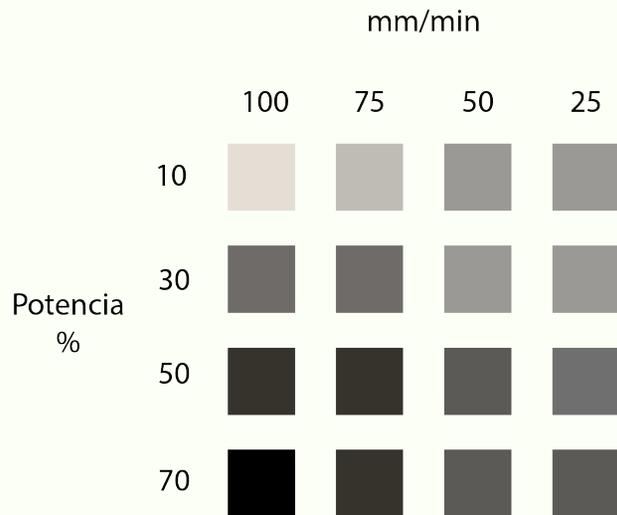


Figura 17. Parámetros para grabado láser. Elaboración propia.

Actividad 3.5 Realizar pruebas de resistencia a agentes externos

3.5.1. Evaluación de resistencia a reactivos químicos

Prueba de inmersión

El ensayo se llevó a cabo siguiendo la norma ASTM D543-21, “Práctica estándar para la evaluación de la resistencia de los plásticos a los reactivos químicos” (ASTM, 2021), adaptada al material en estudio. Para ello, se utilizaron tres muestras de 60 x 60 x 9 mm. Los reactivos químicos empleados fueron lavalozas, jabón y alcohol desnaturalizado al 70%. El lavalozas y el jabón se diluyeron en una proporción 1:1 con agua y el alcohol se fue rellenando ya que este se evapora rápidamente a temperatura ambiente



Figura 18. Probetas en la prueba de inmersión. Elaboración propia.

Previo al inicio de la prueba, se registraron el peso, diámetro y espesor de cada muestra. Posteriormente, se vertieron 200 ml de cada reactivo químico en recipientes individuales de vidrio, donde se sumergió una muestra por recipiente, asegurándose de que no tuviera contacto con las paredes ni el fondo (ver figura 18). Las muestras permanecieron en inmersión durante siete días, revolviendo manualmente los reactivos cada 24 horas mediante rotación.

Al finalizar el período, las muestras fueron retiradas, enjuagadas con agua, secadas con un paño y nuevamente pesadas y medidas. Finalmente, se evaluaron los cambios observados en las muestras, considerando aspectos como pérdida de brillo, alteración en la textura, descomposición, decoloración, viscosidad, formación de grietas y variaciones en las dimensiones (diámetro y espesor en mm) y masa (g), estos últimos utilizando la siguiente fórmula:

$$\Delta C_{1\%} = \frac{C_0 - C}{C_0} \times 100$$

$\Delta C_{1\%}$ → Porcentaje de cambio de la propiedad medida

C_0 → Propiedad inicial, sin tratamiento de inmersión

Prueba de limpieza

Para esta prueba se utilizó igual número y dimensiones de muestras, considerando los mismos reactivos químicos, sin embargo, la exposición a estos fue diferente. En este caso, se sumergió una tela de algodón en cada uno de los químicos, siendo el alcohol aplicado en su forma pura y el, lavaloz, jabón y diluidos en proporción 1:1 en agua, puesto que son comúnmente utilizados en su forma diluida para limpieza.

Luego, se limpiaron ambas caras de la muestra con tela absorbente, una vez al día, durante 7 días, simulando el procedimiento de limpieza. Posteriormente, fueron colgadas para evitar contacto con la superficie (ver figura 19) y facilitar el secado uniforme de ambas caras, con la finalidad de evaluar la resistencia del material a la limpieza superficial de acuerdo al uso destinado. Adicionalmente, antes y después del ensayo se registró la masa, el diámetro y el espesor de las muestras.



Figura 19. Probetas en la prueba de limpieza colgadas. Elaboración propia.

Para evaluar estas variaciones, se empleó la siguiente fórmula:

$$\Delta C_{1\%} = \frac{C_0 - C}{C_0} \times 100$$

$\Delta C_{1\%}$ → Porcentaje de cambio de la propiedad medida

C_0 → Propiedad inicial, sin tratamiento de inmersión

C_1 → Propiedad final, tras inmersión

3.5.2 . Evaluar la degradación en el exterior

Se utilizó la norma ISO 17556:2019, esta norma establece un método para determinar la biodegradación de plásticos mediante la medición de CO₂ generado durante la descomposición en suelo, pero también aborda otros parámetros como la pérdida de peso y la evolución de las propiedades físicas del material como la pérdida de peso, el hinchamiento y desintegración física. Esta prueba se realizó durante 90 días.

Actividad 3.4 Evaluación perceptual del material

3.6.1 Encuesta de evaluación perceptual

Se consideró el método "Material Driven Design" (MDD), en el cuál se evalúa el material por medio de una encuesta a un grupo de personas, calificando de acuerdo adjetivos opuestos sus apreciaciones con relación a su experiencia sensorial, interpretativa y afectiva (Camera & Karana, 2018).

Se encuestó a 3 grupos de personas:

1. consumidores de café.
2. Baristas/especializados en café
3. Diseñadores o estudiantes de diseño

Para diseñar la encuesta, se utilizó el vocabulario extraído del toolkit desarrollado por Camere y Karana (2018), con el objetivo de caracterizar el material de forma experiencial, considerando tres áreas clave: sensorial, interpretativa y afectiva. La evaluación se realizó mediante una escala de 0 a 2 para cada par de adjetivos opuestos (ver Anexo 1).

Estimación de la muestra para cada grupo de estudio

El cálculo del tamaño de muestra para cada grupo de estudio se hizo utilizando la fórmula para cálculo de tamaño de muestra finita, considerando un 90% de nivel de confianza y un 12% de margen de error.

A continuación se puede ver la fórmula de cálculo finito y los intervalos de confianza (ver tabla 9):

$$n = \frac{N Z^2 pq}{d (N-1) + Z^2 pq}$$

n → Tamaño de la muestra

N → Tamaño de la población

Z → Nivel de confianza

p → Probabilidad de que ocurra el evento estudiado

q → Probabilidad de que no ocurra el evento estudiado (1-p)

d → nivel de precisión absoluta

Tabla 9. Intervalos de confianza para el cálculo de la muestra finita. Elaboración propia.

Nivel de confianza	Valor de Z
99,7%	3
99%	2,58
98%	2,33
96%	2,05
95%	1,96
90%	1,64
80%	1,28
50%	0,67

Metodología Etapa 4

En esta etapa se desarrolla la propuesta del elemento sensorial a través de la propuesta conceptual y formal. Luego se fabrica la propuesta.

Tabla 10. Etapa 4 Desarrollar elemento sensorial para potenciar emociones positivas

Etapa	Actividad	Tareas
4. Desarrollar elemento sensorial para potenciar emociones positivas	4.1 Diseñar y fabricar prototipos	4.1.1 Desarrollar propuesta conceptual
		4.1.2 Desarrollo de propuesta formal
		4.1.3 Fabricar propuesta

Etapa 4. Desarrollar elemento sensorial para potenciar emociones positivas

Actividad 4.1 Diseñar y fabricar prototipos

4.1.1 Desarrollo de propuesta conceptual

Propuesta conceptual

La propuesta conceptual se desarrolló a partir de la observación de los usuarios en contexto real de cafetería, complementada con la información obtenida a través de encuestas dirigidas a consumidores de café. Este enfoque permitió identificar hábitos, necesidades y percepciones relevantes para la experiencia del usuario en torno al acto de beber café.

Posteriormente, se elaboró un mapa conceptual basado en el modelo propuesto por Camere y Karana. Este modelo, que considera cuatro arcos asociados a diferentes niveles experienciales, fue adaptado para responder a las características específicas del proyecto. En este caso, se redujo a tres arcos fundamentales, considerando el propósito del material y su contexto de uso. Estos tres arcos se centraron en:

1. Sustentabilidad: como principio rector del desarrollo del material y su impacto ambiental.
2. La borra de café como residuo: poniendo en valor su reutilización y destacando su potencial como biomaterial.
3. Los usuarios de cafeterías especializadas: quienes son el público objetivo y cuya experiencia se busca enriquecer.

A partir de estos arcos conceptuales, se seleccionaron palabras clave que sirvieron como base para definir el concepto final del proyecto. Estas palabras se integraron en un esquema diseñado para conectar ideas y orientar el desarrollo conceptual.

Con el concepto final definido, se elaboró un moodboard que sintetiza la estética, las emociones y las sensaciones que se desean transmitir. Este recurso visual facilitó el proceso de bocetaje de la propuesta formal.

4.1.2 Desarrollo de propuesta formal

Propuesta formal

Con el concepto final definido, se desarrolló la propuesta formal mediante la elaboración de bocetos. Este proceso permitió explorar diversas formas, texturas y características del diseño, traduciendo las ideas conceptuales en propuestas.

Los bocetos sirvieron como herramienta clave para materializar las palabras clave y las emociones identificadas durante la fase conceptual.

4.1.3 Fabricar propuesta

Fabricar propuesta

Se fabricó un prototipo a escala real utilizando impresión 3D como técnica inicial para dar forma al diseño final. Este prototipo en 3D sirvió como base para la creación de un molde en yeso, el cual permitió trabajar con el material biobasado desarrollado.

El prototipo final, fabricado con el material biobasado, sirvió para hacer la primera validación con usuarios en contexto de cafeterías.

Metodología Etapa 5

En esta etapa se valida la propuesta con los usuarios en cafeterías a través de una encuesta de validación del prototipo final.

Tabla 11. Etapa 5. Validar el biomaterial mediante la aplicación como contenedor

Etapa	Actividad	Tareas
5. Validar el biomaterial mediante la aplicación como contenedor	5.1 Validar prototipo con el usuario	5.1.1 Validar el prototipo mediante una encuesta en cafeterías especializadas

Etapa 5. Validar el biomaterial mediante la aplicación como contenedor

Actividad 5.1 Validar prototipo con el usuario

5.1.1 Validar el prototipo mediante una encuesta en cafeterías especializadas

El prototipo fue evaluado con usuarios de cafeterías especializadas para analizar su desempeño y recoger impresiones sobre su funcionalidad y experiencia de uso. Durante la prueba, se registraron observaciones y se tomaron registros fotográficos.

Se les solicitó a los usuarios completar una encuesta diseñada para evaluar el grado de cumplimiento del prototipo en diferentes aspectos claves (ver tabla 12). Se le asignó un puntaje a las características según su grado de cumplimiento:

Bajo: -1
Indiferente: 0
Bueno: 1

Por último se les preguntó si sabían de qué material estaba hecho el prototipo y que emociones o recuerdos les evocaba al tomar y oler el prototipo, con el fin de entender el impacto sensorial y emocional del prototipo.

Los resultados de esta evaluación proporcionaron información valiosa sobre las características técnicas, funcionales y perceptuales del prototipo, permitiendo identificar fortalezas y áreas de mejora. Con estos datos, fue posible ajustar detalles clave en el diseño y en el material, orientando el desarrollo hacia un producto más efectivo y alineado con las expectativas del usuario.

Tabla 12. Encuesta para validación del prototipo. Elaboración propia.

Nombre:	Género	Edad:	Profesión
Marque con una X según su grado de cumplimiento			
Característica	Malo	Indiferente	Bueno
Agradable al tacto			
Comodidad			
Olor			
Forma			
Tamaño			

Preguntas de apreciación personal
¿Distingues de qué material está hecho?
¿Qué emociones o recuerdos te evoca tomar el prototipo?
¿Qué emociones o recuerdos te evoca oler el prototipo?
Comentarios/observaciones

CAPÍTULO 3

RESULTADOS

Etapa 1. Preparación de la borra de café para su posterior uso como materia prima

Actividad 1.1 Definir procesos a utilizar durante la preparación del material

1.1.1 Secado del residuo y análisis de humedad

Se aplicó la fórmula para calcular el porcentaje de humedad de la borra. Donde se comparó el peso inicial (152 gramos) y el final (93 gramos) donde se obtuvo un 63% de humedad .

1.1.2 Análisis granulométrico

En la tabla 13 se presentan los resultados del análisis granulométrico realizado sobre la muestra de borra de café. Los datos muestran que la mayor concentración de partículas se encuentra en los tamices de 35 mesh (0,5 mm) y 50 mesh (0,397 mm), lo que indica que gran parte del material se compone de partículas de tamaño medio en relación con el rango estudiado. (Ver figura 20).

Se identificó una característica interesante: a medida que aumenta el número del tamiz, lo que corresponde a una mayor finura de las partículas, adquiriendo un tono más claro.

Tabla 13. Análisis granulométrico. Elaboración propia

Número de tamiz	Gramos	Porcentaje %
10 mesh - 2 mm	0	0
18 mesh - 1 mm	8,5	5
35 mesh - 0,5 mm	102	60
50 mesh - 0,397 mm	35,7	21
100 mesh - 0,149 m	22,1	13
350 mesh - 0,044 mm	1,7	1
Total	170	100

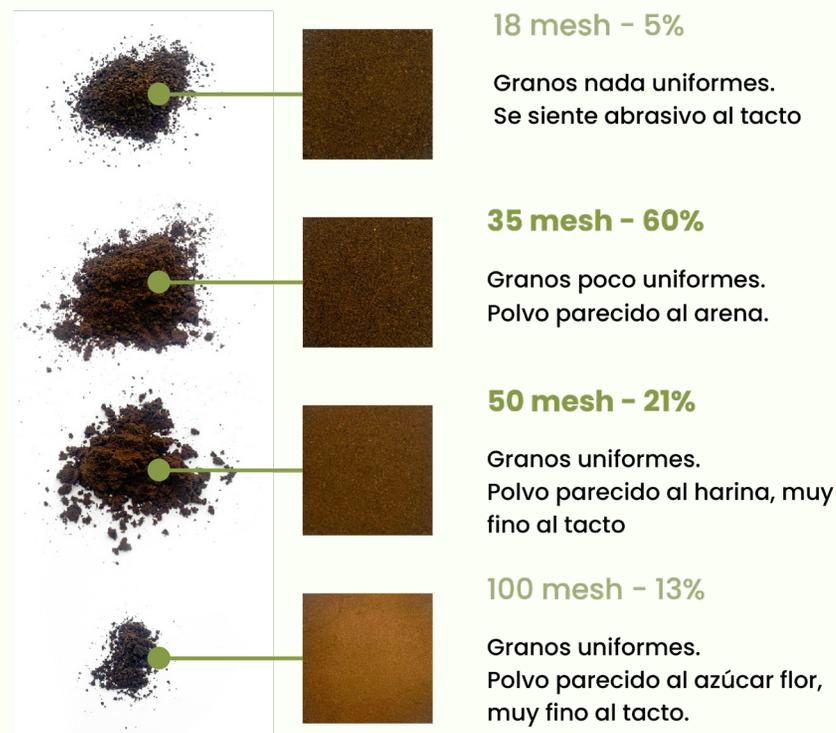


Figura 20. Análisis granulométrico. Elaboración propia.

1.1.3 Determinar el formato de borra de café a utilizar

A partir del análisis granulométrico, se seleccionaron tres variantes de partículas de borra de café para su utilización: tamiz de 35 mesh (0,5 mm), tamiz de 50 mesh (0,397 mm) y borra sin tamizar. Esta decisión se tomó con el objetivo de maximizar el aprovechamiento del residuo.

Asimismo, se busca evaluar cómo el tamaño de las partículas influye en los acabados obtenidos, como la relación entre el grado de finura y las variaciones en el color.

Etapa 2. Desarrollo del biomaterial con borra de café como materia prima junto con aglomerantes

Actividad 2.1 Seleccionar los aglomerantes que cumplan con los criterios elegidos

2.1.1 Seleccionar el aglomerante

Aglutinantes de bajo impacto ambiental

Se seleccionó un aglomerante de bajo impacto ambiental basado en poliuretano biobasado (PU) elaborado a partir de aceite de ricino. Este material fue elegido debido a su origen renovable y su capacidad para formar matrices resistentes sin generar residuos tóxicos, alineándose con los principios de sostenibilidad.

La selección del aglomerante consideró criterios de diseño enfocados en minimizar el impacto ambiental. Entre estos criterios destacaron: el uso de recursos renovables, la baja generación de emisiones durante su síntesis y su capacidad de biodegradación o reciclabilidad.

Para realizar las mezclas del material biobasado, se emplearon los siguientes elementos:

Materiales: una balanza de precisión marca KERN modelo FKB para garantizar mediciones exactas de los componentes, vasos de plástico como contenedores temporales, y cucharas de plástico para mezclar las sustancias.

Seguridad: Se utilizaron elementos de protección personal, como guantes de látex, para evitar el contacto directo con los materiales durante el proceso.

El proceso de mezclado incluyó la combinación de la borra de café con el poliuretano a base de aceite de ricino, logrando una cohesión adecuada para moldear el material. Este enfoque demuestra que es posible desarrollar un biomaterial funcional utilizando componentes que respetan el medio ambiente, promoviendo un diseño más consciente y responsable.

2.1.2 Realizar pruebas de mezclas entre la borra de café y el aglomerante

En la figura 21 se muestran las 9 probetas con variación de tamaño de partícula de izquierda a derecha en la primera columna es borra sin tapizar, la columna central es borra con tamiz de 35 mesh y la columna de la derechos es borra con tamiz de 50 mesh. Asimismo existe una variación de porcentaje de carga y aglomerante siendo la primera fila en porcentaje 80% carga, la segunda fila 70% carga y la última fila con 60% de carga (ver figura 21).

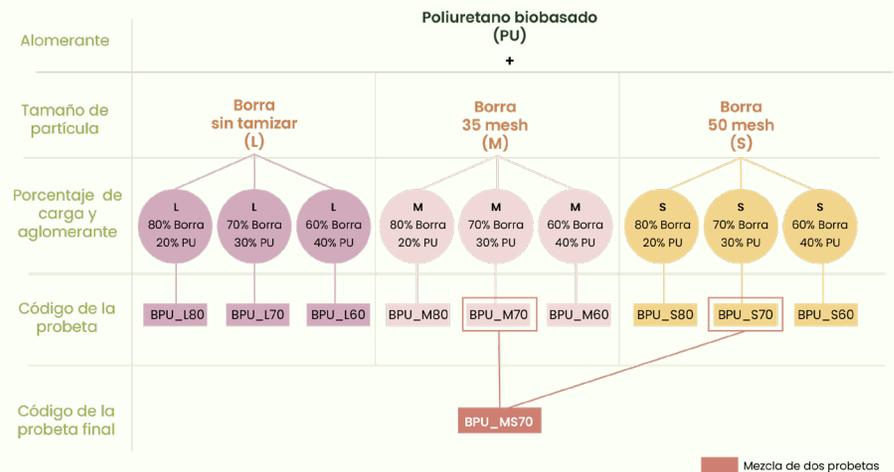


Figura 21. Esquema de conformación de las probetas. Elaboración propia.

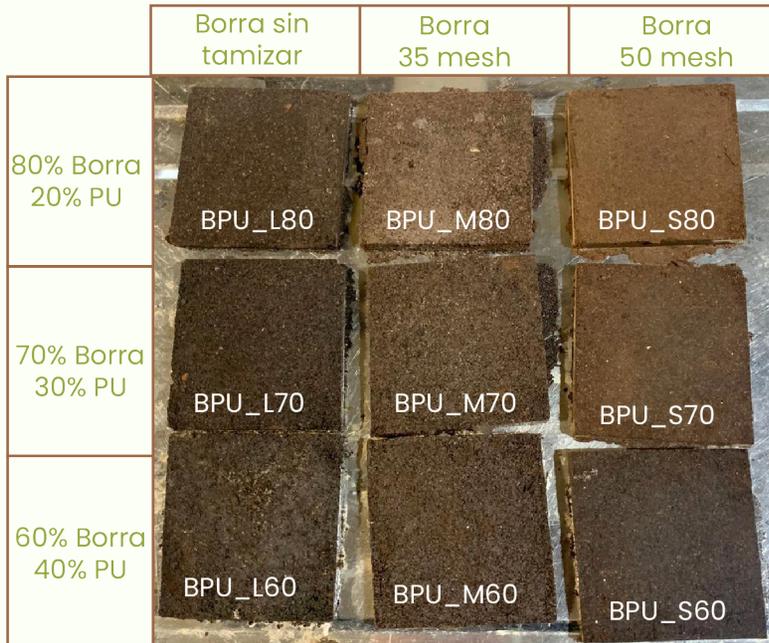


Figura 22. Probetas con variación de tamaño de partícula y porcentaje de carga. Elaboración propia.

Se logra observar que las probetas con un mayor porcentaje de carga de borra (80%) y un tamaño de partícula más pequeño (50 mesh) presentan un color significativamente más claro. Por el contrario, las probetas con un menor porcentaje de carga (60%) y partículas de mayor tamaño (borra sin tamizar) muestran un color más oscuro (ver figura 22).

Etapa 3. Caracterizar el material compuesto mediante la evaluación de sus propiedades Actividad 3.1 Definir las proporciones del residuo y el aglomerante

Actividad 3.1. Evaluar las probetas para definir la mezcla final

En la tabla 14 se presentan los resultados obtenidos tras observar y analizar las características superficiales de cada probeta. Estas observaciones incluyen aspectos clave como olor, color, textura, si se aglomera bien y si hay desprendimiento del material al manipularla.

Cada probeta fue evaluada y calificada en función de estos criterios, permitiendo identificar aquellas que ofrecen el mejor desempeño. Este proceso de calificación tiene como objetivo seleccionar las probetas más óptimas para el biomaterial final.

Tabla 14. Evaluación perceptual de las probetas Elaboración propia.,

Código de la muestra	Borra		PU	Olor	Color	Textura	Se aglomera	Desprendimiento	Total
	Tamaño partícula	Porcentaje	Porcentaje						
BPU_L80	Sin tamizar	80%	20%	-1	-1	-1	1	-1	-3
BPU_L70	Sin tamizar	70%	30%	-1	-1	-1	1	1	-1
BPU_L60	Sin tamizar	60%	40%	-1	-1	-1	1	1	-1
BPU_M80	35 mesh	80%	20%	1	1	1	1	-1	3
BPU_M70	35 mesh	70%	30%	1	1	1	1	1	5
BPU_M60	35 mesh	60%	40%	-1	0	-1	1	1	0
BPU_S80	50 mesh	80%	20%	1	1	1	1	-1	3
BPU_S70	50 mesh	70%	30%	1	1	1	1	0	4
BPU_S60	50 mesh	60%	40%	0	1	1	1	1	4

Actividad 3.2 Realizar pruebas de humectabilidad

3.2.1 Prueba de la gota y liberación de material en agua caliente

Prueba de la gota

En el gráfico 4 se observa que las muestras BPU_L60, BPU_L70 y BPU_M70 presentaron los mayores ángulos de contacto al momento de posicionar la gota de agua, lo que indica una menor afinidad inicial del material con el agua y, por tanto, una mayor resistencia al contacto con el agua.

Por otro lado, las muestras BPU_M70, BPU_S80 y nuevamente BPU_M70 destacaron por tardar más tiempo en absorber la gota de agua, siendo la muestra BPU_M70 la que mostró el mejor rendimiento general. Este comportamiento sugiere que esta muestra combina de manera eficiente propiedades como la textura superficial y la densidad del material, logrando un equilibrio óptimo entre resistencia inicial al agua y capacidad de retrasar su absorción. Estos resultados posicionan a la muestra BPU_M70 como una opción prometedora para aplicaciones donde se requiere mayor resistencia a la absorción de líquidos.

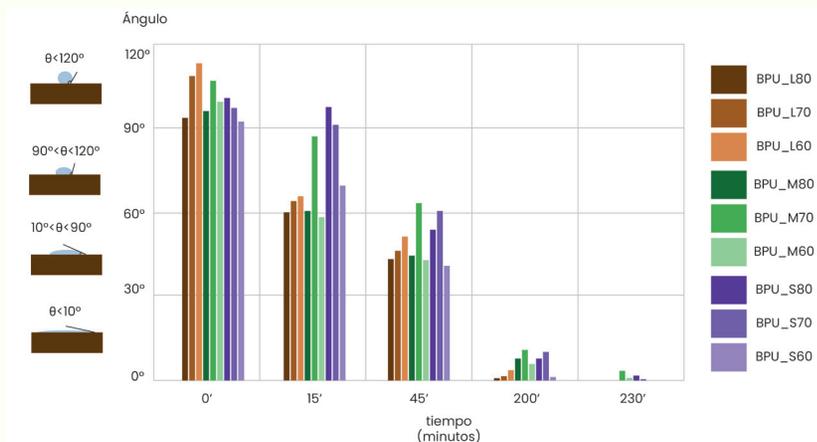


Gráfico 4. Resultado prueba de la gota. Elaboración propia.

Prueba de liberación de material en agua caliente

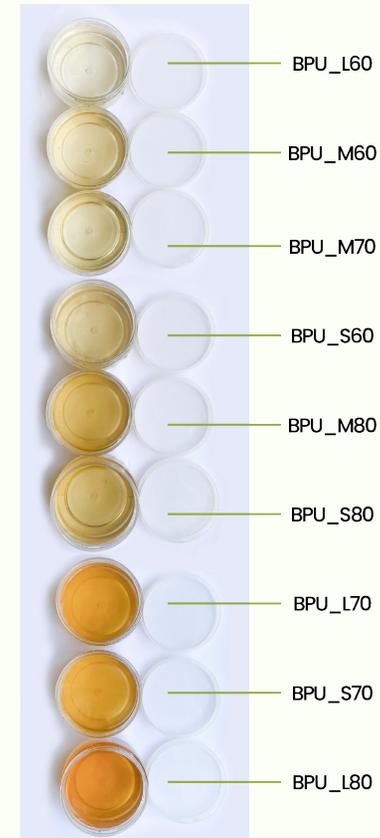


Figura 23. Resultados prueba de liberación de material en agua caliente. Elaboración propia.

En la figura 23 se puede observar que las muestras con un menor porcentaje de carga fueron las que desprenden menos material durante las pruebas, evidenciando una mayor estabilidad en su composición. Por otro lado, las muestras BPU_L80 y BPU_S70 fueron las que más material desprenden, dejando el agua visiblemente más turbia.

Las mezclas que obtuvieron mejor calificación fueron las probetas BPU_M70, BPU_M60 Y BPU_L60, sin embargo el olor y la textura son las características más relevantes para este proyecto, por lo que se descartó la probeta BPU_L60.

Después de las pruebas de humedad se decidió mezclar las partículas de borra tamizada de 35 mesh y 50 mesh con el objetivo de obtener un acabado más liso en cuanto a la textura. Esta combinación favorece una distribución más uniforme de las partículas, lo que contribuye a una mayor suavidad en la superficie de las probetas. Además, para preservar el olor característico del café, se optó por utilizar una carga del 70%, dividiendo esta carga de manera equitativa: 35% de borra tamizada con 35 mesh y 35% de borra tamizada con 50 mesh. Esta proporción no solo busca equilibrar la suavidad de la textura, sino también asegurar que las propiedades sensoriales del material se mantengan intactas, evitando el desprendimiento de partículas.

Actividad 3.3 Caracterización física del material

3.3.1 Pruebas de densidad, contenido de humedad, absorción de agua e hinchamiento

Densidad

En la tabla 15 se muestran los resultados de la densidad de las 9 probetas y en la tabla 16 se muestra el resultado del promedio de la densidad de la mezcla final.

Tabla 15. Resultado densidad de las 9 probetas. Elaboración propia.

Código de la muestra	Gramos	Volumen	Densidad
BPU_L80	23,7	30	0,79
BPU_L70	22,6	29,7	0,76
BPU_L60	26	29,8	0,87
BPU_M80	23,2	29,7	0,78
BPU_M70	23,7	30	0,79
BPU_M60	22,4	29,8	0,75
BPU_S80	22,5	30	0,75
BPU_S70	24,7	29,7	0,83
BPU_S60	23,9	29,8	0,8

Tabla 16. Resultado promedio probeta del material final. Elaboración propia.

Código de la muestra	Gramos	Volumen	Densidad	Promedio de densidad g/cm ³
BPU_MS70 (A)	23,7	30	0,79	0,8
BPU_MS70 (B)	22,6	29,7	0,76	
BPU_MS70 (C)	26	29,8	0,87	

Comparación de densidades CES Edupack 2013.

Se realizó la comparación del nuevo material desarrollado con los materiales tradicionalmente usados en la fabricación de tazas.

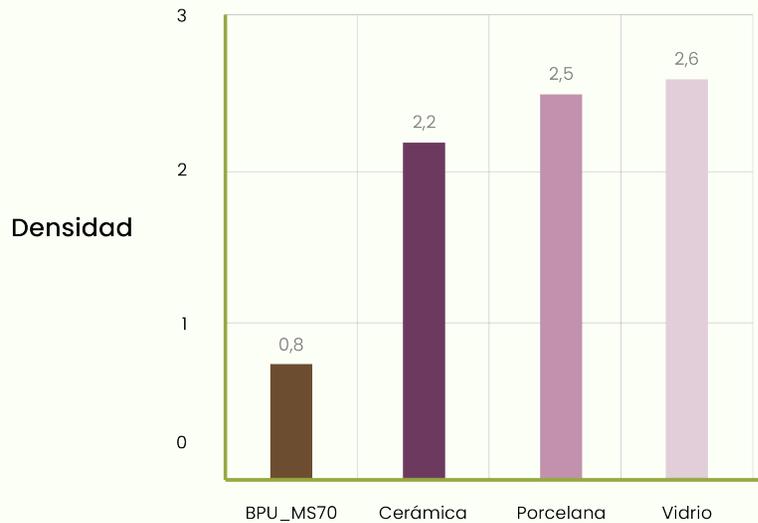


Gráfico 3. Materiales comunes de las tazas Fuente: CES Edu Pack, 2024.

En el gráfico 3 se logra observar que el nuevo material desarrollado a partir de borra de café presenta una menor densidad en comparación con los materiales comúnmente utilizados para fabricar tazas, como la cerámica, el vidrio o la melamina. Esta diferencia en densidad sugiere que el material de borra de café podría resultar en un producto más liviano facilitando su uso.

Contenido de humedad

En la tabla 17 se puede observar que las probetas con mayor carga de borra y menor porcentaje de aglomerante presentan un mayor contenido de humedad. Esto puede deberse a la capacidad de la borra de café para retener agua debido a su naturaleza fibrosa y porosa, lo que genera una absorción más significativa en comparación con las probetas que tienen menor carga de borra.

Tabla 17. Resultado contenido de humedad. Elaboración propia.

Código de la muestra	Peso inicial en gramos	Peso final en gramos	Contenido de humedad en porcentaje
BPU_L80	23,7	21,2	10,5%
BPU_L70	22,6	20,6	8,8%
BPU_L60	26	23,8	8,4%
BPU_M80	23,2	21	9,4%
BPU_M70	23,7	21,5	9,2%
BPU_M60	22,4	20,3	9,3%
BPU_S80	22,5	20,5	8,8%
BPU_S70	24,7	22,7	8%
BPU_S60	23,9	21,9	8,3%

Absorción de agua

En la tabla 18 se presentan los resultados obtenidos en el análisis de absorción de agua por parte de las probetas. A las 2 horas, se observó un promedio de absorción de aproximadamente 22%, mientras que, tras 24 horas de inmersión, el promedio aumentó a 36,3%.

Este incremento significativo en la absorción de agua durante el tiempo de prueba indica que el material tiene una capacidad progresiva para retener humedad, posiblemente debido a la estructura porosa de la borra y su composición fibrosa.

Tabla 18. Resultados de absorción de agua del material final. Elaboración propia.

Código de la muestra	Peso inicial en gramos	Peso a las 2 horas en gramos	Absorción de agua a las 2 horas	Peso a las 24 horas en gramos	Absorción de agua a las 24 horas	Promedio de absorción de agua (24 horas)
BPU_MS70 (A)	23,9	29,4	23%	32,3	35%	36,4%
BPU_MS70 (B)	26,9	33,3	23%	37	37%	
BPU_MS70 (C)	26,3	31,9	21%	36,2	37%	

Se observaron algunas leves fisuras en las probetas tras haber estado sumergidas en agua durante 24 horas. Sin embargo, a pesar de estas fisuras, el material conserva su dureza, lo que indica una buena resistencia estructural frente a la absorción de agua.

Hinchamiento

En la tabla 19 se puede observar que, a diferencia de los resultados de la prueba de absorción de agua, no se evidencia una diferencia significativa entre el espesor inicial y el final de las probetas tras la inmersión. Esto sugiere que, aunque el material absorbe agua, su estructura presenta una buena estabilidad dimensional.

Este comportamiento indica que el material es capaz de retener humedad sin experimentar una expansión considerable.

Tabla 19. Resultados de hinchamiento del material final. Elaboración propia.

Código de la muestra	Peso inicial en gramos	Peso a las 2 horas en gramos	Hinchamiento a las 2 horas	Peso a las 24 horas en gramos	Hinchamiento a las 24 horas	Promedio Hinchamiento (24 horas)
BPU_MS70 (A)	0,9	0,9	0%	10	1%	1%
BPU_MS70 (B)	0,9	0,9	0%	10	1%	
BPU_MS70 (C)	0,9	0,9	0%	10	1%	

Actividad 3.4 Trealizar pruebas de trabajabilidad

Moldeabilidad

El material presentaba un olor a desmoldante que persistía durante una semana al utilizar moldes de PLA. Esto se debía a la necesidad de aplicar desmoldante, ya que el material tiende a adherirse al filamento (ver figura 24).



Figura 24. Resultado molde PLA. Elaboración propia.

El molde de madera con texturas permitió obtener excelentes resultados, logrando que el material copiara las texturas de manera precisa y óptima (ver figura 25).

Al utilizar cinta adhesiva para evitar que el material se adhiriera, se generó un acabado brillante sobre la superficie del material, lo que alteró su apariencia final.



Figura 25. Resultado molde madera. Elaboración propia.

Grabado láser

La muestra sometida a grabado láser presentó resultados positivos al utilizar parámetros de mayor potencia y velocidad, logrando un grabado óptimo con un color oscuro bien definido. Tras varias pruebas, se recomienda emplear una potencia del 50 % y una velocidad del 75 % para obtener los mejores resultados en términos de definición y contraste del grabado sobre el material (ver figura 26).



Figura 26. Resultados grabado láser. Elaboración propia.

Actividad 3.5 Realizar pruebas de resistencia a agentes externos

3.5.1 Ensayo de resistencia a reactivos químicos

Prueba de inmersión

Las tres pruebas presentan leves fisuras en su estructura pero mantienen su dureza. En cuanto al olor si hay cambios. La muestra sumergida en lavalozza presenta un leve olor a este mismo mientras que la prueba sumergida en jabón pierde todo el olor a café dejando solo el olor a jabón. La muestra sumergida en alcohol también pierde el olor a café y queda con un leve olor a alcohol.

En la figura 27 se logra ver un cambio de color a uno más oscuro y al tacto la la textura también cambia volviendose rugosa.

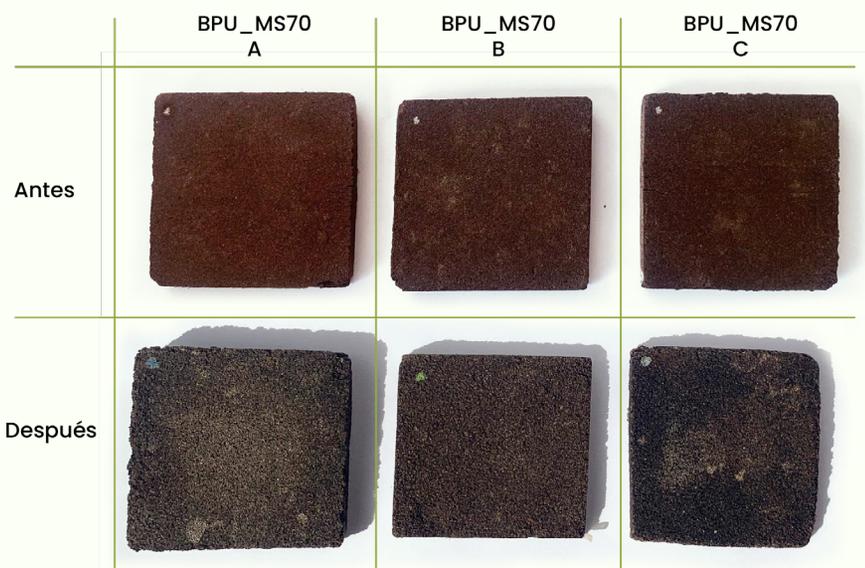


Figura 27. Probetas antes y después de la prueba de inmersión. Elaboración propia.

Tabla 20. Resultados variación de diámetro, espesor y masa de las probetas. Elaboración propia.

Código	Reactivo químico	Variación diámetro (%)	Variación Espesor (%)	Variación masa (%)
BPU_MS70 (A)	Lavalozza	+0,2	+0,2	+27
BPU_MS70 (B)	Jabón	+ 0,3	+0,2	+29
BPU_MS70 (C)	Alcohol	+0,2	+0,2	+27

En la tabla 20 se muestran los resultados de las variaciones de las probetas. Al comparar el diámetro y espesor no hay un gran cambio a diferencia de la masa que aumenta en las tres probetas.

Prueba de limpieza

En esta prueba no hubo cambios significativos en el color y olor de las probetas, manteniendo el olor a café y su textura inicial. Tampoco se generaron grietas ni desprendimientos de material, manteniendo su estructura.

Al igual que la prueba de inmersión, esta prueba no generó cambios significativos en el diámetro y espesor de las probetas y también hubo una variación en su masa pero en menor medida ya que no estuvo constantemente sumergido en los reactivos químicos (ver tabla 21).

Al comparar ambas pruebas se puede inferir que es un material apto y duradero en cuanto a su estructura pero a lo largo del tiempo podría perder sus características organolépticas.

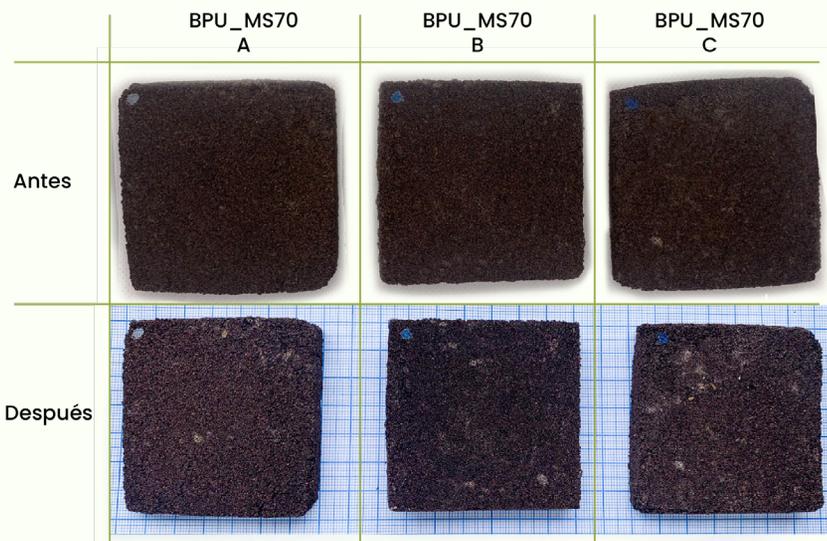


Figura 28. Probetas antes y después de la prueba de limpieza. Elaboración propia.

Tabla 21 Resultados variación de diámetro, espesor y masa de las probetas. Elaboración propia.

Código	Reactivo químico	Variación diámetro (%)	Variación Espesor (%)	Variación masa (%)
BPU_MS70 (A)	Lavalozza	+0,1	0	+15
BPU_MS70 (B)	Jabón	+ 0,1	0	+17
BPU_MS70 (C)	Alcohol	0	0	+13

3.5.2 Evaluar la degradabilidad en el exterior

La probeta presenta cambios mínimos en cuanto a su masa aumentando a la segunda semana y disminuyendo a la cuarta. Se mantuvo la masa durante 8 semanas y luego volvió a disminuir.

El espesor de la probeta no tuvo cambios manteniéndose a lo largo del tiempo.

La probeta no presentó ningún tipo de desprendimiento del material al manipularlo pero si empezó a presentar pequeñas fisuras en la semana 4, aun así mantuvo su estructura sin quebramientos (ver figura 29).

Después de las 13 semanas no presentó el olor a borra y en cambio sólo se percibía el olor a tierra.

No hubo presencia de hongos en ninguna semana a pesar de su constante riego.



Figura 29 Registro de fotos de la probeta semanalmente. Elaboración propia.

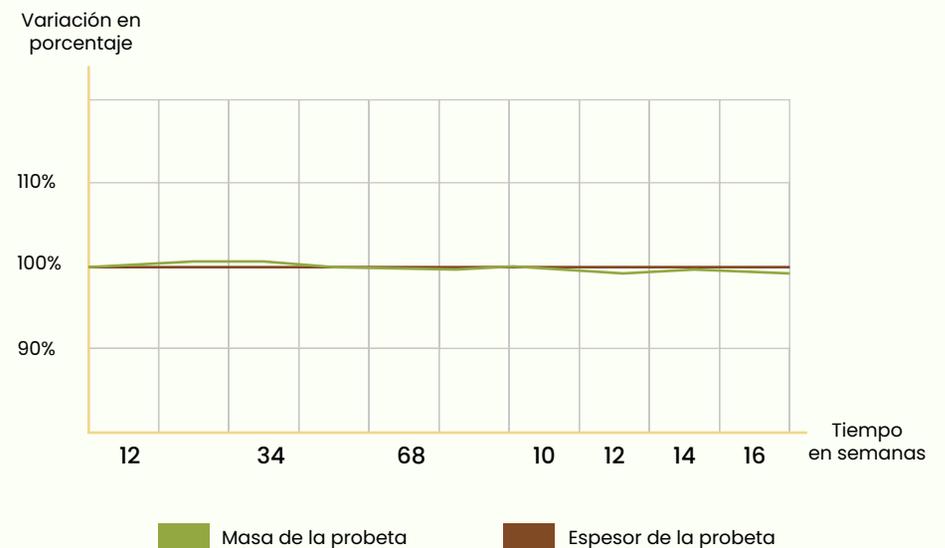


Gráfico 5. . Variación masa y espesor en la probeta a través del tiempo. Elaboración propia.

Actividad 3.6 Realizar encuesta perceptual

3.6.1 Encuesta perceptual

Se utilizó el toolkit de Material Driven Design para analizar cómo las personas perciben el material. La encuesta se llevó a cabo de manera presencial en distintas cafeterías especializadas del Barrio Italia. Participaron tres grupos principales, con un total de 56 personas: baristas especializados en café, usuarios frecuentes de cafeterías y estudiantes de diseño. A continuación, se presentan los resultados obtenidos:

Se puede ver que en el nivel sensorial (ver figura 30), el material desarrollado se percibe como duro, liso, rígido, liviano, cálido y oloroso. Entre estas características, el olor destaca como un aspecto especialmente relevante, ya que el material fue diseñado intencionalmente para conservar el aroma característico de la borra de café.

Además, las propiedades como la dureza y rigidez aportan una sensación de estabilidad y durabilidad, mientras que su ligereza facilita el manejo del producto. La calidez del material, tanto física como emocional.

En el nivel interpretativo, el material se percibe como pacífico, innovador, natural, artesanal y honesto. Su carácter pacífico transmite calma y equilibrio, mientras que su innovación destaca por transformar un residuo en un recurso funcional y sostenible.

El aspecto natural y artesanal conecta con su origen orgánico y su proceso de elaboración manual, aportando autenticidad y valor emocional. Por último, su honestidad radica en mostrar abiertamente las características de la borra de café.

Y por último, en el nivel afectivo, el material genera principalmente emociones positivas, destacándose sentimientos de aceptación, atracción y curiosidad. Estas respuestas emocionales reflejan una conexión inmediata entre los usuarios y el material, indicando que no solo es bien recibido, sino que también despierta interés por su innovación y origen.

		2	1	0	1	2		
Nivel sensorial	Duro	●	○	○	○	○	Blando	
	Liso	○	●	○	○	○	Rugoso	
	Mate	○	●	○	○	○	Brillante	
	No reflectante	●	○	○	○	○	Reflectante	
	Frío	○	○	○	●	○	Cálido	
	No elástico	●	○	○	○	○	Elástico	
	Opaco	●	○	○	○	○	Transparente	
	Rígido	●	○	○	○	○	Flexible	
	Irrrombible	○	●	○	○	○	Frágil	
	Liviano	○	○	○	○	○	Pesado	
	Textura regular	○	●	○	○	○	Textura irregular	
	Fibroso	○	○	●	○	○	No fibroso	
Oloroso	●	○	○	○	○	Inoloro		
Nivel afectivo	Agresivo	○	○	○	○	●	Pacífico	
	Cercano	○	●	○	○	○	Distante	
	Elegante	○	●	○	○	○	Vulgar	
	Moderno	○	●	○	○	○	Antiguo	
	Innovador	○	○	○	○	○	Convencional	
	Ordinario	○	○	○	●	○	Extraordinario	
	Masculino	○	○	●	○	○	Femenino	
	Sensual	○	○	○	●	○	No sensual	
	Como un juguete	○	○	○	●	○	Profesional	
	Natural	○	○	○	○	○	Artificial	
	Artesanal	●	○	○	○	○	Industrializado	
	Honesto	●	○	○	○	○	Falso	
Nivel interpretativo	Frustración	○	○	○	●	○	Satisfacción	
	Aburrimiento	○	○	○	●	○	Entretención	
	Desilusión	○	○	○	●	○	Ilusión	
	Desconfianza	○	○	○	●	○	Confianza	
	Confusión	○	○	○	●	○	Claridad	
	Rechazo	○	○	○	○	●	Aceptación	
	Disgusto	○	○	○	○	●	Atracción	
	Indiferencia	○	○	○	○	●	Curiosidad	
Incomodidad	○	○	○	○	●	Comodidad		

Figura 30 Resultados encuesta perceptual. Elaboración propia.

Etapa 4. Desarrollar un elemento sensorial para potenciar la experiencia de beber café en cafeterías de especialidad desde el material desarrollado.

Para llevar a cabo la caracterización del usuario se aplicó una encuesta inicial para recopilar datos específicos sobre hábitos, preferencias y necesidades. Esta información se complementa con la observación directa de los usuarios en el contexto de cafeterías, permitiendo identificar comportamientos, interacciones y patrones de uso en un entorno real. Este enfoque combinado proporcionó una perspectiva más completa y enriquecida sobre los usuarios.

Encuesta para caracterizar al usuario

Con el objetivo de obtener una comprensión más profunda sobre los hábitos y preferencias de los consumidores de café, se llevó a cabo una encuesta dirigida a personas que disfrutan de esta bebida.

Se encuestaron 49 personas durante el mes de junio de 2023 de manera online a través de google forms. La encuesta buscó recopilar información relevante acerca de sus hábitos de consumo, las características del café que prefieren y los factores que influyen en la elección de dónde consumirlo.

La encuesta dió los siguientes resultados:

- El 75,5% de los encuestados eran mujeres.
- La edad de los participantes fue diversa, variando entre los 21 y los 63 años. Siendo la edades más comunes; 23 años, con un 16,3% y 55 años, con un 14,3%.
- El 59,2% consume café los 7 días de la semana.
- El 59,2% consume de 1 a 2 tazas diarias y un 22,4% consume de 3 a 4 tazas diarias.
- El 91,8% prefiere tomar café por las mañanas.
- Un 32,7% escoge una cafetería por su ambiente acogedor y cálido mientras que el 18,4% prefiere la calidad de su café.
- El 75,5% prefiere tomar café acompañada.
- En cuanto al beneficio que busca la gente al tomar café hay un 67% que mencionó el sabor y energía mientras que el resto mencionaron el placer y el calor.

Los datos obtenidos ofrecen una base sólida para analizar las tendencias actuales del mercado y facilitan la toma de decisiones en el desarrollo del diseño del contenedor de café. Además, proporcionan una visión detallada sobre los hábitos y preferencias de los consumidores, lo que permite comprender sus necesidades y deseos, contribuyendo a mejorar tanto la oferta como la experiencia de consumo.

Se observa que la mayoría de los encuestados son mujeres y que la franja etaria más frecuente oscila entre los 21 y los 63 años, con una tendencia notable en los grupos de 23 y 55 años.

La mayoría de los participantes consume café a diario, preferentemente por la mañana, y en cantidades que varían entre 1 a 2 tazas diarias. Además, la encuesta revela que la mayoría prefiere disfrutar del café en compañía y valora aspectos como el ambiente acogedor de las cafeterías, seguido de la calidad del café.

En cuanto a los beneficios que los consumidores buscan al tomar café, predomina el sabor y la energía, aunque también se menciona el placer y el calor como factores importantes.

Estos datos destacan la importancia de crear una experiencia sensorial completa para los usuarios, enfocándose no solo en la calidad del café, sino también en el ambiente y la conexión social que genera el acto de consumirlo. Estos hallazgos sirven como base para diseñar un contenedor de café que tenga en cuenta tanto las preferencias individuales como el contexto de consumo, contribuyendo a mejorar la experiencia general del usuario.

4.1.1 Desarrollo de la propuesta conceptual

Observación en contexto de cafeterías especializadas

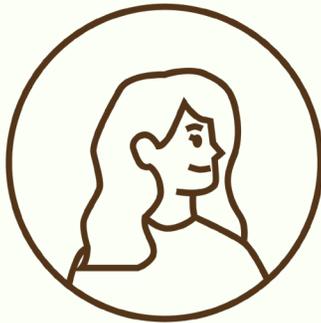
En la figura 31 se muestran algunos bocetos hechos a partir de la observación de usuarios en contexto de cafeterías especializadas. Se observó en cafeterías del Barrio Italia por accesibilidad más cercana.



Figura 31. Observación de usuarios en cafeterías mediante sketching. Elaboración propia.

Arquetipo de usuario

En la figura 32 se representa el arquetipo de usuario basado en el levantamiento de información y la observación.



Pilar Montecinos

Edad: 32 años

Ocupación: Marketing

Lugar de residencia: Santiago, Providencia

“Para mí, el café no es solo una bebida; es un momento de conexión conmigo misma y con el mundo que me rodea.”

Personalidad

Creativa, sociable y orientada a los detalles.

Estilo de vida

Tiene una rutina flexible, trabaja desde casa o espacios cowork y le encanta juntarse con sus amigas de toda la vida a conversar.

Hábitos

Siempre empieza su mañana con un café, prefiere productos ecoamigables y prefiere moverse en bicicleta o transporte público.

Motivaciones

Usa productos reutilizables para ayudar al planeta y le gusta aprender cosas nuevas.

Oportunidades

Crear contenido en redes sociales con consejos sobre sostenibilidad y la importancia de productos reutilizables en el día a día.

Figura 32. Arquetipo de usuario. Elaboración propia.

Mapeo de conceptos

Se llevó a cabo un mapeo adaptado al modelo propuesto por Camere y Karana, el cual presenta cuatro arcos que abordan conceptos asociados a los niveles experiencial, performativo, sensorial, interpretativo y afectivo. Este enfoque se utiliza para dar significado y propósito al material creado, facilitando la conexión entre el diseño y la experiencia del usuario.

Sin embargo, dado que en este proyecto ya se tenía en mente un uso específico del material, se decidió modificar el mapeo original, adaptándolo a tres arcos clave sacados de la literatura revisada y las encuestas y la observación. Estos arcos están centrados en la sustentabilidad, el residuo de borra de café y el usuario en contexto de cafetería (ver figura 33). De esta manera, el mapeo refleja los principios fundamentales del proyecto y su intención de resaltar tanto el ciclo de vida del café como la experiencia sensorial que acompaña su consumo.

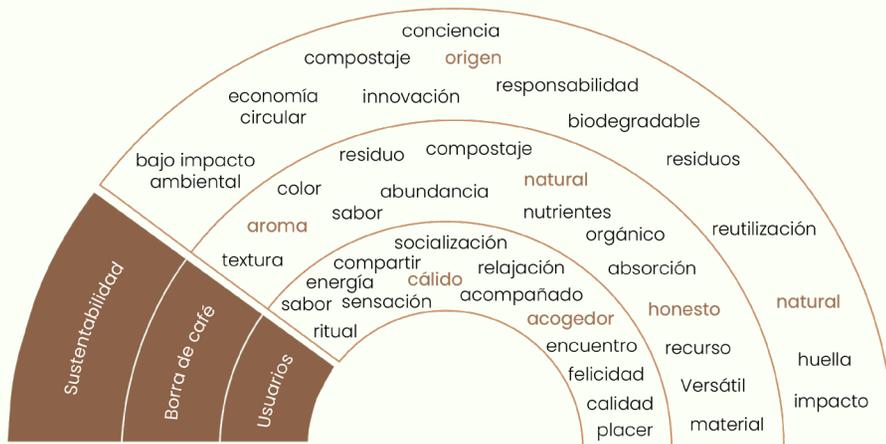


Figura 33. Mapeo de conceptos. Elaboración propia

A partir de este mapeo se seleccionaron los siguientes conceptos; Natural, honesto y acogedor.

Natural

El concepto de natural refleja la conexión directa con el origen orgánico del material, en este caso, la borra de café. Representa un respeto por la naturaleza al utilizar un residuo que, en lugar de desecharse, es transformado en un producto funcional y significativo. Este término también hace referencia a la autenticidad y simplicidad del diseño, manteniendo visibles las texturas y características propias del material, evocando un sentido de armonía con el entorno.

Honesto

Honesto destaca la transparencia y autenticidad del producto. El diseño no oculta el origen del material, sino que lo resalta al mantener las características de la borra de café claramente presentes. Esto comunica una autenticidad visual y táctil que conecta al usuario con el objeto, generando confianza y reforzando su valor como un producto sostenible y consciente.

Acogedor

El concepto de acogedor evoca calidez, comodidad y una experiencia sensorial íntima. En el diseño de la taza, esto se traduce en la forma sin asa que invita a abrazarla con las manos. Este gesto no solo fomenta una conexión física con el objeto, sino que también genera una sensación de bienestar y cercanía, transformando el acto de beber café en un momento especial de confort y relajación.

A partir de estos conceptos se decidió hacer un esquema para crear un concepto de diseño para la propuesta conceptual (ver figura 34).



Figura 34. Esquema de conceptos. Elaboración propia

Concepto final: Vínculo acogedor

El concepto de Vínculo acogedor surge de la conexión entre los valores de naturaleza, honestidad y calidez. Este concepto representa la relación directa y auténtica entre el usuario, el material y su origen natural. A través de su textura, aroma y apariencia, el material mantiene una conexión visible con la borra de café, evocando transparencia y sencillez. Además, la calidez propia de este vínculo busca generar una experiencia sensorial y emocional que conecta a las personas con lo orgánico, resaltando el respeto por el entorno y promoviendo un consumo consciente y potenciando el acto de beber café.

Moodboard

Vínculo acogedor se representó a través de distintas imágenes que evocan la calidez presente en la propia naturaleza, utilizando elementos orgánicos como símbolo de conexión y armonía. Este concepto busca transmitir cómo la naturaleza puede generar sensaciones de confort y bienestar a través de su pureza y simplicidad. Al mismo tiempo, se resaltó la calidez como una cualidad esencial de estos elementos, capaces de crear un ambiente acogedor y genuino, reforzando la relación emocional entre las personas y el entorno natural.

En la siguiente figura (ver figura 35), se observan imágenes asociadas a los conceptos mencionados anteriormente



Figura 35. Moodboard de concepto Vínculo acogedor basado en referentes web. Elaboración propia.

4.1.2 Desarrollo de la propuesta formal

Morfología

A partir del concepto de vínculo acogedor, el moodboard y la observación de usuarios se decidió integrar la morfología de los osos en el diseño de la taza, haciendo alusión a la calidez, el confort y la naturalidad que estos animales evocan.

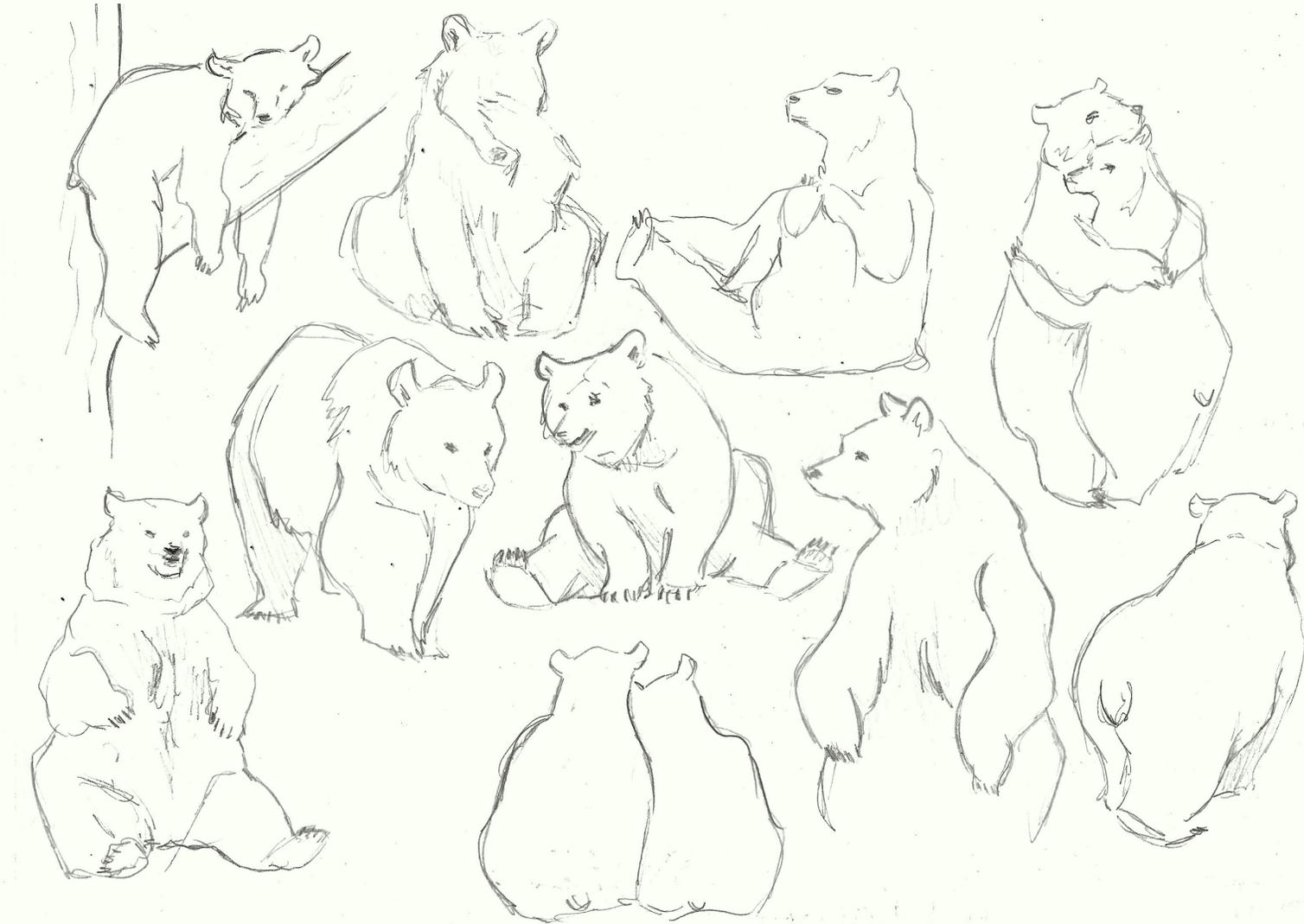


Figura 36. Morfología de los osos en base a observación de fotografías como referente. Elaboración propia.

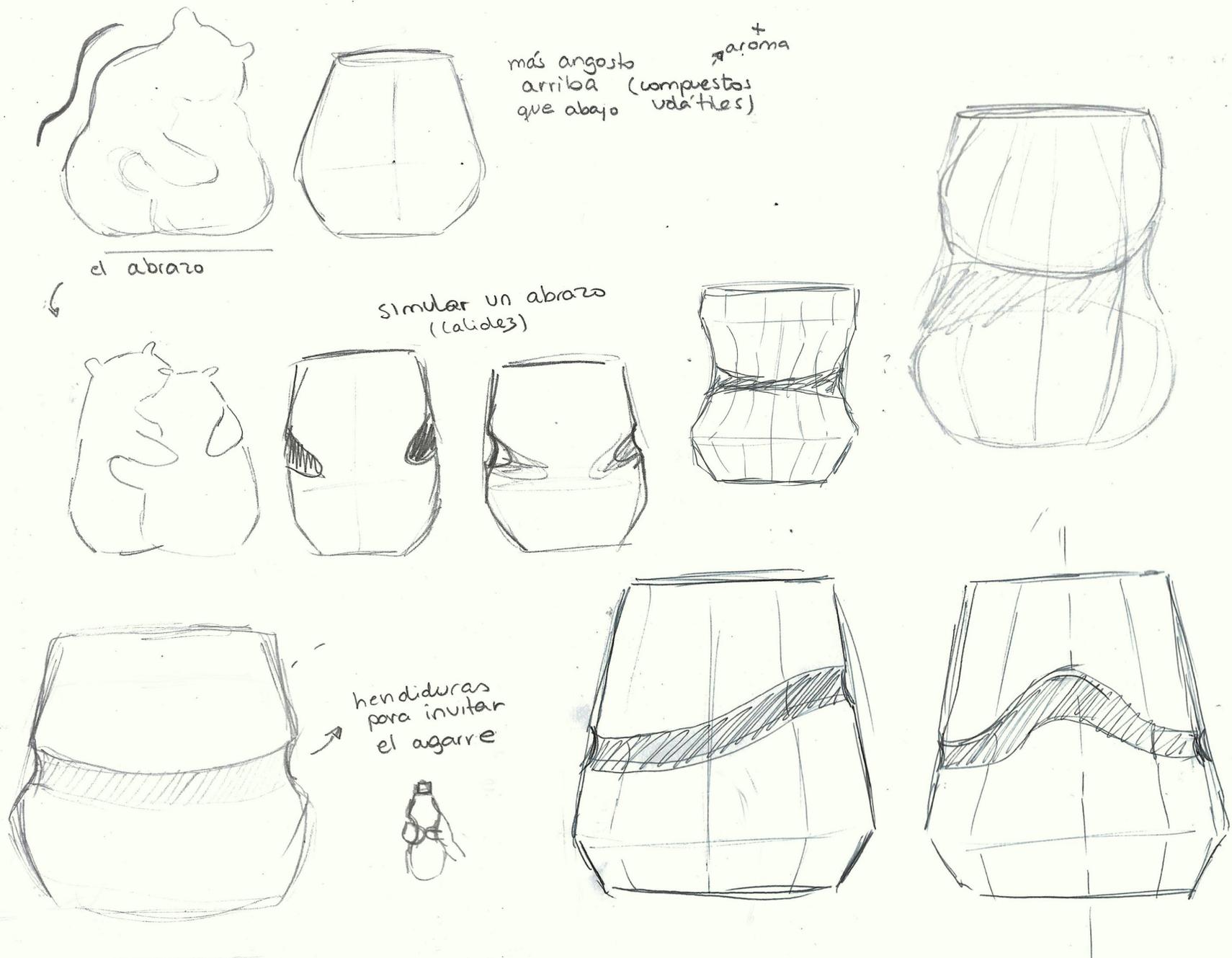


Figura 37. Exploración de la forma. Elaboración propia.

Se llega a una forma con contornos redondeados, eliminando ángulos rectos cuidando que la base sea más ancha que la parte superior para contener mejor los compuestos volátiles que libera el café como se vió en literatura.

Posteriormente, se realiza el modelado tridimensional utilizando el software Rhinoceros (ver figura 39), permitiendo una mayor precisión en los detalles y ajustes finales, antes de proceder con la impresión del prototipo.

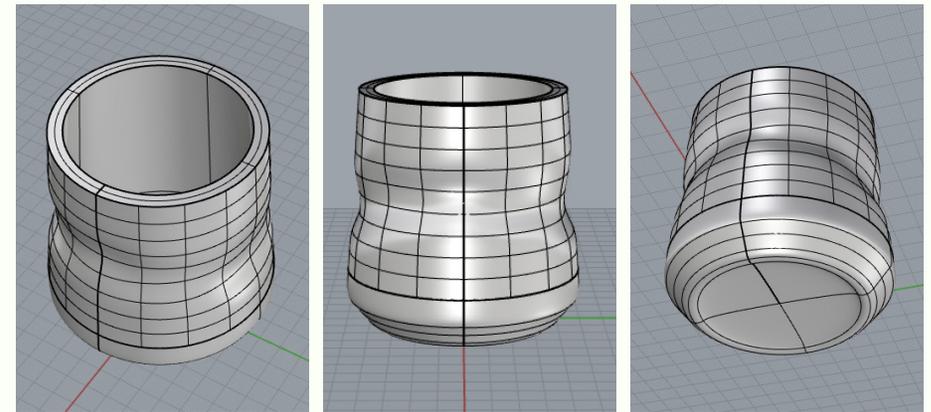


Figura 39. Proceso de modelado en Rhinoceros 3D. Elaboración propia.

Cabe destacar que, debido a las propiedades del material desarrollado, se estableció un espesor mínimo de 5 mm para garantizar su resistencia y funcionalidad. Este requerimiento fue considerado durante el proceso de modelado, asegurando que la estructura cumpliera con dichas especificaciones.

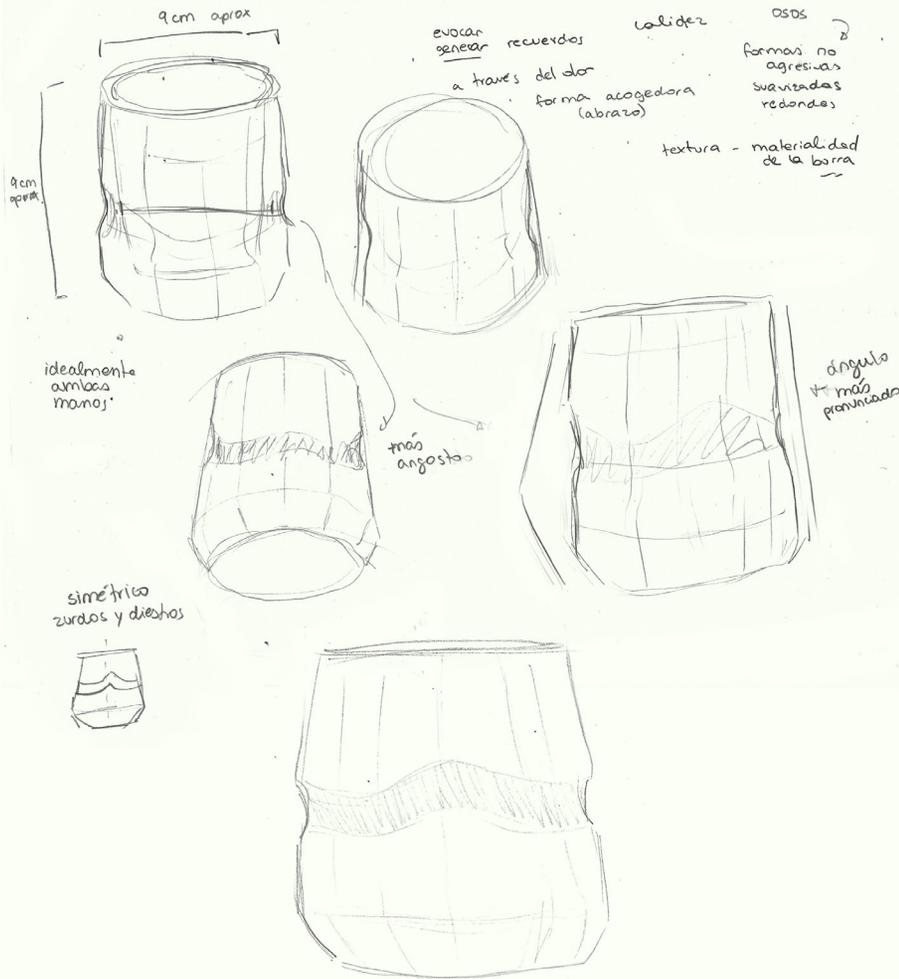


Figura 38. Bocetos de la taza final. Elaboración propia.

4.1.3 Fabricación de la propuesta

Propuesta final

Contenedor sensorial para potenciar la experiencia de beber café en cafeterías.



Figura 40. Proceso de modelado en Rhinoceros 3D. Elaboración propia.

Propuesta de nombre

El nombre Kaffa se propone para este proyecto debido a su profundo significado cultural e histórico relacionado con el café. Kaffa es una región de Etiopía considerada por muchos como la cuna del café, ya que se cree que fue en esta zona donde se descubrieron por primera vez los efectos estimulantes de los granos de café. Este nombre no solo honra el origen del café, sino que también conecta el proyecto con la rica tradición que rodea a esta bebida.

La elección de Kaffa como nombre aporta un sentido de autenticidad y arraigo, evocando los inicios del viaje del café desde su estado natural hasta convertirse en un elemento esencial de la vida diaria en todo el mundo. Además, refleja los valores de sustentabilidad y respeto por los ciclos naturales que son fundamentales para el proyecto.

Este enfoque resalta el compromiso con la reutilización de los residuos del café, cerrando el ciclo desde su origen en Kaffa hasta su aprovechamiento final en la creación de un biomaterial.

De esta manera, el nombre no solo identifica el producto, sino que también cuenta una historia que enriquece la experiencia sensorial y emocional del usuario al interactuar con el material.

Propuesta de logo

La propuesta para el logo de Kaffa utiliza una tipografía hecha a mano de estilo sans-serif, reflejando un enfoque minimalista y moderno. Los colores seleccionados están inspirados en tonos cálidos y terrosos, comúnmente asociados al café. Como elemento distintivo, se incorpora un grano de café, simbolizando la esencia del proyecto y reforzando su conexión directa con la materia prima (ver figura 41).



Figura 41 Logo y paleta de colores . Elaboración propia.

Elaboración del prototipo

Para la elaboración del prototipo, se utilizó un modelo impreso en PLA mediante impresión 3D. Este modelo sirvió como base para la creación de un molde que posteriormente sería utilizado para fabricar el prototipo final empleando el material biobasado desarrollado.

El modelo impreso en PLA se sometió a un proceso de acabado manual, en el cual se aplicó una capa de masilla para suavizar imperfecciones y lograr una superficie uniforme. Posteriormente, se lijó con papel de lija de grano fino para realizar los ajustes finales y obtener la forma definitiva de la taza (ver figura 42).



Figura 42. Prototipo PLA después del lijado. Elaboración propia.

El molde se elaboró utilizando yeso, para el cual se construyeron dos matrices de base 20 x 10 cm y una altura de 10 cm. Se utilizaron una mezcla de 2 kilos de yeso con agua en proporción 1:1, según las recomendaciones del fabricante. Una vez lista la mezcla, se vertió en la primera matriz, cubriendo hasta la mitad el prototipo impreso, el cual previamente fue recubierto con un guante de látex para facilitar el desmolde posterior. El prototipo fue posicionado de manera que quedara fijo y estable en la mezcla, asegurando que no se moviera durante el proceso de fraguado.

Después de un tiempo de fraguado de aproximadamente 2 horas, se procedió a desmoldar cuidadosamente la pieza, dejando libre la primera mitad del molde. A continuación, se preparó una nueva mezcla de yeso y se vertió en la segunda matriz, siguiendo los mismos pasos para cubrir la otra mitad del prototipo. Este proceso permitió obtener un molde de dos partes que posteriormente fue ensamblado para la creación del prototipo final (ver figura 43).



Figura 43. Moldes de yeso elaborados a partir del prototipo impreso en PLA. Elaboración propia.

Prototipo Contenedor sensorial para potenciar la experiencia de beber café en cafeterías

Para elaborar el prototipo final, se aplicó una fina capa de silicona sobre la superficie del molde de yeso para facilitar la extracción del prototipo y evitar daños en el material.

Se preparó la mezcla del material biobasado con las proporciones determinadas en la etapa de desarrollo experimental. Una vez lista, la mezcla se vertió en el molde de yeso, aplicando presión de manera manual para asegurarse de que el material quedara completamente compactado y uniforme. Con el objetivo de disminuir la cantidad de material utilizado, se insertó un vaso plástico previamente relleno con yeso en el centro del molde.

El molde fue prensado utilizando una prensa xilográfica durante un periodo de 4 horas. Dado que el molde estaba completamente sellado y no se le aplicó calor para acelerar el proceso de curado, se optó por prolongar el tiempo de prensado para garantizar la correcta compactación y endurecimiento del material (ver figura 44).



Figura 44. Molde de yeso con el prototipo con el material final. Elaboración propia.

En las figuras 45 y 46 se muestra el resultado final del prototipo con el material final.



Figura 45. Prototipo PLA junto a prototipo con el materia final. Elaboración propia.



Figura 46. Prototipo con el materia final. Elaboración propia.

Etapa 5. Validar el biomaterial mediante la aplicación como contenedor

Actividad 5.1 Validar prototipo con el usuario

5.1.1 Validar el prototipo mediante una encuesta en cafeterías especializadas

Se llevó a cabo la validación del prototipo con 9 usuarios en cafeterías especializadas (ver figura 47 y 48). Durante este proceso, se evaluaron distintas características del prototipo mediante un sistema de puntuación en el que el puntaje máximo posible para cada característica era 8, dado que cada usuario podía otorgar un punto como máximo por aspecto evaluado.

Los resultados obtenidos se resumen en la tabla 22, donde se presentan la suma de los puntajes asignados a cada característica evaluada. Estos datos reflejan el grado de cumplimiento del prototipo en relación con las expectativas de los usuarios y los objetivos establecidos en el diseño.

El aspecto mejor evaluado fue la textura del material junto con su olor con el puntaje máximo. En cuanto a la forma, los usuarios comentaron que les resultaba bastante atractiva destacando su originalidad. Sin embargo, a pesar de que la forma fue bien recibida, algunos aspectos funcionales presentaron oportunidades de mejora.

Los aspectos con puntaje más bajo fueron la comodidad y el tamaño del prototipo. Varios usuarios mencionaron que el prototipo era algo grande, lo que dificulta su manipulación haciendo que no se sintiera totalmente cómodo al sostenerlo durante el acto de beber café.

Estos resultados indican que, aunque el prototipo logra captar la esencia sensorial deseada a través de su textura y aroma, será necesario ajustar aspectos ergonómicos relacionados con su tamaño y comodidad para garantizar una experiencia más práctica y agradable en futuras iteraciones del diseño.

Tabla 22. Resultados de la encuesta de validación. Elaboración propia.

Característica	Puntaje Obtenido	Puntaje máximo
Agradable al tacto	8	8
Comodidad	5	8
Olor	8	8
Forma	7	8
Tamaño	4	8

En relación con las preguntas de apreciación personal, el 75% de los usuarios no identificó la procedencia del material. Sin embargo, aunque no lograron precisar que estaba hecho de borra de café, varios de ellos asociaron el material con elementos orgánicos, mencionando materiales como la arcilla.

Esto demuestra que el material biobasado logra evocar asociaciones con materiales orgánicos.

En cuanto a las preguntas sobre las emociones o recuerdos que evocaba el prototipo al tomarlo y olerlo, surgieron respuestas variadas.

Entre los comentarios destacados se mencionan el bosque, la tierra, los árboles, cosas dulces y la cultura altiplánica, así como sensaciones positivas relacionadas con el placer y el relaxo.

Estos resultados reflejan que el prototipo logra conectar a los usuarios con experiencias naturales, alineándose con el propósito de enriquecer la experiencia sensorial del acto de beber café.

Estos hallazgos subrayan el potencial del material no solo como un elemento funcional, sino también como un transmisor de significados y emociones, generando una experiencia más profunda y memorable para el usuario.



Figura 47. Usuario evaluando el prototipo. Elaboración propia.



Figura 48 Usuario evaluando el prototipo. Elaboración propia.

Algunos comentarios y observaciones de los usuarios:

- Me encantaría que fuera de un tamaño más pequeño porque es súper innovadora la idea.
- No tenía idea de que la borra se podía reutilizar en algo que no sea compost o para las plantas.
- Muy bonita la taza.
- Me encantaría tener una taza de borra de café.

Iteración del prototipo

Debido a la gran aceptación en los distintos aspectos de forma del contenedor se decidió realizar una última iteración del diseño solo en el tamaño, modificandolo a uno más pequeño. Este cambio busca ofrecer una experiencia más cómoda y ergonómica para los usuarios, adaptándose mejor a sus necesidades.

Elaboración del prototipo final

Se realizó el prototipo final con un molde de madera recubierto con una capa de silicona para evitar la adhesión del material al molde. Luego de verter el material en el molde se dejó prensando durante 2 horas.



Figura 49. Elaboración del prototipo final. Elaboración propia.

Evaluación del prototipo final



Figura 50. Usuarios evaluando el prototipo final. Elaboración propia.

Resultados validación

Como resultado, se observó una mejora significativa en la recepción de todos los aspectos evaluados (ver tabla 23), evidenciando una mayor aceptación y satisfacción por parte de los usuarios.

También se mostró un gran interés de parte de las cafeterías en el producto.

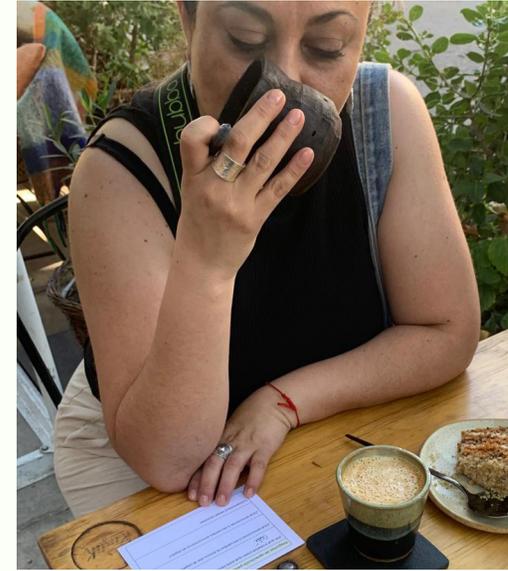


Figura 51. Usuario evaluando el prototipo final. Elaboración propia.

Tabla 23. Resultados de la encuesta de validación final. Elaboración propia.

Característica	Puntaje Obtenido	Puntaje máximo
Agradable al tacto	9	9
Comodidad	9	9
Olor	9	9
Forma	9	9
Tamaño	9	9



CAPÍTULO 4 CONCLUSIONES

Conclusiones

Este proyecto tuvo como objetivo principal el desarrollo de un material bio-basado a partir de la borra de café, con la finalidad de crear un elemento sensorial que potencie la experiencia de beber café en cafeterías especializadas.

Primero se levantó información sobre el consumo de café en cafeterías especializadas en Chile, lo que permitió identificar una oportunidad para utilizar la gran cantidad de borra generada en estas cafeterías, en lugar de ser desechada junto con otros residuos los cuales acaban en vertederos contribuyendo al aumento de la contaminación ambiental.

El primer objetivo específico, “Caracterizar el residuo borra de café de cafeterías de especialidad y su factibilidad de ser utilizada en un material biobasado”, permitió determinar el tamaño de partícula adecuado para el material a través del análisis de la granulometría, optimizando así el uso de este residuo.

El segundo objetivo específico, “Desarrollar un material biobasado resistente a la humedad y alta temperatura a partir de borra de café conservando su aroma característico”, se alcanzó mediante experimentación entre la borra de café y un aglomerante biobasado, que le otorgó la resistencia a la humedad necesaria sin eliminar las características organolépticas del café.

El tercer objetivo específico, “Evaluar las propiedades físicas, resistencia a agentes externos y perceptuales del material biobasado a partir de la borra de café”, se centró en la evaluación de las características del material para su posible uso en contexto real. Se logró que el material pasara las pruebas de limpieza sin afectar sus propiedades organolépticas.

El cuarto objetivo específico, “Desarrollar un elemento sensorial para potenciar la experiencia de beber café en cafeterías de especialidad desde el material desarrollado”, se centró en crear una experiencia sensorial a través del concepto final, *Vínculo emocional*, derivado de la observación de usuarios, levantamiento de literatura, encuestas sensoriales y mapeo de conceptos.

Por último, el quinto objetivo específico, “Validar la efectividad sensorial y aceptación del usuario del contenedor de café hecho a partir de borra de café mediante su aplicación en un entorno real en cafeterías”, demostró que el contenedor sensorial evoca emociones positivas y recuerdos relacionados con el concepto de vínculo emocional.

En conclusión, se confirma la hipótesis de que el uso de un contenedor sensorial a partir de borra de café puede generar emociones positivas en los usuarios dentro del contexto de cafeterías especializadas, contribuyendo a una experiencia enriquecida que va más allá del simple acto de beber café.





CAPÍTULO 5 PROYECCIONES

Proyecciones

Este proyecto busca consolidarse como una alternativa innovadora y sustentable para disminuir los residuos derivados del consumo a gran escala de café, proponiendo un modelo de economía circular que revalorice la borra de café como recurso útil en la creación de materiales biobasado. A través del diseño de un contenedor funcional, resistente a la humedad y sensorialmente atractivo, se espera no solo disminuir el impacto ambiental generado por las cafeterías, sino también enriquecer la experiencia del usuario al consumir café.

Al integrar principios de diseño sostenible y exploración material, este proyecto no solo aborda una problemática ambiental, sino que también busca generar conciencia sobre el aprovechamiento de los desechos cotidianos. De esta manera, se promueve un cambio cultural hacia un consumo más responsable y consciente, donde los residuos ya no se perciban como desechos, sino como recursos valiosos con el potencial de transformar la manera en que interactuamos con productos comunes, como una taza de café.





Referencias bibliográficas

Du, Y., Lv, Y., Zha, W., Hong, X., & Luo, Q. (2020). Effect of coffee consumption on dyslipidemia: A meta-analysis of randomized controlled trials. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*, 30(12), 2159–2170. <https://doi.org/10.1016/j.NUMECD.2020.08.017>

Rivera, L. (2022). Mercado del café y caracterización del consumidor en Chile. Universidad de Santiago de Chile. <https://www.youtube.com/watch?v=ctgzk70pZbk>

Wagner, R. (2001). *Historia del café de Guatemala*.

Recalde, D. (2025). Denominaciones de origen en productos primarios: caso café. Quito, 158 p. <http://hdl.handle.net/10644/4637>

Rosas Arellano, Justino, Escamilla Prado, Esteban, & Ruiz Rosado, Octavio. (2008). Relación de los nutrimentos del suelo con las características físicas y sensoriales del café orgánico. *Terra Latinoamericana*, 26(4), 375-384. Recuperado en 16 de diciembre de 2024. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792008000400010&lng=es&tlng=es.

Wintgens, J. E. 2004. *Coffee: growing, processing, sustainable production. A guide book for growers, processors, traders and researchers*. <https://doi.org/10.1002/9783527619627.ch1>

Panorama del Mercado del Café en Chile. (2023). <https://www.informesdeexpertos.com/informes/mercado-de-cafe-en-chile>

Censo cafetero Chile 2022. (2022). Expocafé Chile. <https://www.expocafechile.cl/resultados-del-2do-censo-cafetero-chile-2022-ya-disponibles-para-la-comunidad-cafetera/>

Esquivel, O. Jiménez, V. (2012). Functional properties of coffee and coffee by-products. *Food Research International*, volume 46, issue 2, p. 288-295. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.05.028>

Ballesteros, L. F., Teixeira, J. A., & Mussatto, S. I. (2014). Chemical, Functional, and Structural Properties of Spent Coffee Grounds and Coffee Silverskin. *Food and Bioprocess Technology*, 7(12), 3493–3503. <https://doi.org/10.1007/S11947-014-1349-Z>

Composición química de una taza de café. (2011). Centro Nacional de Investigaciones de Café (Cenicafé) <http://hdl.handle.net/10778/340>

López-Galilea, I. (2006). Changes in Headspace Volatile Concentrations of Coffee Brews Caused by the Roasting Process and the Brewing Procedure. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* Volume 54, issue 22, p 21-8561. doi: 10.1021/jf061178t

Bhumiratana, N., Wolf, M., Chambers IV, E., & Adhikari, K. (2019). Coffee Drinking and Emotions: Are There Key Sensory Drivers for Emotions? *Beverages*, 5(2), 27. <https://doi.org/10.3390/beverages5020027>

González, A. Alejandro, D. & Carlsson, A. (2007). Emisiones de gases de efecto invernadero con alto potencial de calentamiento global: el sector agropecuario. Volumen 11, p. 7-14.
<http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/90830>

Artaraz, M. (2002). Teoría de las tres dimensiones de desarrollo sostenible: . Ecosistemas, 11(2). Recuperado a partir de <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/614>

Karana, E., Pedgley, O., & Rognoli, V. (2014). Materials experience : fundamentals of materials and design (1a. ed.. ed.). Amsterdam: Amsterdam

Donoso, Sergio, & Wechsler, Andrea. (2023). Los materiales bio basados y el paradigma desarrollista latinoamericano: perspectivas desde el Diseño industrial. Cuadernos del Centro de Estudios en Diseño y Comunicación. Ensayos, (114), 84-112. <https://dx.doi.org/10.18682/cdc.vi114.4116>

Desmet, P.M.A., Overbeeke, C.J., & Tax, S.J.E.T. (2001). Designing products with added emotional value; development and application of an approach for research through design. The Design Journal, 4(1), 32-47
DOI: 10.2752/146069201789378496

Real Academia Española. (año). Emoción. En Diccionario de la lengua española (23.ª ed.). Recuperado de <https://dle.rae.es/>

Goleman, D. (2000). Inteligencia emocional. Recuperado a partir de http://www.cutonala.udg.mx/sites/default/files/adjuntos/inteligencia_emocional_daniel_goleman.pdf

Norman, D. (2004). Emotional design: Why we love (or hate) everyday things. Basic Civitas Books.

Rognoli, V., & García, C. A. (2020). Materia emocional: los materiales en nuestra relación emocional con los objetos. Revista Chilena de Diseño: Creación y Penamiento, 3(4), 1-15. f

Samoggia, A., Del Prete, M., & Argenti, C. (2020). Functional Needs, Emotions, and Perceptions of Coffee Consumers and Non-Consumers. Sustainability, 12(14), 5694. <https://doi.org/10.3390/su12145694>

Rodríguez, J. C. A. (2022). La gastronomía como medio didáctico de conservación del patrimonio dialógico a través de las emociones. Oralidad-es, 8, 1-16.

Van Doorn, G. Woods, A. Levitan, C. Wn, X. Vlasco, C. Bernal, C. & Spence, C. (2017). Does the shape of a cup influence coffee taste expectations? A cross-cultural, online study. Volume 56, p 201-211.
<https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2016.10.013>

Turoman, N., Velasco, C., Chen, YC. et al. (2017) Symmetry and its role in the crossmodal correspondence between shape and taste. Atten Percept Psychophys 80, 738-751.
<https://doi.org/10.3758/s13414-017-1463-x>

Real, M. El sentido del olfato: El gran desconocido. Recuperado de <https://www.revistas.uma.es/index.php/enbio/article/view/18893/18917>

Saive, A. (2015). Les odeurs, une passerelle vers les souvenirs: caractérisation des processus cognitifs et des fondements neuronaux de la mémoire épisodique olfactive

Norma ASTM D1037-12, (2020). Standard Test Methods for Evaluating the Properties of Wood-Base Fiber and Composite Materials.

Norma ISO 19403. Determinación de propiedades de mojabilidad” la cuál mide el ángulo de contacto, energía superficial y mojabilidad de materiales sólidos.

Norma ASTM D543-21. (2021). Práctica estándar para la evaluación de la resistencia de los plásticos a los reactivos químicos”

Norma ASTM D543-21. (2021). Práctica estándar para la evaluación de la resistencia de los plásticos a los reactivos químicos.

Norma ISO 17556. (2019). Plastics: Determination of the ultimate aerobic biodegradability of plastic materials in an aqueous medium. Method by analysis of evolved carbon dioxide.

Anexo

1. Encuesta perceptual.

Encuesta perceptual

Datos personales

Nombre: _____

Sexo: Femenino Masculino Otro

Edad: _____

Ocupación: _____

I. Nivel sensorial

		2	1	0	1	2		
Duro		<input type="radio"/>	Blando					
Liso		<input type="radio"/>	Rugoso					
Mate		<input type="radio"/>	Brillante					
No reflectante		<input type="radio"/>	Reflectante					
Frío		<input type="radio"/>	Cálido					
No elástico		<input type="radio"/>	Elástico					
Opaco		<input type="radio"/>	Transparente					
Rígido		<input type="radio"/>	Flexible					
Irrompible		<input type="radio"/>	Frágil					
Liviano		<input type="radio"/>	Pesado					
Textura regular		<input type="radio"/>	Textura irregular					
Fibroso		<input type="radio"/>	No fibroso					
Oloroso		<input type="radio"/>	Inoloro					

II. Nivel interpretativo

		2	1	0	1	2		
Agresivo	<input type="radio"/>	Pacífico	<input type="radio"/>					
Cercano	<input type="radio"/>	Distante	<input type="radio"/>					
Elegante	<input type="radio"/>	Vulgar	<input type="radio"/>					
Moderno	<input type="radio"/>	Antiguo	<input type="radio"/>					
Innovador	<input type="radio"/>	Convencional	<input type="radio"/>					
Ordinario	<input type="radio"/>	Extraordinario	<input type="radio"/>					
Masculino	<input type="radio"/>	Femenino	<input type="radio"/>					
Sensual	<input type="radio"/>	No sensual	<input type="radio"/>					
Como un juguete	<input type="radio"/>	Profesional	<input type="radio"/>					
Natural	<input type="radio"/>	Artificial	<input type="radio"/>					
Artesanal	<input type="radio"/>	Industrializado	<input type="radio"/>					
Honesto	<input type="radio"/>	Falso	<input type="radio"/>					

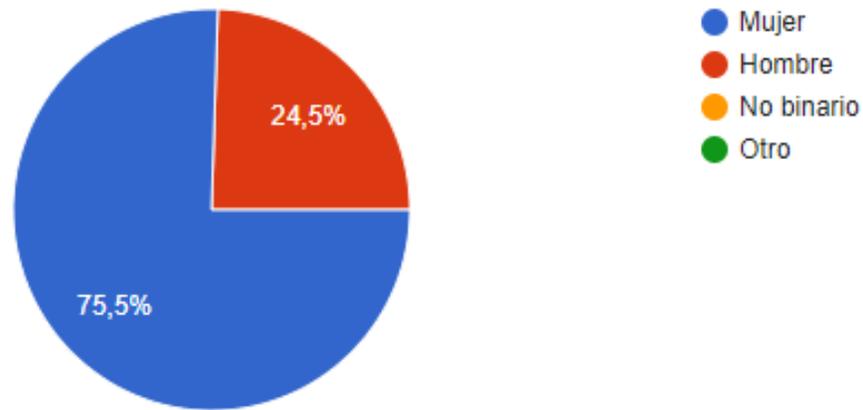
III. Nivel afectivo

		2	1	0	1	2		
Frustración	<input type="radio"/>	Satisfacción	<input type="radio"/>					
Aburrimiento	<input type="radio"/>	Entretención	<input type="radio"/>					
Desilusión	<input type="radio"/>	Ilusión	<input type="radio"/>					
Desconfianza	<input type="radio"/>	Confianza	<input type="radio"/>					
Confusión	<input type="radio"/>	Claridad	<input type="radio"/>					
Rechazo	<input type="radio"/>	Aceptación	<input type="radio"/>					
Disgusto	<input type="radio"/>	Atracción	<input type="radio"/>					
Indiferencia	<input type="radio"/>	Curiosidad	<input type="radio"/>					
Incomodidad	<input type="radio"/>	Comodidad	<input type="radio"/>					

2. Respuestas google forms.

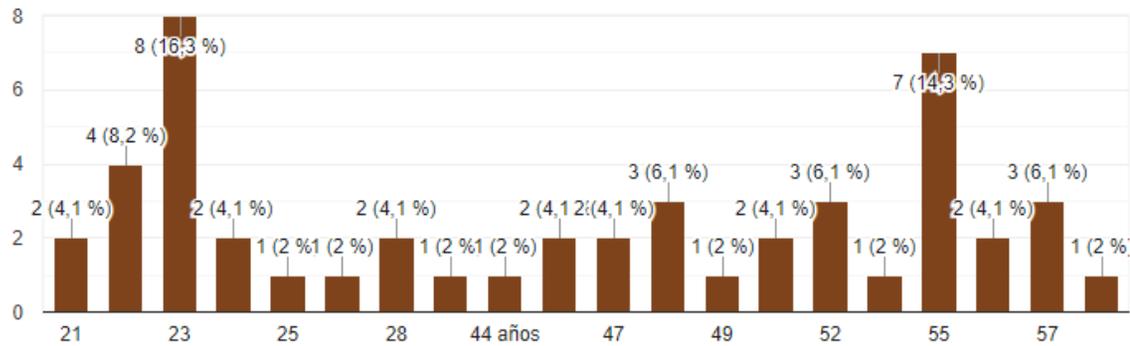
¿Cómo te identificas?

49 respuestas



Edad

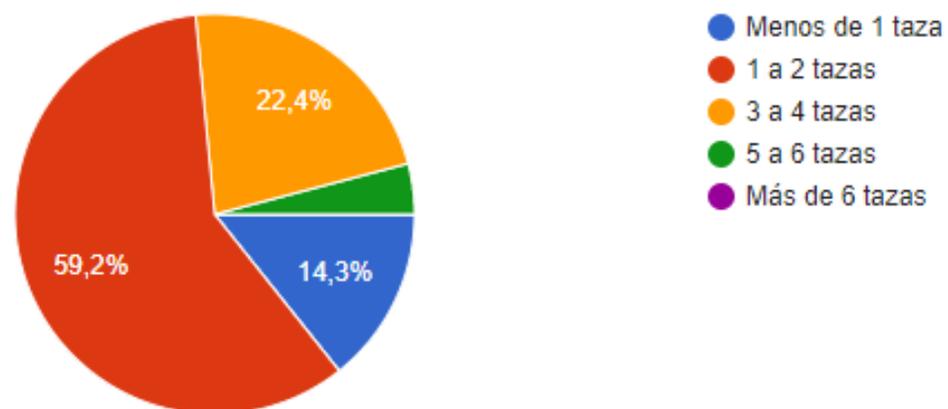
49 respuestas



3. Respuestas google forms.

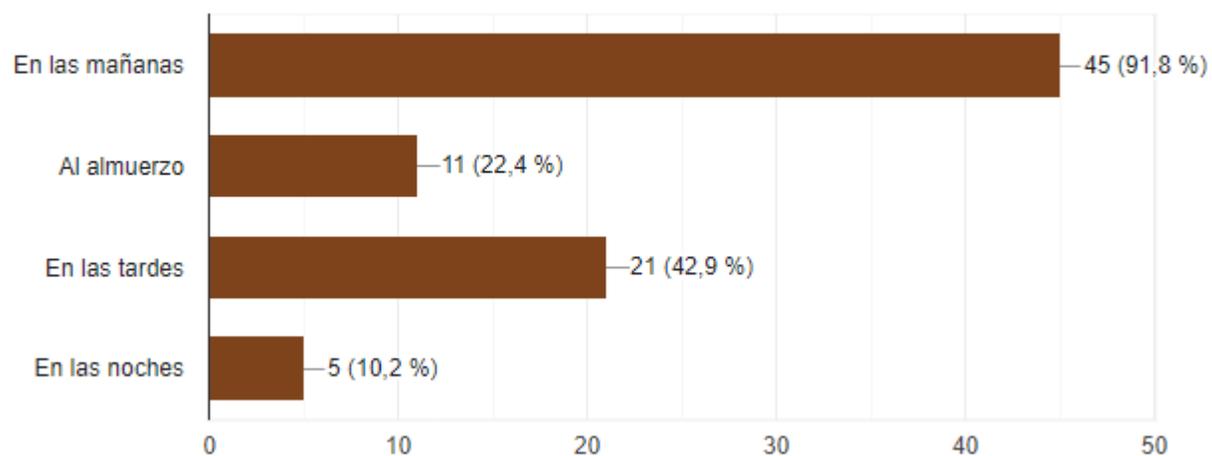
¿Cuánto café consumes al día?

49 respuestas



¿En qué horario te gusta tomar café? (Puedes escoger más de una opción)

49 respuestas



4. Planimetría

