



DESARROLLO DE UN MATERIAL COMPUESTO BASADO EN PAJA DE TRIGO HARINERO PARA LA ELABORACIÓN DE UNA SUPERFICIE DE APOYO SOSTENIBLE PARA LA PRÁCTICA DEL YOGA

Estudiante: Yessenia Solís Bastías
Profesora guía: Andrea Wechsler Pizarro
Santiago, Chile
2022

DESARROLLO DE UN MATERIAL COMPUESTO BASADO EN PAJA DE TRIGO HARINERO PARA LA ELABORACIÓN DE UNA SUPERFICIE DE APOYO SOSTENIBLE PARA LA PRÁCTICA DEL YOGA

Estudiante: Yessenia Solís Bastías
Profesora guía: Andrea Wechsler Pizarro
Santiago, Chile
2022

DEDICATORIA

A mis padres y hermana, quienes han sido un apoyo fundamental para poder llegar a este punto de mi carrera, que con sus palabras de apoyo y motivación siempre me incentivaron a seguir adelante por más difícil que fuera el camino.

Yessenia Solís

AGRADECIMIENTOS

A mi familia por su apoyo incondicional, cariño y por estar siempre en los momentos más importantes de mi vida.

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

Y a todos quienes de alguna u otra manera pusieron su granito para realizar este proyecto.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	13
Problemática.....	13
Pregunta de investigación.....	15
Hipótesis.....	15
Objetivo general.....	15
Objetivos específicos.....	15
Resumen metodología.....	15
CAPÍTULO 1: REVISIÓN DE LITERATURA.....	16
1.Sostenibilidad y materiales.....	17
1.1 Desarrollo sostenible.....	17
1.2 Ecología industrial como herramienta para la sostenibilidad.....	19
1.3 Materiales compuestos naturales.....	20
1.3.1 Materiales compuestos basados en residuos lignocelulósicos.....	21
1.3.2 Criterios para elaborar un material sostenible.....	25
1.3.3 Aglomerantes: tradicionales y naturales.....	26
1.3.4 Criterios de selección de aglomerantes.....	29
2.Paja de trigo como residuo lignocelulósico.....	31
2.1 Industria agrícola en Chile: Producción de trigo.....	31
2.1.1 La paja de trigo.....	32
2.1.2 Producción de paja de trigo harinero en la Región de la Araucanía.....	33
2.1.3 Caracterización de la paja de trigo.....	33
2.1.4 Usos de la paja de la paja de trigo.....	34
2.1.5 El problema de las quemadas controladas.....	35
2.1.6 Uso de recursos locales.....	35
2.2 La paja de trigo en materiales compuestos.....	36
2.2.1 Referentes de materiales a base de paja de trigo.....	36
2.3 Atributos de la paja de trigo como materia prima para el desarrollo de un material compuesto.....	39
2.3.1 Revisión de literatura: atributos de la paja de trigo.....	39

3.La disciplina del yoga.....	41
3.1 Historia del yoga.....	41
3.1.1 Posturas en la práctica del yoga.....	43
3.1.2 Vínculo del yoga con la naturaleza.....	44
3.1.3 La occidentalización del yoga en Chile.....	45
3.2 Uso de implementos en la práctica de yoga: mat de yoga.....	45
3.2.1 Estado del Arte (mats tradicionales y ecológicos).....	46
3.3 Encuesta a practicantes de yoga.....	50
3.4 Problemática del PVC.....	53
4.Conclusión del capítulo.....	54

CAPÍTULO 2: MÉTODOS.....	55
Etapa I. Preparación del residuo paja de trigo para su posterior uso como materia prima.....	57
Actividad 1.1 Definir procesos a utilizar durante la preparación del material.....	57
1.1.1 Secado del residuo lignocelulósico.....	57
1.1.2 Moler la paja de trigo.....	58
1.1.3 Análisis granulométrico de partículas obtenidas del proceso de molienda.....	58
1.1.4 Determinar el formato de la paja a utilizar.....	58
Etapa II. Diseñar y fabricar material compuesto basado en paja de trigo y aglomerante.....	60
Actividad 2.1 Seleccionar los aglomerantes a utilizar en conjunto con la paja de trigo.....	60
2.1.1 Exploración práctica de aglomerantes seleccionados: selección de aglomerante y proporciones.....	60
Actividad 2.2 Definir proporciones del residuo y aglomerante en la mezcla final a desarrollar.....	62
2.2.1 Determinar cantidades específicas de paja de trigo y aglomerante a utilizar para desarrollar el material compuesto.....	62

Actividad 2.3 Seleccionar el recubrimiento natural para otorgar resistencia al agua al material final.....	62
2.3.1 Determinar el/los componentes a usar para otorgar al material la propiedad de resistencia al agua.....	62

Etapa III. Caracterizar material compuesto mediante evaluación de sus propiedades.....65

Actividad 3.1 Caracterización física del material.....	65
3.1.1 Densidad, contenido de humedad, absorción de agua e hinchamiento.....	65
Actividad 3.2 Realizar ensayo mecánico.....	67
3.2.1 Resistencia al desgarro, tracción, abrasión, compresión y memoria..	67
Actividad 3.3 Ensayo de trabajabilidad.....	70
3.3.1 Cortes, texturizado, serigrafía, coloración, corte y grabado láser.....	70
Actividad 3.4 Realizar pruebas de resistencia a agentes externos.....	75
3.4.1 Evaluar degradabilidad en el exterior.....	75
3.4.2 Ensayo de resistencia a reactivos químicos.....	76
Actividad 3.5 Realizar evaluación perceptual.....	77
3.5.1 Estimación de la muestra para cada grupo de estudio.....	77
3.5.2 Encuesta de evaluación perceptual.....	77
Actividad 3.6 Elaborar ficha técnica del material.....	78
3.6.1 Elaborar ficha técnica del material de acuerdo a los resultados obtenidos.....	78

Etapa IV. Validar el material mediante aplicación como superficie de apoyo.....80

Actividad 4.1 Diseñar y fabricar prototipos.....	80
4.1.1 Desarrollar propuesta conceptual.....	80
4.1.2 Desarrollar propuesta formal (bocetos).....	80
4.1.3 Fabricar propuesta.....	80
Actividad 4.2 Validación del prototipo con el usuario.....	81
4.2.1 Validar prototipo mediante uso por practicante de la disciplina en una sesión de yoga.....	81

CAPÍTULO 3: RESULTADOS.....82

Etapa I. Preparación del residuo paja de trigo para su posterior uso como materia prima.....83

Actividad 1.1 Definir procesos a utilizar durante la preparación del material.....	83
1.1.1 Secado del residuo lignocelulósico.....	83
1.1.2 Moler la paja de trigo.....	83
1.1.3 Análisis granulométrico de partículas obtenidas del proceso de molienda.....	83
1.1.4 Determinar el formato de la paja a utilizar.....	84

Etapa II. Diseñar y fabricar material compuesto basado en paja de trigo y aglomerante.....85

Actividad 2.1 Seleccionar los aglomerantes a utilizar en conjunto con la paja de trigo.....	85
2.1.1 Exploración práctica de aglomerantes seleccionados: selección de aglomerante y proporciones.....	85
Actividad 2.2 Definir proporciones del residuo y aglomerante en la mezcla final a desarrollar.....	89
2.2.1 Determinar cantidades específicas de paja de trigo y aglomerante a utilizar para desarrollar el material compuesto.....	89
Actividad 2.3 Seleccionar el recubrimiento natural para otorgar resistencia al agua al material final.....	92
2.3.1 Determinar el/los componentes a usar para otorgar al material la propiedad de resistencia al agua.....	92

Etapa III. Caracterizar material compuesto mediante evaluación de sus propiedades.....94

Actividad 3.1 Caracterización física del material.....	94
3.1.1 Densidad, contenido de humedad, absorción de agua e hinchamiento.....	94
Actividad 3.2 Realizar ensayo mecánico.....	97
3.2.1 Resistencia al desgarro, tracción, abrasión, compresión y memoria..	97

Actividad 3.3 Ensayo de trabajabilidad.....	104
3.3.1 Cortes, texturizado, serigrafía, coloración, corte y grabado láser.....	104
Actividad 3.4 Realizar pruebas de resistencia a agentes externos.....	108
3.4.1 Evaluar degradabilidad en el exterior.....	108
3.4.2 Ensayo de resistencia a reactivos químicos.....	110
Actividad 3.5 Realizar evaluación perceptual.....	112
3.5.1 Estimación de la muestra para cada grupo de estudio.....	112
3.5.2 Encuesta de evaluación perceptual.....	113
Actividad 3.6 Elaborar ficha técnica del material.....	115
3.6.1 Elaborar ficha técnica del material de acuerdo a los resultados obtenidos.....	115
Etapa IV. Validar el material mediante aplicación como superficie de apoyo	116
Actividad 4.1 Diseñar y fabricar prototipos.....	116
4.1.1 Desarrollar propuesta conceptual	116
4.1.2 Desarrollar propuesta formal (bocetos).....	120
4.1.3 Fabricar propuesta.....	134
Actividad 4.2 Validación del prototipo con el usuario.....	139
4.2.1 Validar prototipo mediante uso por practicante de la disciplina en una sesión de yoga.....	139
CAPÍTULO 4: CONCLUSIONES.....	144
CAPITULO 5: PROYECCIONES.....	146
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	148
ANEXOS.....	153

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Campo de trigo. Fuente: (Pexels, s.f.).....	13
Figura 2: Biomateriales. Fuente: (Material Lab, 2019).....	17
Figura 3: Objetivos del Desarrollo Sostenible, Agenda 2030. Fuente (ONU, 2015).....	18
Figura 4: Propósito de la Ecología Industrial en sus tres áreas: medio ambiente, económico y social. Fuente: (Cervantes, et al., 2009).....	19
Figura 5: Objeto de artesanía a partir del material compuesto con agujas de pino. Fuente: (Gaurav, 2019)	21
Figura 6: Textil vegetal de fibras de Fique. Fuente: (Fiquetex, 2021).....	22
Figura 7: Material compuesto a partir de conos de pino. Fuente: (Materiom, 2021).....	22
Figura 8: Aplicaciones del material compuesto carozo de durazno. Fuente: (Muñoz, 2019).....	23
Figura 9: Calzado elaborado con cuero vegetal de corteza de Eucalyptus. Fuente: (Moreno, 2019).....	23
Figura 10: Juguete fabricado con material compuesto cáscara de nuez. Fuente: (Bustamante, 2020).....	24
Figura 11: Textil elaborado a partir de fibra de coco. Fuente: (Materiom, 2021).....	24
Figura 12: Clasificación de aglomerantes. Elaboración propia a partir de (Plataforma web Materiom, 2021; Gaurav, 2019; Parodi, 2016; Muñoz, 2019, Moreno, 2019; Bustamante, 2020 & Fiquetex, 2021).	26
Figura 13: Paja de trigo. Elaboración propia.....	31
Figura 14: Fórmula estimación de paja e índice de cosecha. Fuente: adaptación de (Rivas, 2017).....	33
Figura 15: Estructura física de la planta trigo. Elaboración propia.....	33
Figura 16: a. Panel Novofibre OSSB, b. DURUM, c. BIOFLEXI, C. Superficie en planteles porcinos de recría. Fuentes: MaterialDistrict, 2018, 2014, 2016 & Toledo 2012.....	39
Figura 17: Postura de yoga. Elaboración propia.....	41
Figura 18: Los siete chakras. Elaboración propia.....	42
Figura 19: Deshidratador de alimentos Blanik. Elaboración propia.....	57
Figura 20: Proceso de secado del residuo paja de trigo. Elaboración propia.....	57
Figura 21: Molino de martillo G-Tools de Biolab FAU. Elaboración propia.....	58
Figura 22: Tamices Biolab- FAU. Elaboración propia.....	58
Figura 23: Proceso para cálculo de densidad a) paja de trigo, b) PVA, c) látex natural y d) maicena. Elaboración propia.....	60
Figura 24: Implementos utilizados para medir la densidad, balanza gramera y pie de metro marca Mitutoyo. Elaboración propia.....	65
Figura 25: Horno de secado marca Binder del Biolab-FAU. Elaboración propia.....	66
Figura 26: Máquina marca Sartorius. Laboratorio LICTEX. Elaboración propia.....	67
Figura 27: Abrasímetro Taber, Laboratorio LICTEX. Elaboración propia.....	68
Figura 28: Muestras de PVC y material compuesto para ensayo de memoria. Elaboración propia.....	69
Figura 29: Muestras de PVC y material compuesto con fuerza externa en ensayo de memoria. Elaboración propia.....	70
Figura 30: Cilindradora de rodillos lisos. Elaboración propia.....	71
Figura 31: Malla de metal desplegada. Elaboración propia.....	71
Figura 32: Rodillo de cocina de plástico. Elaboración propia.....	71
Figura 33: Bastidor con la tela tensada. Elaboración propia.....	72
Figura 34: a) paprika, b) cúrcuma y c) flor guisante. Elaboración propia.....	73
Figura 35: Colorantes alimenticios. Elaboración propia.....	73
Figura 36: Muestras en ensayo reactivos químicos de inmersión. Elaboración propia.....	76
Figura 37: Muestras en ensayo reactivos químicos de limpieza. Elaboración propia.....	77
Figura 38: Fórmula cálculo de tamaño de muestra finita. Fuente: (Aguilar, 2005).....	77
Figura 39: Paja de trigo pasada por molino. Elaboración propia.....	83
Figura 40: Proceso de exploración práctica de aglomerantes. Elaboración propia.....	91
Figura 41: Gráfico comparativo de densidad entre materiales utilizados para la fabricación de mat de yoga. Elaboración propia.....	95

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 42: Muestras después del ensayo de contenido de humedad. Elaboración propia.....	95
Figura 43: Muestras luego de 2 horas de sumersión en agua. Elaboración propia.....	96
Figura 44: Muestras después de 24 horas de sumersión en agua. Elaboración propia.....	96
Figura 45: Muestra PVC luego del ensayo al desgarró. Elaboración propia....	97
Figura 46: Muestra material compuesto luego del ensayo al desgarró. Elaboración propia.....	98
Figura 47: Muestra PVC luego del ensayo de tracción. Elaboración propia....	99
Figura 48: Muestra material compuesto luego del ensayo de tracción. Elaboración propia.....	99
Figura 49: Gráfico comparativo densidad vs tracción. Elaboración propia...100	
Figura 50: Muestra material compuesto luego de ensayo abrasión. Elaboración propia.....	101
Figura 51: Muestra PVC luego de ensayo abrasión. Elaboración propia.....	101
Figura 52: Muestras luego del ensayo de compresión con el bloque. Elaboración propia.....	102
Figura 53: Muestras luego del ensayo de compresión del bloque más moneda. Elaboración propia.....	102
Figura 54: Muestras ensayo memoria luego de quitarle el elástico. Elaboración propia.....	103
Figura 55: Muestras ensayo memoria luego de enrollarlo en sentido contrario. Elaboración propia.....	103
Figura 56: Marcas en la zona de enrollado de la muestra del material compuesto, ensayo memoria. Elaboración propia.....	103
Figura 57: Muestras luego de transcurrida una hora desde el ensayo de memoria. Elaboración propia.....	104
Figura 58: Resultado de muestra pasada por cilindradora de rodillos. Elaboración propia.....	105
Figura 59: Resultado de muestra pasada rodillo de cocina. Elaboración propia.....	105
Figura 60: Bastidor con diseño revelado. Elaboración propia.....	106
Figura 61: Muestra de estampado sobre el material. Elaboración propia.....	106
Figura 62: Muestra con estampado serigrafía doblada. Elaboración propia.....	106
Figura 63: Coloración muestras frescas. Elaboración propia.....	107
Figura 64: Coloración muestras posterior a secado. Elaboración propia.....	107
Figura 65: Resultado grabado de figura lineal. Elaboración propia.....	108
Figura 66: Resultado de corte trazo continuo. Elaboración propia.....	108
Figura 67: Resultado grabado espesor grueso y corte simple. Elaboración propia.....	108
Figura 68: Cambios en la masa de las muestras con y sin recubrimiento natural (cera de abeja + linaza). Elaboración propia.....	109
Figura 69: Cambios en el espesor de las muestras con y sin recubrimiento natural (cera de abeja + linaza). Elaboración propia.....	109
Figura 70: Evolución degradabilidad muestras sin recubrimiento natural. Elaboración propia.....	110
Figura 71: Evolución degradabilidad muestras con recubrimiento natural. Elaboración propia.....	110
Figura 72: Muestras antes y después de ensayo de resistencia a reactivos químicos (inmersión). Elaboración propia.....	111
Figura 73: Muestras antes y después de ensayo de resistencia a reactivos químicos (limpieza). Elaboración propia.....	112
Figura 74: Resultados encuesta perceptual online por grupo. Elaboración propia.....	113
Figura 75: Resultados encuesta perceptual presencial por grupo. Elaboración propia.....	114
Figura 76: Ficha técnica del material diseñado. Elaboración propia.....	115
Figura 77: Arquetipo de usuario . Elaboración propia.....	116
Figura 78: Mapa de referentes de mat de yoga presentes en el comercio nacional. Elaboración propia.....	117
Figura 79: Esquema de conceptos. Elaboración propia.....	119
Figura 80: Moodboard alusivo al concepto Armonía nativa. Elaboración propia.....	120
Figura 81: Referentes de logotipos minimalistas de tiendas de yoga. Elaboración propia.....	120

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 82: Boceto inicial primera propuesta de logo. Elaboración propia.....	121
Figura 83: Símbolo diseñado con proporción áurea. Elaboración propia.....	121
Figura 84: Alternativas primarias de logo. Elaboración propia.....	121
Figura 85: Abstracción de la postura Flor de loto. Segunda propuesta de logo. Elaboración propia.....	122
Figura 86: Variantes de bocetos para la segunda propuesta de logo. Elaboración propia.....	122
Figura 87: Logo final. Elaboración propia.....	122
Figura 88: Propuestas de diseño para la superficie elaboradas a partir de círculos. Elaboración propia.....	123
Figura 89: Variantes de propuesta final a implementar en el diseño de la superficie. Elaboración propia.....	124
Figura 90: Bocetos de cara frontal para superficie. Elaboración propia.....	126
Figura 91: Representación gráfica de los bocetos cara frontal en el material real. Elaboración propia.....	127
Figura 92: Bocetos de cara trasera para superficie. Elaboración propia.....	128
Figura 93: Representación gráfica de los bocetos cara trasera en el material real. Elaboración propia.....	128
Figura 94: Propuesta final diseño superficie. Elaboración propia.....	129
Figura 95: Referentes de cintos porta mat. Elaboración propia.....	130
Figura 96: Bocetos idea inicial de propuesta de diseño cinto porta mat. Elaboración propia.....	130
Figura 97: Puntos críticos apoyo porta mat. Elaboración propia.....	131
Figura 98: Bocetos propuesta apoyo porta mat. Elaboración propia.....	131
Figura 99: Opciones de nudo para cinto porta mat. Elaboración propia.....	132
Figura 100: Funcionamiento propuesta final cinto porta mat. Elaboración propia.....	132
Figura 101: Afiche informativo. Elaboración propia.....	133
Figura 102: Procesos para la elaboración del prototipo de superficie. Elaboración propia.....	135
Figura 103: Registro fotográfico del resultado prototipo final de la superficie. Elaboración propia.....	136
Figura 104: Procesos para la elaboración del prototipo del porta mat. Elaboración propia.....	137
Figura 105: Registro fotográfico del resultado prototipo final del cinto porta mat. Elaboración propia.....	138
Figura 106: Usuaría N°1 utilizando el prototipo final de superficie y cinto porta mat. Elaboración propia.....	141
Figura 107: Usuaría N°2 utilizando el prototipo final de superficie y cinto porta mat. Elaboración propia.....	142
Figura 108: Usuaría N°3 utilizando el prototipo final de superficie y cinto porta mat. Elaboración propia.....	143

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Descripción de los criterios de sostenibilidad para elaborar un material compuesto. Elaboración propia.....	25
Tabla 2: Aglomerantes utilizados con refuerzos lignocelulósicos. Elaboración propia.....	27
Tabla 3: Comparación de aglomerantes. Elaboración propia.....	29
Tabla 4: Referentes internacionales y nacionales de materiales compuestos basados en paja de trigo. Elaboración propia.....	37
Tabla 5: Resumen de atributos de la paja de trigo. Elaboración propia.....	40
Tabla 6: Comparación de los principales materiales ecológicos y tradicionales utilizados en mat de yoga. Elaboración propia.....	48
Tabla 7: Etapa de preparación del residuo paja de trigo para su posterior uso como materia prima. Elaboración propia.....	56
Tabla 8: Etapa de diseño y fabricación del material compuesto basado en paja de trigo y aglomerante. Elaboración propia.....	59
Tabla 9: Criterios de evaluación para la selección de aglomerante. Elaboración propia.....	61
Tabla 10: Matriz de comparación cualitativa de muestras. Elaboración propia.....	61
Tabla 11: Etapa de diseño y fabricación del material compuesto basado en paja de trigo y aglomerante. Elaboración propia.....	64
Tabla 12: Criterios de evaluación de corte. Elaboración propia.....	70
Tabla 13: Grados de evaluación para corte. Elaboración propia.....	70
Tabla 14: Resumen de los componentes utilizados en las muestras de coloración. Elaboración propia.....	74
Tabla 15: Etapa de validación del material mediante su aplicación como superficie de apoyo. Elaboración propia.....	79
Tabla 16: Encuesta para validación de características del prototipo. Elaboración propia.....	81
Tabla 17: Resultado análisis del tamaño de partículas. Elaboración propia.....	84
Tabla 18: Resultados de densidad: paja y aglomerantes. Elaboración propia.....	85
Tabla 19: Resultados obtenidos de la primera ronda de pruebas con los distintos aglomerantes. Elaboración propia.....	85

Tabla 20: Resultados obtenidos de la segunda ronda de pruebas con los distintos aglomerantes. Elaboración propia.....	87
Tabla 21: Resultados obtenidos de la tercera ronda de pruebas con los distintos aglomerantes. Elaboración propia.....	88
Tabla 22: Resultados obtenidos de la cuarta ronda de pruebas con los distintos aglomerantes. Elaboración propia.....	90
Tabla 23: Resultados de la prueba de resistencia al agua. Elaboración propia.....	92
Tabla 24: Resultados del ensayo de densidad de muestras. Elaboración propia.....	94
Tabla 25: Resultados ensayo de contenido de humedad. Elaboración propia.....	95
Tabla 26: Resultados ensayo de absorción de agua. Elaboración propia.....	96
Tabla 27: Resultados ensayo de hinchamiento. Elaboración propia.....	97
Tabla 28: Resultado ensayo desgarro muestra 1. Elaboración propia.....	98
Tabla 29: Resultado ensayo desgarro muestra 2. Elaboración propia.....	98
Tabla 30: Resultados ensayo de tracción. Elaboración propia.....	99
Tabla 31: Resultado ensayo compresión con el bloque de acero de 10 kg. Elaboración propia.....	101
Tabla 32: Resultado ensayo compresión con bloque de acero de 10 kg y moneda. Elaboración propia.....	102
Tabla 33: Resultados de evaluación de herramientas de corte. Elaboración propia.....	104
Tabla 34: Resultados ensayo de resistencia a reactivos químicos (prueba de inmersión). Elaboración propia.....	111
Tabla 35: Resultados ensayo de resistencia a reactivos químicos (prueba de limpieza). Elaboración propia.....	112
Tabla 36: Tamaño de muestra para cada grupo de estudio. Elaboración propia.....	112
Tabla 37: Distribución del tamaño de muestra entre grupo online y presencial. Elaboración propia.....	113
Tabla 38: Requerimientos y atributos del producto. Elaboración propia.....	118
Tabla 39: Características de usuarias en encuesta de validación. Elaboración propia.....	139
Tabla 40: Resultados de encuesta de validación. Elaboración propia.....	139

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Materiales más utilizados en los mats vendidos en Chile. Elaboración propia.....	46
Gráfico 2: Materiales más utilizados en mats vendidos en tiendas especializadas de yoga Elaboración propia.....	47
Gráfico 3: Materiales más utilizados en mats vendidos en tiendas deportivas. Elaboración propia.....	47
Gráfico 4: Materiales más utilizados en mats vendidos en grandes tiendas. Elaboración propia.....	47
Gráfico 5: Ocupación distinta al yoga de los encuestados. Elaboración propia.....	50
Gráfico 6: Alimentación de los encuestados. Elaboración propia.....	51
Gráfico 7: Beneficios del yoga según encuestados. Elaboración propia.....	51
Gráfico 8: Implementos fundamentales para hacer yoga según encuestados. Elaboración propia.....	51
Gráfico 9: Factores importantes al momento de comprar un Mat. Elaboración propia.....	52
Gráfico 10: Grado de importancia según características funcionales. Elaboración propia.....	52

INTRODUCCIÓN

Figura 1: Campo de trigo. Fuente: (Pexels, s.f.)

Problemática

En Chile, el trigo harinero es uno de los cereales más cultivados ocupando alrededor de un 48% de la superficie de cultivo, en relación con otros cereales como el maíz y la avena (ODEPA, s.f.). A partir de la producción de este cereal, se genera una gran cantidad de residuo conocido como paja de trigo con aproximadamente 579.982 toneladas (temporada 2019/2020), estimando que entre el 80 - 90% es manejada con quema (Taladriz & Schwember, 2012). Esta práctica en la agricultura genera gases de efecto invernadero que a largo plazo contribuyen al deterioro de la capa de ozono provocando un impacto ambiental negativo (INIA, 2015).

La paja de trigo se caracteriza por ser un residuo renovable, liviano, biodegradable, de bajo costo y gran disponibilidad (Panthapulakka & Sain, 2015) en la región de la Araucanía, por lo que posee propiedades para ser utilizado como materia prima para el desarrollo de un material compuesto natural.

Diversos proyectos a nivel nacional e internacional han fabricado materiales compuestos utilizando residuos lignocelulósicos como agujas de pino, fique, fibra de coco y corteza de eucalipto. Asimismo, en el mercado chileno existen implementos deportivos como el mat o colchoneta de yoga en donde se ocupa el yute (fibra vegetal) para desarrollar alternativas ecológicas con un

menor impacto ambiental comparado con las versiones tradicionales fabricadas a partir de PVC. Sin embargo, la mayoría de estas opciones son de un mayor costo e incluyen plástico en su composición.

El PVC es un termoplástico versátil con buena resistencia química, a la luz e intemperie, lo que permite producir mats muy económicos, pero a un costo medioambiental alto, debido a la liberación de dioxinas a lo largo de su ciclo de vida, como el cloruro de vinilo un compuesto carcinógeno. Además, es de difícil reciclaje ya que, tarda más de mil años en degradarse y al incinerarse libera compuestos tóxicos para el suelo y aire (Botet, 2018). Por lo que, se considera altamente perjudicial para el medio ambiente y la salud de las personas.

Por esta razón, el presente proyecto tiene como objetivo desarrollar un material compuesto de bajo impacto ambiental basado en el residuo paja de trigo harinero, evaluando su aplicación en la fabricación de un mat de yoga que cumpla con propiedades funcionales y criterios de sostenibilidad.

Pregunta de investigación

¿La paja de trigo harinero podría ser aprovechada para fabricar un material compuesto de bajo impacto ambiental que pueda ser utilizado como superficie de apoyo para la práctica del yoga?

Hipótesis

La paja de trigo harinero es un residuo de la industria agrícola que posee propiedades de biodegradabilidad, flexibilidad y bajo costo, lo que la hacen una materia prima conveniente para fabricar un material compuesto que tenga un menor impacto ambiental y, a su vez, pueda ser usado como superficie de apoyo para la práctica del yoga.

Objetivo general

Desarrollar un material compuesto de bajo impacto ambiental basado en el residuo paja de trigo harinero para fabricar una superficie de apoyo para la práctica del yoga.

Objetivos específicos

1. Caracterizar el residuo paja de trigo harinero como materia prima para desarrollar un material compuesto de bajo impacto ambiental.
2. Diseñar un material compuesto de bajo impacto ambiental a base del residuo paja de trigo harinero.
3. Explorar las propiedades físicas, mecánicas, trabajabilidad, resistencia a agentes externos y perceptuales.
4. Validar el material compuesto desarrollado, mediante su aplicación como superficie de apoyo para la práctica del yoga.

Resumen metodología

La investigación incluye 4 etapas. La primera, comprende la preparación del residuo agrícola a utilizar, donde la actividad principal es definir el procesamiento de la materia prima para determinar el formato a usar. La segunda etapa, es experimental y contempla el diseño del material compuesto basado en paja de trigo harinero, en la que se seleccionan los aglomerantes y se determinan las proporciones de los componentes de la mezcla. Luego, se caracteriza el material resultante, y se evalúan sus propiedades físicas, mecánicas, trabajabilidad, resistencia a agentes externos y perceptuales para elaborar su ficha técnica. Finalmente, la cuarta etapa corresponde al proceso de validación mediante su aplicación como superficie de apoyo con practicantes de yoga. Adicionalmente, para investigar el desarrollo de materiales compuestos sostenibles, el residuo paja de trigo harinero en el contexto nacional y la práctica del yoga, se realizó una revisión de la literatura previa, junto con una encuesta a practicantes de yoga para establecer los requisitos del material a desarrollar.

CAPÍTULO 1: REVISIÓN DE LITERATURA

1.Sostenibilidad y materiales

1.1 Desarrollo sostenible

La industrialización a nivel mundial ha generado un impacto negativo en el medio ambiente, donde la mayor concentración de gases de efecto invernadero ha provocado un incremento en la temperatura media global de la superficie, generando consecuencias medioambientales que con el pasar de los años son cada vez más notorias. La ONU ha advertido que un aumento por sobre los 1,5 grados centígrados podría tener un impacto más devastador en la pérdida de masa de glaciares, crecimiento del nivel del mar, incendios forestales, sequía en algunas zonas e incluso desbordamiento de ríos (ONU, 2020). Todo lo anterior, tiene un estrecho vínculo con la modernidad, lo cual a traído consigo cambios en los procesos productivos, mayor generación de desechos, y aumento en la demanda de energía por parte del ser humano para satisfacer sus necesidades materiales y cotidianas provocando una sobreexplotación de los recursos naturales, causando así daño en el ecosistema y al mismo tiempo afectando a quien habita en él (Vallejos, 2016).

Según el informe, “Nuestro Futuro Común” de la Comisión Mundial para el Medio Ambiente y el Desarrollo de la ONU, se define desarrollo sostenible como aquel que “satisface las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades” (Brundtland, 1987, p.59).

Figura 2: Biomateriales. Fuente: (Material Lab, 2019)

A nivel global, se han puesto en marcha prácticas para abordar el tema de la sostenibilidad, con el objetivo de promover la disminución del impacto ambiental. Para ello, se creó la Agenda 2030 para El Desarrollo Sostenible aprobada por la Asamblea General de las Naciones Unidas, que propone 17 objetivos (ver figura 3) a alcanzar a largo plazo por los 193 estados suscritos con el propósito de ser una herramienta de planificación que contribuya al logro de la sostenibilidad económica, social y ambiental.



Figura 3: Objetivos del Desarrollo Sostenible, Agenda 2030. Fuente (ONU, 2015).

Entre los países que forman parte de esta alianza se encuentra Chile, y dentro de las acciones gubernamentales que ha llevado a cabo en pro de alcanzar los objetivos está la creación de la Oficina de Gestión de Proyectos Sustentables en el año 2018, cuyo principal propósito es promover la inversión como motor de desarrollo, generación de empleo y bienestar de las comunidades (ONU, 2020). En el sector privado también se han desarrollado iniciativas que buscan generar responsabilidad con el medio ambiente, una de ellas es en relación al área forestal, la cual es liderada por la empresa Compañía Manufacturera de Papeles y Cartones (CMPC), que establece alianzas con pequeños empresarios para obtener la certificación de manejo forestal responsable. Otra iniciativa es el “Disposición de Residuos de Aserrín para Producción de Biomasa” impulsado por la empresa Imperial, que ha convertido con éxito más de 500 toneladas de astillas de madera en biomasa, de las cuales el 100% de los residuos se convierte en energía (Gobierno de Chile, 2019).

Hoy en día, la mayoría de los objetos se diseñan utilizando modelos económicos lineales, se compran, se usan y se desechan, y cuando ya no son utilizables se envían a vertederos, incineradoras o simplemente son desechados como basura en el entorno natural. Por tanto, es necesario innovar desde el diseño, ya que esta es una etapa fundamental en la que se pueden tomar decisiones importantes implementando estrategias de diseño sostenible, para así reducir el impacto en el medio ambiente. Esto es posible lograrlo a través de la Ecología Industrial, la cual se encarga de estudiar y conseguir un menor impacto ambiental en los diferentes procesos productivos, mediante el cambio de una economía lineal a una economía circular, minimizando y reutilizando los desechos (Kowszyk & Maher, 2018).

1.2 Ecología industrial como herramienta para la sostenibilidad

La Ecología Industrial (EI) es un campo interdisciplinario que pretende asimilar el funcionamiento de los ecosistemas industriales al de los naturales, por medio de la interrelación entre las industrias, sociedad y medio natural, cerrando el ciclo de materia, llevando los sistemas industriales hacia el desarrollo sostenible (Cervantes, 2011). El objetivo principal de esta disciplina, es la generación de cero residuos, mediante la colaboración entre industrias donde el residuo generado por una es utilizado como materia prima de la otra. Para esto las industrias requieren innovar en sus procesos y sistemas productivos que les permitan valorizar los residuos y, a su vez, disminuir el consumo de recursos (materia prima, agua, energía) generando así un sistema más eficiente y sostenible (Cervantes, Sosa, Rodríguez, & Roble, 2009).

Según Cervantes (2009) los beneficios de la EI pueden ser aplicados en tres áreas (ver figura 4):

- Económico: incrementan los ingresos en las industrias al utilizar los recursos de una manera más eficiente, ya que aprovechan los residuos y subproductos como materias primas obteniendo de ello beneficios económicos.
- Medioambiental: se genera un menor impacto ambiental al reducir en gran medida tanto la cantidad de recursos naturales que se usan como los residuos destinados a convertirse en desechos, lo que conlleva a una menor emisión de gases contaminantes a la atmósfera y disposición de desechos en aguas residuales.

- Social: al otorgarle un valor al residuo, esto permite utilizarlo en la elaboración de nuevos productos lo que contribuye a una mejora en la calidad de vida de las personas, a través de la generación de nuevos empleos y la disminución en la contaminación ambiental (Cervantes, et al., 2009).

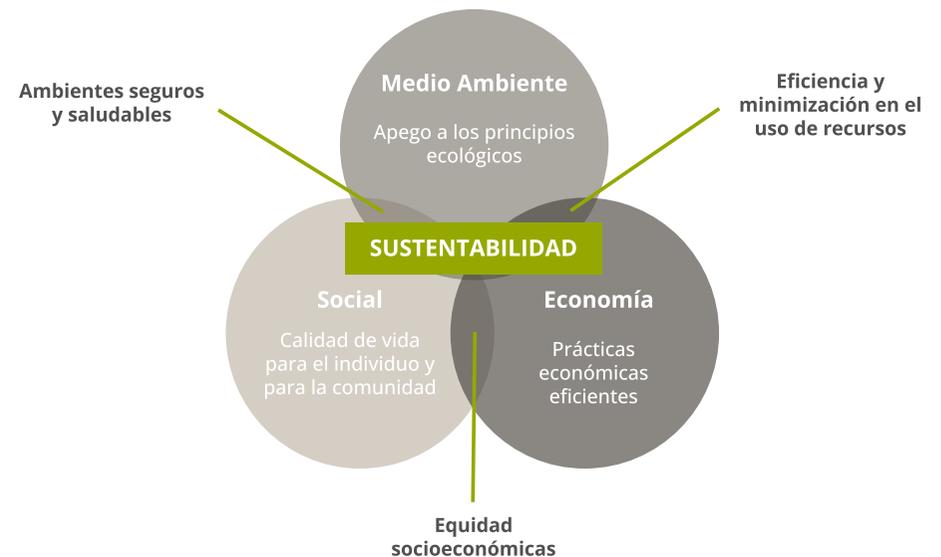


Figura 4: Propósito de la Ecología Industrial en sus tres áreas: medio ambiente, económico y social. Fuente: (Cervantes, et al., 2009).

El propósito final de la Ecología Industrial, es lograr el desarrollo sostenible tanto a nivel global, regional o local, considerando el área económica, medioambiental y social y mediante la interacción de estos se proporcionen las condiciones ideales para el adecuado desarrollo de la sociedad sin comprometer a las generaciones futuras (Cervantes, et al., 2009).

1.3 Materiales compuestos naturales

Debido al surgimiento de nuevas regulaciones ambientales y preocupaciones de la sociedad actual, se han desarrollado nuevos sistemas productivos que han favorecido la exploración de nuevos productos y procesos compatibles con el medio ambiente. Un punto importante que consideran estos nuevos procesos, es la disminución en la dependencia de materiales de orígenes fósiles, pues se busca evitar la sobreexplotación de esta fuente. De acuerdo con ello, se han desarrollado alternativas en donde la utilización de materias primas agrícolas, de origen renovable, se transforma en la creación de materiales compuestos, cobrando gran relevancia en el mundo de los materiales como una solución a la creciente amenaza ambiental y a la incertidumbre del suministro de petróleo en un futuro (Mohanty, 2002).

Los materiales compuestos son aquellos que en su composición están presentes dos o más materiales, que en conjunto adquieren propiedades que no tienen por sí solos y que en su estructura final se mantienen separados a nivel macro o microscópico (Stupenengo, 2011).

En los materiales compuestos, se pueden distinguir dos componentes generalmente, la matriz y el refuerzo. La matriz o aglomerante corresponde a la fase continua en un material compuesto, la cual se encarga de brindar cohesión y protección al refuerzo, transmitir las cargas y definir las propiedades químicas y físicas que tendrá el material; y el refuerzo o fase dispersa se utiliza para incrementar la resistencia y rigidez mecánica (Stupenengo, 2011). Estos materiales compuestos al ser de origen natural son más beneficiosos para el medio ambiente, ya que tienen un “bajo consumo energético, disminuyen la emisión de CO₂, reducen el consumo de combustibles fósiles y además generan un impacto positivo en la agricultura” (Martel & Pacheco, 2018, p.3).

Dentro de las propiedades de los materiales compuestos se encuentran las mecánicas y de corrosión. Las mecánicas se relacionan con las propiedades resultantes de los materiales que se combinan, las cuales están determinadas por la fibra y matriz que utilizan, orientación de la fibra y proporciones de los componentes. En cuanto a la resistencia a la corrosión, los materiales compuestos con matrices poliméricas y cerámicas poseen una mayor resistencia comparado con los metales, pues estos últimos son más susceptibles en condiciones corrosivas (Stupenengo, 2011).

1.3.1 Materiales compuestos basados en residuos lignocelulósicos

Las fibras vegetales surgen como reemplazo de las fibras artificiales debido a su menor impacto ambiental, puesto que se caracterizan por ser de bajo costo, livianas, poseer buenas propiedades de resistencia, fácil separación de sus componentes, absorción de CO₂ y biodegradabilidad (Mohanty, 2002). Dentro de estas, las más utilizadas para la fabricación de materiales compuestos son los residuos lignocelulósicos como el yute, cáñamo, lino, sisal y kenaf. Otros ejemplos son residuos obtenidos a partir de la agricultura como bagazo, aserrín, astillas de madera, desechos de algodón, fibra de desecho de cáñamo hurds, coco, piña, palma, plátano, jacinto de agua, algas, bambú, cañas y gramíneas. También se utilizan residuos de la industria del papel, cartón y textil, de donde obtienen lodos de destintado, residuos de celulosa y fibras (Zelfo, 2016). Estas fibras naturales están compuestas principalmente por celulosa, hemicelulosa y lignina (Chen, 2014) los que forman parte de la pared celular de las plantas.

A continuación, se presentan referentes internacionales y nacionales de materiales compuestos basados en residuos lignocelulósicos, con el propósito de identificar materias primas vegetales utilizada para el desarrollo de estos materiales.

INTERNACIONALES

Material basado en agujas de pino

País: India

Material desarrollado por el diseñador Gaurav MK Wali, con el nombre Cheer Project, es una solución sostenible a los peligros que causan las agujas de pino secas en los bosques de la India. Utilizando el modelo de economía circular crea un material compuesto 100% de base biológica mediante el uso de agujas de pino mezcladas con resinas y ceras vegetales (ver figura 5), obteniendo propiedades de compostabilidad, reciclabilidad, no inflamable e impermeabilidad. Además, en su proceso de elaboración no produce desperdicios ni contaminantes. Por otro lado, permite aprovechar la mano de obra local generando un nuevo empleo en apoyo a las comunidades indígenas quienes son las encargadas de la recolección, procesamiento y conformado del material. Las principales aplicaciones del material son en productos de artesanía (Gaurav, 2019).



Figura 5: Objeto de artesanía a partir del material compuesto con agujas de pino. Fuente: (Gaurav, 2019)

FIQUETEX

País: Colombia

Fiquetex es un textil 100% sostenible, biodegradable y renovable creado por un estudiante de maestría en la Universidad de Oxford, elaborado a partir de la planta Fique (origen colombiano) utilizando la fibra aglomerada con caucho natural. Este material (ver figura 6) es comercializado como reemplazo del cuero tradicional para elaboración de bolsas de transporte y materiales de empaque. En su fabricación utiliza principios de la economía circular, en donde el desperdicio es el mínimo y el reciclaje el máximo, evitando la producción de cueros provenientes del maltrato animal, ofreciendo un empleo a la comunidad local, contribuyendo a la absorción de CO₂, además de ser accesible económicamente (Fiquetex, 2021).



Figura 6: Textil vegetal de fibras de Fique. Fuente: (Fiquetex, 2021)

Material compuesto de cono de pino

País: Inglaterra

La diseñadora textil Chalita Jaewtrakul elabora un material compuesto con enfoque circular a base de conos de pino (ver figura 7) aprovechando la potencialidad del residuo al ser local. Para su conformación utiliza conos de pino, alginato de sodio, harina, glicerina y agua, receta disponible en la web Materiom. Este material se diseñó como parte del proyecto “Material Future” en colaboración con Materiom cuyo objetivo era desarrollar tejidos urbanos sensoriales innovadores y sostenibles para el jardín comunitario de Londres (Materiom, 2021).



Figura 7: Material compuesto a partir de conos de pino. Fuente: (Materiom, 2021)

NACIONALES

Material compuesto a partir de carozo de durazno

País: Chile

Muñoz en el 2019, mediante la investigación “Valorización del carozo de durazno para el desarrollo de un material compuesto sostenible y su potencial aplicación” toma el residuo carozo de durazno para elaborar un material compuesto por 90 % carozo de durazno y 10 % PU biobasado, el cual posee propiedades de biodegradabilidad, resistencia a la humedad (logrando la impermeabilidad), resistencia a la compresión y flexión media. Puede ser transformado mediante el moldeo, prensado, teñido y uso de herramientas manuales. Las principales aplicaciones sugeridas por la diseñadora son en mobiliario, recubrimiento, iluminación, decoración, cocina y jardín (Muñoz, 2019) (ver figura 8).



Figura 8: Aplicaciones del material compuesto carozo de durazno. Fuente: (Muñoz, 2019)

Cuero vegetal de fibras de corteza de Eucalyptus

País: Chile

El proyecto “Cuero Vegetal, Material textil no tejido basado en fibras de corteza de Eucalyptus Globulus para aplicaciones de diseño de indumentaria” de la diseñadora Claudia Moreno, se basa en un material textil no tejido a partir de la fibra de la corteza de eucalipto junto a un aglomerante que cumple con los lineamientos de sostenibilidad para ser utilizado en indumentaria. El resultado es un cuero natural 100 % de origen vegetal el cual es flexible, impermeable y antideslizante, antibacteriano y antifúngico, no inflamable ni tóxico. Este es apto para aplicaciones en indumentaria como calzado, marroquinería y accesorios (ver figura 9). Dentro de los usos propuestos por la autora hace referencia a plantas, suelas y capellada de zapatos (Moreno, 2019).



Figura 9: Calzado elaborado con cuero vegetal de corteza de Eucalyptus. Fuente: (Moreno, 2019)

Material compuesto basado en cáscara de nuez

País: Chile

La diseñadora Dominique Bustamante en su investigación "Desde el residuo al rescate de la cáscara de nuez" desarrolla un material a partir del residuo cáscara de nuez con la finalidad de rescatar este residuo, otorgándole un valor, siendo así medioambientalmente sustentable. A partir de ello, genera un material biodegradable, no tóxico, sin emisiones de formaldehído, curado a bajas temperaturas y permeable utilizando proporcionalmente una mayor cantidad del residuo en comparación al aglomerante (90 % cáscara de nuez y 10 % PU biobasado). Sus propuestas de aplicación consisten en un juguete para niños (ver figura 10) y recubrimiento de pared para interiores (Bustamante, 2020).



Figura 10: Juguete fabricado con material compuesto cáscara de nuez. Fuente: (Bustamante, 2020)

Material compuesto a base de fibra de coco

País: Chile

Material desarrollado por la diseñadora Francisca Gutiérrez como parte de su investigación en la creación de biopolímeros con características de materiales biotextiles, otorgándole valor desde su versatilidad al provenir de fuentes naturales. La receta de este material se encuentra en la plataforma web Materiom a disposición de la comunidad. Dentro de los componentes que lo conforman se encuentra la fibra de coco (ingrediente principal), agar-agar, glicerina y agua. Según la autora el material resultante es altamente resistente y flexible, de múltiples usos y al desecharlo en un compost impacta positivamente a la tierra (Materiom, 2021) (ver figura 11).



Figura 11: Textil elaborado a partir de fibra de coco. Fuente: (Materiom, 2021)

Con respecto a la información presentada anteriormente, es posible determinar la factibilidad del desarrollo de nuevos materiales utilizando residuos de origen local, ya que existen diversos referentes, tanto nacionales como internacionales, los cuales aplican la economía circular otorgándoles valor y contribuyendo a la innovación en el diseño de nuevos materiales y productos con un menor impacto ambiental.

1.3.2 Criterios para elaborar un material sostenible

A partir de los principios de la Ecología Industrial, en la tabla 1 se describen los criterios de sostenibilidad considerados para elaborar un material compuesto:

Tabla 1: Descripción de los criterios de sostenibilidad para elaborar un material compuesto. Elaboración propia.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
Biodegradabilidad	Un material es capaz de reincorporarse al ecosistema mediante su descomposición por microorganismos en CO ₂ y agua en un tiempo relativamente corto (Ashby & Johnson, 2002). Para esta investigación se considera el término biodegradable para el fin último del producto diseñado, es decir, cuando ya no pueda ser reutilizado.
Fuente renovable	Los componentes utilizados provengan de fuentes renovables, esto quiere decir que la tasa de adquisición sea menor que la tasa de regeneración natural (Vezzoli, 2014).
Local	Al utilizar componentes que sean producidos o comercializados en el país, se minimizan los recursos empleados en el transporte y además proporciona ingresos económicos a las comunidades debido a que se involucran actores locales en la extracción, transformación y venta del material (Vezzoli, 2014).
Inocuo para la salud	Seleccionar componentes que no generen emisiones tóxicas que afecten la salud de las personas a lo largo de todo su ciclo de vida (Vezzoli, 2014).
Económico	El uso eficiente de los recursos favorece un sistema de producción cíclico, donde los desperdicios o residuos se les otorga un valor, generando ingresos económicos para la empresa que los produce y una nueva materia prima para quienes lo adquieren (Cervantes, et al., 2009).
Durabilidad	El material desarrollado al ser durable en el tiempo ayuda prevenir la caducidad de forma temprana lo que disminuye la demanda de los procesos productivos favoreciendo así un menor gasto energético.

1.3.3 Aglomerantes: tradicionales y naturales

Durante décadas en Chile se han utilizado aglomerantes sintéticos junto a refuerzos lignocelulósicos, ya sea para la fabricación de tableros de partículas con aplicaciones estructurales o mobiliario de interior. Dentro de los aglomerantes sintéticos comúnmente utilizados se encuentran los provenientes del petróleo basados en formaldehído, como la urea formaldehído (UF), fenol formaldehído (PF), y fenol resorcinol formaldehído (PRF) (Madera21, 2017). Las desventajas de usar estos adhesivos son que necesitan temperatura y desprenden emisiones de urea formaldehído en su fabricación y/o uso (Muñoz, 2019), lo cual tiene un impacto negativo en la salud, ya que cuya “exposición se asocia con aparición de efectos biológicos como irritación de la vía aérea, efectos genotóxicos e inmunotóxicos, sensibilización y cáncer” (Ramírez, Garicano, & Del Campo, 2018, p.1). Además, la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer lo ha clasificado como carcinógeno humano en el grupo 1 (IARC, 2006).

Es por esto, que surge la necesidad de reemplazar estos aglomerantes sintéticos con potencial efecto carcinogénico para el ser humano, por alternativas de origen natural más sustentables e inocuas para la salud.

Existen derivados de fuentes naturales como carbohidratos (almidón, alginato, agar-agar, carragenina, goma xantana), proteínas (gelatina), hongos (micelio y kombucha) que actúan como aglomerantes en conjunto con otros aditivos como agua (para disolver) y glicerina. Esta última bastante útil para otorgar flexibilidad al material final (ver figura 12).

Por otro lado, existen adhesivos sintéticos de origen renovable como Acetato de polivinilo (PVA), Poliuretano basado en aceite de ricino y Caucho natural. El PVA por ejemplo, se ha utilizado para desarrollar un material compuesto en conjunto con la cáscara de nuez para generar un material biodegradable, liviano y no tóxico para la salud (Parodi, 2016).

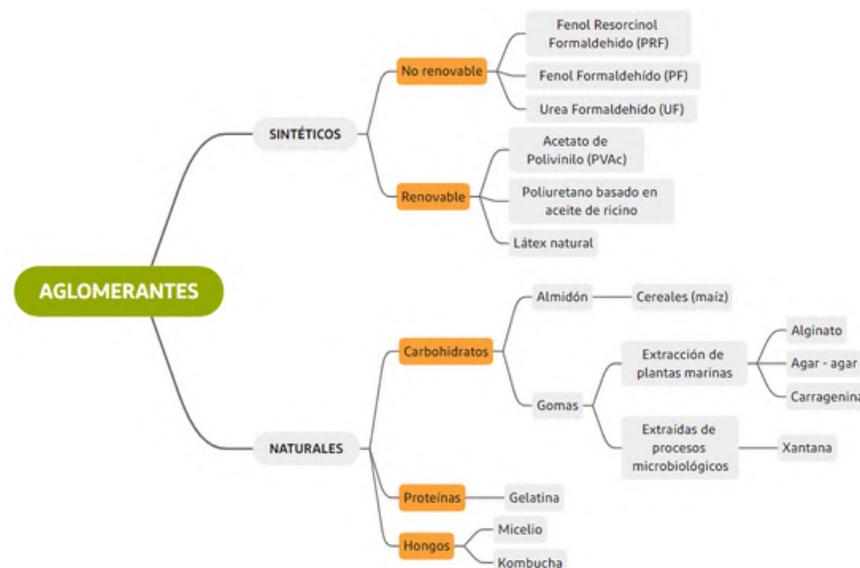


Figura 12: Clasificación de aglomerantes. Elaboración propia a partir de (Plataforma web Materiom, 2021; Gaurav, 2019; Parodi, 2016; Muñoz, 2019, Moreno, 2019; Bustamante, 2020 & Fiquetex, 2021).

A partir de la revisión bibliográfica realizada, se describen características generales de seis aglomerantes utilizados en proyectos de materiales compuestos desarrollados a nivel internacional y en Chile junto a refuerzos lignocelulósicos (ver tabla 2).

Tabla 2: Aglomerantes utilizados con refuerzos lignocelulósicos. Elaboración propia.

AGLOMERANTE	DESCRIPCIÓN
Poliuretano basado en aceite de ricino	<p>Polímero a base de aceite vegetal proveniente de una fuente natural y renovable, específicamente de la planta de ricino (<i>Rícinos communis</i>) conocida internacionalmente como planta de aceite de castor. De esta se extrae el aceite el cual es utilizado para fabricar un adhesivo con características impermeables, resistencia a rayos UV y con propiedades mecánicas mayores a los polímeros derivados del petróleo (Moura & Rocco, 2004). El proceso de curado se puede realizar a temperatura ambiente, pero también existe la posibilidad de acelerarlo aplicando temperaturas de 60 a 90°C (Moura & Rocco, 2004). Se puede encontrar fácilmente en Brasil y una de las empresas que fabrican este adhesivo se denomina Kehl, la cual recomienda utilizarlo en proporciones de 10 - 20% (Kehl, 2007).</p>
Acetato de polivinilo (PVA)	<p>Polímero no tóxico, biodegradable y renovable que se prepara a partir de alcohol polivinílico (Calvo & García, 2013). Es un adhesivo de color blanco a base de agua de amplia utilidad en la fabricación y construcción de productos de madera y papel (Frihart, 2012), de bajo costo y con altas propiedades de pegajosidad inicial. Este se fija rápidamente con alta resistencia en seco pero baja en humedad (Frihart, 2010), ya que los adhesivos a base de agua se fijan cuando el agua es absorbida por la madera o el producto de papel (Frihart, 2012). Las películas curadas son estables a la luz, pero tienden a ablandarse a temperaturas cercanas a los 45°C (Frihart, 2010).</p>
Látex natural	<p>El látex de caucho natural es “el citoplasma vivo en el que las partículas de caucho, las sustancias no caucho, y otros componentes celulares se encuentran dispersas en la fase acuosa del citosol” (Basero, 2017, p. 26). Proviene del tallo del árbol <i>Hevea Brasiliensis</i>, originario de la cuenca del Amazonas, sin embargo 90% de la producción global se localiza en Asia (Basero, 2017). Se encuentra en forma de una suspensión coloidal acuosa, de aspecto lechoso, que contiene alrededor de 30 % de caucho. Este se extrae mediante una incisión en los canales lactíferos ubicados a 6 mm hacia el interior de corteza los cuales secretan el látex (Herrera, 2020). Posee propiedades de barrera, elevada elasticidad, resistencia a la fatiga, eficiente disipación de calor, por lo cual es útil para fabricar artículos elásticos de paredes muy delgadas, con elevada durabilidad, bajo costo y alto grado de confort. Tiene baja resistencia al calor y al envejecimiento, ya que es muy sensible a la oxidación y al ozono. Dentro de sus aplicaciones se encuentran chupetes, juguetes, almohadas, condones, catéteres e incluso neumáticos de autos (Basero, 2017).</p>

<p>Agar- agar</p>	<p>Es un polisacárido de origen marino extraído del alga Gracilaria. Se conoce comúnmente como pelillo y se encuentra en toda la costa chilena. Posee propiedades gelificantes con capacidad de espesar, sin cambiar su color, olor y sabor (Fundación Chiquihue, 2018). Además, es insoluble en agua fría, pero puede disolverse en agua caliente absorbiendo hasta veinte veces su propio peso (AgarGel, s.f). El agar tiene varios usos en la industria, principalmente en la alimentaria, pues se utiliza para fabricar gelatinas, espesante de helados, yogurt, sopas, mermeladas y varios tipos de postres. En la industria microbiológica se usan placas de agar para cultivar microorganismos. La industria farmacéutica utiliza el agar como laxante, debido a su alto contenido en fibra. En la industria cosmética se utiliza para la elaboración de cremas faciales y corporales, como también de desmaquillantes en crema, entre otros (Fundación Chiquihue, 2018).</p>
<p>Alginato de sodio</p>	<p>El alginato es un polisacárido presente en las paredes celulares de algas pardas y su forma más comercializada es el alginato de sodio (Mendez, Quinteros, Váquiro, & Solanilla, 2014). Su presentación comercial comúnmente es en forma de polvo granulado de un color blanco a marrón claro (Ayarza, 2015). Su principal característica es la capacidad de formar geles irreversibles e insolubles en agua (Mendez, et al., 2014), siendo utilizado por diversas industrias como de textil, alimenticia y farmacéutica (Ayarza, 2015). Por otro lado, posee características especiales que favorecen el desarrollo de matrices biopoliméricas destinadas a aplicaciones en empaques activos en el campo alimentario siendo estas biodegradables (Mendez, et al., 2014).</p>
<p>Almidón</p>	<p>Es un polisacárido que se encuentra en cereales como maíz, trigo y arroz y algunos tubérculos como la papa y la yuca. Se comercializa comúnmente en supermercados y en tiendas especializadas en alimentos naturales en formato polvo. Sus usos principales son en la industria alimenticia como agente espesante, gelificante y estabilizador de textura (Maya, 2017). Otros usos son como aglomerantes y encolados para la industria del papel y textiles (Baumann & Conner, 2003). Es de bajo costo y de alta disponibilidad, puede utilizarse como aditivo biodegradable o material de sustitución en plásticos tradicionales (Maya, 2017). El almidón es la materia prima más usada en la elaboración de películas biodegradables, debido principalmente a que es renovable, barato, abundante y relativamente fácil de manejar (Maya, 2017).</p>

1.3.4 Criterios de selección de aglomerantes

Con relación a los criterios determinados para elaborar un material compuesto sostenible, se definen las siguientes características adaptadas para realizar la comparación y selección de los aglomerantes a experimentar como paso previo al desarrollo del material.

- **Biodegradable:** se considera biodegradable aquel aglomerante de origen natural o sintético que en condiciones ambientales puede descomponerse mediante la acción de factores biológicos (bacterias, plantas o animales) y/o físicos (como el sol o el agua).
- **Fuente renovable:** el aglomerante proviene de fuentes naturales que tienen la capacidad de regenerarse.
- **Local:** el aglomerante puede ser obtenido fácilmente en tiendas comerciales en el territorio nacional.
- **Inocuo para la salud:** el aglomerante no genera compuestos tóxicos durante su uso que pueda afectar la salud de las personas.
- **Económico:** se consideran materiales económicos aquellos que el precio está por debajo del promedio de acuerdo a los aglomerantes mencionados en la tabla 3. Para estandarizar la comparación se determinará el precio por 1 kg de aglomerante de acuerdo al mercado chileno.
- **Durabilidad:** seleccionar aglomerantes que permitan extender la vida útil del producto favoreciendo su durabilidad mediante la propiedad de resistencia al agua, contribuyendo así a la menor utilización y eficiencia en el uso de recursos (Cervantes, 2009).

- **No requiere aditivos:** no se utilizan ingredientes adicionales para que el adhesivo actúe de acuerdo a sus propiedades cohesivas esperadas al mezclarse con el residuo lignocelulósico.

Respecto al cumplimiento de los criterios se asigna un puntaje de 1 punto por cada característica cumplida. El puntaje más alto es de siete puntos y el más bajo es cero puntos. Este puntaje luego se suma y se determinan cuáles son los aglomerantes con los puntajes más altos obtenidos y posteriormente se seleccionan tres de estos (ver tabla 3).

Tabla 3: Comparación de aglomerantes. Elaboración propia

CRITERIO	SINTÉTICOS (renovables)			NATURALES		
	PU aceite de ricino	Acetato Polivinilo	Látex natural	Agar-agar	Alginato de sodio	Almidón (maicena)
Biodegradable	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Fuente renovable	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Local	X	✓	✓	✓	✓	✓
Inocuo para la salud	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Económico	✓	✓	✓	X	X	✓
No requiere aditivos	✓	✓	✓	X	X	X
Durabilidad (resistente al agua)	✓	X	✓	X	X	X
Puntaje	6	6	7	4	4	5

De acuerdo con la comparación anterior, se consideran apropiados para la experimentación los aglomerantes con los puntajes más altos obtenidos de acuerdo al promedio calculado respecto al puntaje mínimo (4 puntos) y máximo (7 puntos), dando como resultado un promedio de 5.5 puntos. Por lo que, los aglomerantes que se encuentran por sobre este puntaje son seleccionados para la experimentación. Estos corresponden al PVA (6 puntos), látex natural (7 puntos) y PU a base de aceite de ricino (6 puntos). Este último fue descartado debido a que no es factible obtener muestras del adhesivo actualmente en el país. Sin embargo, se agrega la opción de experimentar con el almidón, ya que se encontró una receta la cual permite otorgar impermeabilidad al material y es factible de conseguir.

2. Paja de trigo como residuo lignocelulósico

Figura 13: Paja de trigo. Elaboración propia

2.1 Industria agrícola en Chile: Producción de trigo

El sector agrícola en Chile es una de las principales áreas económicas encargadas de proveer alimentos para satisfacer las necesidades alimentarias, así como también aportar ganancias económicas a través de las exportaciones y contribuir en la generación de empleos (ODEPA, 2017). En cuanto a las exportaciones mundiales de cereales entre los años 2019/2020 estas corresponden a un valor de 180,7 MM ton., representando un 23,6 % de la producción global. Siendo los mercados más relevantes para Chile, EE.UU 25,9 MM de ton (+1,5 %); Canadá 24,5 MM de ton (+0,4 %) y Argentina 14 MM de ton (+16,7 %) en comparación a la temporada anterior (Cotrisa, 2019).

Dentro de los principales cultivos del sector agrícola en el país se encuentran las plantaciones de cereales, con una proporción del 80 % (ODEPA, 2012) de la cual un 48 % corresponden a trigo, 17 % a maíz y 16 % a avena, mientras que otros cereales ocupan un porcentaje inferior al 8 %. Respecto a la cosecha de los cereales, el 75 % del trigo y el 82 % de la avena se concentran principalmente en las regiones del Biobío, La Araucanía y Ñuble. Por otra parte, el maíz se cultiva mayormente en las regiones de O'Higgins y Maule, ocupando el 72 % de la superficie terrestre (ODEPA, s.f.).

El trigo, además de ser uno de los cereales más cultivados a nivel nacional con un promedio de 205.000 hectáreas entre los años 2019/2020 (correspondiente a trigo harinero y candeal) (ODEPA, 2021), tiene una gran importancia socioeconómica, ya que es cultivado mayoritariamente por pequeños productores, de los cuales el 76 % tiene una baja escolaridad y el 50 % son mayores de 60 años (ODEPA, 2012).

Las principales especies cultivadas de trigo en Chile corresponden a candeal con 145.000 ton y harinero con 1.086.000 ton (ODEPA, 2021), siendo esta última mayor. El trigo candeal también conocido como trigo duro se caracteriza por poseer un grano duro y vítreo, un gluten elástico y además por tener un alto contenido de proteína. Este es utilizado principalmente para la elaboración de pastas secas y espaguetis (Farías, Fernández, & Espinoza, 2019). Por otro lado, el trigo harinero (o trigo blando) corresponde al trigo más cultivado en el país, ya que es la materia prima principal usada para la elaboración del pan, un alimento altamente consumido por la población chilena. Puesto que existe una mayor producción de esta especie, se generan mayores cantidades de residuos en comparación a la paja del trigo candeal, siendo la región de La Araucanía la de mayor producción (ODEPA, 2021), con una cifra estimada de 579.982 ton de paja en la temporada 2019/2020.

2.1.1 La paja de trigo

La paja de trigo, corresponde a todos los residuos que quedan en el potrero después de la cosecha, incluidos los restos de malezas (INIA, 2015).

Para preparar el terreno para los siguientes cultivos se requiere despejar la zona, por lo que los agricultores después de la cosecha recolectan la paja de los suelos y la empaican en fardos, los cuales facilitan su manejo y transporte. Estos deben ser guardados bajo techo para protegerlos de lluvias y humedad para posteriormente ser vendidos (Rodríguez, 2007). Generalmente se utiliza el proceso de siega o cosecha que puede ser realizado por tres medios: manual usando utensilios rudimentarios (echona), manual con asistencia mecánica o completamente mecánico a través de una máquina embaladora (Maquituls, 2015). Este proceso de embalado se realiza para evitar el deshilachado de los bordes y para mantener la compactación de la paja, en donde la máquina realiza el cortado, compactado y embalado por medio de cuerdas de material plástico o metálico formando paquetes regulares de paja (Carro, 2007).

Se conocen tres formatos principales utilizados para la fabricación de fardos, el primero de ellos es el rectangular clásico que tiene dimensiones aproximadas de 80 x 40 x 40 cm con un peso aproximado entre 20 y 50 kilogramos. Estas dimensiones y peso permiten su manipulación manual. El segundo formato es el rectangular gigante de dimensiones de 90 x 100 x 210 cm con un peso de unos 200 kg, que debido a sus dimensiones requiere un manejo mediante el uso de maquinaria. Por último, se encuentra el formato cilíndrico gigante con unas dimensiones superiores a las anteriores, siendo estos ideales para fincas que tienen ganado al aire libre además de ser fáciles de transportar (Maquituls, 2015).

2.1.2 Producción de paja de trigo harinero en la Región de la Araucanía

Para obtener datos más actualizados con relación a las toneladas de paja de trigo harinero que se generaron en la temporada 2019/2020 en la región de La Araucanía, se utilizó la fórmula “Estimación de paja de cereales” recuperada de la tesis “Valorización energética de los residuos agrícolas en el sector productivo de la IX Región en Chile” la cual se muestra en la figura 14 a continuación:

	CEREAL	ÍNDICE DE COSECHA
$B_{Cr} = m_{Cr} \cdot \frac{1 - IC_c}{IC_c}$ <p>c: Trigo r: Araucanía IC_c: Índice de cosecha del cereal c m_{Cr}: Producción de cereal c en la región r (en toneladas) B_{Cr}: Paja estimada del cereal c en la región r (en toneladas)</p>	Avena	0,37
	Arroz	0,44
	Cebada	0,45
	Maíz	0,46
	Trigo	0,45
	Triticale	0,29

Figura 14: Fórmula estimación de paja e índice de cosecha. Fuente: adaptación de (Rivas, 2017).

Utilizando la fórmula anterior, se consideró la producción de cereal (trigo harinero) de 474.531 ton 2019/2020 (ODEPA, 2021) en la región de La Araucanía y el índice de cosecha del trigo correspondiente a 0,45, obteniendo como resultado 579.982 toneladas.

2.1.3 Caracterización de la paja de trigo

La biomasa lignocelulósica es uno de los materiales orgánicos más abundantes de la tierra, obteniéndose de diferentes residuos, por ejemplo: forestales, residuos sólidos urbanos, agropecuarios (Romero et al., 2014), siendo un ejemplo de este último la paja de trigo.

• Estructura física

Con respecto al estudio “Trituración centrífuga sucesiva y tamizado de paja de trigo” realizado en una especie de trigo harinero se determinó que las partes que componen la paja del trigo corresponden a entrenudos del tallo (36,2 %), seguidos de la fracción fermentada compuesta mayoritariamente por entrenudos y vainas (30,2 %), la hoja de vaina (18,5 %), los nudos (8,6 %) y espiguillas (5,5 %) que son los componentes anatómicos de menor presencia en la paja (ver figura 15) (Silva, Guilbert, & Rouau, 2011).

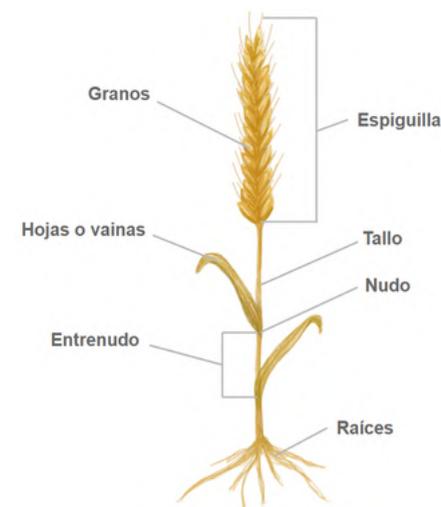


Figura 15: Estructura física de la planta trigo. Elaboración propia

- **Composición química**

La mayoría de los componentes de las pajas de cereales (que incluyen proteínas y minerales) se encuentran principalmente en la pared celular. En promedio contienen un 72 % de fibra distribuida en un 38 % de celulosa, 25 % de hemicelulosa, 8 % de lignina y un 0,2 % de cutina (Santolaria, 2014). Además de estos componentes, la fibra también contiene pectina, grasas, ceras y sustancias solubles en agua. La composición depende de las condiciones de crecimiento, el área de la planta y la técnica de medición (Pozo, 2019).

En relación con la celulosa, este es un polisacárido semicristalino que le otorga el carácter hidrófilo, rigidez, resistencia y estabilidad estructural donde su estructura química está compuesta por tres grupos hidroxilos (-OH). En cuanto a la hemicelulosa, este es un polímero ramificado y amorfo que se encuentra unido fuertemente a la celulosa por puentes de hidrógeno. Su estructura, contiene grupos hidroxilos (-OH) y acetilos (CH₃CO-), siendo parcialmente soluble en agua e higroscópica (capacidad de absorber humedad). Finalmente, la lignina es amorfa y principalmente aromática, además le confiere resistencia adicional y permite el acoplamiento con la hemicelulosa (Pozo, 2019).

2.1.4 Usos de la paja de trigo

Debido a las enormes cantidades de residuos que se generan en los cultivos de trigo al año, se han buscado alternativas de manejo como medio para el aprovechamiento de este recurso. Ejemplos comunes son la alimentación para bovinos, camas para animales, compost y la obtención de bioenergía.

La paja de trigo al poseer componentes como materia seca, proteína, calorías, fibra cruda, calcio y fósforo (Catrileo, 2015) es utilizada como alimento para el ganado en momentos de escasez de recursos. Sin embargo, es deficiente en cuanto al contenido de proteínas, minerales y vitaminas por lo que su uso debe ser complementado con otros alimentos proteicos, sales minerales y vitaminas, para conseguir una buena nutrición en los animales (INA, 2015). También es utilizada para fabricar camas para animales, las cuales posterior a su uso pueden ser fermentadas de manera aeróbica para generar compost, aprovechando así sus nutrientes como fertilizantes, y a la vez, disminuir la compra de estos a un precio más elevado (Céspedes, 2004).

La paja, además de los usos anteriormente mencionados puede ser usada para la obtención de bioenergía, a través de procesos de hidrólisis (enzimas celulasas) y fermentación (bacterias o levaduras) (Álvarez et al., 2019), para obtener bioetanol para la producción de hidrógeno y biogás. Estos son utilizados en la producción eléctrica, secado de productos agrícolas, calefacción, entre otros (Céspedes, 2004). Por otro lado, se ha utilizado como fibra para la industria de la pulpa y papel en la fabricación de tableros de partículas, y aislante térmico para el sector de vivienda y construcción (Panthapulakkal & Sain, 2015).

2.1.5 El problema de las quemas controladas

Una práctica común para la eliminación de rastrojos son las quemas agrícolas (INIA, 2015). Según el Ministerio de Agricultura, el proceso de quema controlada es la “acción de usar el fuego para eliminar desechos agrícolas y forestales en forma dirigida, circunscrita o limitada a un área previamente determinada, conforme a normas técnicas preestablecidas, con el fin de mantener el fuego bajo control, previo registro y autorización de la Corporación Nacional Forestal (CONAF)” (MMA, 2017).

En la práctica agrícola la quema es la forma más económica para eliminar los residuos, especialmente para los productores de bajos ingresos. Pero esta contribuye fuertemente al deterioro ambiental, debido a que es una de las principales fuentes de emisiones de gases y material particulado. Además, puede provocar incendios y afectar la calidad de vida y funcionamiento del ecosistema (INIA, 2015).

Se estima que aproximadamente que entre “el 80 y 90 % de la superficie con residuos de trigo de las regiones del Biobío y de la Araucanía es manejada con quema” (Taladriz & Schwember, 2012, p.24). El propósito principal de este proceso es eliminar la gran cantidad de paja generada en los cultivos para facilitar la siembra de los próximos.

La quema de los residuos genera compuestos contaminantes para el medio ambiente que influyen negativamente en la salud de la población, como monóxido de carbono (CO), compuestos nitrogenados (NO₂), hidrocarburos y material particulado (MP₁₀). Esto contribuye al cambio climático debido a que emiten metano

(CH₄) y óxido nitroso (N₂O) (INIA, 2015). Por tanto, sería interesante y beneficioso considerar otras medidas que ayuden a reducir este proceso para no seguir generando un impacto negativo en el medio ambiente.

2.1.6 Uso de recursos locales

En Chile, existen fondos concursables para apoyar emprendimientos innovadores que buscan resolver problemas sociales y/o ambientales, como la iniciativa de CORFO denominada “Huella Innovación”. Esta entrega un cofinanciamiento de hasta 50 millones de pesos para proyectos con fines de lucro con un alcance a nivel nacional. Utiliza la metodología Start-Up Chile que involucra acompañamiento, apoyo, formación y conexiones que permitan desarrollar integralmente la empresa para alcanzar resultados en menor tiempo. Esto busca apoyar empresas que tengan impacto en tres ámbitos de acción: social, proporcionando bienestar a personas con determinadas vulnerabilidades; medio ambiente, preocupándose por el futuro de la tierra y los recursos naturales, y económico, tomando la innovación como modelo económicamente sostenible (CORFO, 2019).

Una propuesta innovadora sería un proyecto desarrollado por un diseñador en conjunto con un agricultor/es de la región de la Araucanía, utilizando este residuo para crear un material compuesto que permita desarrollar un producto innovador, sustentable y viable de producir en esta región del país con el propósito de reducir el impacto ambiental de la quema de paja. Esto podría contribuir tanto a la disminución del daño medioambiental, al aumento de los ingresos económicos a nivel

local y, a su vez, a la creación de nuevos empleos para la población cesante del sector agrícola regional, que según datos del periodo 2018-2019 de la ODEPA corresponde a un 5,2 %, siendo mayormente población femenina (ODEPA, 2019).

Por otro lado, existen emprendimientos en la región de la Araucanía conformados por mujeres mapuches que podrían impulsar un proyecto usando este residuo en conjunto con un diseñador para la creación de productos. La cultura mapuche tiene una estrecha conexión con la tierra, puesto que comprende que la existencia es un proceso cíclico de dar y recibir. La tierra les brinda materias primas para subsistir, desarrollar sus actividades diarias y un entorno para vivir, por tanto ellos en agradecimiento realizan ceremonias y actividades que buscan proteger su entorno, lo que conlleva a una mayor conciencia medioambiental (información recopilada mediante una entrevista online a Rocío Hueitra una joven emprendedora mapuche, ver anexo N°1). Un ejemplo de emprendimiento mapuche es “Folil Araucanía” compuesto por trece mujeres mapuches que realizan productos artesanales usando materia prima local como lana, cuero, hilo pita y plata, siendo su misión “rescatar y promover la cultura ancestral mapuche a través de su artesanía, respetando el arte originario de los antepasados y desarrollando una economía familiar sostenible y crecimiento personal para las artesanas socias” (Folil Araucanía, s.f.).

2.2 La paja de trigo en materiales compuestos

2.2.1 Referentes de materiales a base de paja de trigo

A continuación, en la tabla 4 se presentan diversos referentes internacionales y nacionales en donde se ha utilizado la paja de trigo como refuerzo en materiales compuestos.

Tabla 4: Referentes internacionales y nacionales de materiales compuestos basados en paja de trigo. Elaboración propia.

NOMBRE	AÑO	PAÍS	RESIDUO	AGLOMERANTE	USO/ APLICACIÓN	CITA
1.Madera plástica con PET de post consumo y paja de trigo	2013	México	Paja de trigo	Polietileno tereftalato (PET) de post consumo	Madera plástica en sustitución de madera en mesas, sillas, libreros, escritorios, entre otros.	(García, et al., 2013)
2.Optimization of Process Parameter of Wheatstalk/ Polystyeren Composite	2010	China	Paja de trigo	Polipropileno reciclado + MDI (como adhesivo) y acetona (como disolvente)	Tablero de partículas	(Xu, 2010)
3.Madera plástica con paja de trigo y matriz polimérica	2013	México	Paja de trigo	Resina epoxi bisfenol A	Madera plástica (sustitución de la madera)	(García, et al., 2013)
4.Lightweight composites from long wheat straw and polypropylene web	2010	EE.UU	Paja de trigo	Polipropileno	Reemplazo del material compuesto yute con polipropileno	(Zou, Huda, & Yang, 2010)
5.Preparation and characterization of polypropylene-wheat straw-clay composites	2010	Canadá	Paja de trigo y arcilla	Polipropileno	Moldeo por inyección de piezas automotrices	(Reddy, Sardashti, & Simon, 2010)
6.Green composites from a conjugated linseed oil-based resin and wheat straw	2010	EE.UU	Paja de trigo	Aceite de linaza + anhídrido maleico	Aplicaciones no estructurales en industrias de la construcción, la automoción y el mueble.	(Pfister & Larock, 2010)

7.Panel Novofibre OSSB	2018	China	Paja de trigo	Adhesivo sin formaldehído (p-MDI)	Tablero para superficies fonoabsorbentes, pisos, madera contrachapada, paneles decorativos.	(Novofibre, 2016)
8.DURUM	2014	EE.UU	Tallos de trigo reciclado	Polímeros acrílicos	Superficies tanto de forma horizontal como vertical, especialmente en muebles, mesas y encimeras.	(Torzo Surfaces, s.f)
9.BIOFLEXI	2016	Alemania	Pajas de cereales	Elastómero termoplástico ecológico	Tablero de fibra para muebles, tabiques, revestimientos y contrapisos antideslizantes y para el acabado interior de casas.	(MaterialDistric, 2016)
10.Superficie en planteles porcinos de recría	2012	Chile	Paja de trigo	Almidón modificado de maíz	Superficies para planteles de porcino	(Toledo, 2012)

En la figura 16 se muestran imágenes obtenidas de algunos ejemplos de los materiales a base de paja de trigo mencionados anteriormente.



Figura 16: a. Panel Novofibre OSSB, b. DURUM, c. BIOFLEXI, C. Superficie en planteles porcinos de recría. Fuentes: MaterialDistrict, 2018, 2014, 2016 & Toledo 2012.

A partir de la tabla 4, se puede concluir que la paja de trigo ha sido utilizada principalmente en aplicaciones como sustitución de la madera (tableros de partículas) y en la industria automotriz. Gran parte de los aglomerantes identificados a partir de esta revisión son de origen plástico a excepción del caso de los planteles de porcino donde se pudo identificar que el aglomerante utilizado es de origen vegetal. En vista de lo anterior, es posible realizar materiales compuestos a partir de la paja de trigo, sin embargo surge la necesidad de reemplazar los aglomerantes comúnmente usados en estos materiales compuestos por opciones más sostenibles como las mencionadas en el apartado 1.3.3 aglomerantes: tradicionales y naturales.

2.3 Atributos de la paja de trigo como materia prima para el desarrollo de un material compuesto

2.3.1 Revisión de literatura: atributos de la paja de trigo

En el país se obtienen grandes volúmenes de paja y de acuerdo a una estimación realizada con relación a la temporada 2019/2020 a nivel nacional se generaron aproximadamente 1.327.333 de toneladas. Por lo cual, existe una gran disponibilidad de este residuo debido a que sólo es utilizado parcialmente, quedando gran parte dispuesto en predios para ser quemados.

La paja que se obtiene luego de la cosecha del grano del trigo, es un residuo lignocelulósico de origen natural y renovable (Carro, 2007). Es considerada una materia prima liviana al ser de baja densidad, por lo cual al utilizarlo en un material compuesto proporciona una ventaja extra en relación a la reducción del peso (Ndazi, Tesha, & Bisanda, 2006). Además, posee la propiedad de biodegradabilidad, ya que bajo condiciones ambientales normales, se descompone como cualquier fibra natural como la madera, el papel o el algodón. La velocidad de descomposición de esta fibra natural dependerá de las condiciones en las que se encuentre, siendo los puntos más relevantes la humedad y temperatura (Carro, 2007).

Este residuo se considera un material sostenible debido a sus beneficios no solo en el ámbito de la agricultura (reducción de CO2), sino que también es una materia prima que no emite CO2 u otros gases que pudieran dañar o generar un impacto negativo al medio ambiente. Por ejemplo, 10 kilogramos de paja de trigo tienen la capacidad de absorber hasta 14 kilogramos de dióxido de carbono, los cuales son capaces de retener durante su periodo de vida (Viera, Monzo, & Aguirre, 2020). Asimismo, es económica y rentable, puesto que puede ser comercializada produciendo tanto beneficios socioeconómicos como ambientales, puesto que al valorizar este residuo se generan ingresos extras para los agricultores, además de contribuir en la disminución de la quema en el campo (Panthapulakkal & Sain, 2015). La paja de trigo también tiene la cualidad de ser aislante térmico, pues ha sido utilizada en conjunto con otros materiales como estructura en la conformación de paredes de viviendas (Carro, 2007).

Finalmente, el precio de este residuo agrícola, es mucho más bajo que el de otras fibras como el yute, el lino y el cáñamo (Panthapulakkal & Sain, 2015). Aproximadamente un fardo de 30 kg cuesta 2000 pesos chilenos siendo este valor determinado a partir de precios obtenidos de páginas web de proveedores en Chile. Por tanto, al aprovechar los atributos que posee este residuo (ver tabla 5) y otorgarle un nuevo uso podría proporcionar importantes beneficios a nivel medioambiental, económico y social considerando alternativas innovadoras de aplicación que permitan impulsar la sostenibilidad en Chile.

Tabla 5: Resumen de atributos de la paja de trigo. Elaboración propia

ATRIBUTOS DE LA PAJA DE TRIGO	Origen natural
	Rápidamente renovable
	Es un residuo
	Material biodegradable
	Liviana
	Bajo impacto ambiental
	Aislante térmico
	Bajo costo
	Gran disponibilidad

3. La disciplina del yoga

3.1 Historia del yoga

El yoga es una disciplina originaria de la India con alrededor de cinco mil años de antigüedad y sus orígenes se remontan en el hinduismo y budismo. La palabra yoga proviene del sánscrito "yug" que significa unión y "ga" que significa proceso (Lizama, 2015), pero según la definición clásica el yoga es el silenciamiento del movimiento de la mente (Yoga One, 2020). En la India el yoga trata no sólo de un pensamiento filosófico, sino también de formas de vida religiosa, y es un método útil tanto para el desarrollo mental como espiritual que se dirige hacia el autoconocimiento y el crecimiento interior (Rollán, 2017).

En la actualidad el yoga se orienta hacia el bienestar físico y psíquico (emocional y mental), mediante técnicas de respiración, concentración y relajación que ayudan a la disminución del estrés y a la buena realización de las posturas (asanas) (Lizama, 2015).

Hoy en día en occidente, la información disponible en relación con la práctica del yoga como método físico y mental, se origina a partir del trabajo de un filósofo y yogui en el siglo III a.C. de nombre Patanjali, quien desarrolló un sistema incorporado en los Yoga Sutras, que hoy se le conoce como Yoga Clásico. Patanjali es conocido como el "Padre del Yoga" debido a que sistematizó el conocimiento de la filosofía y la práctica en ese momento en 196 aforismos, los cuales fueron traducidos y enseñados posteriormente en las escuelas de yoga (Lizama, 2015).

Figura 17: Postura de yoga. Elaboración propia

Principales estilos de yoga

Hatha yoga

Es una de las ramas del yoga más famosas y practicadas en occidente. Su traducción literal es "yoga de la fuerza", pero se le llama más yoga físico o psicofísico. Inicia por el cuerpo y promueve el equilibrio y la conciencia física a través de la ejecución de asanas (posturas) (Calle, 2015).

Existen diversas asanas que utiliza el Hatha yoga, entre estas las que permiten inmovilidad, firmeza y fuerza y las que contrastan con posturas cómodas de relajación. El principal efecto de este estilo es el fortalecimiento, flexibilidad y armonía con el cuerpo (Lizama, 2015).

Raja yoga

El Raja yoga comúnmente conocido como "yoga mental" es un estilo que incita a la exploración de la propia mente y contempla principalmente el uso de la técnica dhyanam (meditación). La respiración consciente y profunda, alineada con la visualización (kriya Pranayama) dentro de la práctica física es una herramienta fundamental de este sistema (Yoga One, 2020). Comparado con el Hatha yoga este utiliza principalmente posturas firmes y confortables, que favorecen la concentración y el manejo de la respiración, la interiorización y meditación. El propósito último de este tipo de yoga, es la autorrealización suprema del Ser (Yoga One, 2020).

Kundalini yoga

Se conoce como el yoga de la energía y utiliza diversas técnicas para activar los siete "chakras" o centros energéticos (ver figura 18), que están situados en la espina dorsal. Los nombres de estos son:

1. Muladhara – base o raíz (color rojo)
2. Svadhisthana – ombligo (naranja)
3. Manipura – plexo solar (amarillo)
4. Anahata – corazón (verde)
5. Vishuddha – garganta (azul)
6. Ajna – tercer ojo (índigo)
7. Sahasrara – corona (violeta) (Lan, 2020)

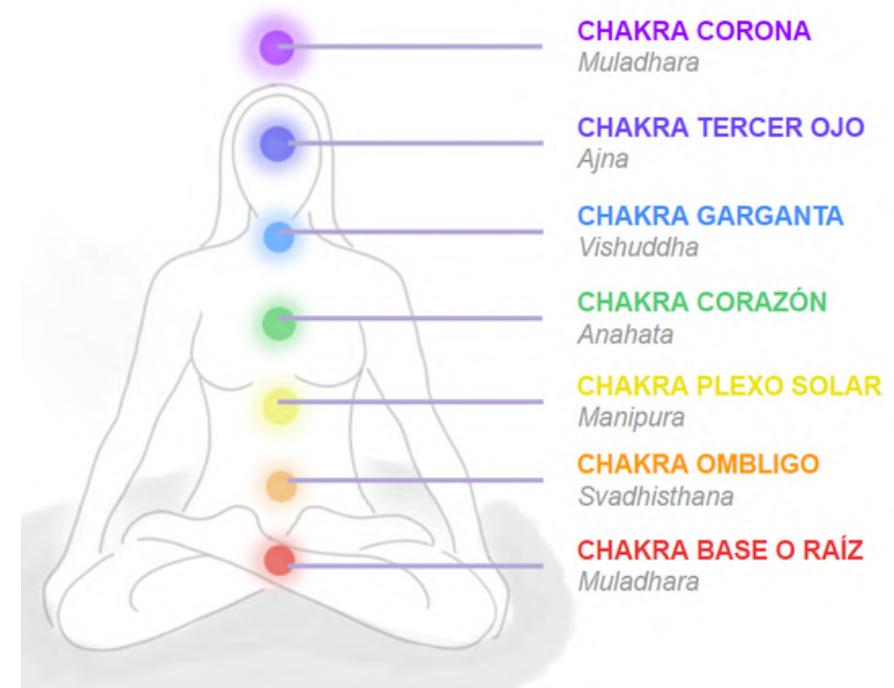


Figura 18: Los siete chakras. Elaboración propia.

Estos tienden a menudo a bloquearse, obstruyendo el "prana" (energía vital) que fluye a través de los canales energéticos afectando el estado mental. Utiliza una respiración dinámica denominada "respiración de fuego", además de la repetición de mantras, procurando que el ambiente sea agradable y no existan perturbaciones externas, con el propósito de favorecer el flujo de la energía (Lizama, 2015).

Iyengar yoga

Este estilo se enfoca en el alineamiento correcto del cuerpo, por lo que requiere una mayor destreza y precisión con el fin de lograr la simetría y alineación. Esto exige que las diferentes partes del cuerpo realicen un mayor trabajo muscular. Se caracteriza por usar objetos adicionales como sillas, cuerdas, cinturones, frazadas y ladrillos de madera que sirven como apoyo en las diferentes posturas. La finalidad del uso de estos objetos es hacer la práctica accesible a todas las personas considerando incluso a aquellas que poseen alguna limitación física o enfermedad (Yoga One, 2020). Este método puede mejorar la autoestima, porque permite a los practicantes lograr metas que requieren un mayor esfuerzo, además de desarrollar habilidades mentales y físicas en un corto período de tiempo (Lizama, 2015).

Ashtanga yoga

Ashtanga yoga es otro estilo comúnmente practicado en Chile y significa "ocho ramas" que hace referencia a ocho pasos de la práctica a través de los cuales se puede alcanzar la unión entre el cuerpo, la mente y el espíritu. Consiste en un sistema dinámico de posturas que se entrelazan entre sí por medio de la respiración y se basa en la coordinación de la respiración con el movimiento para crear un flujo continuo. Además, se caracteriza por generar un intenso calor interno llamado Agni, el cual tiene un efecto purificante tanto físico como energético (Yoga One, 2020).

Yoga Integral

El yoga Integral es un estilo más contemporáneo e influido por la cultura occidental, que combina los yogas anteriormente mencionados. Este se dirige hacia la integración del ser humano en el entorno social, cultural y natural, en su búsqueda espiritual por medio del trabajo físico y mental. Es un método de yoga de carácter social que promueve la práctica de forma comunitaria considerándolo como una herramienta de transformación individual, espiritual y social. Dentro de sus ventajas destaca la posibilidad de ser practicada por cualquier persona debido a que adapta sus técnicas de postura a la condición y capacidad de cada uno (Escuela Integral de Yoga, s.f.).

3.1.1 Posturas en la práctica del yoga

En el cuerpo humano la columna vertebral cumple un rol fundamental, ya que permite la movilidad, estabilidad y fuerza que se requiere para realizar posturas en el yoga. Sin embargo, no sólo el sistema óseo participa en la ejecución de movimientos dinámicos, sino también el muscular y el nervioso (León, 2018), pues el sistema nervioso envía el impulso que permite la contracción y relajación de músculos, produciendo el movimiento del cuerpo (Cultural Librería Americana, 2004).

En la práctica de yoga existen cerca de 68 posturas básicas según el libro Instruyendo el Hatha Yoga (Ambrosini, 2016) donde cada una de ellas puede tener sus variaciones. Estas son clasificadas en posturas de pie (soporte en las plantas de los pies), posturas sentadas (soporte en la base de la pelvis), rodillas (soporte rodillas y empeines), posturas supinas (soporte parte posterior del cuerpo), posturas propensas (soporte en la parte superior del cuerpo) y posturas de restauración e invertidas.

3.1.2 Vínculo del yoga con la naturaleza

El yoga es una disciplina que ayuda a cambiar el estilo de vida de quien lo practica y sus beneficios van más allá del cuerpo y la salud de la persona, alcanzando incluso su entorno. Esta disciplina enseña a encontrar el “equilibrio” comenzando con las posturas que a medida que se practican en conjunto con la respiración, se logra un estado contemplativo de bienestar que influye en el cambio de ciertos hábitos y costumbres perjudiciales para el medio ambiente, como por ejemplo el consumo excesivo de energías contaminantes o el uso indiscriminado de plásticos (ONU, 2019).

El vínculo del yoga con la naturaleza puede verse reflejado en posturas comúnmente usadas como

Vrikshasana, o pose de árbol: llamada así porque la persona que la práctica imagina y luego imita un árbol mientras realiza la postura, manteniendo una pose fuerte con sus piernas imaginando la sección media de su cuerpo como el tronco robusto donde suavemente levanta sus brazos hacia el cielo como si quisiera alcanzar el sol y las hojas en una rama. Los árboles además tienen un papel fundamental en el yoga al tener conexión directa con la respiración (prana) y la vida (Thoma, 2014).

La flor de loto: es una de las posturas más populares en el yoga, se asocia al renacimiento debido a que la flor de loto por las noches se retrae y hunde en el agua, y emerge nuevamente al día siguiente con la salida del sol. Conocida también como la postura tradicional de la meditación, en donde las personas deben cruzar las piernas, ubicando cada pie en el muslo opuesto y las manos en las rodillas, con el objetivo de abrir las caderas y ganar

flexibilidad en los tobillos y las rodillas. Esta postura ayuda a conectar el chakra raíz, el cual se relaciona con la creatividad, la emoción y la intimidad (Thoma, 2014).

El Sol: el lado derecho del cuerpo (masculino) se considera el lado del sol y se asocia con el calor en la práctica. A menudo se realiza el saludo al sol (o surya namasakara) para construir calor en el cuerpo a través de la repetición de posturas haciendo coincidir el movimiento de la respiración con el movimiento del cuerpo (Thoma, 2014).

La Cobra: la parte superior del cuerpo está sobre el suelo en “pose de la Cobra”, la parte baja de la espalda relajada, mientras que los ojos permanecen enfocados hacia el cielo. Imaginar la cobra durante Bhujangasana le da a la pose significado y un propósito más metafórico de mirada hacia el mundo espiritual desconocido (Thoma, 2014).

La luna: esta postura se usa para traer una sensación de calma al cuerpo, mente y espíritu. Se asocia con el lado izquierdo o el lado femenino del cuerpo. Simbólicamente, la luna representa el ciclo cambiante de la vida, y también luz en la oscuridad. Es tranquilizadora y reconfortante en un lugar que podría traer miedo. Mientras se medita se imagina una luna llena, flotando justo sobre la cabeza la cual trae consigo paz a través de su luz calmante y protectora (Thoma, 2014).

El relacionar el yoga con el entorno natural, podría atribuirse a que las imágenes de la naturaleza son simples, y a que todos las personas las conocen y pueden relacionarse con ellas. A pesar de ello, esta atribución entre la naturaleza y el yoga puede ser superficial, teniendo una relación más profunda (Thoma, 2014).

3.1.3 La occidentalización del yoga en Chile

El yoga en la sociedad actual se conoce comúnmente como una actividad física enfocada en la relajación y se utiliza como técnica terapéutica para la disminución de estrés el cual es muy común en la vida moderna (Lizama, 2015).

Los medios de comunicación como las redes sociales han favorecido la difusión del yoga por medio de videos en la plataforma de youtube de forma gratuita o clases pagadas las que son publicitadas en páginas web, instagram u otras redes sociales permitiendo el acceso desde cualquier lugar siempre cuando se tenga un dispositivo tecnológico con internet.

En Chile, este fenómeno ha incrementado abruptamente desde principios del siglo XXI, lo que se ha visto reflejado en el aumento en el número de practicantes, instructores y en consecuencia academias y tiendas especializadas en equipamiento y accesorios relacionados al yoga (Lizama, 2015).

Según la encuesta realizada por Lizama (2015) la mayoría de los centros que imparten yoga en Chile (63,8 %) se encuentran ubicados en comunas de la zona oriente como Providencia, Las Condes, Ñuñoa, La Reina, Vitacura, Peñalolén y Lo Barnechea. A partir de esto, se podría inferir que gran parte de las personas inmersas en este mundo se caracterizan por ser de un estrato socioeconómico medio a medio alto.

El Hatha yoga es el estilo más practicado en Chile y consiste principalmente en ejecutar posturas con diferentes niveles de dificultad las cuales requieren un mayor grado de concentración y atención (Lizama, 2015).

3.2 Uso de implementos en la práctica de yoga: mat de yoga

Para facilitar la ejecución de ciertas posturas o ejercicios en la práctica de yoga suelen utilizarse implementos como cintas y bloques, recomendados para quienes poseen poca flexibilidad; un cojín duro o zafu para sentarse cómodamente en el suelo; una o varias mantas para posturas que necesiten soporte o para taparse durante la relajación final y un mat específico de yoga el cual brinda una mayor comodidad y protección al cuerpo de posibles lesiones al realizar posturas adoptadas en las sesiones. Este último es considerado fundamental para el desarrollo de esta disciplina (Palou, 2018).

El mat de yoga o colchoneta de yoga es una superficie sobre la que se realizan diversas posturas durante la práctica. Actualmente, existe una gran variedad de diseños, materiales, espesores y dimensiones, los cuales varían dependiendo del estilo que se realice, si es para viaje o para el hogar, preferencias personales, entre otros.

Características de un mat de yoga

Material: el material común usado es el PVC, ya que puede producir mat económicos. Sin embargo, ha resultado ser dañino para el medio ambiente y para los humanos, pues contiene ftalatos, que actúan como disruptores del sistema endocrino durante su manufactura, uso y eliminación (IPEN, 2020). Una alternativa un poco más ecológica es el uso del TPE y a estos se les conoce como ECO Yoga Mat, el cual se degrada más rápido que el PVC pero sigue teniendo un porcentaje de plástico

en su composición. Las opciones más amigables con el medio ambiente incluyen caucho natural, algodón orgánico, microfibra, poliuretano ecológico y corcho. Estos materiales son más respetuosos con el medio ambiente tanto en su fabricación como en su disposición final (Sukha, 2021).

Tamaño: las dimensiones estándar de los mat son 60 x 170 cm (Lan, 2020).

Espesor: un grosor estándar es de 4 a 6 mm y este dependerá de la densidad del material fabricado, a mayor densidad mayor amortiguación (León, 2018).

Peso: en función del material con el que esté hecho, será más o menos pesado. El peso común varía de 2 a 3 kg que suelen utilizarse en gimnasios y hogares. También existen plegables especialmente pensadas para yoguis viajeros que suelen ser finos y con menor tracción (Sukha, 2021).

Tracción: corresponde a la capacidad de agarre de la superficie, está directamente relacionada con la textura y puede ser más o menos rugoso, liso, o con una textura creada dentro del material. Si la presión de la mano deja una huella en la superficie significa que le falta densidad, por lo que corresponde a una colchoneta para hacer ejercicios de gimnasia, pilates y estiramientos, no para el yoga. La tracción es uno de los factores más importantes para los practicantes, ya que de ello depende la comodidad al hacer las posturas o por el contrario lesionarse (Lan, 2020).

3.2.1 Estado del Arte (mats tradicionales y ecológicos)

Se realizó una investigación referente a los principales distribuidores de mat de yoga en Chile. Se encontraron tres tipos de locales comerciales principalmente donde se ofrece este producto, los que corresponden a tiendas especializadas en yoga (Props Chile, Dhana Yoga, Yoga House), tiendas deportivas (Decathlon, Sparta, Ultimate fitness) y grandes tiendas (Falabella, Líder, París).

A partir de la búsqueda (online) de la cantidad y materialidades de los mats que ofrecen estas nueve tiendas, se obtuvieron los siguientes resultados (ver gráficos 1, 2, 3 y 4).

Materialidades de Mat de Yoga en el mercado actual

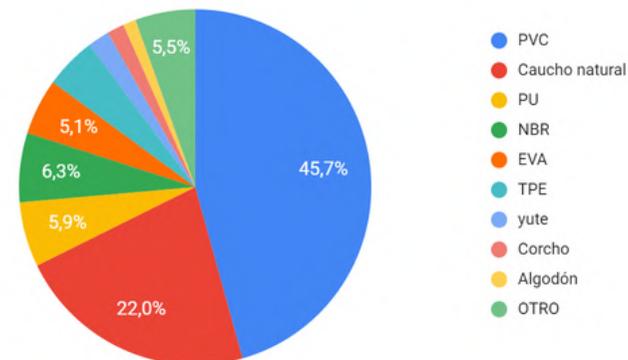


Gráfico 1: Materiales más utilizados en los mats vendidos en Chile. Elaboración propia.

Materialidad de Mats en tiendas especializadas en implementos de Yoga

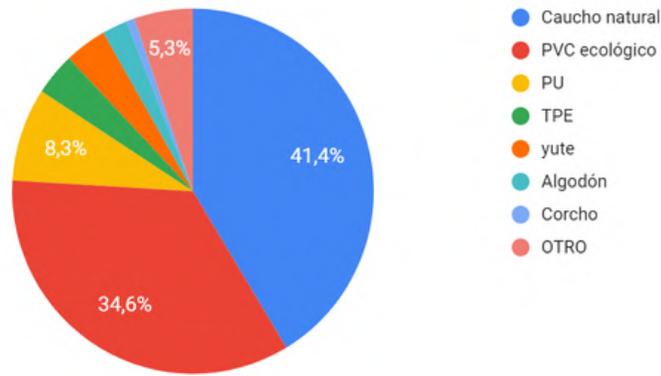


Gráfico 2: Materiales más utilizados en mats vendidos en tiendas especializadas de Yoga Elaboración propia.

Materialidad de Mats en grandes tiendas

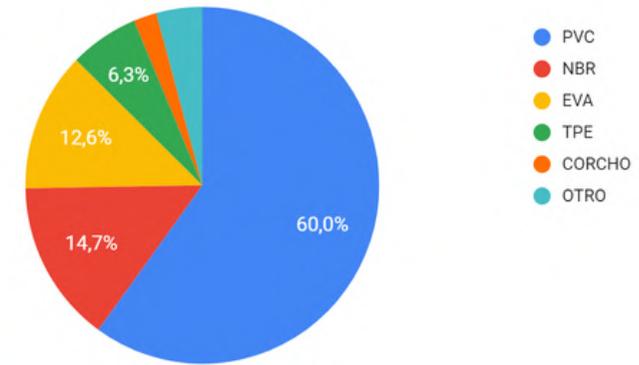


Gráfico 4: Materiales más utilizados en mats vendidos en grandes tiendas. Elaboración propia.

Materialidad de Mats en tiendas deportivas

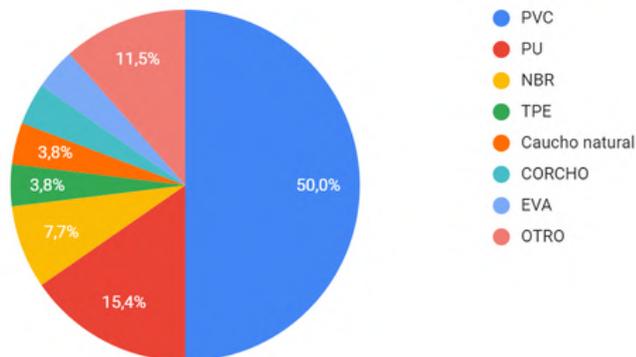


Gráfico 3: Materiales más utilizados en mats vendidos en tiendas deportivas. Elaboración propia.

De acuerdo a lo anterior el material más utilizado a nivel nacional es el PVC (ver gráfico 1) mientras que en tiendas especializadas en yoga es el caucho natural (ver gráfico 2), esto podría explicarse debido a que existe una mayor conciencia por parte de los practicantes de yoga, por lo que este tipo de tiendas se enfocan en desarrollar implementos más sustentables y compatibles con la esencia de la disciplina del yoga. Adicionalmente, se puede identificar que los mat comercializados en Chile provienen principalmente de importaciones de China.

Por otra parte, se realizó una comparación de acuerdo a las ventajas, desventajas y precio entre las materialidades presentes en los mats comercializados en Chile, dividiéndolos en dos tipos de materiales: ecológicos y tradicionales (ver tabla 6).

*Las ventajas y desventajas se detallan en base a comentarios realizados por clientes junto con el detalle especificado en las páginas web de compra (mencionadas anteriormente) e información de los materiales.

*Se considerará un precio bajo cuando sea menor o igual a \$20.000 y alto mayor a \$20.000.

Tabla 6: Comparación de los principales materiales ecológicos y tradicionales utilizados en mat de yoga. Elaboración propia.

CATEGORÍA	MATERIALIDAD	VENTAJAS	DESVENTAJAS	PRECIO/LUGAR DE COMPRA	CLASIFICACIÓN DEL PRECIO
Ecológicos	Elastómeros termoplástico (TPE)	Ecológico Reciclable Agradable textura Higiénico Antideslizante Libre de látex y PVC	Costoso Contamina menos que el PVC Sigue siendo plástico sometido a temperatura Poca durabilidad	\$36.000 Link: www.beyogi.cl	ALTO
	Gamuza de microfibra natural + caucho natural	Amortiguante Antideslizante Superficie suave al contacto y absorbe el sudor Biodegradable	Fuerte olor en un comienzo Mat más pesado	\$79.990 Link: www.ecoyoga.cl	ALTO
	Corcho + caucho natural	Antideslizante Amortiguante Antimicrobiano Biodegradable Reciclable	Fuerte olor en un comienzo Mat más pesado	\$60.990 Link: www.falabella.com	ALTO

Ecológicos	Poliuretano ecológico (Eco PU)+ caucho natural	Gran agarre Absorbe el sudor Se trabaja en frío Amortiguación	El mat se vuelve más pesado Fuerte olor al principio No aptas para personas alérgicas al látex Duro	\$73.990 Link: www.falabella.com	ALTO
	Yute + (PVC reciclado)	Firmeza Soporte Liviano Transpirabilidad Biodegradable	Áspero en un comienzo Exceso de humedad y aparición de microorganismos Generalmente se combina con un material menos sostenible Difícil limpieza	\$29.990 Link: www.mercadodeportivo.cl	ALTO
	Algodón	Gran absorción de humedad Biodegradable	Pérdida de tracción Se debe utilizar con otra superficie debajo Poca durabilidad Deficiente amortiguación Debe limpiarse con regularidad	\$31.990 Link: www.propschile.cl	ALTO
Tradicionales	Cloruro de polivinilo (PVC)	Suaves Ligeros Económicos	Se desliza y resbala Se desgrana con el uso No tiene resistencia y durabilidad Difícil reciclaje Contaminante Olor a plástico	\$4.990 Link: www.falabella.com	BAJO
	Caucho de nitrilo (NBR)	Fácil de limpiar Antideslizante Resistente al agua Liviano	No reciclable Degradación lenta en vertederos	\$9.990 Link: www.paris.cl	BAJO
	Etilvinilacetato (EVA)	Suave A prueba de agua Liviano	Resbaladiza Poca adherencia No absorbe el sudor Olor a plástico	\$6990 Link: www.ultimatefitness.cl	BAJO

En resumen, si bien en Chile existen opciones de mat ecológicos, los de mayor presencia en el mercado son los derivados de petróleo una alternativa menos sustentable y provenientes de fuentes no renovables, sin embargo, de un menor costo y de mayor acceso a la población. Las opciones ecológicas consideran para su fabricación materiales de origen natural (algodón, yute, corcho, caucho y microfibra natural) o resultantes de un proceso de reciclaje (TPE) por lo que las empresas que fabrican estos productos demuestran una mayor conciencia en relación al impacto ambiental. No obstante, su costo es más elevado, incluso pudiendo ser hasta seis veces mayor al precio de un mat tradicional (comparando el valor del PVC y el de yute con PVC, puesto que son los más económicos en cada categoría).

3.3 Encuesta a practicantes de yoga

Se contactó a practicantes e instructores de yoga por medio de la red social Instagram durante el mes de julio de 2021. Con el objetivo de tener un acercamiento al perfil y preferencias de quienes realizan esta disciplina.

La encuesta se divide en tres ítems, el primero es para recopilar información sobre el perfil social de los encuestados, el segundo es para indagar acerca del yoga en la vida diaria y el tercero para obtener información con relación a aspectos relevantes considerados por los usuarios y factores influyentes en la decisión de compra.

Resultados Encuesta para practicantes - instructores de yoga

Se obtuvieron un total de 40 respuestas (ver anexo N°2) las cuales se detallan a continuación:

Usuario

- El rango de edad de las personas encuestadas es entre los 18 y 49 años, siendo entre los 26 y 45 años donde se concentra la mayor cantidad de respuestas.
- El 97,5 % corresponde a practicantes de sexo femenino.
- Sus ocupaciones son diversas y dentro de las profesiones que más se repiten son arquitecto, estudiante, nutricionista, ingeniero y abogada (ver gráfico 5).
- En relación con la alimentación, la más frecuente es la vegetariana con 52,5 % (ver gráfico 6).
- El 77,5 % son tanto practicantes como instructoras de yoga.

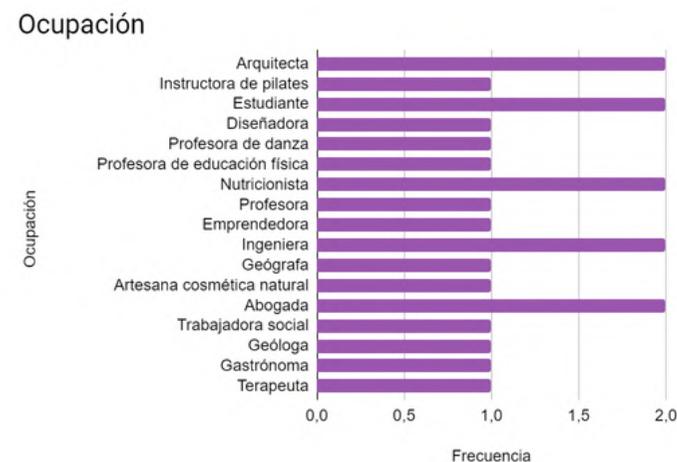


Gráfico 5: Ocupación distinta al yoga de los encuestados. Elaboración propia.

¿Qué tipo de alimentación llevas?

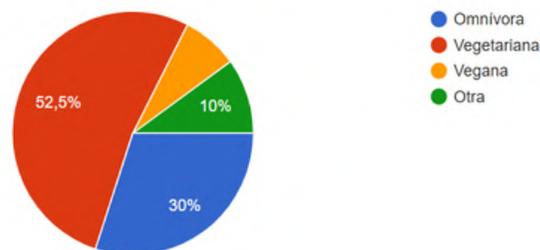


Gráfico 6: Alimentación de los encuestados. Elaboración propia.

Marca los 3 beneficios más importantes que tiene el yoga para ti



Gráfico 7: Beneficios del yoga según encuestados. Elaboración propia.

Importancia del yoga en quienes lo practican

- Las principales palabras con las que los practicantes definen el yoga son: conexión del cuerpo, mente y alma, estilo de vida y unión.
- El 92,5 % lleva más de un año realizando yoga.
- Las principales motivaciones para ingresar a la disciplina son: bienestar y salud y la necesidad de realizar una disciplina integral.
- Los beneficios más importantes que reconocen al hacer yoga son: autoconocimiento, paz mental y reducción del estrés (ver gráfico 7).
- De acuerdo con los implementos que consideran fundamentales para desarrollar esta práctica, el mat de yoga (con 30 respuestas) es el implemento indispensable para ejecutar las diversas posturas (ver gráfico 8).

Implementos fundamentales según practicantes de yoga

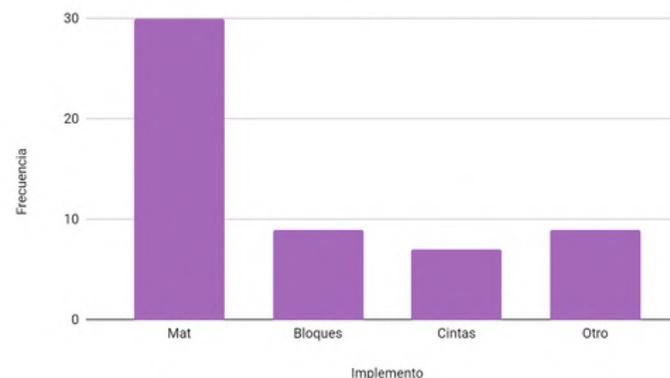


Gráfico 8: Implementos fundamentales para hacer yoga según encuestados. Elaboración propia.

Características y factores que influyen en la decisión de compra de un mat de yoga

- Los principales factores que consideran relevantes al momento de seleccionar un mat son el espesor, material y durabilidad. Por otro lado, los de menor importancia son el color y forma (ver gráfico 9).
- El lugar donde generalmente compran este implemento es en tiendas especializadas en yoga con 70 % de las respuestas.
- Con respecto a las características funcionales, que sea antideslizante y amortiguante son las de mayor importancia (ver gráfico 10).
- En relación al material del mat de yoga el 27,5 % no tiene conocimiento de qué está hecho, considerando este mismo porcentaje los encuestados mencionan que su mat es de corcho.
- El 90 % de los encuestados afirma que estaría dispuesto a optar por una alternativa más ecológica.
- Cuando el mat se deteriora y no cumple con su función inicial el 60,8 % dice que le da una segunda vida.
- De acuerdo a lo anterior los usos más comunes cuando lo reutilizan son en primer lugar como superficie antideslizante cortándolo en trozos pequeños y como alfombra ya sea para camping o para limpiarse los pies.

Al momento de comprar un Mat de Yoga ¿Qué factores consideras más importantes? (Selecciona 3 opciones)

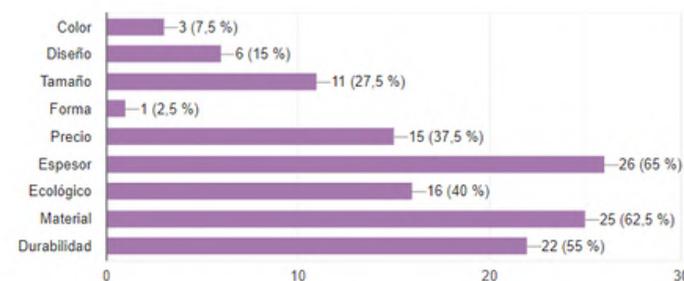


Gráfico 9: Factores importantes al momento de comprar un Mat. Elaboración propia.

De acuerdo con las siguientes características funcionales de un Mat. Indica el grado de importancia que tiene para ti (1 es menos importante y 5 más importante).

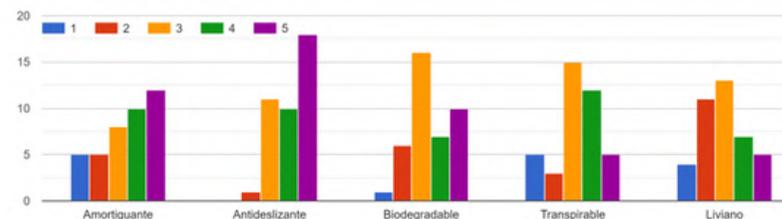


Gráfico 10: Grado de importancia según características funcionales. Elaboración propia.

La mayoría de las motivaciones de las personas que comienzan en el mundo del yoga están dirigidas en conseguir bienestar físico y/o psicológico clasificado dentro de un perfil social de un individuo adulto joven, con alguna ocupación no relacionada directamente con la disciplina.

Con respecto a la alimentación gran parte de los encuestados son vegetarianos, siendo esta dieta considerada más sostenible, ya que reduce el impacto ambiental comparada a una dieta saludable tradicional como la mediterránea (Blackstone, El-Abadi, McCabe, Griffin, & Nelson, 2018).

En cuanto a la práctica consideran fundamental como implemento el mat y las características que describen importantes al momento de la compra son tipo de material, espesor y durabilidad; y como propiedades funcionales amortiguante y antideslizante. Por otra parte, la mayoría optaría por una opción ecológica, sin embargo, solo el 52,5% afirma utilizar este tipo de mat. Por lo que, finalmente se puede concluir que las personas que practican esta disciplina tienen una mayor conciencia medioambiental lo que se puede reflejar tanto en sus hábitos alimenticios, compra y reutilización del implemento

3.4 Problemática del PVC

En el mercado nacional los mats de yoga más presentes y accesibles son fabricados a partir de PVC (también conocido como Cloruro de Polivinilo), siendo este el quinto plástico de mayor fabricación a nivel mundial, el cual lleva cloro en su composición (Schettler, 2020).

El PVC es un material sintético y versátil, usado comúnmente en la construcción (tuberías, bases de alfombras, revestimientos de pisos y paredes) y para la fabricación de muebles de oficina, insumos y empaques (Schettler, 2020). Durante su fabricación se requiere un gran consumo de energía y además se generan sustancias organocloradas tóxicas, persistentes y bioacumulables en el medio ambiente, como cloruro de vinilo, hexaclorobenceno, PCBs (policlorobifenilos), dioxinas y otras sustancias organocloradas de alta toxicidad (Romano, 1998). Dependiendo del tipo de producto que se requiera fabricar se realizan diferentes formulaciones de PVC en donde se le añaden aditivos los cuales influyen en el color, estabilidad, plasticidad o rigidez del material. Uno de estos son los plastificantes denominados ftalatos los cuales han resultado ser cancerígenos según estudios realizados en animales de laboratorios (Romano, 1998). La mezcla de diferentes aditivos repercute en el proceso de reciclaje debido a que dificulta la separación de los distintos componentes, siendo un proceso más costoso (Schettler, 2020).

El PVC al estar en contacto con el medio ambiente libera sus aditivos contaminando el suelo y el agua. Por otro lado, al ser sometido a un proceso de incineración libera sustancias tóxicas como las dioxinas y ácido clorhídrico, un gas corrosivo el cual puede causar graves daños materiales y humanos. El ácido clorhídrico al reaccionar con los aditivos del PVC crea un mayor volumen de humos tóxicos, por lo que la presencia de este plástico en un incendio favorece los daños materiales, ambientales, humanos y económicos (Romano, 1998).

4. Conclusión del capítulo

La presente revisión de literatura tuvo como objetivo establecer bases teóricas, antecedentes y conceptos relevantes, para determinar los criterios de sostenibilidad en el desarrollo de un material compuesto de bajo impacto ambiental, a partir de la paja de trigo harinero. Además, se propone valorizar este residuo con la finalidad de disminuir el impacto medioambiental que genera su combustión y considerarlo como una materia prima potencial que permita ayudar a la economía local en la región de La Araucanía. Por otro lado, se realiza una investigación con relación a uno de los implementos deportivos comúnmente usado en la práctica de yoga en el cual se podría considerar la aplicación de este material.

CAPÍTULO 2: MÉTODOS

Tabla 7: Etapa de preparación del residuo paja de trigo para su posterior uso como materia prima. Elaboración propia.

ETAPA	ACTIVIDAD	TAREA
I. Preparación del residuo paja de trigo para su posterior uso como materia prima	1.1 Definir procesos a utilizar durante la preparación del material	1.1.1 Secado de residuo lignocelulósico
		1.1.2 Moler la paja de trigo
		1.1.3 Análisis granulométrico de partículas obtenidas del proceso de molienda
		1.1.4 Determinar el formato de la paja a utilizar

Etapa I. Preparación del residuo paja de trigo para su posterior uso como materia prima

Obtención de materias primas

La paja de trigo fue donada por una familia agricultora de la comuna de Chillán de la VIII región. El formato de entrega fue en un saco de harina.

Actividad 1.1 Definir procesos a utilizar durante la preparación del material

1.1.1 Secado de residuo lignocelulósico

Es necesario realizar el proceso de secado para conocer la masa específica de la paja de trigo a utilizar, debido a que es un material lignocelulósico que tiene la capacidad de absorber humedad y por tanto aumentar su masa. Para ello, se utilizó un deshidratador de alimentos de la marca Blanik (ver figura 19) a una temperatura de 60 °C por 24 horas. Para facilitar este proceso se cortó la paja en tamaños de 4 cm de largo aproximadamente, (considerando el tamaño de la deshidratadora) usando una tijera común, con el objetivo de reducir su tamaño para favorecer una mejor distribución en el espacio (ver figura 20). Luego se depositó en bolsas plásticas para evitar que la materia prima adquiriera nuevamente humedad.



Figura 19: Deshidratador de alimentos Blanik. Elaboración propia.



Figura 20: Proceso de secado del residuo paja de trigo. Elaboración propia.

El % de pérdida de humedad se determinó con la siguiente fórmula:

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

1.1.2 Moler la paja de trigo

Para realizar la molienda del residuo se usó un molino de martillo marca G-Tools (Güter Tools), Modelo WF-1500A2, 300 kg/hr (ver figura 21) considerando una malla de salida de 40 mesh (0,42 mm). Se escoge este tamaño de malla de salida por ser la más pequeña de las mallas disponibles. El molino y los accesorios fueron facilitados por el Laboratorio de Materiales Biobasados Biolab FAU de la Universidad de Chile.

Para moler, se introdujeron los trozos de paja previamente secados, con el propósito de obtener partículas de menor tamaño que faciliten su uso en el desarrollo del material.

1.1.3 Análisis granulométrico de partículas obtenidas del proceso de molienda

Para evaluar el tamaño de partículas resultantes, se tomó una muestra de 150 gramos de paja, la cual se masó en una gramera digital de un rango de 0,01-200 gramos. Luego, utilizando los tamices estandarizados ASTM E-11 (10, 18, 35, 50, 100, 325 mesh) del Biolab-FAU (ver figura 22), se tamizó el material resultante de molienda por cada tamiz para determinar la cantidad y el porcentaje correspondiente de la masa total en cada uno de ellos.

1.1.4 Determinar el formato de la paja a utilizar

De acuerdo al paso anterior, se seleccionó el tamiz con el cual se obtuvo la mayor cantidad de material respecto a la masa total tamizada, con el propósito de utilizar la mayor cantidad de paja que resulte en un solo proceso de molienda optimizando así el tiempo, energía y trabajo que se requiere para obtener la materia.



Figura 21: Molino de martillo G-Tools de Biolab FAU. Elaboración propia.



Figura 22: Tamices Biolab- FAU. Elaboración propia.

Tabla 8: Etapa de diseño y fabricación del material compuesto basado en paja de trigo y aglomerante. Elaboración propia.

ETAPA	ACTIVIDAD	TAREA
II. Diseñar y fabricar material compuesto basado en paja de trigo y aglomerante	2.1 Seleccionar los aglomerantes a utilizar en conjunto con la paja de trigo	2.1.1 Exploración práctica de aglomerantes seleccionados: selección de aglomerante y proporciones
	2.2 Definir proporciones del residuo y aglomerante en la mezcla final a desarrollar	2.2.1 Determinar cantidades específicas de paja de trigo y aglomerante a utilizar para desarrollar el material compuesto
	2.3 Seleccionar el recubrimiento natural para otorgar resistencia al agua al material final	2.3.1 Determinar el/los componentes a usar para otorgar al material la propiedad de resistencia al agua

Etapa II. Diseñar y fabricar material compuesto basado en paja de trigo y aglomerante

Actividad 2.1 Seleccionar los aglomerantes a utilizar en conjunto con la paja de trigo

2.1.1 Exploración práctica de aglomerantes seleccionados: selección de aglomerante y proporciones

Antes de comenzar estas pruebas, se calculó la densidad de los aglomerantes y la paja (fórmula presentada en el punto 3.1.1 Densidad, contenido de humedad, absorción de agua e hinchamiento), debido a que no fue posible obtener estos valores de fuentes bibliográficas confiables, lo cual era necesario para estimar las cantidades exactas a usar en los diferentes tipos de mezclas (ver figura 23). Para ello, se utilizó un contenedor metálico de 125 cm³ (76 gramos de masa), en donde se vertió y pesó cada material, obteniendo su masa respectivamente. Después, con estos datos se procedió a calcular la densidad.

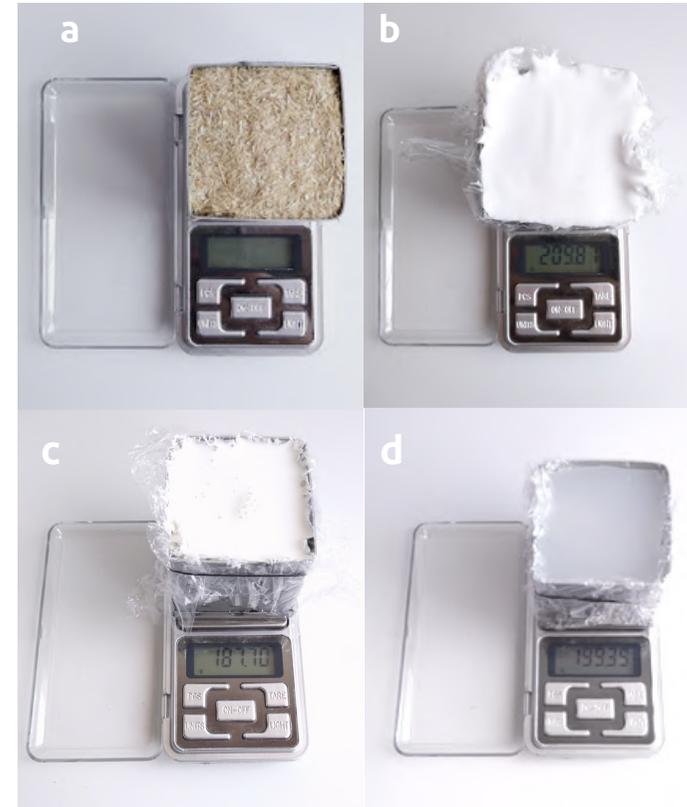


Figura 23: Proceso para cálculo de densidad a) paja de trigo, b) PVA, c) látex natural y d) maicena. Elaboración propia.

Posteriormente, de acuerdo con los aglomerantes seleccionados (PVA, látex natural y maicena) en el capítulo 1.3.4 Criterios de selección de aglomerantes, se definieron nuevos criterios de evaluación para la selección de muestras, los cuales son descritos en la tabla 9, y aplicados en la matriz de comparación cualitativa (ver tabla 10), donde se detalla el número de la muestra, porcentaje de componentes que la conforman (paja, PVA, látex, maicena o glicerina), foto, criterios de evaluación y puntuación individual.

Tabla 9: Criterios de evaluación para la selección de aglomerante. Elaboración propia

CARACTERÍSTICA	DESCRIPCIÓN	PUNTUACIÓN
Aglomeración	Ambos materiales logran unión al mezclarlos	0: No presenta 1: Bajo 2: Medio 3: Alto
Flexibilidad	La muestra es capaz de doblarse sin romperse ni agrietarse al manipularla	
Antideslizamiento	La muestra no se desplaza fácilmente sobre una superficie lisa	
Resistencia al agua	La muestra al tener contacto con el agua no presenta signos de absorción como manchas de humedad que generen cambios de color y/o textura	
Desgranamiento	La muestra desprende partículas al manipularla	0: Alto 1: Medio 2: Bajo 3: No presenta
Presencia de hongos	la muestra desarrolla hongos en un periodo corto de tiempo (7 días) a temperatura ambiente	

Tabla 10: Matriz de comparación cualitativa de muestras. Elaboración propia

N° Muestra	Componentes	Foto	Aglomeración	Flexibilidad	Desgranamiento	Antideslizamiento	Resistencia al agua	Presencia de hongos	Total

Con la finalidad de hacer el procedimiento de descarte de las muestras más rápido y determinar si el tamaño de partículas es el adecuado, se consideraron sólo los criterios aglomeración, flexibilidad y desgranamiento en la evaluación de la primera ronda de muestras, debido a que son características principales y básicas que determinan la funcionalidad de la muestra. Sin embargo, en las siguientes rondas se evaluaron todos los criterios definidos anteriormente.

Con respecto a la elaboración de las muestras, se utilizaron placas petri (de diámetro 90 mm y altura 8 mm) como moldes de un volumen de 50,9 cm³ las que fueron secadas a temperatura ambiente.

Actividad 2.2 Definir proporciones del residuo y aglomerante en la mezcla final a desarrollar

2.2.1 Determinar cantidades específicas de paja de trigo y aglomerante a utilizar para desarrollar el material compuesto

De acuerdo con el paso anterior, se seleccionó la muestra mejor evaluada respecto a las características establecidas y basándose en ello, se realizaron nuevas pruebas para perfeccionar la proporción final de cada uno de los componentes.

Actividad 2.3 Seleccionar el recubrimiento natural para otorgar resistencia al agua al material final

2.3.1 Determinar el/los componentes a usar para otorgar al material la propiedad de resistencia al agua

Con la finalidad de utilizar un componente de origen natural y que sea fácil de conseguir en el territorio nacional, se consideraron para la experimentación el aceite de linaza y la cera de abeja, puesto que esta mezcla es utilizada como recubrimiento protector para objetos de madera (Revolución Verde, 2021).

El aceite de linaza es un componente de origen natural, no contaminante, el cual proviene de la semilla de linaza compuesta principalmente por ácidos grasos poliinsaturados (Lenzi de Almeida, Spreafico, Teles, & Guzmán, 2008). Se utiliza para aplicar en superficies como la madera para protegerla frente a la humedad y prolongar su durabilidad (Jory, s.f). Por otro lado, la cera de abeja es un producto versátil y antimicrobiano utilizado en la artesanía, industria farmacéutica y en la cosmetología. Se obtiene de las glándulas ceríparas de las abejas siendo de color blanquecino cuando es recién secretada y con el paso del tiempo se torna amarilla, posee una consistencia plástica y tiene un bajo punto de fusión lo que hace posible ser moldeada en panales por las abejas y además es liposoluble (Vit, 2005).

Para el desarrollo de esta experimentación, se elaboraron cuatro muestras de 40 x 40 x 0,4 mm, siendo la muestra N°1 no modificada para utilizar como referencia para comparar con las otras, la N°2 cubierta por una capa protectora de cera de abeja, la N°3 con aceite de linaza y la N°4 con una mezcla de cera de abeja (40%) más aceite de linaza (60%) (Revolución Verde, 2021).

La característica evaluada en este experimento fue principalmente la resistencia al agua como se define en la Actividad 2.1. Para ello, cada muestra fue rociada con un atomizador (cuatro aplicaciones) y se dejó actuar durante cinco minutos, con el fin de evaluar de manera práctica esta característica en un corto período de tiempo.

Tabla 11: Etapa de diseño y fabricación del material compuesto basado en paja de trigo y aglomerante. Elaboración propia.

ETAPA	ACTIVIDAD	TAREA
III. Caracterizar material compuesto mediante evaluación de sus propiedades	3.1 Caracterización física del material	3.1.1 Densidad, contenido de humedad, absorción de agua e hinchamiento
	3.2 Realizar ensayo mecánico	3.2.1 Resistencia al desgarro, tracción, abrasión, compresión y memoria
	3.3 Ensayo de trabajabilidad	3.3.1 Cortes, texturizado, serigrafía, coloración, corte y grabado láser
	3.4 Realizar pruebas de resistencia a agentes externos	3.4.1 Evaluar degradabilidad en el exterior
		3.4.2 Ensayo de resistencia a reactivos químicos
	3.5 Realizar evaluación perceptual	3.5.1 Estimación de la muestra para cada grupo de estudio
		3.5.2 Encuesta de evaluación perceptual
3.6 Elaborar ficha técnica del material	3.6.1 Elaborar ficha técnica del material de acuerdo a los resultados obtenidos	

Etapa III. Caracterizar material compuesto mediante evaluación de sus propiedades

Actividad 3.1 Caracterización física del material

Para determinar la densidad del material se utilizó la norma NCh176/2:1986 "Madera - Parte 2: Determinación de la densidad" (NCh, 1986) y la norma ASTM D1037-12 "Métodos de Prueba Estándar para Evaluar Propiedades de Fibra a Base de Madera y Materiales de Paneles de Partículas" (ASTM, 2020), para evaluar el contenido de humedad, absorción de agua e hinchamiento.

3.1.1 Densidad, contenido de humedad, absorción de agua e hinchamiento

Densidad

Para determinar la densidad del material, se aplicó la fórmula de densidad media, considerando como unidad de medida g/cm^3 . Además, se usó una balanza de precisión y un pie de metro marca Mitutoyo (ver figura 24) para obtener la masa y estimar el volumen respectivamente.

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

m → masa (g)
v → volumen (cm)



Figura 24: Implementos utilizados para medir la densidad, balanza gramera y pie de metro marca Mitutoyo. Elaboración propia.

Por otra parte, se llevó a cabo la comparación de la densidad del material resultante con otros comúnmente empleados en la fabricación de mat de yoga, mediante la base de datos de materiales CES EduPack 2013.

Contenido de humedad

Para determinar el contenido de humedad, se masaron previo y posterior al proceso de secado 5 muestras de 40 x 40 x 0,4 mm. Este procedimiento, se realizó a una temperatura de 103°C por 24 horas, utilizando el horno marca Binder facilitado por el laboratorio Biolab-FAU (ver figura 25). Luego, con la siguiente fórmula se obtuvieron los resultados 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 (secada)



Figura 25: Horno de secado marca Binder del Biolab-FAU. Elaboración propia.

Absorción de agua

La absorción de humedad se determinó a través del método A basado en la norma ASTM D1037-12. Para esto, se utilizaron tres muestras de 40 x 40 x 0,4 mm, las cuales fueron sumergidas en frascos diferentes con igual cantidad de agua. Se consideró un tiempo de inmersión total de 24 horas, masando en primera instancia el material sin sumergir, luego pasadas 2 horas y finalmente transcurridas 22 horas (ASTM, 2020). Para obtener el resultado se utilizó la siguiente fórmula:

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

W1 → Masa inicial de la probeta (antes de sumergirla en agua)

W2 → Masa final de la probeta (después de sumergirla en agua)

Hinchamiento

El hinchamiento del material se determinó a través de un método basado en la norma ASTM D1037-12, mediante la fórmula porcentaje de hinchamiento. Al igual que el ensayo de absorción de agua, se utilizaron tres muestras de 40 x 40 x 0,4 mm, las cuales fueron sumergidas en diferentes frascos de vidrio con igual cantidad de agua. Se consideró un tiempo de inmersión total de 24 horas, midiendo el espesor en primera instancia del material sin sumergir, luego pasadas 2 horas y finalmente transcurridas 22 horas (ASTM, 2020). Para obtener el resultado se utilizó la siguiente fórmula:

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

X1 → Espesor inicial de la probeta (antes de sumergirla en agua)

X2 → Espesor final de la probeta (después de sumergirla en agua)

Actividad 3.2 Realizar ensayo mecánico

3.2.1 Resistencia al desgarro, tracción, abrasión, compresión y memoria

Desgarro

Este ensayo se realizó en el laboratorio Lictex bajo la norma UNE-EN ISO 13937-2:2001 “Propiedades de los tejidos frente al desgarro” (UNE, 2001) que determina la fuerza frente al desgarro de los textiles. Se utilizó una máquina para ensayos de tracción de la marca Sartorius (ver figura 26) y dos muestras, una de PVC y otra del material compuesto. Las dimensiones correspondieron a 200 x 50 x 4 mm con un corte longitudinal desde el centro a uno de los lados de 100 mm (para obtener una muestra en forma de pantalón). Posteriormente, se fijó cada uno de los extremos de las tiras en las mordazas del dinamómetro para aplicar la fuerza hasta la rotura del material (indicador del término del ensayo). Para cada muestra se consideró el promedio de los tres valores máximos como la fuerza al desgarro (expresados en Kgf).

Tracción

Este ensayo se realizó en el laboratorio Lictex utilizando una máquina para ensayos de tracción de la marca Sartorius (ver figura 26) bajo la norma ASTM D5034-21 “Resistencia a la rotura y elongación de tejidos textiles” (ASTM, 2021) la cual se utiliza para determinar la resistencia a la rotura y alargamiento de telas textiles. Se prepararon dos muestras de 185 x 40 x 4 mm una por cada material (PVC y material compuesto). Luego, individualmente se realizó el ensayo posicionando cada extremo de la muestra en las mordazas para iniciar el proceso de elongación. Se aplicó la fuerza hasta terminar con la rotura del material. Los resultados de rotura se expresaron en Kgf y los de elongación en mm.



Figura 26: Máquina marca Sartorius, laboratorio LICTEX. Elaboración propia.

Abrasión

El procedimiento se realizó bajo la norma ASTM D4060-19 "Método de prueba estándar para la resistencia a la abrasión de recubrimientos orgánicos por Abrasímetro Taber" (ASTM, 2019), utilizando un Abrasímetro Taber (ver figura 27). Con el objetivo de determinar la resistencia al roce de la muestra, se utilizaron dos muestras circulares de diámetro 130 mm x 4 mm considerando una del material compuesto y una de PVC. En ambos casos se determinó usar 10.000 ciclos para realizar su comparación.



Figura 27: Abrasímetro Taber, laboratorio LICTEX. Elaboración propia.

Para determinar los indicadores de abrasión se utilizaron las siguientes fórmulas:

Índice de desgaste (I):

$$I = \frac{(A - B) 1000}{C}$$

- A: peso de la muestra antes de la abrasión (mg)
- B: peso de la muestra de prueba después de la abrasión (mg)
- C: número de ciclos de abrasión registrados

Pérdida de peso (L):

$$L = A - B$$

- A: peso de la muestra antes de la abrasión (mg)
- B: peso de la muestra de prueba después de la abrasión (mg)

Ciclos de desgaste por mil (W):

$$W = D/T$$

- D: número de ciclos de abrasión necesarios para desgastar el revestimiento hasta el sustrato
- T: espesor del revestimiento (mil)

Compresión

Debido a que no fue posible conseguir un laboratorio que facilitara la máquina para realizar este ensayo, fue llevado a cabo de manera casera mediante un método sugerido por la encargada del laboratorio Lictex.

El ensayo de compresión tiene la finalidad de evaluar la resistencia y deformación del material frente a un determinado peso. Para ello, se prepararon dos muestras (PVC y material compuesto) con las dimensiones de 50 x 50 x 4 mm y un bloque de acero de 10 kg. El procedimiento consistió en medir el ancho, largo y espesor de cada una de las muestras antes y después de agregar el peso sobre estas. Para analizar el cambio de dimensiones y capacidad de volver a su estado inicial, se consideró un período de 2 horas, en el cual fueron expuestas las muestras a una fuerza de compresión. Transcurrido el tiempo se midieron y esperaron 24 horas sin aplicar fuerza para evaluar nuevamente las dimensiones. Este procedimiento se repitió utilizando una moneda entre el material y el bloque, para observar si quedaba o no una huella permanente en el material.

Memoria

Se incluyó este ensayo adicional debido a que el material compuesto está destinado para la elaboración de una superficie de apoyo, que debe ser enrollada para su almacenamiento. Mediante este se evaluó su propiedad de memoria, es decir, la capacidad de volver a su estado inicial, además de observar si durante el proceso se desarrollan daños físicos permanentes que alteren sus propiedades.

Por lo cual, se desarrolló una muestra por cada material (PVC y material compuesto) de 170 x 60 mm a escala 1:10, considerando el tamaño estándar de un mat de yoga (ver figura 28). Para la aplicación de la fuerza se enrolló y sujetó el material con un elástico en el centro durante 24 horas (ver figura 29). Posterior a ello, se quitaron los elásticos, se dejaron las muestras sobre una superficie plana y se observaron los cambios sufridos luego de la prueba.

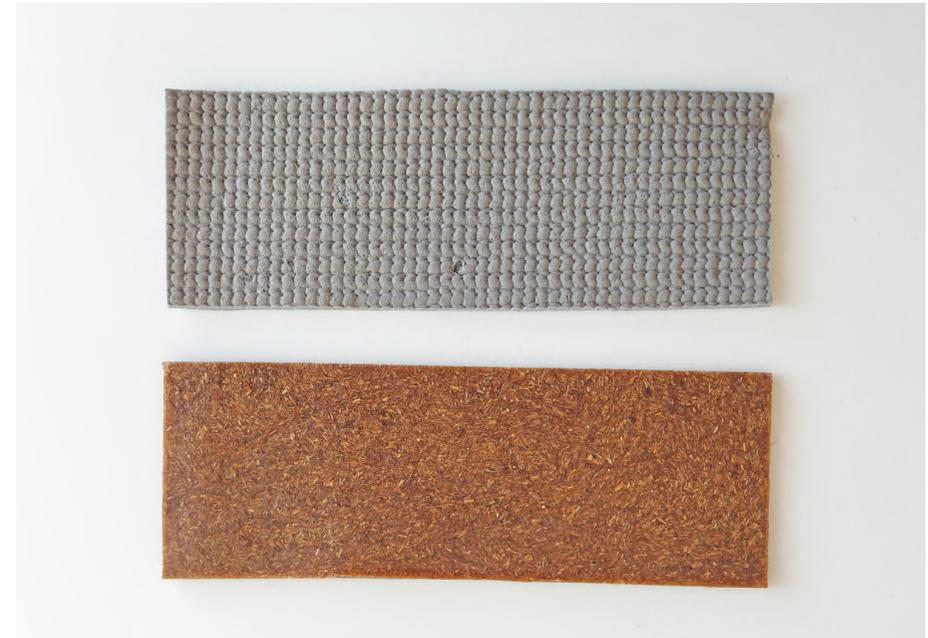


Figura 28: Muestras de PVC y material compuesto para ensayo de memoria. Elaboración propia.



Figura 29: Muestras de PVC y material compuesto con fuerza externa en ensayo de memoria. Elaboración propia.

Actividad 3.3 Ensayo de trabajabilidad

3.3.1 Cortes, texturizado, serigrafía, coloración, corte y grabado láser

Cortes

Las pruebas de corte se realizaron bajo la norma D1666-17 “Métodos de prueba estándar para realizar pruebas de mecanizado de madera y materiales de paneles a base de madera” (ASTM, 2017), ya que es la que más se asemeja al material debido a que no fue posible encontrar una norma para elastómeros. Para la evaluación se consideró el astillamiento y marcas de la herramienta en el material clasificándolos en grados del 1 al 5 (ver tabla 12 y 13). Como herramientas de corte se utilizó una tijera, cuchillo cartonero y guillotina manual.

Tabla 12: Criterios de evaluación de corte. Elaboración propia.

Criterio	Descripción
Astillamiento	Se observan fragmentos de paja sobresalientes luego de realizar el corte.
Marcas en el material	Al realizar el corte del material quedan signos físicos (deformaciones) relacionados al uso de la herramienta.

Tabla 13: Grados de evaluación para corte. Elaboración propia.

Grados	Definición
1	Excelente Sin defectos
2	Bueno Defecto leve
3	Regular Defecto medio
4	Pobre Defecto medio alto
5	Muy pobre Defecto grave

Texturizado

Se aplicaron dos métodos diferentes para realizar el texturizado con la finalidad de evaluar su moldeabilidad, pues en el comercio se ofrecen variadas opciones de mat con texturas que ayudan en la tracción durante su uso. Ambos, simularon una máquina compuesta por un cilindro texturizado que permite grabar figuras o dibujos sobre un material. Para ello, se consideró una muestra de 60 x 60 x 4 mm para cada método. En el primer procedimiento se empleó una cilindradora de rodillos lisos (ver figura 30) junto a una malla de metal desplegada de 80 x 90 mm (ver figura 31), puesto que esta última permite grabar un patrón sobre el material al curvarse, imitando un rodillo texturizado al momento de pasar por la máquina. Para el segundo procedimiento, se pasó sobre el material un rodillo de plástico con textura ejerciendo presión (ver figura 32) para lograr el estampado.



Figura 30: Cilindradora de rodillos lisos. Elaboración propia.

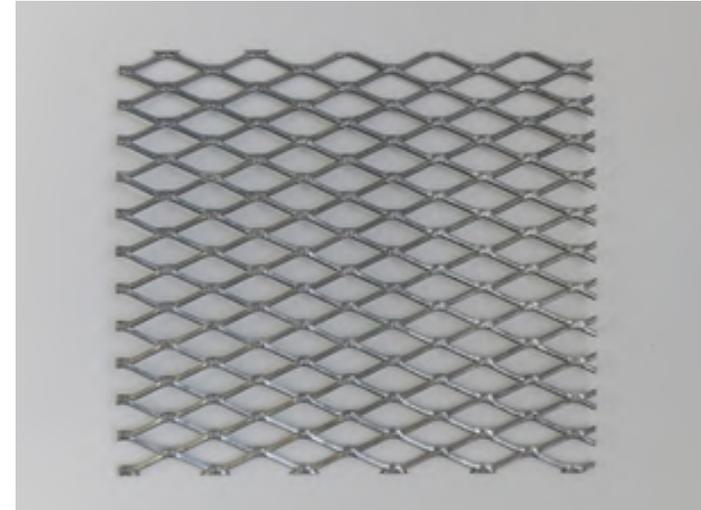


Figura 31: Malla de metal desplegada. Elaboración propia.



Figura 32: Rodillo de cocina de plástico. Elaboración propia.

Serigrafía

Como técnica de estampado para elaborar un diseño en la cara frontal de la superficie, se utilizó la serigrafía, una técnica de impresión empleada para transferir imágenes a diversos materiales como papel, cartulina, cartón, cuero, corcho, metal, madera, plástico, cristal, telas orgánicas o sintéticas, fieltro, cerámica, entre otros (Vásquez, 2012). Este procedimiento se llevó a cabo de manera artesanal, por lo que se fabricó un bastidor con madera 34 x 34 cm y tela (velo liso) tensada (ver figura 33), además de usar la luz solar para el quemado de pantalla.

Para el diseño del estampado, se utilizó el programa illustrator para elaborar la plantilla, seleccionando mandalas y símbolos relacionados con el yoga.

Con el propósito de continuar con la línea de sustentabilidad del proyecto se seleccionó una tinta que cumplió con los siguientes requerimientos: no contener ingredientes tóxicos para evitar daños en la salud y al medioambiente (durante su producción y uso) y a base de agua, pues a diferencia de las tradicionales (plastisol) no contienen PVC y ftalatos considerados contaminantes ambientales.



Figura 33: Bastidor con la tela tensada. Elaboración propia.

Coloración

Así como existen diversos usuarios que utilizan mat de yoga, el mercado actual también ofrece variedad de colores para adaptarse a los diferentes gustos. Es por esto, que se decidió explorar la coloración del material compuesto seleccionando colorantes de origen natural y artificial.

Los colores experimentados fueron los primarios: rojo, azul y amarillo, puesto que son colores básicos y a partir de la mezcla de estos se pueden obtener otras tonalidades ampliando las posibilidades de coloración. Los de origen natural se obtuvieron a partir de dos especias, la cúrcuma (amarillo) y la paprika (rojo), además de una flor denominada guisante de mariposa (azul) usada para infusiones de té. Esta última, fue molida (con mortero) para tener un formato similar a las especias y facilitar su integración en la mezcla (ver figura 34). Por otra parte, en los de origen artificial se consideraron colorantes alimenticios en formato líquido (ver figura 35) para realizar las pruebas y comparar ambos resultados.



Figura 34: a) paprika, b) cúrcuma y c) flor guisante. Elaboración propia.



Figura 35: Colorantes alimenticios. Elaboración propia.

Para realizar las muestras se utilizó un molde de silicona con formas rectangulares de 50 x 25 x 10 mm.

Pruebas de coloración

Para esta prueba se desarrollaron un total de 9 muestras, 6 para el método A (colorante natural) y 3 para el método B (colorante artificial). El proceso se detalla a continuación:

Método A: colorante natural

En cada una de las pruebas se emplearon 0,5 g de pigmento considerando los tres colores, para así realizar una comparación en cuanto a la intensidad de pigmentación entre ambas.

1. Dilución del pigmento directamente en la mezcla

En este caso, se diluyó el pigmento directamente en la mezcla de PVA con glicerina para favorecer su dilución y posterior a ello se añadió la paja.

2. Dilución del pigmento en alcohol

Se decidió probar un segundo método de coloración puesto que se quería experimentar una mayor pigmentación del material. Para esto, se utilizó el alcohol, un solvente orgánico, debido a su capacidad de disolver pigmentos vegetales por afinidad química (Mancilla, Castrejon, Rosas, Blanco, & Perez, 2013).

Se diluyó cada pigmento en 1 ml de alcohol, luego este fue incorporado en la mezcla de PVA con glicerina y finalmente se añadió la paja.

Método B: colorante artificial

Para esta prueba se hicieron 3 muestras aplicando directamente en la mezcla (PVA, paja y glicerina) 1 gota (0,05 g) de colorante de acuerdo con cada color.

En la tabla 14 se presenta el resumen de los componentes utilizados en cada método para la conformación de las muestras.

Tabla 14: Resumen de los componentes utilizados en las muestras de coloración. Elaboración propia.

Método	Tipo	Componentes				
		Paja (g)	PVA (g)	Glicerina (g)	Pigmento/colorante (g)	Alcohol (ml)
A: colorante natural	Dilución del pigmento directamente en la mezcla				0,5	-
	Dilución del pigmento en alcohol	2,6	14,3	1,6	0,5	1
B: colorante artificial	Colorante puro				0,05	-

Corte y grabado láser

El ensayo se llevó a cabo con una máquina CNC láser de dimensiones 40 x 60 cm con una potencia de 60 w, facilitada por el emprendimiento Inventiva Láser. Para ello, se usó una muestra de 100 x 100 x 4 mm.

Se aplicaron diseños de forma azarosa considerando los disponibles en la CNC láser, con el propósito de facilitar el proceso para la persona encargada de la máquina y que a su vez cumplieran ciertas características descritas a continuación:

Prueba N°1 grabado:

Figura lineal con trazo de tamaño constante para observar el contraste del material con el grabado.

Prueba N°2 corte:

Figura de trazo continuo de distintos espesores para observar si es posible desprender el material de los huecos fácilmente y si las uniones de los trazos delgados resisten a la manipulación.

Prueba N°3 grabado y corte:

Figura de grabado de un espesor grueso para visualizar cómo queda la textura del material en la zona trabajada y un corte simple para ver la terminación.

Actividad 3.4 Realizar pruebas de resistencia a agentes externos

3.4.1 Evaluar degradabilidad en el exterior

Para evaluar la degradabilidad del material, se consideró la norma UNE-EN 13432:2001 "Requisitos de los envases y embalajes valorizables mediante compostaje y biodegradación. Programa de ensayo y criterios de evaluación para la aceptación final del envase o embalaje", la cual establece que el 90% del material, ya sea biodegradado / compostado debe estar degradado en un periodo máximo de 180 días en un ambiente rico en dióxido de carbono (UNE, 2011).

Se utilizaron 8 probetas de 40 x 40 x 4 mm (4 con y sin recubrimiento de cera) las cuales se colocaron en un recipiente de plástico cubiertos con tierra húmeda dispuesto a la intemperie. Se tomó registro fotográfico y notas de observaciones relevantes para visualizar la transformación de éstas, considerando cambios en las medidas, masa, presencia de algún agente externo como plantas, hongos, entre otros. Este registro se llevó a cabo una vez a la semana (durante 180 días) con el objetivo de analizar cómo se comporta el material compuesto a la intemperie.

Con la finalidad de observar cambios iniciales de las muestras, se realizó el procedimiento la primera semana cada tres días y luego 1 vez por semana el resto del ensayo.

3.4.2 Ensayo de resistencia a reactivos químicos

Prueba de inmersión

Este ensayo se realizó bajo 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 a evaluar. Se utilizaron 5 muestras en forma de disco de 50 x 4 mm. Los reactivos químicos empleados fueron: lavalozas, detergente líquido, jabón, alcohol desnaturalizado 70° y vinagre. Antes de comenzar la prueba se registró el peso y medidas (diámetro y espesor) de las muestras, luego en recipientes individuales de vidrio se vertió 280 ml de cada reactivo químico. A continuación, se introdujo una muestra en cada recipiente procurando que ésta estuviera sumergida y no tuviera contacto con las paredes y fondo del recipiente, para ello se utilizó hilo y cinta adhesiva (ver figura 36). Se dejaron las muestras por un periodo de siete días, revolviendo los reactivos cada veinticuatro horas mediante rotación manual. Después de transcurrido este tiempo, se retiraron las muestras, se lavaron con agua y secaron con un paño para posteriormente pesar y medir cada una de ellas. Finalmente, se evaluaron cambios relacionadas a la apariencia como pérdida de brillo, textura desarrollada, descomposición, decoloración, pegajosidad, agrietamiento y variaciones en el diámetro (mm), espesor (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, independiente cual se mida
 C_0 : Propiedad inicial, sin tratamiento de inmersión
 C : Propiedad final, tras inmersión



Figura 36: Muestras en ensayo reactivos químicos de inmersión. Elaboración propia.

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 detergente, lavalozas, jabón y vinagre diluidos en proporción 1:2 en agua, puesto que son comúnmente utilizados en su forma diluida para limpieza. Luego, se limpiaron ambas caras de la muestra con la tela, una vez al día (durante 7 días) simulando el procedimiento de limpieza. Posteriormente, fueron colgadas para evitar contacto con la superficie y facilitar el secado uniforme de ambas caras (ver figura 37), 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 el peso, diámetro y espesor de las muestras. 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, independiente cual se mida
 C_0 : Propiedad inicial, sin tratamiento de inmersión
 C : Propiedad final, tras inmersión

Finalmente, se evaluaron cambios relacionadas a la apariencia como pérdida de brillo, textura desarrollada, descomposición, decoloración, pegajosidad, agrietamiento.

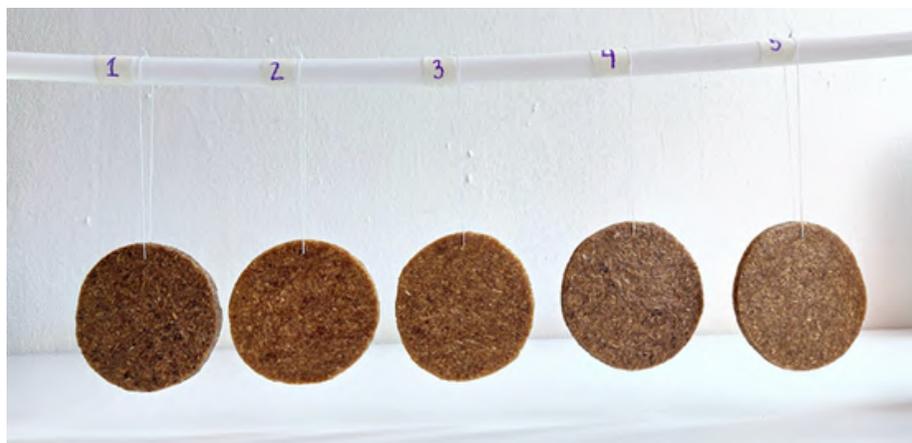


Figura 37: Muestras en ensayo reactivos químicos de limpieza. Elaboración propia.

Actividad 3.5 Realizar evaluación perceptual

3.5.1 Estimación de la muestra para cada grupo de estudio

El cálculo del tamaño muestral para cada grupo se hizo utilizando la fórmula para cálculo de tamaño de muestra finita (ver figura 38) considerando un 80 % de nivel de confianza y un 10 % de margen de error, la cual se muestra a continuación.

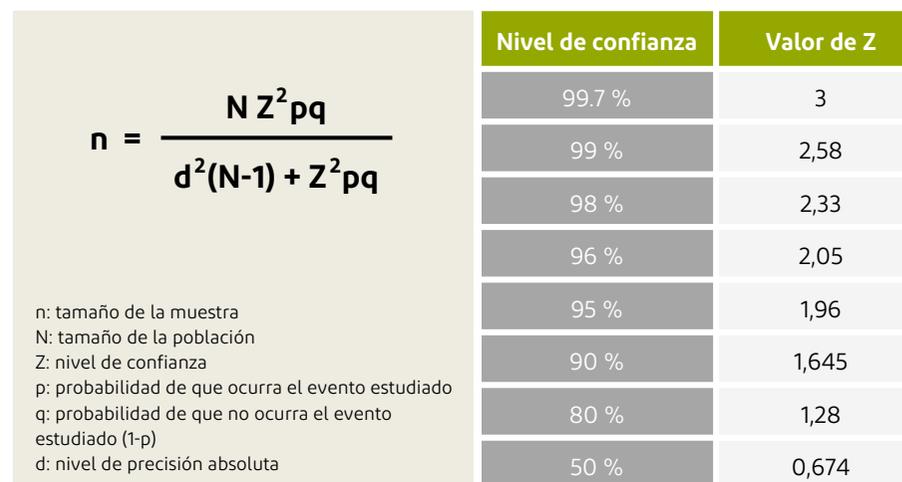


Figura 38: Fórmula cálculo de tamaño de muestra finita. Fuente: (Aguilar, 2005).

3.5.2 Encuesta de evaluación perceptual

Para la evaluación perceptual, se consideró el método “Material Driven Design” (MDD), en el cual un grupo de personas evalúan el material por medio de una encuesta, calificando de acuerdo a adjetivos opuestos sus apreciaciones con relación a su experiencia sensorial, interpretativa y afectiva (Camere & Karana, 2018).

Se consideraron 3 grupos para desarrollar esta evaluación:

1. Practicantes de yoga
2. Diseñadores o estudiantes de diseño
3. Control (personas > 18 años)

Puesto que estos se relacionan con el diseño del material y el público al cual estará dirigido.

Para elaborar la encuesta, se obtuvo el vocabulario a partir del kit de herramientas de Camere y Karana (2018), esto para caracterizar el material de manera experimental, considerando tres áreas: sensorial, interpretativa y afectiva al ser consideradas las más apropiadas para ser aplicadas en el material (Camere & Karana, 2018). La evaluación fue por medio de una escala de 0 a 2 para cada adjetivo opuesto (ver anexo N°3).

Actividad 3.6 Elaborar ficha técnica del material

3.6.1 Elaborar ficha técnica del material de acuerdo a los resultados obtenidos

En base a los resultados obtenidos a partir de los ensayos, se elaboró una ficha del material compuesto, la cual describe a modo resumen las principales características técnicas del material.

Tabla 15: Etapa de validación del material mediante su aplicación como superficie de apoyo. Elaboración propia.

ETAPA	ACTIVIDAD	TAREA
IV. Validar el material mediante aplicación como superficie de apoyo	4.1 Diseñar y fabricar prototipos	4.1.1 Desarrollar propuesta conceptual
		4.1.2 Desarrollar propuesta formal (bocetos)
		4.1.3 Fabricar propuesta
	4.2 Validación del prototipo con el usuario	4.2.1 Validar prototipo mediante uso por practicante de la disciplina en una sesión de yoga

Etapa IV. Validar el material mediante aplicación como superficie de apoyo

Actividad 4.1 Diseñar y fabricar prototipos

4.1.1 Desarrollar propuesta conceptual

El desarrollo de la propuesta fue enfocada en diseñar un prototipo funcional, que a la vez represente la vinculación del “yogui” con la naturaleza mediante su materialidad (uso de la paja de trigo como residuo biodegradable) y diseño (símbolos o figuras relacionadas con el yoga). Para esto, se creó un arquetipo de usuario que fuera representativo del público objetivo, tomando en consideración los resultados obtenidos de la encuesta presentada en el punto 3.3 Encuesta a practicantes de yoga en el apartado de revisión de literatura, y los comentarios obtenidos a partir de la encuesta perceptual llevada a cabo de manera presencial a practicantes de yoga. Además, se realizó una encuesta online para conocer de manera general el uso y almacenamiento del mat de yoga para identificar problemas y establecer requerimientos a considerar en el diseño de la superficie de apoyo. Posterior a ello, se hizo un mapa de referentes con los mat presentes en el comercio chileno, analizando sus características de acuerdo los conceptos opuestos económico (menor o igual a \$20.000) - costoso (mayor a \$20.000), ecológico (aquellos que se comercialicen como elaborados a partir de materiales reciclados, naturales, mezcla de ambos o que puedan ser reciclados) - no ecológico (aquellos elaborados de plástico y en su comercialización no señala algún proceso de reciclaje) e innovador (materiales menos contaminantes, mayores dimensiones y diseño de estampado y formas variadas) y tradicional (más presentes en el

mercado y de mayor accesibilidad) para reconocer el nicho de mercado y así encontrar la oportunidad de diseño. En base a los puntos anteriores, se elaboró una tabla con los requerimientos y atributos considerados, para luego continuar con la propuesta conceptual. Finalmente se desarrolló un moodboard con imágenes alusivas al concepto.

4.1.2 Desarrollar propuesta formal (bocetos)

Teniendo en cuenta el concepto, se desarrolló un logo para el cual se hicieron bocetos, seleccionando uno para luego ser vectorizado en el programa Illustrator. Este proceso se repitió, tanto para la propuesta de la superficie como para el elemento que permite la sujeción y transporte del producto.

4.1.3 Fabricar propuesta

Sobre la base de lo anterior, se diseñó y fabricó un molde a escala real para probar el comportamiento del material frente a la forma de la propuesta, además de construir la propuesta del cinto porta mal.

Actividad 4.2 Validación del prototipo con el usuario

4.2.1 Validar prototipo mediante uso por practicante de la disciplina en una sesión de yoga

Se contactó a tres practicantes de la disciplina del yoga que hayan respondido alguna de las encuestas, los cuales probaron el prototipo durante una sesión práctica de yoga.

Validación del prototipo: “superficie de apoyo para la práctica de yoga”

- Se tomó registro mediante fotografías y notas de lo observado.
- De acuerdo a su experiencia utilizando el prototipo, se les solicitó completar una encuesta (ver tabla 16) donde tuvieron que marcar con una X el nivel de grado de cumplimiento de acuerdo a las características funcionales del prototipo. Además, respondieron dos preguntas relacionadas a su percepción frente al diseño y materialidad de la superficie y por último anotaron comentarios u observaciones finales.
- Se analizaron las respuestas obtenidas de la encuesta asignando un puntaje a cada nivel.
Bajo: 1 pto.
Medio: 2 pts.
Alto: 3 pts.

Tabla 16: Encuesta para validación de características del prototipo. Elaboración propia.

ENCUESTA VALIDACIÓN PROTOTIPO			
Edad:			
I. Marque con una X según grado de cumplimiento			
Característica	Bajo	Medio	Alto
Antideslizante			
Amortiguante			
Estabilidad			
Liviano			
Flexibilidad			
Facilidad de transporte			
II. Preguntas apreciación personal			
¿Crees que el diseño del mat es armonioso? ¿Por qué?			
¿Puedes distinguir que el mat está hecho de un material natural? ¿Por qué?			
Comentarios/observaciones			

- Además, se tomó nota respecto a las apreciaciones, comentarios y sugerencias de las practicantes y observaciones obtenidas en la visita a terreno y a partir de ello, se determinó las posibles mejoras y proyecciones futuras de la propuesta diseñada.

CAPÍTULO 3: RESULTADOS

Etapa I. Preparación del residuo paja de trigo para su posterior uso como materia prima

Actividad 1.1 Definir procesos a utilizar durante la preparación del material

1.1.1 Secado de residuo lignocelulósico

Luego del proceso de secado, aplicando la fórmula se comparó el peso inicial (241 g) y final (237 g) obteniendo una pérdida del 1,68 % en humedad y además se notó una mayor fragilidad al tacto.

1.1.2 Moler la paja de trigo

Del proceso de molienda se obtuvieron trozos de paja de longitudes diferentes visiblemente de un tamaño mayor a la medida de la malla de salida del molino, lo que se puede observar en la siguiente imagen (ver figura 39). Esto se debió a que la paja de trigo es un material flexible que pasa fácilmente por los agujeros de la malla.



Figura 39: Paja de trigo pasada por molino. Elaboración propia.

1.1.3 Análisis granulométrico de partículas obtenidas del proceso de molienda

En la tabla 17, se muestran los resultados del análisis granulométrico realizado, donde el tamiz de 35 mesh (0,5 mm) fue el que más material entregó. Por otro lado, no se obtuvieron partículas mayor o igual a 2 mm ni menor a 0,149 mm.

Al comparar visualmente la paja resultante del tamizado, el formato varía desde trozos pequeños hasta polvo.

Tabla 17: Resultado análisis del tamaño de partículas. Elaboración propia.

TAMIZ	(g)	% (retenido)
10 mesh - 2 mm	0	0
18 mesh - 1 mm	17	11
35 mesh - 0,5 mm	95	64
50 mesh - 0,397 mm	33	22
100 mesh - 0,149 mm	4	3
325 mesh - 0,044 mm	0	0
<325 mesh - 0,044	0	0
TOTAL	149	100

1.1.4 Determinar el formato de la paja a utilizar

A partir del análisis de partículas, se seleccionó el tamaño de tamiz de 35 mesh (correspondiente a partículas mayor o igual a 0,5 mm) el cual permite utilizar la mayor cantidad de paja tamizada para optimizar recursos.

Etapa II. Diseñar y fabricar material compuesto basado en paja de trigo y aglomerante

Actividad 2.1 Seleccionar los aglomerantes a utilizar en conjunto con la paja de trigo

2.1.1 Exploración práctica de aglomerantes seleccionados: selección de aglomerante y proporciones

En la tabla 18 se muestran los resultados de las densidades calculadas de cada material

Tabla 18: Resultados de densidad: paja y aglomerantes . Elaboración propia.

Material	Masa (g)	V contenedor (cm3)	Densidad (g/cm3)
Paja	32,24	125	0,25
PVA	129,71	125	1,04
Látex N.	110,31	125	0,88
Maicena	122,54	125	0,98

A partir de lo anterior, se calcularon las cantidades (gramos) de paja - aglomerante a usar, considerando las siguientes proporciones: 70% - 30%, 50% - 50% y 30% - 70% respectivamente, para desarrollar las muestras presentadas en la tabla 19.

Tabla 19: Resultados obtenidos de la primera ronda de pruebas con los distintos aglomerantes. Elaboración propia.

N° M	COMPONENTES	FOTOS	AGLOMERACIÓN	FLEXIBILIDAD	DESGRANAMIENTO	TOTAL
1	70% paja 30% látex		2	2	0	4
2	50% paja 50% látex		2	2	1	5
3	30% paja 70% látex		3	2	3	8
4	70% paja 30% PVA		0	0	0	0
5	50% paja 50% PVA		1	0	2	3
6	30% paja 70% PVA		3	1	3	7
7	70% paja 30% maicena		0	0	0	0
8	50% paja 50% maicena		0	0	0	0
9	30% paja 70% maicena		0	0	0	0

A partir del análisis realizado a las muestras, los resultados obtenidos no fueron favorables, puesto que con este tamaño de partículas no se logró una muestra completamente flexible, ya que la mayoría presentó resistencia al doblarlas y, además, se apreció que las partículas sobresalieron hacia el exterior de la matriz lo que impidió una adecuada aglomeración. Por esto, se decidió seleccionar el segundo grano más fino correspondiente a 50 mesh (0,397 mm), donde se obtuvo la mayor cantidad de materia para realizar nuevamente muestras exploratorias.

Para las segundas pruebas, debido a que en las muestras anteriores por sobre el 50% de paja no lograron aglomerarse en su totalidad y además su flexibilidad fue baja, se utilizaron los siguientes porcentajes de paja - aglomerante: 50% - 50%, 40% - 60% y 30% - 70%, sin considerar la maicena en esta última proporción de porcentaje, ya que presentó hongos en la primera prueba (ver tabla 20).

Debido a lo anterior, considerando el nuevo tamaño de partículas, se calculó nuevamente la densidad de la paja, obteniendo esta vez un valor de 0,26 g/cm³, el cual se aplicó para obtener las nuevas proporciones en las mezclas.

Tabla 20: Resultados obtenidos de la segunda ronda de pruebas con los distintos aglomerantes. Elaboración propia.

N° M	COMPONENTES	FOTOS	Agglomeración	Flexibilidad	Antideslizante	Desgranamiento	Resistencia al agua	Presencia de hongos	Total
2.1	50% paja 50% látex		0	0	0	0	0	3	3
9	40% paja 60% látex		3	3	3	3	3	3	18
3.1	30% paja 70% látex		3	3	3	3	3	3	18
5.1	50% paja 50% PVA		3	0	0	3	0	3	9
10	40% paja 60% PVA		3	2	2	3	0	3	13
6.1	30% paja 70% PVA		3	2	3	3	0	3	14
8.1	50% paja 50% maicena		0	0	0	0	0	2	2
11	40% paja 60% maicena		0	0	0	0	0	2	2

Posteriormente, se seleccionaron cuatro de las muestras con mayor puntaje (muestra 9, 3.1, 10 y 6.1) incorporando la glicerina como nuevo componente, para experimentar la posibilidad de otorgarle una mayor flexibilidad añadiendo un 10% de glicerina a las mezclas. Además, se decidió realizar una nueva mezcla de maicena con PVA con el propósito de lograr la aglomeración de la mezcla, ya que la maicena por sí sola no logró esta característica (ver tabla 21).

Tabla 21: Resultados obtenidos de la tercera ronda de pruebas con los distintos aglomerantes. Elaboración propia.

N° M	COMPONENTES	FOTO	Agglomeración	Flexibilidad	Antideslizante	Desgranamiento	Resistencia al agua	Presencia de hongos	Total
9.1	40% paja 50% látex 10% glicerina		3	3	3	3	3	3	18
3.2	30% paja 60% látex 10% glicerina		3	3	3	3	3	3	18
10.1	40% paja 50% PVA 10% glicerina		3	3	2	3	0	3	14
6.2	30% paja 60% PVA 10% glicerina		3	3	3	1	0	3	13
11.1	40% paja 30% PVA 20% maicena 10% glicerina		3	1	1	0	0	3	8

De acuerdo con el análisis, se decidió descartar las muestras que utilizaron látex debido a que durante la elaboración presentaron un tiempo de secado rápido, lo que dificultó el proceso de mezclado y distribución de esta en el molde. Por otro lado, para que la mezcla fluyera, se observó que se debía aumentar la proporción de látex, sin embargo, como el propósito de este proyecto es dar una mayor utilización al residuo lignocelulósico, no se seleccionó al tener una menor proporción de paja. En cuanto a la muestra compuesta por PVA y maicena mostró una menor resistencia al doblado y en su manipulación desprendió restos de aceite, siendo una característica importante a considerar para realizar modificaciones a la muestra final. Por lo anterior, se decidió disminuir el porcentaje de glicerina y maicena a la mitad, para obtener una muestra más resistente y menos oleosa. Asimismo, a las muestras de PVA y glicerina (10.1 y 6.2) se les disminuyó el porcentaje de glicerina a la mitad, con la finalidad de mejorar el antideslizamiento y desgranamiento, pues estas fueron las que obtuvieron un mayor puntaje en general en relación con las características evaluadas.

Actividad 2.2 Definir proporciones del residuo y aglomerante en la mezcla final a desarrollar

2.2.1 Determinar cantidades específicas de paja de trigo y aglomerante a utilizar para desarrollar el material compuesto

Considerando las muestras mejor evaluadas (10.1, 6.2 y 11.1) y las observaciones mencionadas anteriormente, se realizaron nuevas mezclas 10.2, 6.3 y 11.2 las que se pueden ver en la tabla 22.

Tabla 22: Resultados obtenidos de la cuarta ronda de pruebas con los distintos aglomerantes. Elaboración propia.

N° M	COMPONENTES	FOTO	Agglomeración	Flexibilidad	Antideslizante	Desgranamiento	Resistencia al agua	Presencia de hongos	Total
10.2	40% paja 55% PVA 5% glicerina		3	3	3	3	0	3	15
6.3	30% paja 65% PVA 5% glicerina		3	2	3	3	0	3	14
11.2	40% paja 45% PVA 10% maicena 5% glicerina		3	1	3	2	0	3	12

En relación con los puntajes obtenidos por cada muestra (ver tabla 22), no se consideró la 11.2 como una opción para el desarrollo del material final, porque es la que obtuvo un menor puntaje de acuerdo con las características evaluadas. En cuanto a las muestras 10.2 y 6.3, si bien la diferencia entre los puntajes es mínima, la segunda utiliza una menor proporción de paja (30 %) y al evaluar la característica de flexibilidad al doblarla, se generan grietas, lo que podría facilitar una rotura del material. Por último, se seleccionó la muestra 10.2 para desarrollar el material final, puesto que fue la que consiguió el mayor puntaje, sin embargo, la característica de resistencia al agua no la cumplió debido a que el PVA se altera con la humedad, de manera que al estar en contacto con el agua genera cambios físicos del material como manchas de color blanco y pegajosidad en la

superficie expuesta. Por esta razón, se decidió experimentar la incorporación de un recubrimiento natural que le otorgue esta propiedad.

En la figura 40, se muestra un diagrama con el resumen del proceso de exploración práctica de aglomerantes, en el cual se establece el número de rondas realizadas y el total de muestras elaboradas hasta llegar a la muestra final.

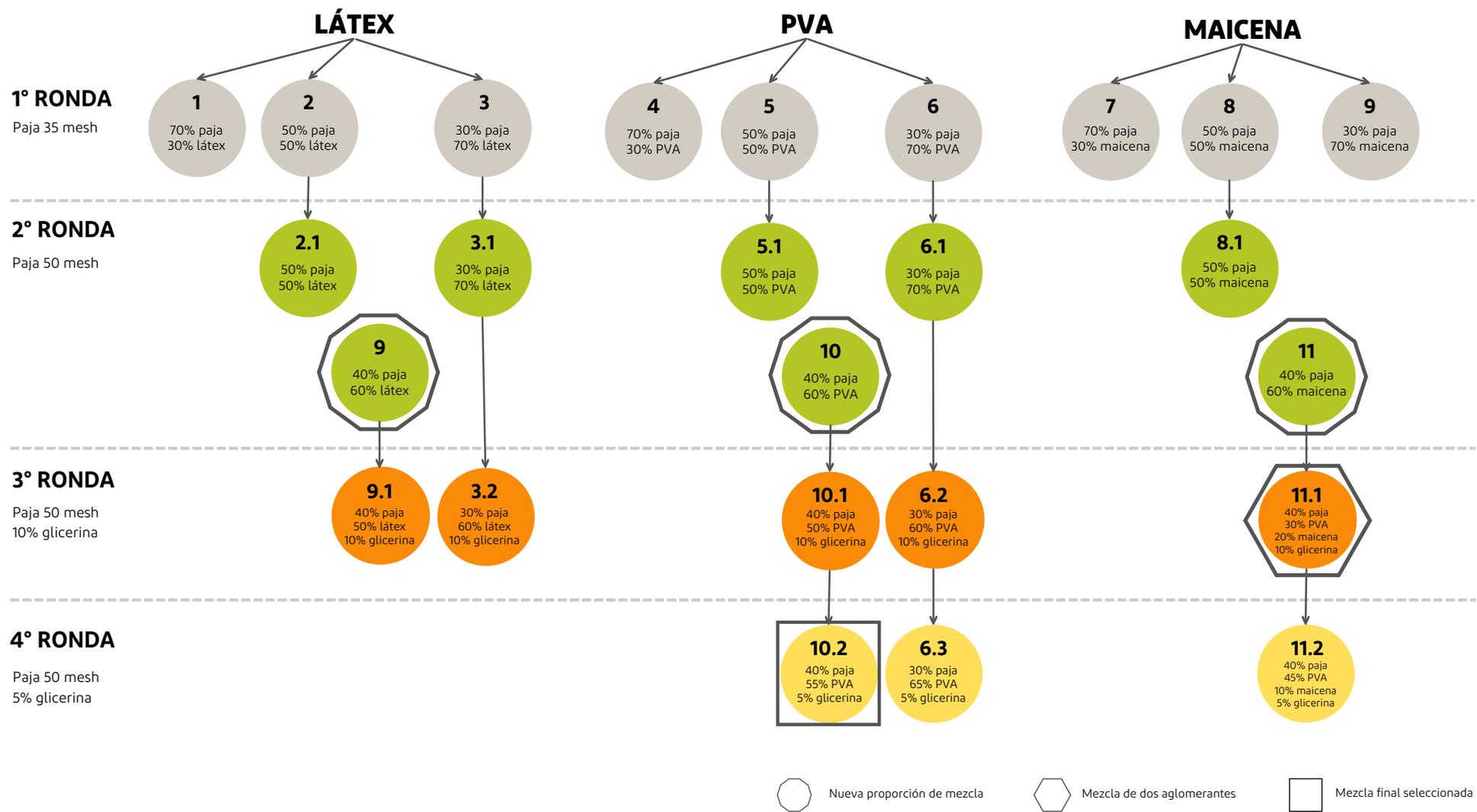


Figura 40: Proceso de exploración práctica de aglomerantes. Elaboración propia.

Actividad 2.3 Seleccionar el recubrimiento natural para otorgar resistencia al agua al material final

2.3.1 Determinar el/los componentes a usar para otorgar al material la propiedad de resistencia al agua

A continuación, en la tabla 23 se muestran los resultados de la prueba de resistencia al agua realizada a las cuatro muestras.

Tabla 23: Resultados de la prueba de resistencia al agua.. Elaboración propia.

N° muestra	1	2	3	4
Barrera	Sin capa protectora	Cera de abeja	Aceite de linaza	Cera de abeja + aceite de linaza
Componente	x			
Muestra rociada con agua				
Observaciones	<ul style="list-style-type: none"> -Absorbe humedad -Al escurrir el líquido desprende color -La superficie desarrolla manchas blanquecinas -Cambio en la textura 	<ul style="list-style-type: none"> -No absorbe humedad -No desprende color al escurrir el líquido -No cambia de textura -Al doblarlo se generan grietas 	<ul style="list-style-type: none"> -El aceite no se impregna totalmente al material -Absorbe humedad -Al escurrir el líquido desprende color -La superficie desarrolla manchas blanquecinas 	<ul style="list-style-type: none"> -No absorbe humedad -No desprende color al escurrir el líquido -La superficie no desarrolla manchas blanquecinas -Al doblarlo no se generan grietas -No cambia de textura

Respecto al análisis, se descartó la muestra N°2 debido a que la cera de abejas no se adhirió completamente al material, por lo que no se considera útil su uso por sí sola en este caso. En relación con la muestra N°3, si bien al estar cubierta por una sustancia que naturalmente es repelente, al aplicarle agua a una de las caras se tornó resbaladiza, siendo esto una desventaja al pensar su uso como superficie durante la práctica de yoga, ya que si el usuario desprende humedad corporal (por ejemplo, de manos o pies) al tener contacto con esta, puede dificultar su adherencia durante las posturas. Por último, la muestra N°4 no presentó signos de absorción de humedad, lo que significa que al mezclar ambos componentes se potencia el efecto de barrera repelente al agua, además de facilitar su aplicación y adherencia al material.

Etapa III. Caracterizar material compuesto mediante evaluación de sus propiedades

Actividad 3.1 Caracterización física del material

3.1.1 Densidad, contenido de humedad, absorción de agua e hinchamiento

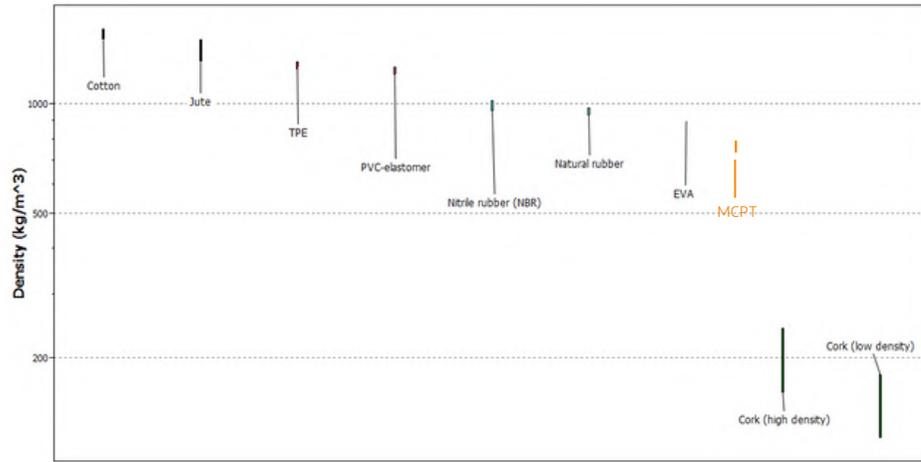
Densidad

En la tabla 24 se expresan los valores obtenidos a partir del cálculo de la densidad de diez muestras. Se obtuvo que en promedio esta corresponde a $0,85 \text{ g/cm}^3$ equivalente a 850 kg/m^3 .

En la base de datos CES EduPack 2013 se seleccionaron materiales empleados como algodón, PVC, caucho, EVA, corcho, entre otros. para la comparación. Como resultado la densidad promedio del material fue mayor al corcho y cercano al EVA (Etil Vinil Acetato) (ver figura 41).

Tabla 24: Resultados del ensayo de densidad de muestras. Elaboración propia

Muestra	Lado 1 (cm)	Lado 2 (cm)	Espesor (cm)	Masa (g)	Densidad (g/cm^3)
1	3,90	3,90	0,4	5,42	0,89
2	3,85	3,90	0,4	4,78	0,79
3	3,95	3,90	0,4	5,40	0,87
4	3,95	3,95	0,4	5,01	0,80
5	3,95	3,95	0,4	5,36	0,85
6	3,90	3,90	0,4	4,80	0,78
7	4,00	3,90	0,4	5,55	0,88
8	3,90	4,00	0,4	5,82	0,93
9	3,85	4,00	0,4	5,38	0,87
10	4,00	3,90	0,4	5,69	0,91
Promedio densidad					0,85



*MCPT Material Compuesto a base de Paja de Trigo

Figura 41: Gráfico comparativo de densidad entre materiales utilizados para la fabricación de mat de yoga. Elaboración propia.

Contenido de humedad

En la tabla 25 se detalla el contenido de humedad de las muestras en porcentaje, siendo este correspondiente a 10,63 %. Esta pérdida de humedad podría explicarse debido a la evaporación de agua del PVA después del secado del material. Además, se observó que físicamente las muestras no presentaron cambios notables con relación a la forma, color y textura (ver figura 42).



Figura 42: Muestras después del ensayo de contenido de humedad. Elaboración propia.

Tabla 25: Resultados ensayo de contenido de humedad. Elaboración propia.

Muestra	Masa inicial (g)	Masa después 24hrs (g)	Cont. Humedad (%)
1	5,84	5,26	9,93
2	5,89	5,26	10,70
3	5,72	5,20	9,09
4	5,92	5,37	9,29
5	5,76	5,24	9,03
Promedio			9,61

Absorción de agua

A partir del ensayo, se determinó que las muestras efectivamente aumentaron su masa al incrementar el tiempo de exposición al agua, con un promedio de 10,14 % a las 2 horas y 29,60 % a las 24 horas (ver tabla 26).

Otras observaciones a destacar, son el cambio de color del agua y de las muestras, lo que podría ser debido al desprendimiento de materia orgánica adherida a la paja (tierra), puesto que esta no fue lavada antes de utilizarla (ver figura 43 y 44). Pese a que estas estaban cubiertas con cera de abeja y aceite de linaza, se observa que al estar mayor tiempo en contacto con el agua disminuye el efecto de barrera del recubrimiento, ya que no impidió en su totalidad que absorbieran líquido.

Tabla 26: Resultados ensayo de absorción de agua. Elaboración propia

Muestra	Masa inicial (g)	2 hrs			24 hrs		
		Masa (g)	% Abs	Promedio % Abs	Masa (g)	% Abs	Promedio % Abs
1	5,79	6,41	10,71	10,14	7,45	28,67	29,60
2	6,13	6,76	10,28		7,93	29,36	
3	5,72	6,26	9,44		7,48	30,77	

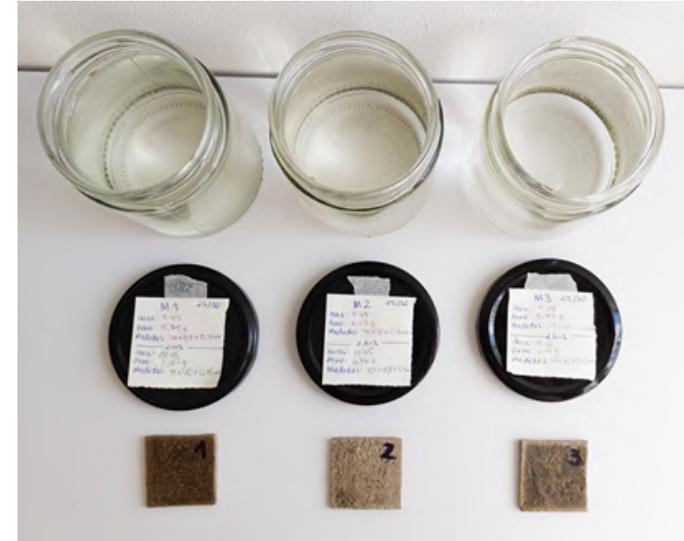


Figura 43: Muestras luego de 2 horas de sumersión en agua.. Elaboración propia.



Figura 44: Muestras después de 24 horas de sumersión en agua. Elaboración propia.

Hinchamiento

Al mismo tiempo, se registraron las medidas del espesor de las muestras (ver tabla 27) existiendo un aumento del 12,50 % a las 2 horas y del 20,83% a las 24 horas, siendo finalmente un aumento promedio a las 24 horas de 0,08 mm.

Por otro lado, al comparar el % de hinchamiento del material, por ejemplo, con la madera se asemeja dentro del rango de este último, puesto que la madera tiene la capacidad de aumentar su volumen entre un 20 - 25 % (Canale, 2015).

Tabla 27: Resultados ensayo de hinchamiento. Elaboración propia

Muestra	Espesor inicial (mm)	2 hrs			24 hrs		
		Espe sor (mm)	% Hinch	Prome dio % Hinch	Espe sor (mm)	% Hinch	Promed io% Hinch
1	0,40	0,45	12,5	12,50	0,45	12,5	20,83
2	0,40	0,45	12,5		0,5	25	
3	0,40	0,45	12,5		0,5	25	

Actividad 3.2 Realizar ensayo mecánico

3.2.1 Resistencia al desgarro, tracción, abrasión, compresión y memoria

Desgarro

Al comparar los resultados de ambos ensayos (ver tabla 28 y 29) la muestra 1 (PVC) (ver figura 45) tuvo un mejor comportamiento frente a la fuerza aplicada al desgarro, puesto que el valor promedio obtenido fue mayor a la del material compuesto (ver figura 46). Esto podría explicarse debido a que el material de PVC en su interior contiene una malla que le permite una mayor resistencia y al aplicar la fuerza, los hilos se van cortando progresivamente hasta el extremo (sin el corte) y a la vez guiando la forma de corte, permitiendo así una longitud mayor de 35,5 cm, en comparación a la muestra 2 (material compuesto) de 22,6 cm.



Figura 45: Muestra PVC luego del ensayo al desgarro. Elaboración propia.



Figura 46: Muestra material compuesto luego del ensayo al desgarro. Elaboración propia.

Tabla 28: Resultado ensayo desgarro muestra 1. Elaboración propia

N°	Peak de fuerza	
	Kgf	N
1	1,95	19,12
2	1,95	19,12
3	1,95	19,12
Promedio		19,12

Tabla 29: Resultado ensayo desgarro muestra 2. Elaboración propia

N°	Peak de fuerza	
	Kgf	N
1	1,45	14,21
2	1,40	13,73
3	1,40	13,73
Promedio		13,89

Tracción

El comportamiento de la muestra de PVC (ver figura 47) en este ensayo (al igual que en el de desgarro), se pudo observar que al poseer una malla en su interior le otorgó una mayor resistencia frente a la fuerza aplicada, siendo la fuerza máxima de ruptura mayor que la del material compuesto (ver figura 48), sin embargo el % de aumento de longitud resultó ser menor debido a que esta estructura no permite una mayor elasticidad del material (ver tabla 30).

A partir de este ensayo, es posible determinar que la malla en el material de PVC resulta ser beneficiosa frente a propiedades mecánicas en comparación al material compuesto que no contiene la estructura.

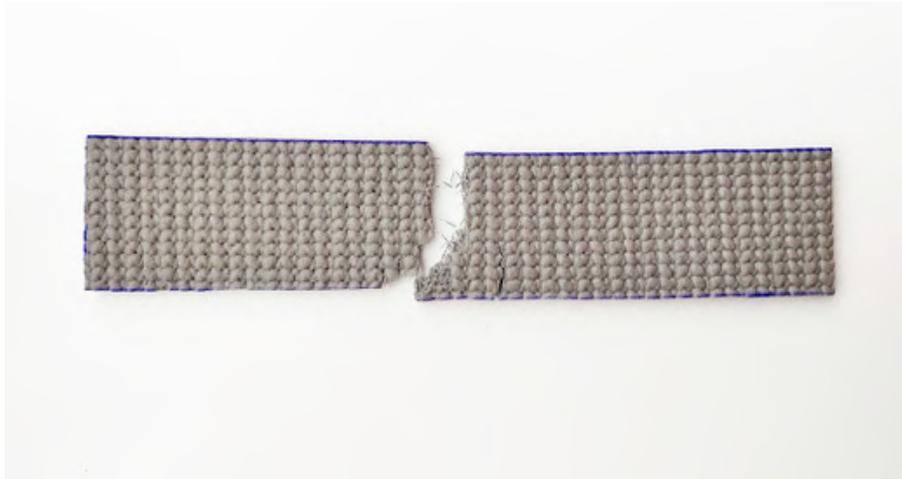


Figura 47: Muestra PVC luego del ensayo de tracción. Elaboración propia.



Figura 48: Muestra material compuesto luego del ensayo de tracción. Elaboración propia.

Tabla 30: Resultados ensayo de tracción. Elaboración propia

Muestra	Longitud inicial (mm)	Longitud final (mm)	% de aumento de longitud	Fuerza ruptura (Kgf)
PVC	50	109	118	18,9
Material compuesto	50	142	184	7,15

Se convirtió el resultado fuerza de ruptura (Kgf) del material compuesto a megapascales (Mpa) obteniendo como valor 0,438. Esta unidad se utilizó para comparar en la base de datos de materiales en el programa Ces Edupack con otros grupos de materiales, posicionándose cercano al grupo de los naturales y espumas (ver figura 49). Entre estos dos grupos se encuentra cerca del corcho utilizado comúnmente para tapones de botellas, aislamiento, embalaje, paredes, pisos, calzado y también en mat de yoga, lo cual es importante mencionar, ya que el material desarrollado tiene como finalidad este último uso.

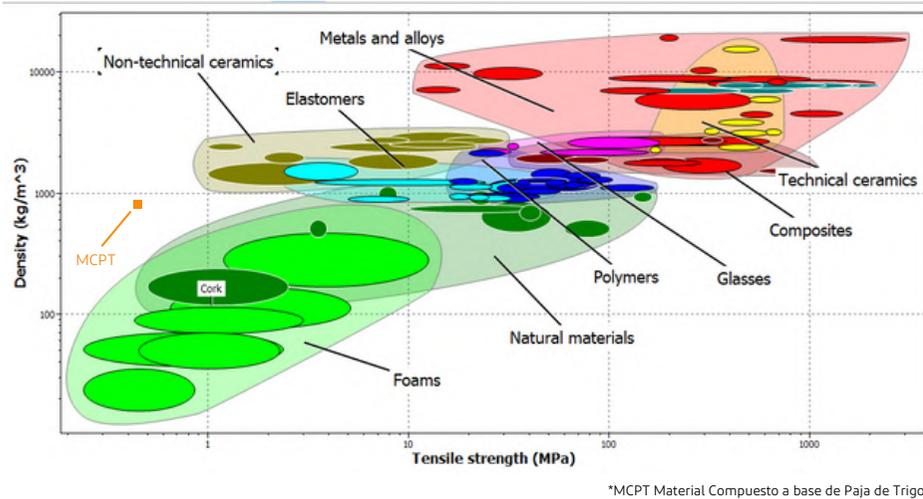


Figura 49: Gráfico comparativo densidad vs tracción. Elaboración propia.

Abrasión

Resultados de indicadores de abrasión:

• Muestra PVC

$$\text{Índice de desgaste (I)} = \frac{(11.800 - 7.500) 1000}{2.570} = 1.673,2 \text{ mg}$$

$$\text{Pérdida de peso (L)} = 11.800 - 7.500 = 4.300 \text{ mg}$$

$$\text{Ciclos de desgaste por mil (W)} = \frac{2.570}{157,48} = 16,3 \text{ ciclos}$$

• Muestra material compuesto

$$\text{Índice de desgaste (I)} = \frac{(47.900 - 42.100) 1000}{2.570} = 580 \text{ mg}$$

$$\text{Pérdida de peso (L)} = 47.900 - 42.100 = 5.800 \text{ mg}$$

$$\text{Ciclos de desgaste por mil (W)} = \frac{10.000}{157,48} = 63,5 \text{ ciclos}$$

La muestra del material compuesto a base de paja (ver figura 50) tuvo una mayor resistencia al desgaste en comparación a la muestra de PVC (ver figura 51), ya que, al someter ambas muestras al mismo número de ciclos, la de PVC no logró completar los 10.000 ciclos debido a que a los 2.570 ciclos el espesor de la zona expuesta disminuyó en su totalidad. Por otro lado, los ciclos de desgaste por mil (W) de la muestra del material compuesto fue casi cuatro veces más de ciclos que la muestra de PVC y en relación al índice de desgaste (I) fue prácticamente tres veces menor que la de PVC. Por lo tanto, a través de estos indicadores es posible determinar que el material compuesto tiene una mayor resistencia al desgaste en comparación al de PVC y por ende mayor durabilidad.



Figura 50: Muestra material compuesto luego de ensayo abrasión. Elaboración propia.



Figura 51: Muestra PVC luego de ensayo abrasión. Elaboración propia.

Compresión

En la primera prueba, al aplicar la fuerza de compresión en ambas muestras se obtuvieron diferentes resultados (ver tabla 31), en el caso de PVC el largo y ancho no varió, sin embargo, en la muestra del material compuesto aumentaron las medidas en un 1 %. Por otro lado, el espesor de la muestra de PVC disminuyó un 62,5 % tras 2 horas bajo la fuerza, no así en el caso del material compuesto que conservó su medida (ver figura 52).

En la segunda prueba, al utilizar la moneda con la muestra de PVC (ver tabla 32), se obtuvieron los mismos resultados que en el primer ensayo, y además no dejó huella en el material al pasar 24 horas. El largo y ancho en el material compuesto varió de igual forma a las 2 horas que en la prueba inicial, no obstante, el espesor disminuyó un 25 % y, a su vez, dejó una leve marca del contorno de la moneda luego de las 24 horas (ver figura 53).

Tabla 31: Resultado ensayo compresión con el bloque de acero de 10 kg. Elaboración propia

Muestra	PVC			Material compuesto		
	Inicial (mm)	2 hrs (mm)	24 hrs (mm)	Inicial (mm)	2 hrs (mm)	24 hrs (mm)
Largo	50	50	50	50	50,5	50
Ancho	50	50	50	50	50,5	50
Espesor	4	1,5	4	4	4	4

Tabla 32: Resultado ensayo compresión con bloque de acero de 10 kg y moneda. Elaboración propia

Muestra	PVC			Material compuesto		
	Inicial (mm)	2 hrs (mm)	24 hrs (mm)	Inicial (mm)	2 hrs (mm)	24 hrs (mm)
Largo	50	50	50	50	50,5	50
Ancho	50	50	50	50	50,5	50
Espesor	4	1,5	4	4	3	3,7



Figura 52: Muestras luego del ensayo de compresión con el bloque. Elaboración propia.

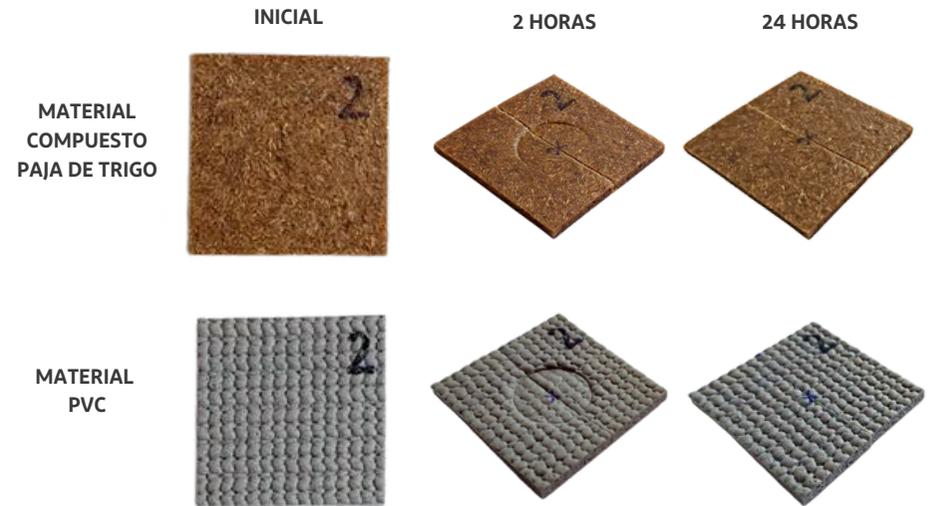


Figura 53: Muestras luego del ensayo de compresión del bloque más moneda. Elaboración propia.

Si bien, en la segunda prueba el material compuesto no volvió a su estado inicial en su totalidad, se debe mencionar que el apoyo de las extremidades y/o articulaciones durante el uso de un mat de yoga varían, por lo que los resultados obtenidos al utilizar la moneda (simulando el apoyo), podrían variar dependiendo del tiempo, peso aplicado, tamaño y dureza del objeto/zona de contacto.

Memoria

Luego de la prueba ambos materiales no lograron volver a su estado original (ver figura 54), sin embargo, al manipularlos en sentido contrario al enrollado, la de PVC volvió más rápidamente a su estado original comparado al del material compuesto (ver figura 55), lo que podría deberse a la mayor flexibilidad de este.

Por otro lado, la muestra elaborada a partir de paja resultó con pequeñas marcas en la zona de enrollado más compacta (ver figura 56), además de los extremos curvados. A pesar de ello, al transcurrir 30 minutos se posicionó nuevamente de forma paralela a la superficie (ver figura 57). Esto demuestra que el material tiene la capacidad de volver a su estado inicial sin sufrir daños permanentes que dificulten su uso.



Figura 54: Muestras ensayo memoria luego de quitarle el elástico. Elaboración propia.

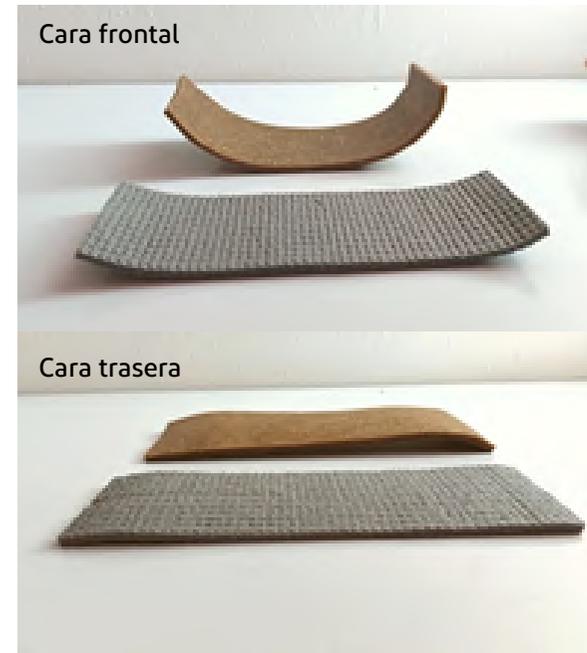


Figura 55: Muestras ensayo memoria luego de enrollarlo en sentido contrario. Elaboración propia.



Figura 56: Marcas en la zona de enrollado de la muestra del material compuesto, ensayo memoria. Elaboración propia.

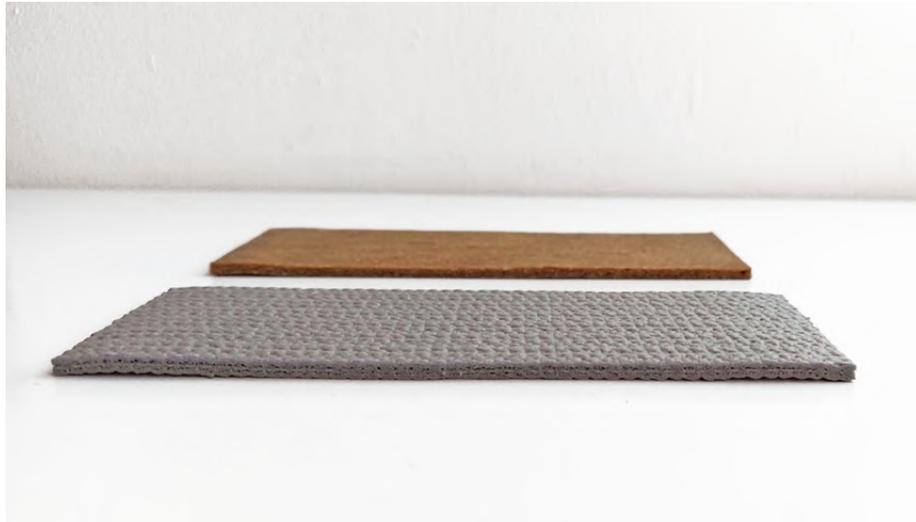


Figura 57: Muestras luego de 30 minutos desde el ensayo de memoria. Elaboración propia.

Actividad 3.3 Ensayo de trabajabilidad

3.3.1 Cortes, texturizado, serigrafía, coloración, corte y grabado láser Cortes

Cortes

De acuerdo con la evaluación realizada por cada herramienta (ver tabla 33), el cuchillo cartonero fue el que obtuvo menores grados de defecto en ambos criterios. A través de este se obtienen resultados óptimos en comparación a la guillotina y tijera, siendo esta última la que presentó un mayor grado de defecto.

Tabla 33: Resultados de evaluación de herramientas de corte. Elaboración propia.

Herramienta	Tijera	Cuchillo cartonero	Guillotina manual
Astillamiento	Grado 4	Grado 2	Grado 3
Marcas de la herramienta	Grado 5	Grado 1	Grado 2

Texturizado

Con la máquina cilindadora se obtuvo un grabado notorio de rombos que no se ve afectado durante la manipulación (ver figura 58) lo que indica que el material tiene la capacidad de ser moldeado con texturas. Por otro lado, los resultados logrados con el rodillo texturizado, fueron menos visibles, lo que se podría deber a la fuerza menor aplicada en comparación a la cilindadora, lo que facilita que el diseño se borre en el transcurso del tiempo (ver figura 59).



Figura 58: Resultado de muestra pasada por cilindadora de rodillos. Elaboración propia.



Figura 59: Resultado de muestra pasada rodillo de cocina. Elaboración propia.

Estampado: serigrafía

Sobre el bastidor se aplicó la emulsión fotosensible (PhotoMask WR), esperando unos minutos hasta que se secase. Posteriormente, se ubicó el positivo en el bastidor con un vidrio sobre este, y por el lado contrario, un libro que permitiera ejercer presión entre la tela y el vidrio para otorgarle definición al diseño y a su vez permitir el paso de luz UV. Como paso siguiente, se realizó el revelado de la pantalla lavando con agua para favorecer el desprendimiento de la emulsión de las zonas por donde pasará la tinta (ver figura 60). Por último, se posicionó el bastidor sobre la muestra a estampar y se aplicó la tinta en un solo sentido con una racleta para distribuirla de manera uniforme.

Finalmente, a través de este procedimiento se concluyó que es factible su aplicación en el material y obtener resultados óptimos (ver figura 61), ya que la tinta presenta una adherencia adecuada, que no se desprende al ser doblada la muestra (ver figura 62) y se distingue sobre el material. Sin embargo, al ser manipulada el roce desgasta levemente el estampado, lo que provocaría que, con el uso, tenga menor durabilidad.



Figura 60: Bastidor con diseño revelado. Elaboración propia.



Figura 61: Muestra de estampado sobre el material. Elaboración propia.



Figura 62: Muestra con estampado serigrafía doblada. Elaboración propia.

Coloración

Es importante destacar, que los resultados obtenidos se vieron influenciados por el color base del material (marrón), el cual determinó la tonalidad final obtenida.

Al comparar ambos métodos de experimentación (natural y artificial), se observó una diferencia notoria en la intensidad de los colores, siendo predominante en las muestras con colorantes artificiales. Sin embargo, al comparar el color azul la que reflejó mejor el color primario fue la elaborada con el colorante natural, y en el caso del color rojo sucedió lo contrario (colorante artificial).

Con relación al método natural, se observó que hubo una pérdida de intensidad del color de las muestras, desde que fueron elaboradas hasta su proceso final de secado (ver figuras 63 y 64). Asimismo, varió la intensidad del color (en la mezcla fresca) entre los procesos, siendo más intenso al utilizar alcohol como solvente orgánico, puesto que este facilita la extracción de los pigmentos vegetales otorgando mayor color a la mezcla. Esta diferencia es aún más notoria en el color azul al finalizar el proceso de secado. Por otro lado, al incorporar alcohol en el pigmento, generó que la muestra luego de secada perdiera levemente su flexibilidad.



Figura 63: Coloración muestras frescas. Elaboración propia.



Figura 64: Coloración muestras posterior a secado. Elaboración propia.

Corte y grabado láser

En cuanto a las pruebas de grabado, se observó que, a mayor intensidad del láser, el diseño queda más marcado (debido a que existe una mayor profundidad), cambia de color y presenta pegajosidad la zona grabada (ver figura 65 y 67). Por otra parte, el corte láser presentó una adecuada definición y prolijidad, lo cual puede ser observado en la palabra manuscrita al presentar curvas y trazos finos (ver figura 66). Dado lo anterior, el material posee características que le permiten ser trabajado mediante una máquina CNC láser, puesto que presentó una buena resistencia a ambos procesos obteniendo resultados satisfactorios al no mostrar signos de deterioro (como desprendimiento de partículas, derretimiento y rotura) que dificulten realizar el proceso. No obstante, el costo del procedimiento es un punto que debe ser considerado al momento de implementarlo en el diseño, ya que está determinado por el tiempo de trabajo de la máquina, por lo que diseños complejos que requieran más tiempo se verían asociados a un costo elevado que afectaría el precio final del producto. Por último, las zonas grabadas desprendieron un olor intenso (similar al papel quemado) y al tacto quedaron pegajosas, sin embargo, con el pasar de los días esto fue disminuyendo.



Figura 65: Resultado grabado de figura lineal. Elaboración propia.



Figura 67: Resultado grabado espesor grueso y corte simple. Elaboración propia.



Figura 66: Resultado de corte trazo continuo. Elaboración propia.

Actividad 3.4 Realizar pruebas de resistencia a agentes externos

3.4.1 Evaluar degradabilidad en el exterior

En la primera semana se observaron los mayores cambios con relación a la masa, siendo mayor en la muestras sin recubrimiento. Esto puede explicarse debido a que el material se ve mayormente expuesto a la humedad, en comparación a la muestra con el recubrimiento natural, ya que este último le otorga una mayor resistencia a la absorción de agua. En las semanas siguientes hubieron variaciones similares en la disminución de masa al comparar ambas. Al finalizar el ensayo, la disminución total de la muestra sin el recubrimiento fue de un 23,9 % (-1,28 g) versus la muestra con el recubrimiento de un 21,7 % (-1,21 g) por lo que la diferencia entre ambos fue mínima (ver figura 68).

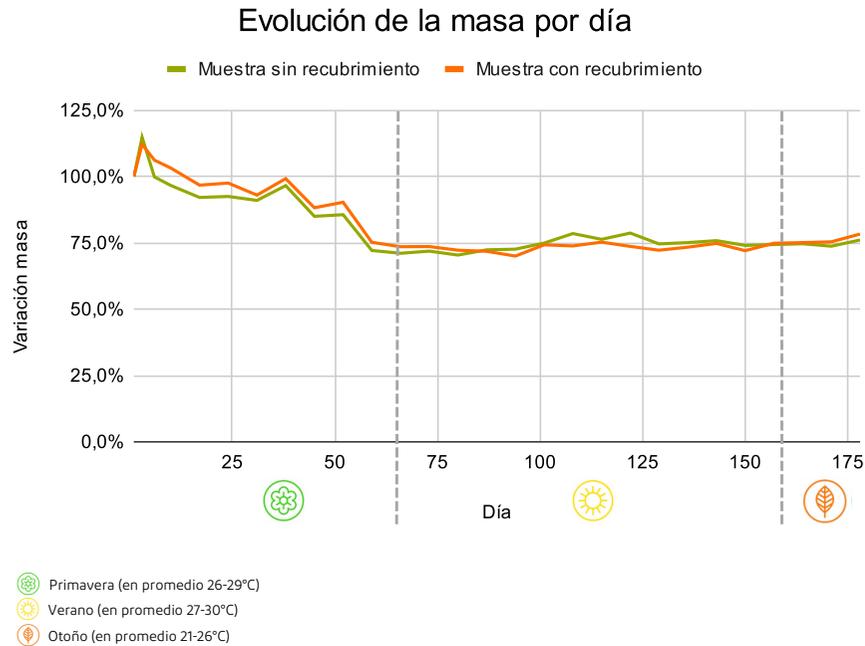


Figura 68: Cambios en la masa de las muestras con y sin recubrimiento natural (cera de abeja + linaza). Elaboración propia.

Con respecto al espesor, el cambio fue mayor en ambos casos comparado a la masa, puesto que hubo una disminución del 30 % (-0,12 mm) en el caso de la muestra sin recubrimiento y 25 % (-0,1 mm) con recubrimiento (ver figura 69).

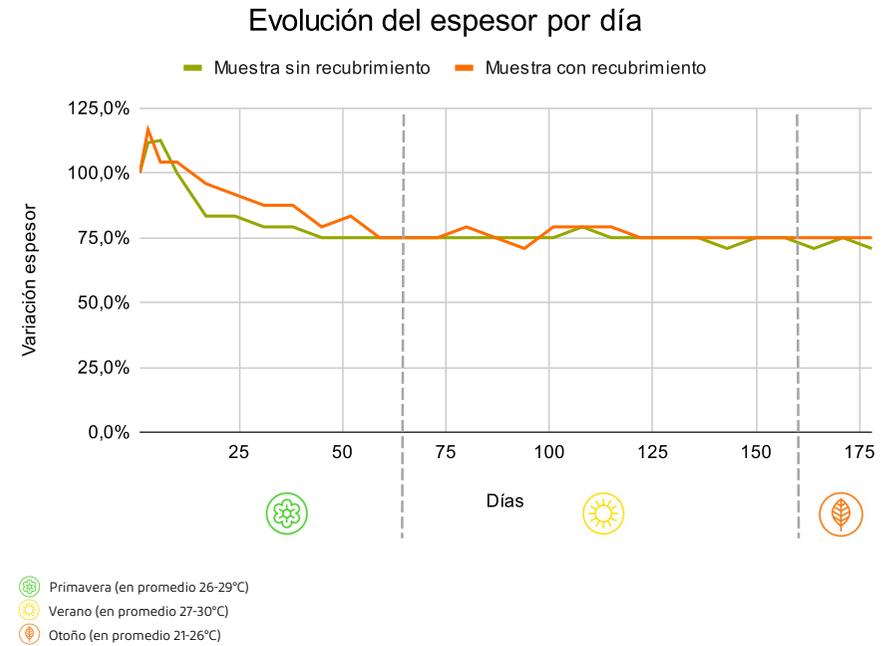


Figura 69: Cambios en el espesor de las muestras con y sin recubrimiento natural (cera de abeja + linaza). Elaboración propia.

Otros cambios observados

Durante la semana inicial se observaron cambios notorios tanto en las muestras con y sin recubrimiento (ver figuras 70 y 71) como el color a uno más blanquecino, además de una mayor fragilidad. Esto podría explicarse debido a que al tener contacto las muestras con la tierra absorben humedad lo que genera cambios de color en el PVA, que luego al secarse vuelve a su coloración inicial. Sin embargo, con el pasar de los días las muestras adquieren un color café oscuro intenso, a causa de que la tierra se va adhiriendo aún más al material.

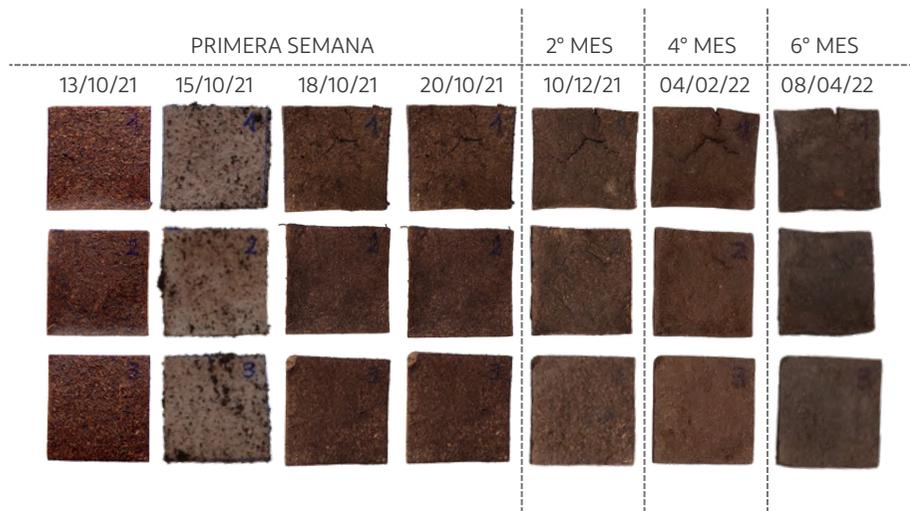


Figura 70: Evolución degradabilidad muestras sin recubrimiento natural. Elaboración propia.

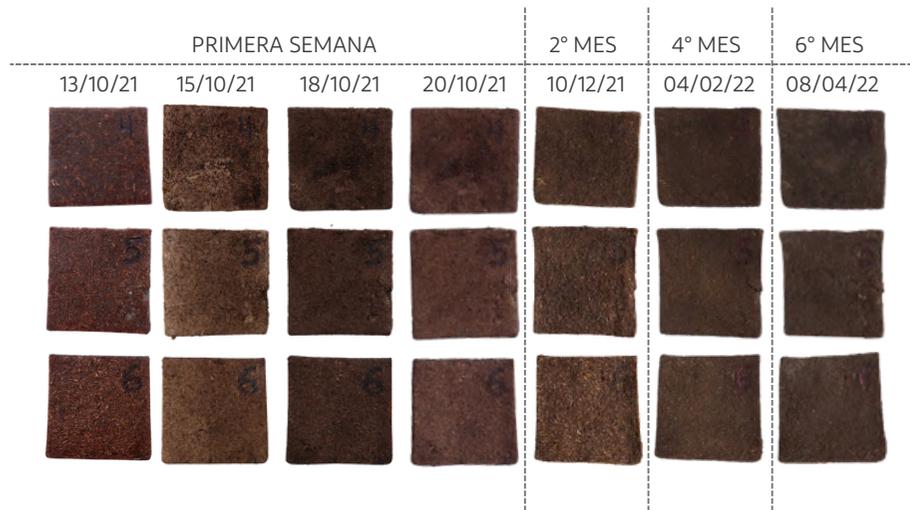


Figura 71: Evolución degradabilidad muestras con recubrimiento natural. Elaboración propia.

Análisis general

Se observaron signos de degradación bastante similares en ambas muestras (en el plazo de 180 días), tanto en masa como espesor, y, además, en cuanto a la apariencia se identificaron bordes más redondeados y grietas en el material.

A partir de este ensayo, es posible determinar que agentes naturales tales como microorganismos presentes en la tierra, luz solar y agua, favorecieron la degradación del material, por lo que este proceso se vio afectado por el tiempo y la exposición al ambiente natural.

3.4.2 Ensayo de resistencia a reactivos químicos

Prueba de inmersión

En general, en todas las muestras varió su coloración inicial debido a su composición, puesto que el PVA al estar en contacto con el agua adquiere un color blanquecino opaco y además algunos de los reactivos químicos (lavalosa, detergente y jabón) contienen sustancias colorantes que, de igual forma, influyen en la coloración final de la muestra. Con relación al líquido de inmersión, se observaron residuos del material, no obstante, estos no influyeron de manera considerable en la estructura de las muestras, ya que visiblemente no se desarrollaron grietas ni cambios en la forma de estas (ver figura 72).

Por otro lado, al comparar diámetro, espesor y masa (ver tabla 34), la muestra sumergida en alcohol fue la que presentó mayor variación en estos tres parámetros y se tornó más frágil al ser manipulada. En cambio la que obtuvo mejores resultados fue la de inmersión en jabón debido a que la variación en relación con los otros reactivos fue menor, no reflejando cambios significativos en su estructura física.



Figura 72: Muestras antes y después de ensayo de resistencia a reactivos químicos (inmersión). Elaboración propia.

Tabla 34: Resultados ensayo de resistencia a reactivos químicos (prueba de inmersión). Elaboración propia

MUES TRA	REACTIVO QUÍMICO	VARIACIÓN DIÁMETRO (%)	VARIACIÓN ESPESOR (%)	VARIACIÓN MASA (%)
1	Lavalozza	↑ 2,9	↑ 12,5	↑ 20,0
2	Detergente	↑ 4,0	↑ 12,5	↑ 16,7
3	Jabón	↑ 3,0	↑ 7,5	↑ 16,9
4	Alcohol	↑ 20,0	↑ 50,0	↑ 136,4
5	Vinagre	↑ 3,0	↑ 12,5	↑ 23,0

Prueba de limpieza

Este procedimiento no generó en las muestras variaciones de color, diámetro ni espesor, tampoco favoreció el desarrollo de grietas ni desprendimiento de material (ver figura 73). Por otro lado, en todas hubo variación de masa siendo mayor con el uso de detergente y menor con el uso de jabón (ver tabla 35). Además, ocurrieron cambios en la textura aumentando levemente la pegajosidad y brillo.

Al comparar esta prueba con la de inmersión, obtuvo en general resultados favorables al ser aplicada en las muestras lo que sugiere que este método de exposición a reactivos químicos es menos dañino para el material compuesto diseñado, resultando así en una mayor durabilidad.

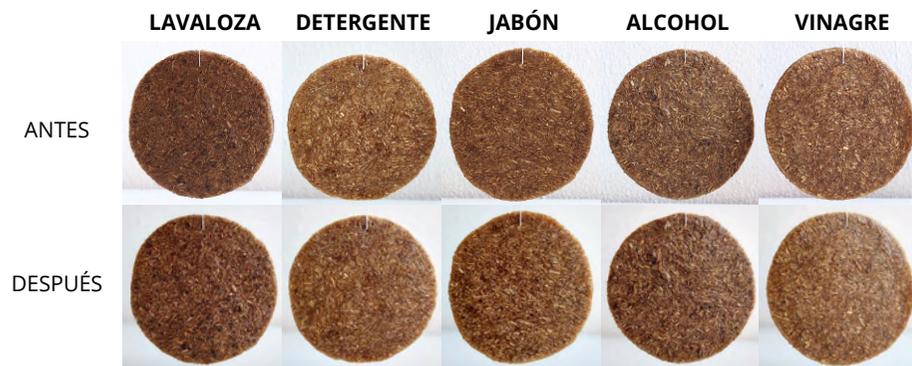


Figura 73: Muestras antes y después de ensayo de resistencia a reactivos químicos (limpieza). Elaboración propia.

Tabla 35: Resultados ensayo de resistencia a reactivos químicos (prueba de limpieza). Elaboración propia

MUESTRA	REACTIVO QUÍMICO	VARIACIÓN DIÁMETRO (%)	VARIACIÓN ESPESOR (%)	VARIACIÓN MASA (%)
1	Lavalozza	0	0	↑ 1,5
2	Detergente	0	0	↑ 5,5
3	Jabón	0	0	↑ 0,9
4	Alcohol	0	0	↑ 1,4
5	Vinagre	0	0	↑ 1,7

Actividad 3.5 Realizar evaluación perceptual

3.5.1 Estimación de la muestra para cada grupo de estudio

Para llevar a cabo la encuesta perceptual, se consultaron fuentes para obtener el tamaño total de población a considerar por cada grupo de estudio. En el caso de los practicantes de yoga, se obtuvo el dato a partir de la tesis “Paradojas del Yoga” en la que se menciona que en el 2013 había un total de 16.303 practicantes en la ciudad de Santiago (Lizama, 2015). En cuanto a los diseñadores/ estudiantes de diseño no se logró obtener información confiable de la totalidad de personas, sin embargo, se consultó la página web [mi futuro.cl](http://mi.futuro.cl) la cual brinda información sobre la educación superior en Chile, donde en el año 2019 hubo una totalidad de 309 titulados de la carrera de diseño en Santiago de Chile (Mineduc, 2019). Por último, para determinar el grupo control en Santiago al año 2021, se visitó el portal web servel.cl en el que se informa que existe un total de 339.067 habilitados para sufragar considerando a toda persona mayor a 18 años (Servel, 2021).

A partir de estos datos, se calculó el tamaño muestral para cada grupo utilizando la fórmula cálculo para tamaño de muestra finita, obteniendo los siguientes resultados mostrados en la tabla 36:

Tabla 36: Tamaño de muestra para cada grupo de estudio. Elaboración propia

GRUPO	TOTAL
1. Practicantes de yoga	41
2. Diseñadores o estudiantes de diseño	37
3. Control (personas > 18 años)	41
Total final	119

3.5.1 Encuesta de evaluación perceptual

Debido al contexto actual de pandemia en el país, se decidió llevar a cabo la mayor parte de las encuestas de forma online (90 %), con el objetivo de facilitar el proceso y conseguir un número importante de personas, no obstante un menor porcentaje de personas (10 %) fueron igualmente encuestadas de manera presencial para así contrastar posteriormente los resultados obtenidos (ver tabla 37).

Tabla 37: Distribución del tamaño de muestra entre grupo online y presencial. Elaboración propia

GRUPO	Online (90%)	Presencial (10%)
1. Practicantes de yoga	37	4
2. Diseñadores o estudiantes de diseño	33	4
3. Personas mayores de 18 años	37	4
Total encuestados	107	16

Se tabuló la información recopilada a partir de la encuesta perceptual realizada de manera online y presencial la cual se muestra en las figuras 74 y 75.

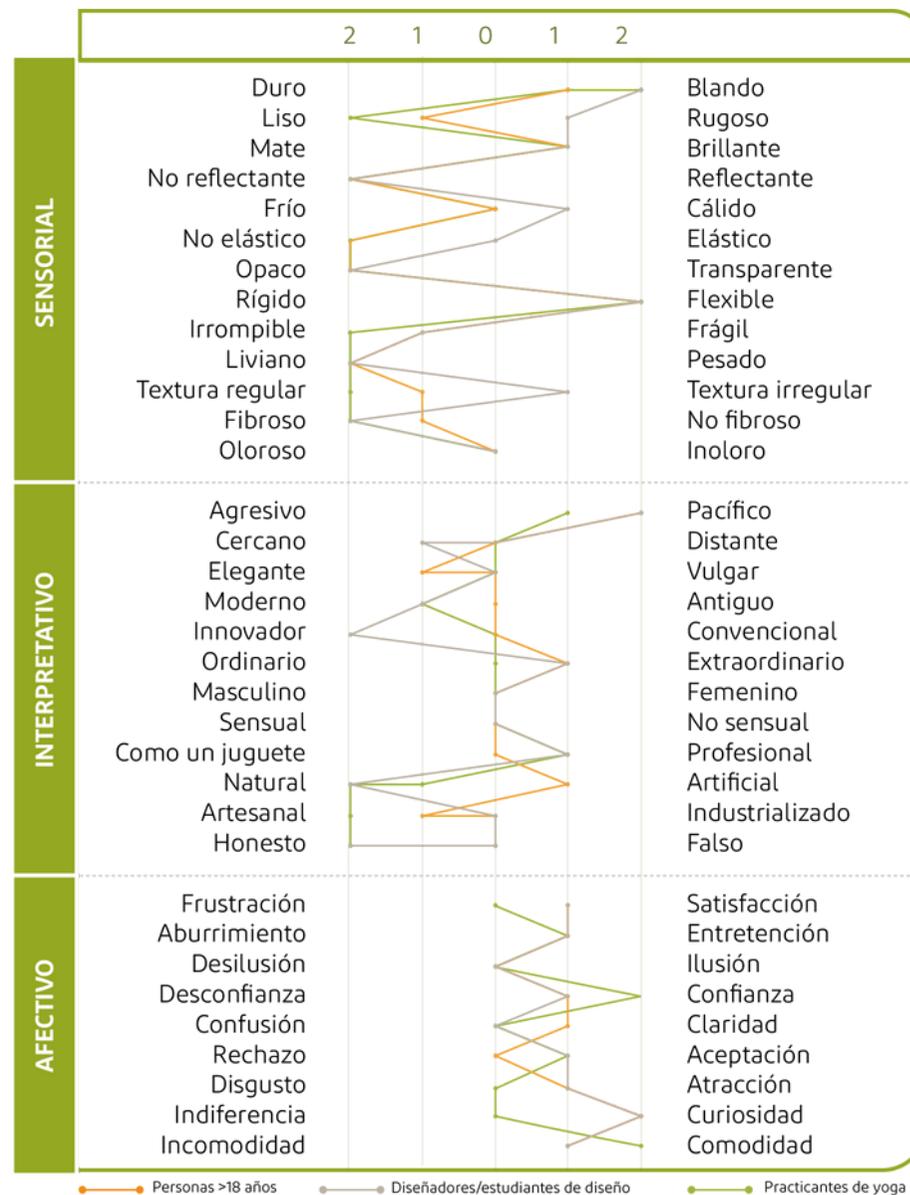


Figura 74: Resultados encuesta perceptual online por grupo. Elaboración propia.

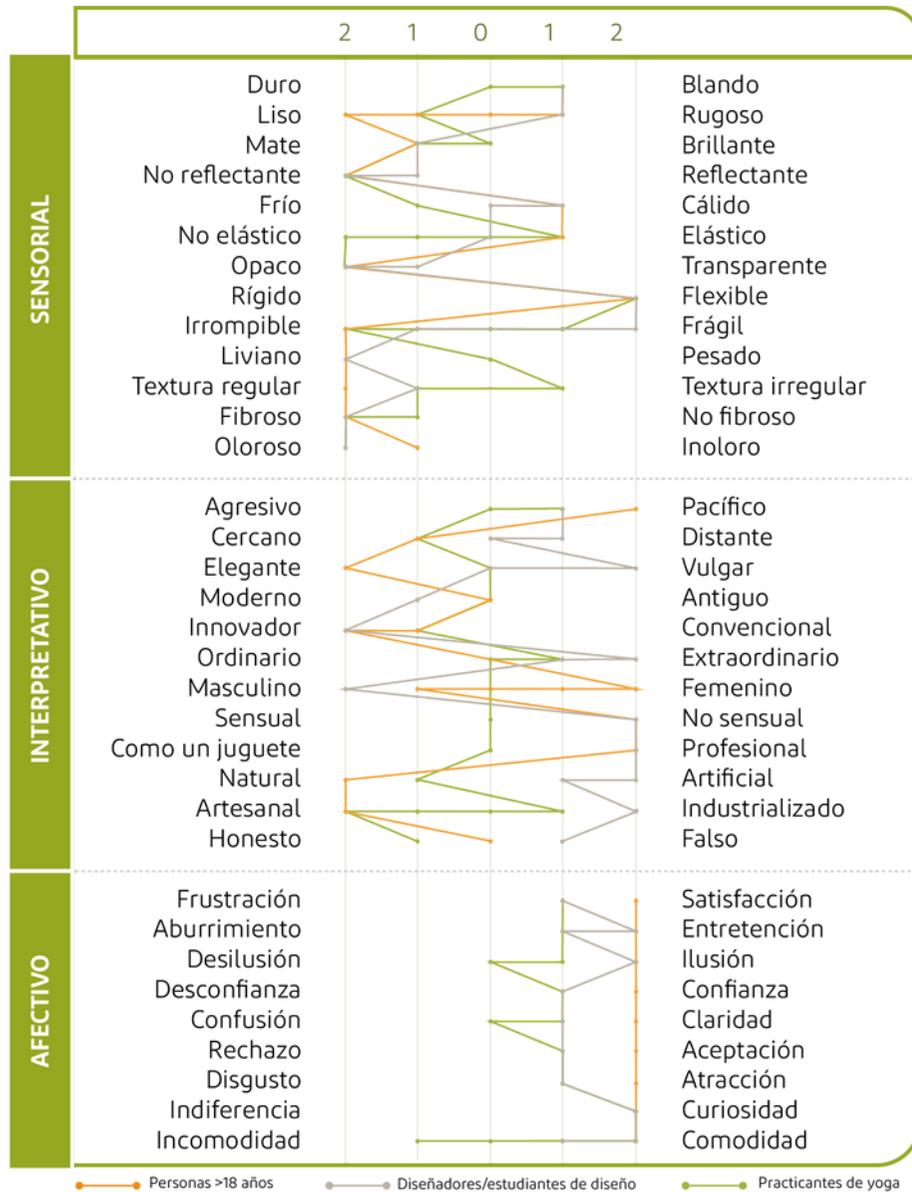


Figura 75: Resultados encuesta perceptual presencial por grupo. Elaboración propia.

Encuesta online

En el nivel sensorial los tres grupos coincidieron (en el mismo nivel) en que es un material brillante, no reflectante, opaco, flexible, liviano y de un olor neutro, además se inclinaron hacia los adjetivos blando, irrompible y fibroso.

En el nivel interpretativo en la mayoría de los pares de adjetivos se observó una posición neutral, sin embargo, se definió el material como pacífico y artesanal. Por otro lado, en los adjetivos natural-artificial no existió una clara inclinación hacia uno de ellos.

En el nivel afectivo, en general, los encuestados coincidieron en que el material estimuló emociones positivas como entretención, confianza y comodidad.

Encuesta presencial

En el nivel sensorial, a pesar de que existen diferencias en los grupos encuestados todos coincidieron en que es blando, rugoso, mate, no reflectante, cálido, opaco, flexible y fibroso. Además, hubo una tendencia hacia los adjetivos liviano, textura regular y oloroso. En cambio, al analizar las respuestas no se evidenció claramente una inclinación entre los adjetivos frágil-irrompible y elástico-no elástico.

En el nivel interpretativo la mayoría de los encuestados consideraron el material pacífico, innovador, extraordinario, no sensual y profesional. Mientras que en el resto de los adjetivos no se observó tendencias entre los pares opuestos.

En el nivel afectivo predominaron las emociones positivas destacando las emociones curiosidad y comodidad.

En general, los resultados obtenidos de ambas encuestas son bastante similares y describen al material como blando, flexible, liviano, siendo estas características relevantes para el uso que se le desea otorgar como superficie de apoyo. Además, coinciden al relacionar el material con el adjetivo pacífico, lo cual es favorecedor pues tendría concordancia con el estado de meditación y tranquilidad que se busca lograr en la disciplina del yoga.

Otro punto interesante a mencionar, es que mediante la encuesta presencial fue posible evaluar de manera más adecuada el nivel sensitivo, ya que, a diferencia de los resultados online, las personas identificaron el material como oloroso.

Actividad 3.6 Elaborar ficha técnica del material

3.6.1 Elaborar ficha técnica del material de acuerdo a los resultados obtenidos

A continuación, en la figura 76 se presenta la ficha técnica del material diseñado

COMPOSICIÓN		
Paja de trigo		40 %
Acetato de polivinilo		55 %
Glicerina		5 %

PROPIEDADES FÍSICAS	Método de ensayo	Valor
Densidad	NCh176/2:1986	0,85 cm³
Contenido de humedad 24h	ASTM D1037-12	10,63 %
Absorción de agua 24h	ASTM D1037-12	29,6 %
Hinchamiento 24h	ASTM D1037-12	20,83 %

PROPIEDADES MECÁNICAS	Método de ensayo	Valor
Resistencia al desgarro	UNE-EN ISO 13937-2	13,89 N
Resistencia a la tracción	ASTM D5034-21	0,44 Mpa
Resistencia a la abrasión	ASTM D4060-19	63,5 ciclos
Resistencia a la compresión	Exámen visual	Alta
Memoria	Exámen visual	Medio

TRABAJABILIDAD	Método de ensayo	Grado/valor
Corte		
Tijera	ASTM D1666-17	4
Corta cartón	ASTM D1666-17	2
Guillotina manual	ASTM D1666-17	3
Texturizado		
Cilindradora rodillos lisos	Exámen visual	Alto
Rodillo manual texturizado	Exámen visual	Bajo
Estampado serigrafía	Exámen visual	Alto
Coloración		
Colorante natural	Exámen visual	Bajo
Colorante artificial	Exámen visual	Alto
Corte y grabado láser	Exámen visual	Alto

RESISTENCIA A AGENTES EXTERNOS	Método de ensayo	Valor
Degradabilidad en el exterior	Exámen visual	Baja
Lavalozas	ASTM D543-21	Alta
Detergente	ASTM D543-21	Baja
Jabón	ASTM D543-21	Alta
Alcohol	ASTM D543-21	Alta
Vinagre	ASTM D543-21	Alta



PROPIEDADES PERCEPTUALES		
	Adjetivo	Valor
SENSORIALES	Blando	██████████
	Flexible	██████████
	Liviano	██████████
	Opaco	██████████
	Brillante	███░░░░░
INTERPRETATIVAS	No reflectante	██████████
	Oloroso	██████████
	Pacífico	██████████
	Natural	██████████
	Innovador	██████████
AFECTIVAS	Curiosidad	██████████
	Comodidad	███░░░░░
	Entretención	███░░░░░

Figura 76: Ficha técnica del material diseñado. Elaboración propia.

Etapa IV. Validar el material mediante aplicación como superficie de apoyo

Actividad 4.1 Diseñar y fabricar prototipos

4.1.1 Desarrollar propuesta conceptual

Arquetipo de usuario

En la figura 77 se describen las características definidas en el arquetipo de usuario.

YOGUI CONSCIENTE



Amante de los viajes y de conectar con la naturaleza

Edad: 25-55 años
Sexo: femenino
Nivel educacional: educación superior
Ocupación: empleada y practicante de yoga
Alimentación: vegetariana

Sensible Intuitiva Amable
Empática Consciente

CARACTERÍSTICAS RELACIONADAS AL PRODUCTO

Lugares de compra:
Tiendas especializadas de yoga

Preferencias:
Diseño sencillo, símbolos alusivos al yoga y que transmitan tranquilidad, relajación y energía.

EXPERIENCIA DE USO

Uso destinado:
Superficie de apoyo para la práctica de yoga

Lugar:
Hogar y centros de yoga

Propósito:
Ser una nueva alternativa a los mat de yoga tradicionales

Preferencias:
Uso personal

Figura 77: Arquetipo de usuario. Elaboración propia.

Encuesta: Uso del mat de yoga

A partir de esta breve encuesta (ver gráficos en anexo N°4) realizada a 27 personas durante el mes de marzo 2022, se obtuvieron los siguientes resultados:

- El 40,7 % de los encuestados dice que el empaque de los mat que han adquirido son de plástico seguido del textil con un 37 %.
- Un 40,7 % utiliza su mat a diario.
- Casi la totalidad de los encuestados suelen almacenar el mat en interior de su hogar (92,6 %).
- Las formas de almacenar preferidas son en un cesto (40,7 %) y dentro de un bolso porta mat (29,6 %).
- En relación con la frecuencia de limpieza un 29,6 % suele limpiarlo 1 vez por semana y un 25,9 % 1 vez al mes.
- Los agentes de limpieza mayormente utilizados son agua (25,9 %) y alcohol (14,8 %).
- El 51,9 % utiliza un cinto porta mat para el traslado del implemento.
- Con respecto a las problemáticas que identifican las practicantes en sus mat, las que más se repitieron fueron: los mat de menor costo son más contaminantes, tienen una menor durabilidad y no cumplen con la función de antideslizamiento y por otro lado los ecológicos son de un costo muy elevado, lo que limita el acceso a este tipo de mat.

Se puede concluir que el mat es un implemento fundamental que, si bien es utilizado frecuentemente, su proceso de limpieza es menor, se utilizan agentes químicos de fácil acceso y para su almacenamiento no requiere de mayor protección. Por otro lado, los practicantes tienen la intención de comprar un mat menos dañino para el medioambiente, sin embargo, una de sus limitantes es el precio que mantienen los mat ecológicos disponibles en el mercado.

Análisis de referentes

Al comparar los resultados se obtuvieron principalmente dos grupos (ver figura 78), en el primero se ubicaron los mat tradicionales compuestos por materiales plásticos (PVC, EVA y NBR) donde sus características en común son: bajo costo (\$4.990 - \$9.990) y no ecológicos. Por otra parte, en los innovadores destacan mat fabricados a partir de materiales naturales (gamuza - caucho natural, algodón, corcho - caucho y eco PU - caucho natural) mezcla de naturales y reciclados (yute - PVC reciclado) y que pueden ser reciclados (TPE) siendo menos contaminantes para el

medioambiente, sin embargo, su precio es elevado (\$29.990-\$79.990) por lo que limita el acceso al grupo de personas que suelen adquirir mat tradicionales. Basándose en lo anterior, se identificó como oportunidad el diseño de una propuesta innovadora de superficie, a partir de un material natural y a un costo menor a los mat ecológicos del mercado, con el propósito de llegar a las personas que adquieren mat tradicionales fabricados con plástico.

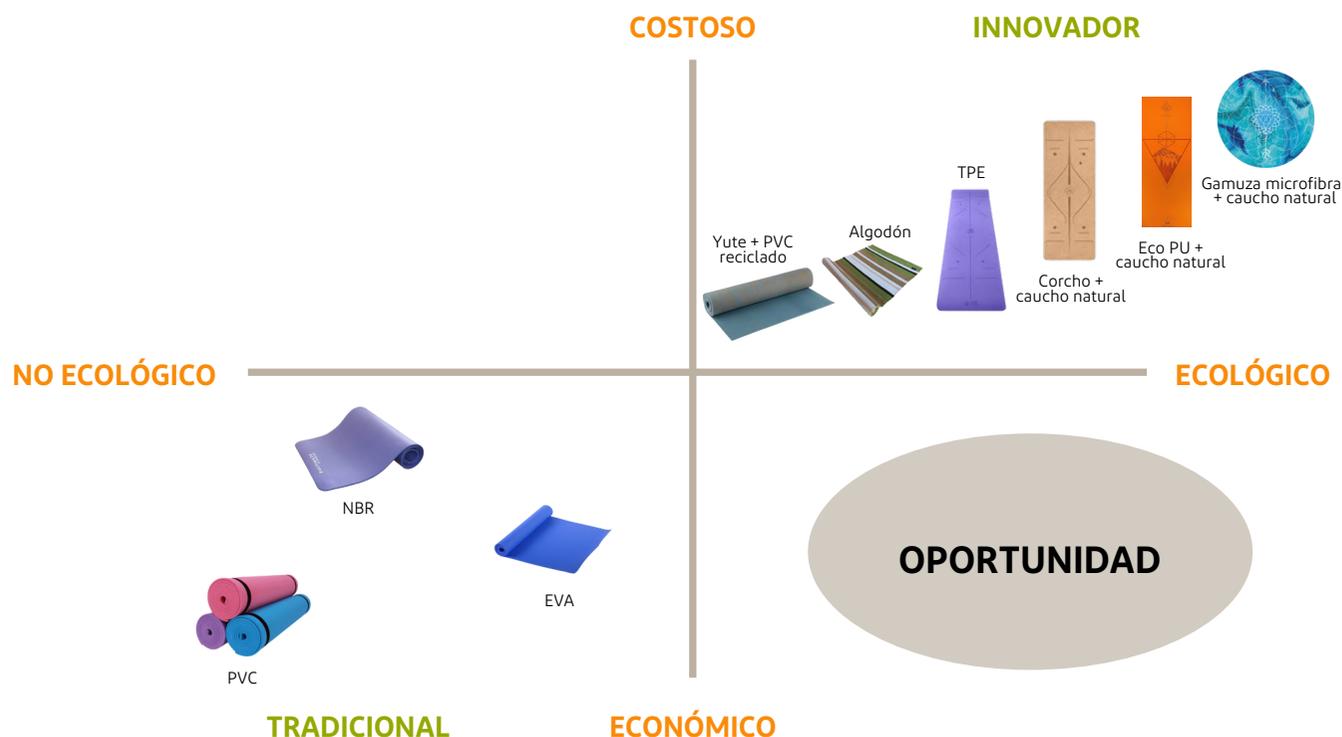


Figura 78: Mapa de referentes de mat de yoga presentes en el comercio nacional. Elaboración propia.

Requerimientos y atributos

Tabla 38: Requerimientos y atributos del producto. Elaboración propia

Requerimientos	¿Por qué?	Atributo
Amortiguante	Para proteger articulaciones durante la realización de posturas y/o ejercicios, considerando el mínimo grosor recomendado para cumplir la función amortiguante. Para disminuir costo y peso.	Grosor 4 mm.
Tamaño adaptado a mujer chilena	-Estará destinado a mujeres chilenas, donde la altura promedio es 159,4 cm (NCD-RisC, 2017). -Para reducir el costo de fabricación. -Para disminuir el peso y facilitar el transporte del producto.	Dimensión de 60 x 160 cm.
Antideslizante	Con el objetivo de evitar lesiones, ya sea producto del deslizamiento de la superficie de apoyo o del cuerpo (manos o pies) durante su uso.	Característica propia del material resultante.
Flexible	Para poder enrollarlo, facilitar su transporte y almacenamiento.	Componentes (glicerina + PVA).
Ecológico	Con la finalidad de evitar la utilización de compuestos que sean perjudiciales para el medioambiente.	Paja de trigo + componentes de origen natural.
Limpiable	Para disminuir la suciedad que se pueda adherir al material y permita una adecuada conservación.	Capa protectora (cera de abeja + aceite de linaza).
Económico	Optimizar materia prima y procesos productivos para reducir el costo final del producto.	-Reducción de tamaño (menor uso de materia prima). -Considerar color natural del material (no uso de proceso extra de coloración).
Instrucciones	Facilitar su modo de uso de acuerdo a las características propias del material, evitando un deterioro temprano.	Incluir un informativo con: -Características y especificaciones del producto -Cuidados -Modo de limpieza
Sujeción y transporte	Permitir un fácil almacenamiento utilizando un espacio reducido.	Incluir elemento extra que permita sujeción y transporte del producto.
Dar identidad	Que refleje lo esencial alusivo a su origen e identidad propia del producto.	Diseño que represente el vínculo de su origen con el yoga.

Significado del material:

A continuación, en la figura 79 se presenta un esquema con el desarrollo del concepto de diseño

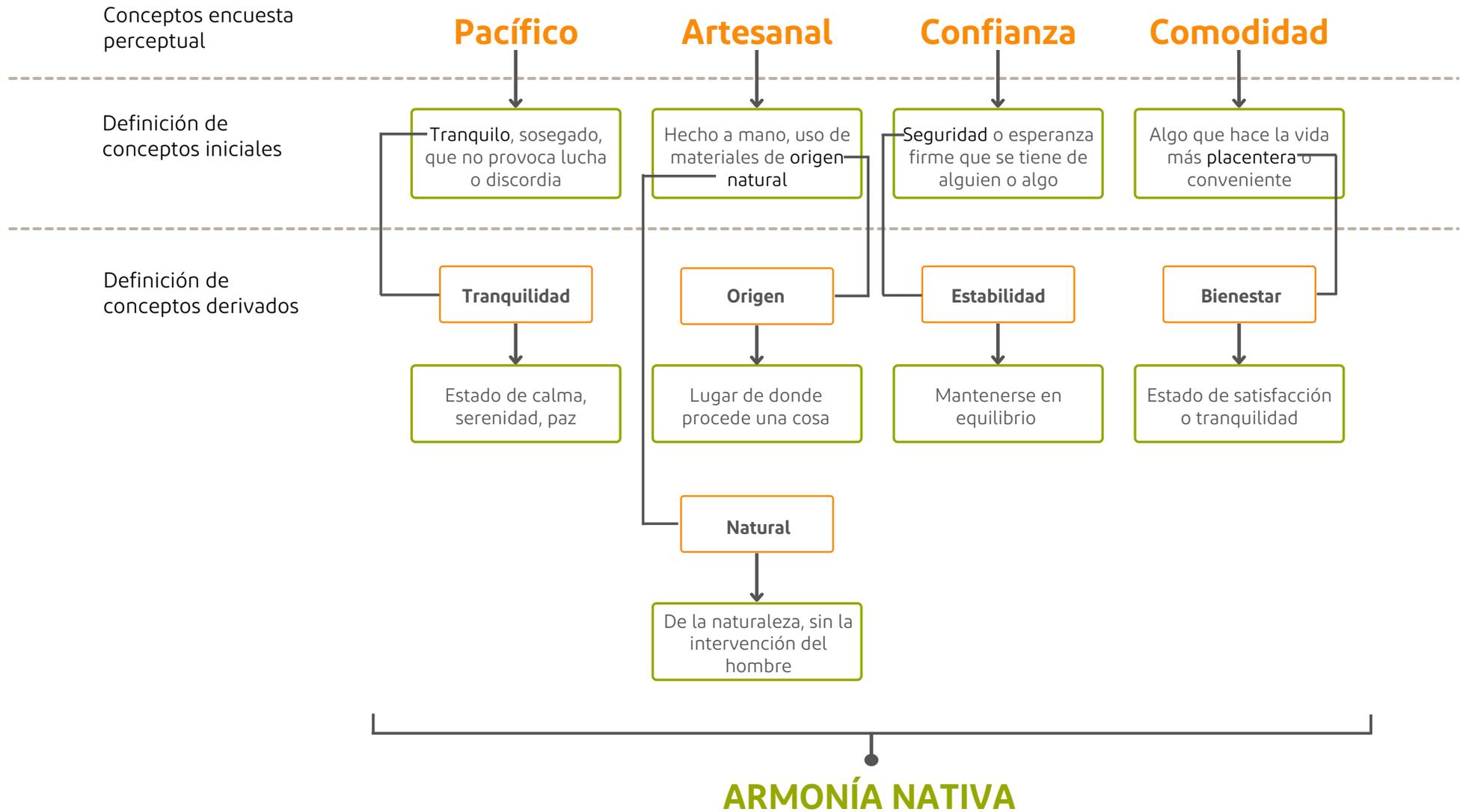


Figura 79: Esquema de conceptos. Elaboración propia.

Concepto final: Armonía nativa

Equilibrio entre sus partes que reflejan la esencia de su propósito de creación y a la vez su origen, siendo así diferenciable y destacable del resto.

Moodboard

La armonía en el diseño se representó a través del minimalismo y proporcionalidad, donde el primero busca la simplicidad, orden y reducción de formas, mientras que la proporcionalidad se enfoca en la relación entre las partes que componen el todo. Por otro lado, el concepto nativo se le dio el significado de origen, interpretándose como inicio y continuidad de un ciclo que se repite.

En el siguiente moodboard (ver figura 80), se pueden observar imágenes asociadas a los conceptos mencionados anteriormente, por medio de las formas.



Figura 80: Moodboard alusivo al concepto Armonía nativa. Elaboración propia.

4.1.2 Desarrollar propuesta formal (bocetos)

Propuesta de Logo

Como nombre de la marca, se utilizó la unión de las palabras presentadas en el concepto, resultando en Armotiva.

Para la propuesta de logo, en primer lugar, se buscaron referentes de logotipos de marcas que venden implementos de yoga (ver figura 81), con el propósito de identificar qué elementos tenían en común. Dentro de estos, destacaron las tipografías sencillas como san-serif, abstracción de figuras o símbolos y utilización de un sólo color en el diseño. Por esto, se decidió seguir en esta misma línea, aplicando en el diseño del logotipo la estética minimalista presente en los referentes analizados.



Figura 81: Referentes de logotipos minimalistas de tiendas de yoga . Elaboración propia.

Para la elaboración de la primera propuesta de logo, se seleccionó la tipografía Nadall. Esta tipografía pertenece a la familia san-serif y se diseñó un símbolo tomando como referencia la postura Flor de loto, comúnmente practicada en el yoga.

El boceto inicial se hizo a mano alzada a partir de un solo trazo que forme la postura (ver figura 82). Luego, fue modificado considerando la proporción áurea para obtener una figura armoniosa (ver figura 83). Posteriormente, se realizaron tres variantes incluyendo tanto la tipografía como el símbolo (ver figura 84). Finalmente, se decide rediseñar el símbolo de la postura, puesto que no se logró la continuidad y unión en el diseño, y a su vez, se seleccionó una tipografía más sencilla, de un trazo uniforme, que se relacionara mejor con el concepto.

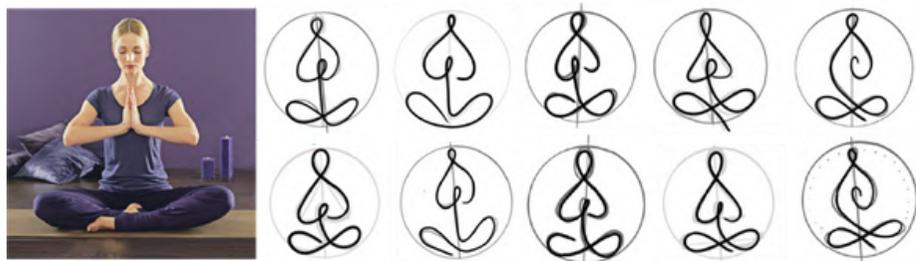


Figura 82: Boceto inicial primera propuesta de logo. Elaboración propia.

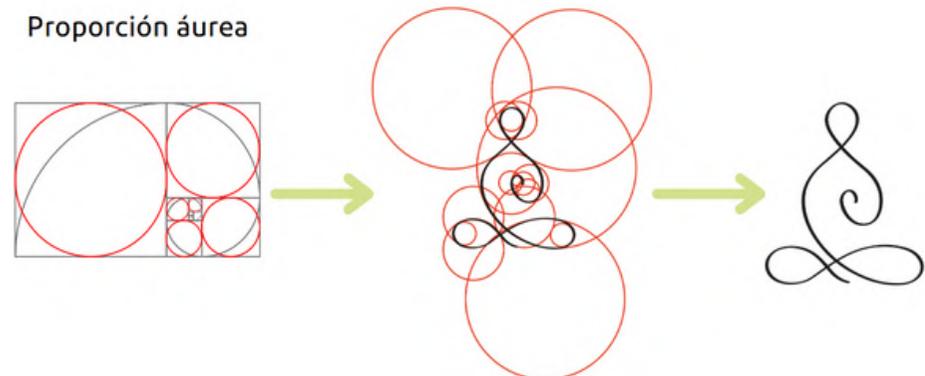


Figura 83: Símbolo diseñado con proporción áurea. Elaboración propia.

Opción N°1



Opción N°2



Opción N°3



Figura 84: Alternativas primarias de logo. Elaboración propia.

Para la segunda propuesta, se seleccionó la tipografía Julius Sans One para el texto, y nuevamente se diseñó un símbolo tomando como referencia la postura Flor de loto. El boceto del símbolo se hizo a partir de círculos, abstrayendo la postura (ver figura 85), con el objetivo de obtener una figura cerrada que reemplazara una letra de la palabra, y a su vez, el concepto de la marca. Luego, por rotación de la figura inicial se obtuvieron diferentes variantes (ver figura 86), seleccionando así la figura F debido a que fue la que representó mayor simplicidad sin perder la idea inicial de la abstracción de la postura. Finalmente, se incorporó el símbolo junto a la tipografía obteniendo el logo final (ver figura 87).

El círculo fue seleccionado como elemento para el diseño, ya que tiene un significado especial en el yoga, pues es utilizado para la creación de mandalas, una herramienta espiritual que ayuda a dirigir la atención durante la meditación, siendo su significado en sánscrito círculo sagrado (Tsering, 2015).

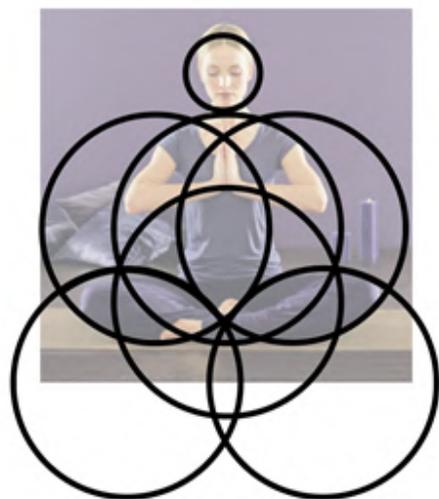


Figura 85: Abstracción de la postura Flor de loto. Segunda propuesta de logo. Elaboración propia.

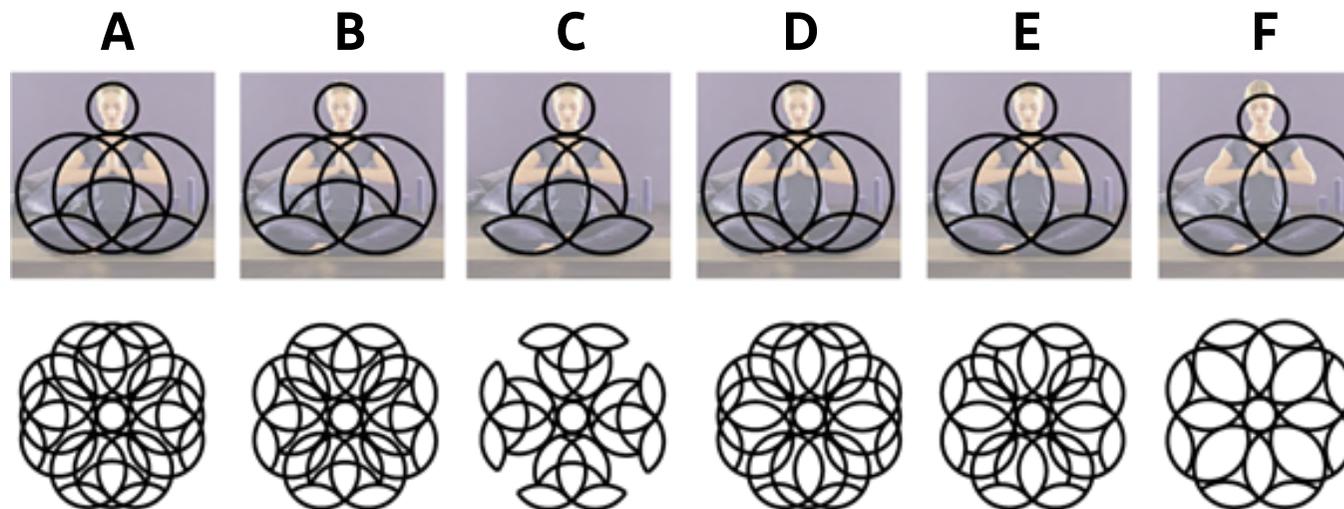


Figura 86: Variantes de bocetos para la segunda propuesta de logo. Elaboración propia.

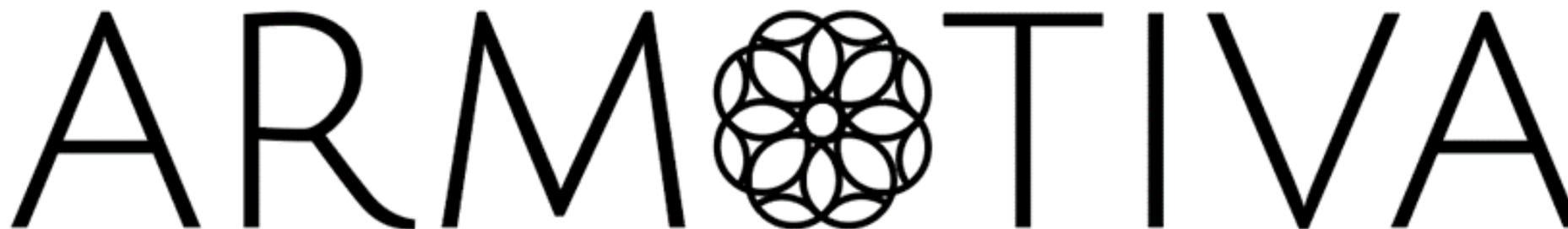


Figura 87: Logo final. Elaboración propia.

Bocetos superficie

Al igual que para el logo, se utilizó el círculo para diseñar una figura geométrica comenzando desde un punto central, teniendo en cuenta la armonía en relación con la forma de la superficie. Se elaboraron distintas propuestas en Illustrator, creadas a partir de círculos de igual tamaño, variando en número y posición (ver figura 88). Al final, se posicionó cada diseño en el centro, dentro de la dimensión real del prototipo (ver figura 89) con el propósito de seleccionar la figura más sencilla (número 5) y que lograra verse armoniosa en la propuesta final.

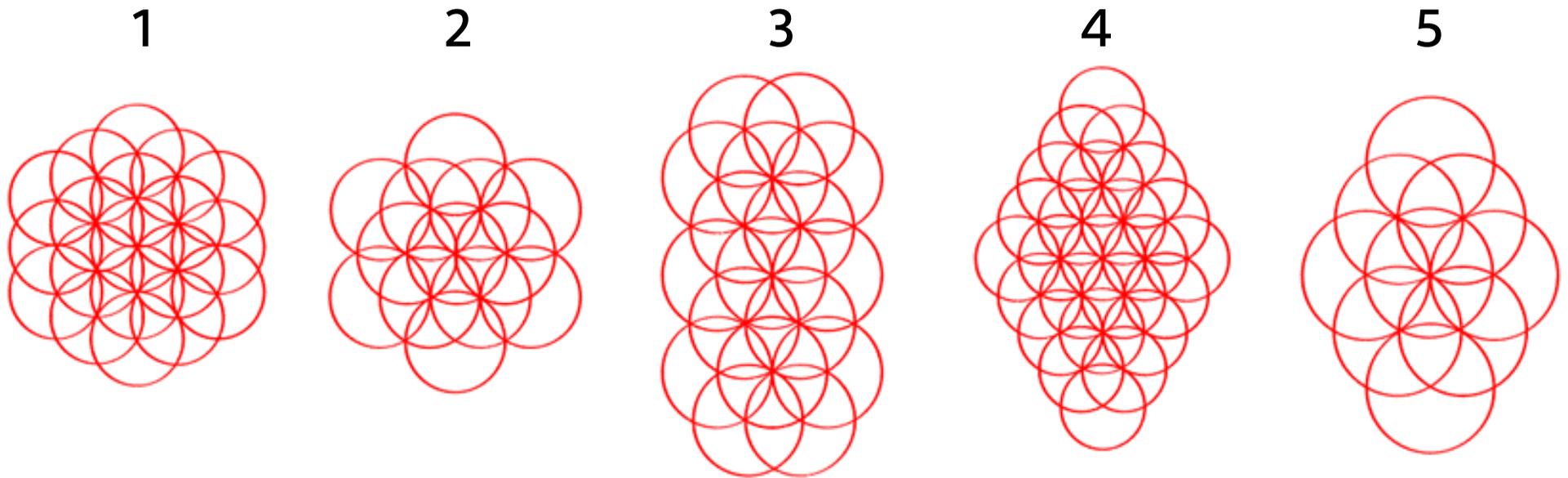


Figura 88: Propuestas de diseño para la superficie elaboradas a partir de círculos. Elaboración propia.

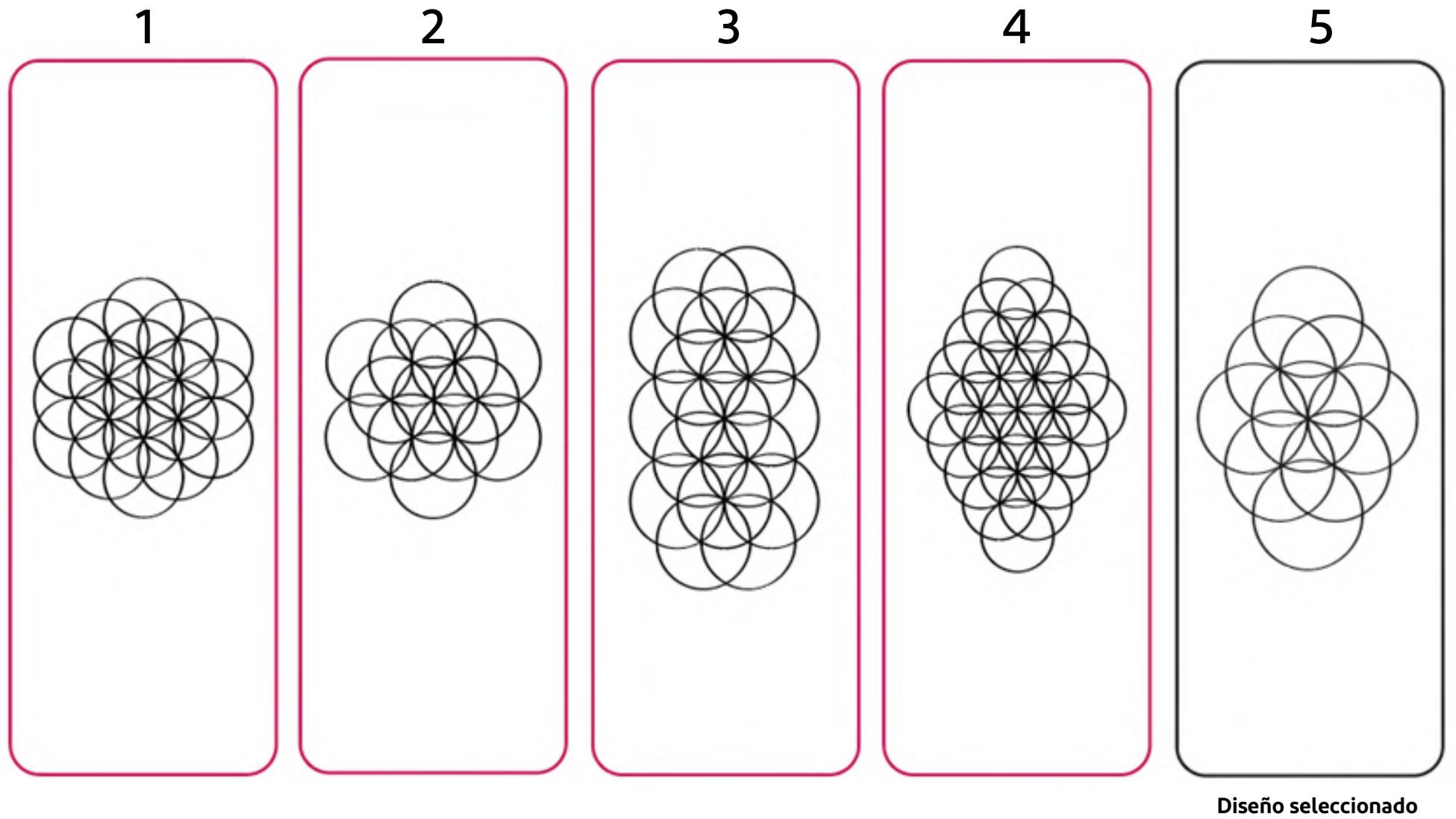


Figura 89: Variantes de propuesta final a implementar en el diseño de la superficie. Elaboración propia.

De acuerdo al diseño seleccionado previamente, se elaboraron nuevos bocetos considerando ambas caras de la superficie (frontal y trasera) los cuales se presentan en las siguientes figuras (ver figura 90, 91, 92 y 93).

Para los diseños se consideró la dimensión real de la superficie (160 x 60 x 0,4 cm) creando estos en primera instancia en un dibujo lineal, y luego de forma realista en el material.

Cara frontal

Se hicieron diferentes propuestas tomando en cuenta como base la figura principal y el logo. Adicionalmente, se añadieron otros elementos con la finalidad de mejorar la idea inicial (ver figura 90).

Se descartó el primer boceto, pues al diseño le faltaban elementos que lograran la armonía en conjunto. El segundo y tercer diseño tampoco fueron seleccionados, debido a la dificultad de legibilidad del logo en el extremo superior. Finalmente, de las últimas dos opciones (4 y 5) se seleccionó el boceto número 4 porque representó mejor el concepto, logrando simpleza, continuidad y equilibrio en sus componentes

Cara trasera

Por otro lado, se hizo un diseño para la cara trasera con el propósito de dar a conocer al usuario los cuidados básicos, evitando así el uso de etiquetas o instructivo que usualmente forman parte del envase. También se incluyó el logo y un código QR que permite obtener mayor información acerca del producto.

Se desarrollaron dos propuestas (ver figura 92), seleccionando la segunda puesto que representó una mayor simpleza al contener la información esencial para el uso del producto.

Diseño cara frontal

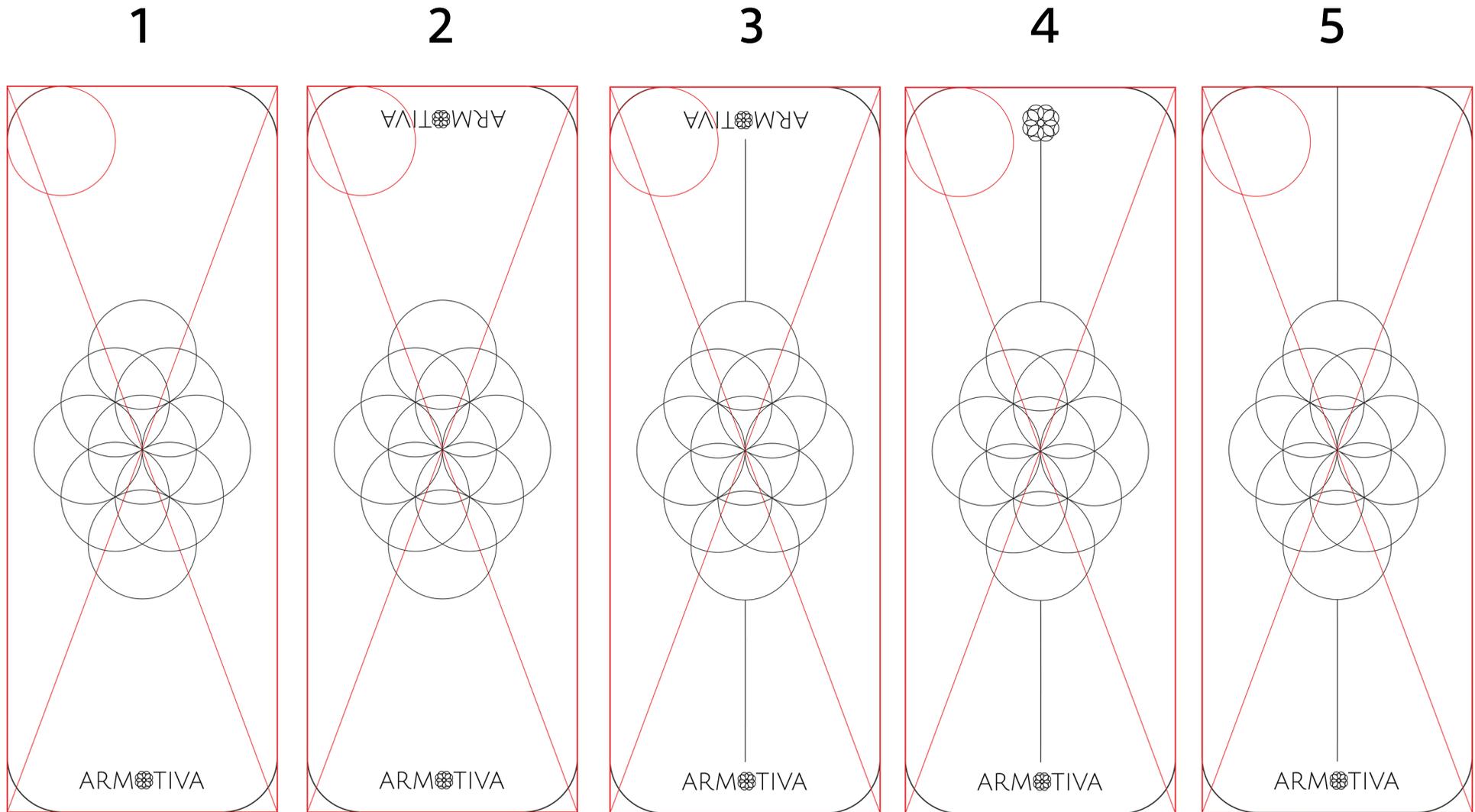


Figura 90: Bocetos de cara frontal para superficie. Elaboración propia

Diseño cara frontal

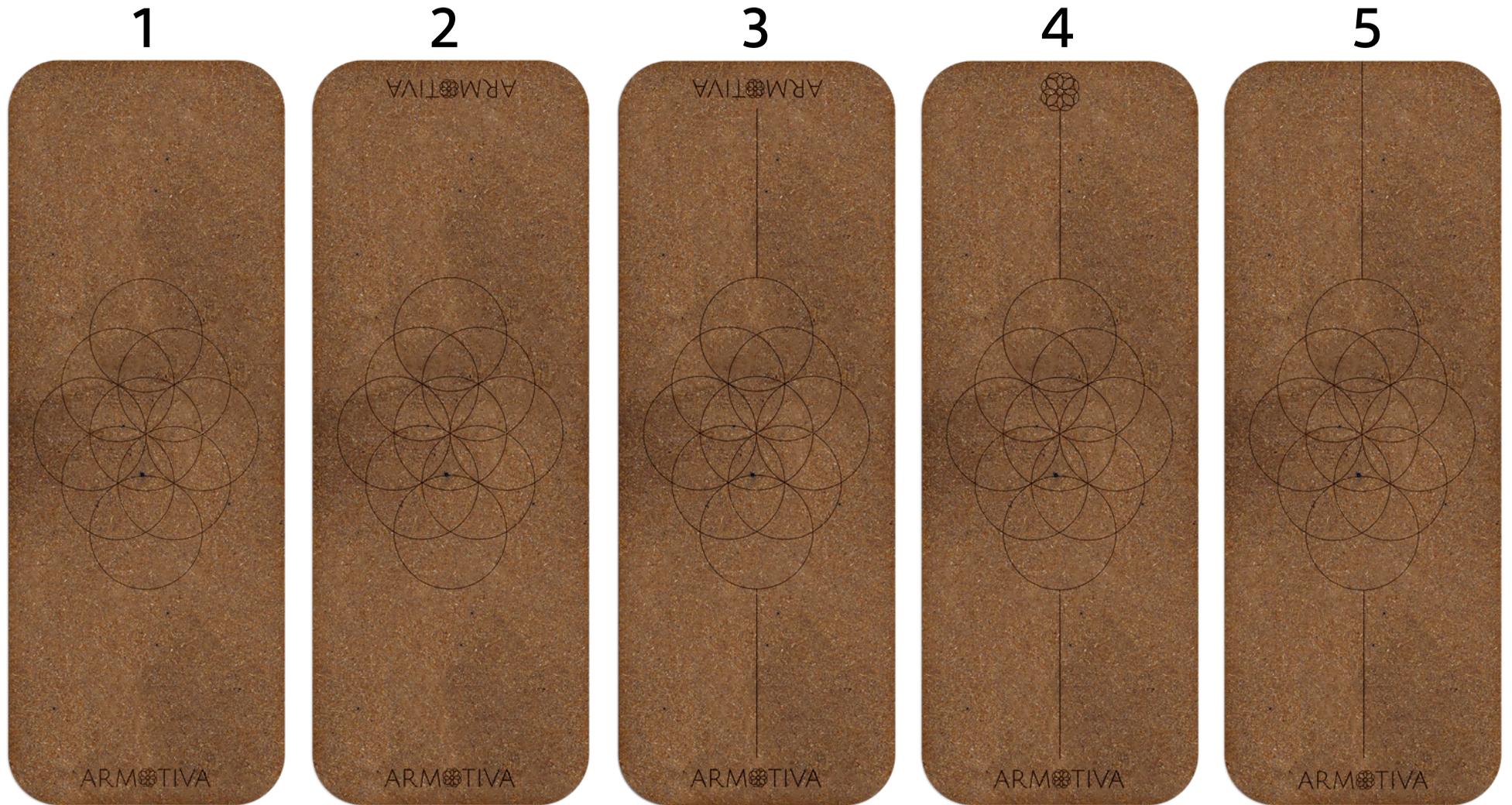
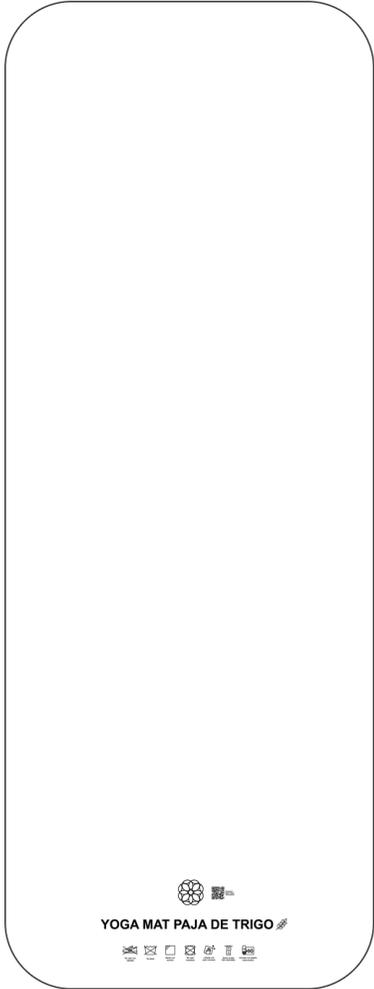


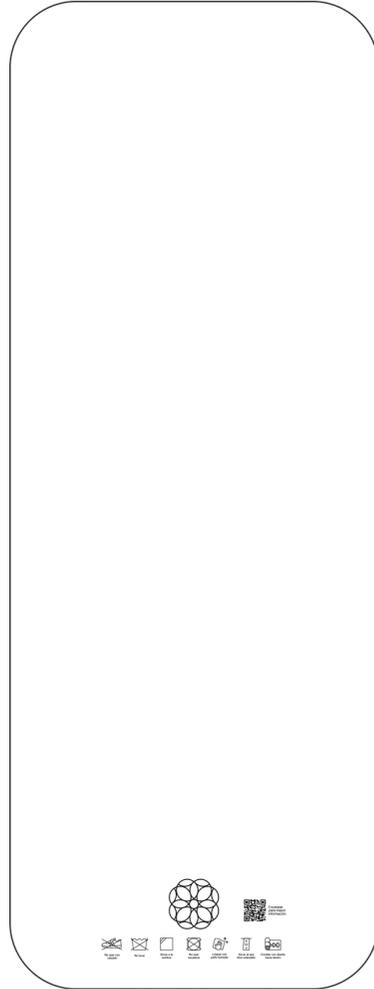
Figura 91: Representación gráfica de los bocetos cara frontal en el material real. Elaboración propia

Diseño cara trasera

1



2



1



2



Figura 92: Bocetos de cara trasera para superficie. Elaboración propia

Figura 93: Representación gráfica de los bocetos cara trasera en el material real. Elaboración propia

Diseño final

En la figura 94 se presenta el diseño final de ambas caras de la superficie.

Puesto que al realizar la cotización del diseño final el grabado láser fue elevado (\$45.000), se decidió hacer modificaciones a la cara frontal para reducir el costo, tales como disminución del diámetro de los círculos y la distancia de los elementos externos con el borde superior e inferior.

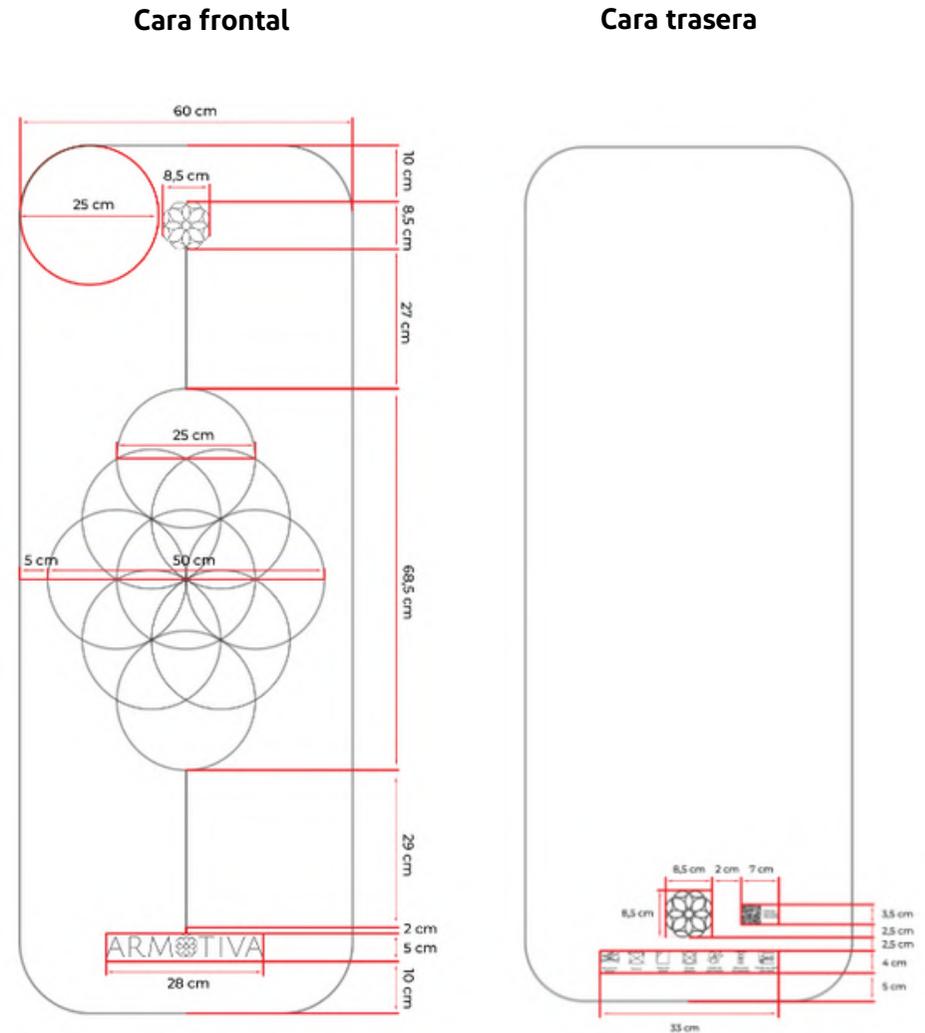


Figura 94: Propuesta final diseño superficie. Elaboración propia

Bocetos porta mat

Se desarrolló el diseño de un cinto porta mat, ya que en los resultados de la encuesta: Uso del mat de yoga, se menciona como accesorio mayormente empleado para el transporte. El material principal utilizado fue un cordel de yute, una fibra natural 100% biodegradable y reciclable que además en su cultivo requiere una menor cantidad de fertilizantes y plaguicidas, lo que en consecuencia es menos perjudicial para el medio ambiente (FAO, s.f).

En cuanto a la forma, se tomaron algunos referentes existentes como inspiración, rescatando la idea principal de lazo usado para la sujeción (ver figura 95) que permitiera ajustarse al tamaño de la circunferencia de la superficie enrollada. Considerando que el cordel no tiene una cara plana, se incluyó un apoyo del material compuesto en forma rectangular, con la finalidad de hacerlo más acolchado y cómodo al momento del transporte. El tamaño final del cinto se definió para ser utilizado en un sólo hombro para reducir así costo de material. En la figura 96 se muestra la idea del cinto porta mat.

Para determinar el tamaño del elemento de apoyo, se realizó una prueba ergonómica simulando el uso del cinto, identificando así los puntos de máxima presión que pudieran afectar la zona de contacto (ver figura 97). De acuerdo con esto, se estableció como medidas 20 cm largo, 5 cm ancho y 0,4 cm de espesor puesto que estas cubren la zona identificada. Además, se realizaron dos perforaciones de 1 cm de diámetro para permitir el paso del cordel torcido (8 mm).

Por otro lado, como parte del diseño de este elemento, se incluyó el logo en uno de los costados (grabado con láser) y se redondearon los bordes para mayor comodidad del usuario, continuando así con la estética de la superficie.

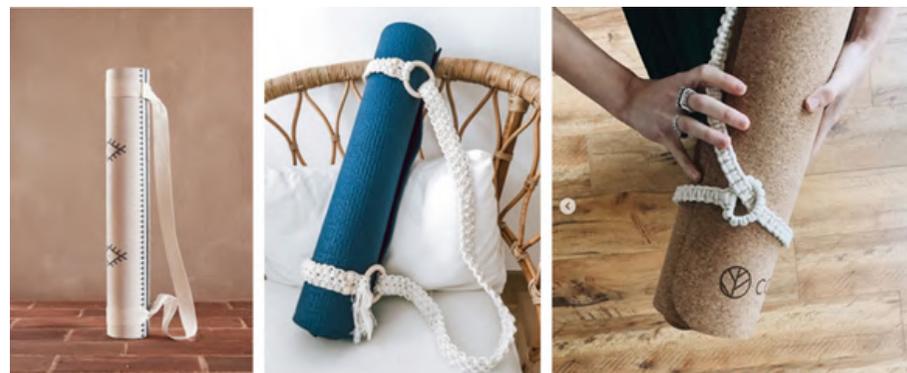


Figura 95: Referentes de cintos porta mat. Elaboración propia.

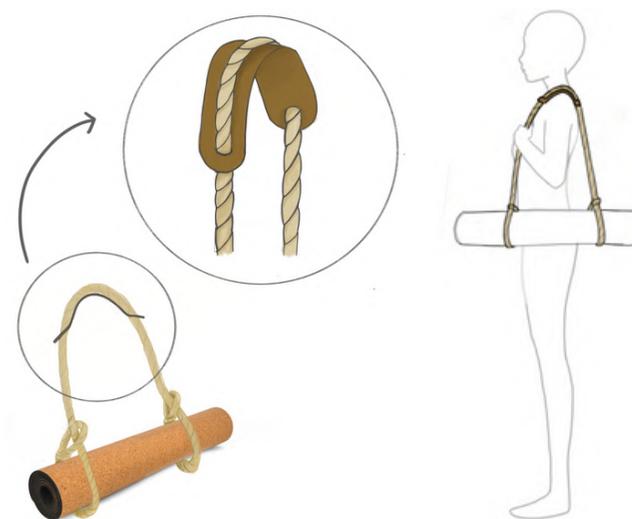


Figura 96: Bocetos de propuesta de diseño cinto porta mat. Elaboración propia.



Figura 97: Puntos críticos apoyo porta mat. Elaboración propia.

A continuación, se presentan los bocetos realizados para el apoyo del porta mat (ver figura 98), seleccionando el segundo, pues cumplió con las siguientes características: presentó la marca de manera legible y en una zona que evita un deterioro progresivo producto del roce constante de la cuerda durante el uso del cinto porta mat.



Figura 98: Bocetos propuesta apoyo porta mat. Elaboración propia

En cuanto al diseño del cinto, se probaron cuatro variantes de nudos de los cuales se eligió el último (D), pues este permitió funcionalidad al poseer un lazo que posibilita el paso de la cuerda y a la vez ocultar los extremos, logrando unión de estos sin la necesidad de coser, pegar o agregar algún elemento extra (ver figura 99).

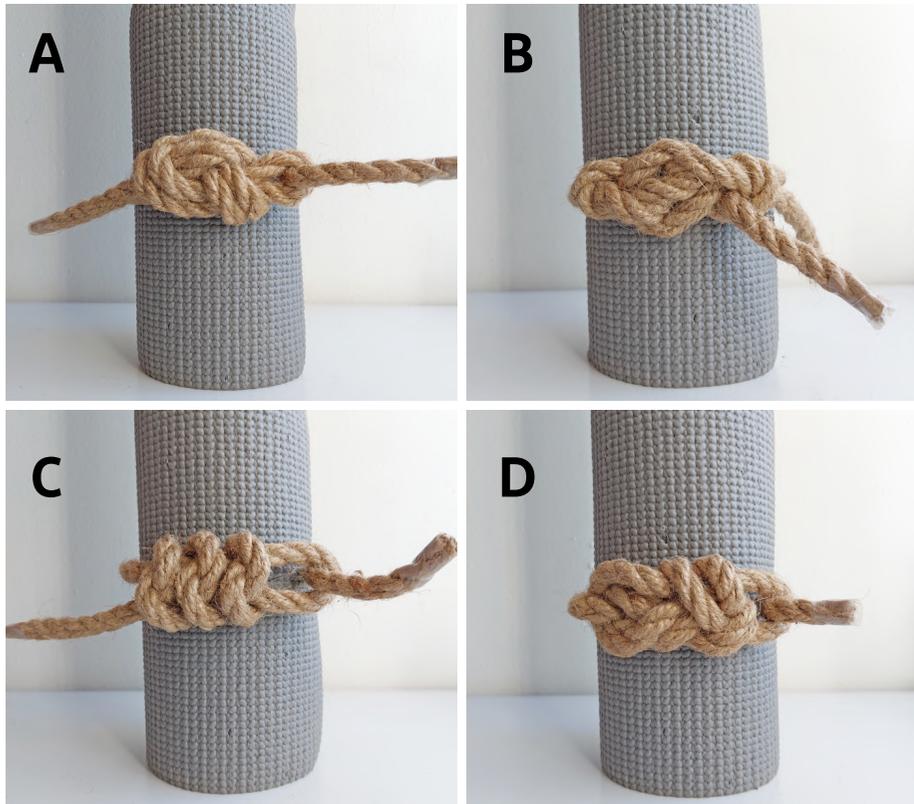
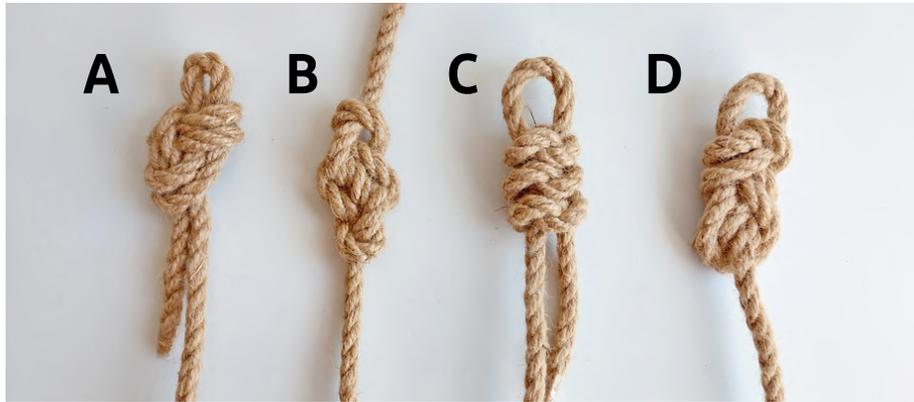
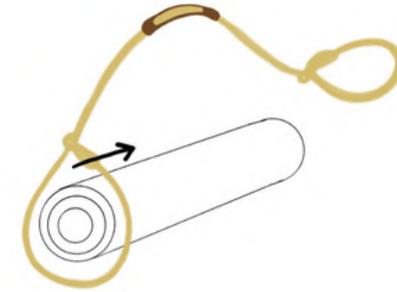
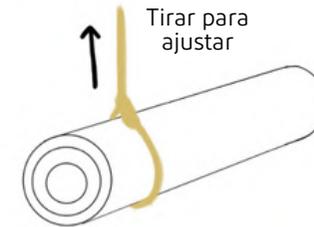


Figura 99: Opciones de nudo para cinto porta mat. Elaboración propia.

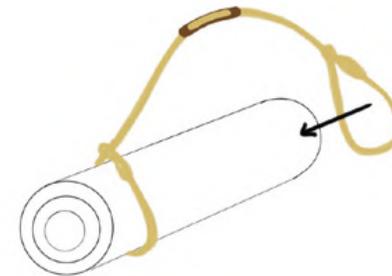
Paso 1



Paso 2



Paso 3



Paso 4

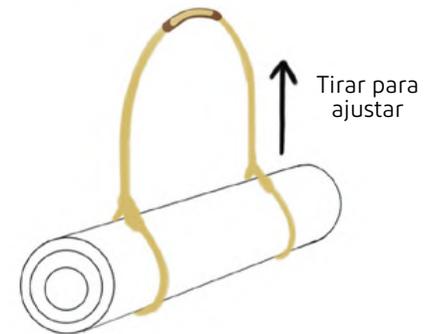


Figura 100: Funcionamiento propuesta final cinto porta mat. Elaboración propia

Informativo

Se elaboró un afiche (ver figura 101) con información relevante para los usuarios acerca del diseño de la superficie como características, especificaciones, origen, método de limpieza y cuidados. Toda esta información, se encuentra en un código QR grabado en la superficie, el cual al escanearlo redirecciona a una página web para que ésta pueda ser visualizada.

ARMOTIVA

Simplicidad y funcionalidad

CARACTERÍSTICAS

- Amortiguante: superficie segura para las articulaciones
- Antideslizante: resistencia al movimiento y estabilidad al realizar posturas.
- Respetuoso con el medio ambiente: fabricado de materiales de origen natural.

Superficie ecológica elaborada a partir de paja de trigo y PVA

ESPECIFICACIONES

Medidas: 160 cm x 60 cm
Espesor: 4.0 mm
Peso: 3.5 kg

LIMPIEZA

PASO N°1
Limpiar con paño húmedo cuidadosamente

PASO N°2
Secar al aire libre extendido

PASO N°3
Una vez seco, enrollar con el diseño hacia dentro

CUIDADOS

- No lavar
- No usar secadora
- Secar a la sombra
- No usar con calzado

Hecho de trigo 100% natural y PVA de origen natural
PVC FREE
Hecho de trigo 100% natural y PVA de origen natural

Figura 101: Afiche informativo. Elaboración propia.

4.1.3 Fabricar propuesta

Proceso de elaboración: superficie

Para la elaboración de la propuesta se fabricó un molde a escala real considerando 1 cm más en cada lado (162 x 62 x 0,4 cm) debido a que el material se reduce durante el proceso de secado. Para ello, se utilizó un tablero MDF de melamina blanca.

La mezcla del material compuesto se hizo considerando las proporciones 40 % paja, 55 % PVA y 5 % glicerina.

El proceso de secado se realizó en un ambiente exterior por un periodo de 14 días. Es importante mencionar que este fue llevado a cabo durante el mes de junio, por lo que las bajas temperaturas influyeron en que el tiempo fuera mayor. Posterior al secado se desmoldó y aplicó el recubrimiento en la totalidad de la superficie.

Una vez lista la superficie se le realizó el diseño de las caras utilizando grabado para el logo principal, código QR y letras y para el resto de los elementos corte con baja potencia (marcado)

Por último, el corte de los bordes sólo fue realizado en las esquinas superiores e inferiores de forma manual con cuchillo cartonero, ya que el tamaño se redujo durante el proceso de secado y no había suficiente superficie para cortar todo su contorno.

En la figura 102 se presenta un resumen de los procesos para la elaboración del prototipo de la superficie y en la figura 103 fotografías del resultado final.



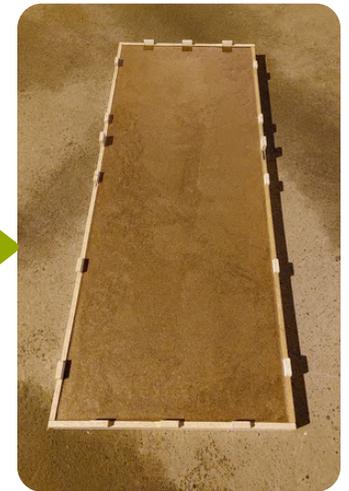
Fabricación del molde



Preparación de la mezcla



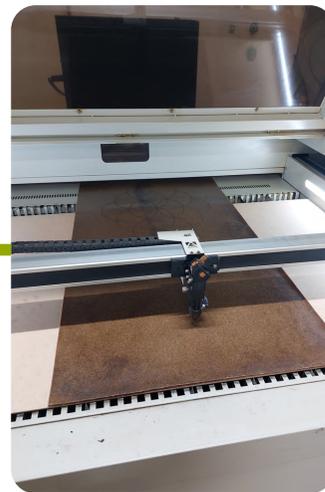
Vaciado de mezcla en el molde



Secado del prototipo



Desmoldado y aplicación del recubrimiento



Grabado láser



Corte de bordes



Resultado final

Figura 102: Procesos para la elaboración del prototipo de superficie. Elaboración propia.

Resultado final



Figura 103: Registro fotográfico del resultado prototipo final de la superficie. Elaboración propia.

Proceso de elaboración: cinto porta mat

Para fabricar el cinto porta mat se utilizó una cordel de yute torcido de 8 mm de una longitud de 3 m.

Se realizó el nudo y en los extremos se aplicó PVA para mantener la unión de las fibras que conforman la cuerda.

El apoyo del cinto fue fabricado mediante corte y grabado láser el cual se posicionó antes de realizar el segundo nudo para obtener así el resultado final.

En la figura 104 se explica el proceso de elaboración del cinto porta mat y en la figura 105 fotografías del resultado final del prototipo del cinto porta mat.

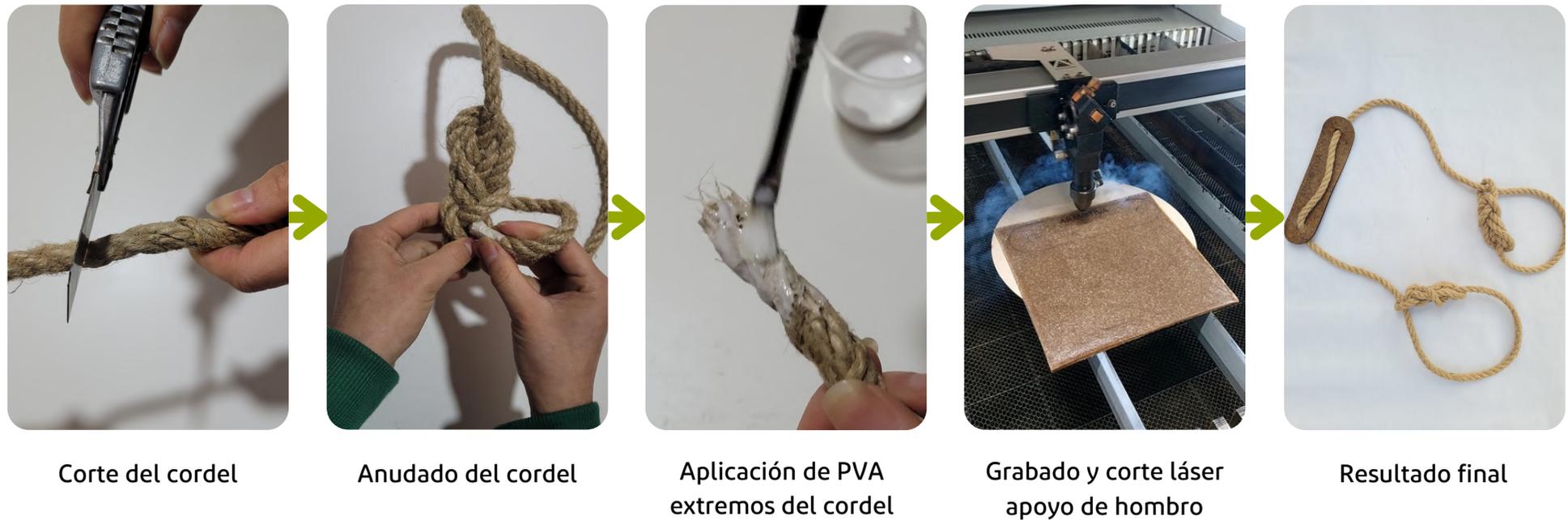


Figura 104: Procesos para la elaboración del prototipo del porta mat. Elaboración propia.

Resultado final



Figura 105: Registro fotográfico del resultado prototipo final del cinto porta mat. Elaboración propia.

Actividad 4.2 Validación del prototipo con el usuario

4.2.1 Validar prototipo mediante uso por practicante de la disciplina en una sesión de yoga

Se llevó a cabo la validación con tres usuarias, con las siguientes características (ver tabla 39):

Tabla 39: Características de usuarias en encuesta de validación. Elaboración propia

Característica	Usuaría 1	Usuaría 2	Usuaría 3
Edad	28	30	24
Estatura	1.60 m	1.62 m	1.60 m
Tipo de yoga que practica	Profesora Ashtanga Yoga	Estudiante y practicante Hatha Yoga	Practicante Hatha Yoga
Ambiente de evaluación	Centro de yoga	Hogar	Aire libre

Respecto a la encuesta, las características antideslizante, amortiguante, estabilidad y flexibilidad fueron las mejor evaluadas, con un puntaje superior o igual a 2,7 puntos (siendo el máximo 3 puntos por característica) (ver tabla 40). Esto es beneficioso durante la práctica, ya que permite un uso cómodo y seguro, cumpliendo con más del 60 % de los requisitos básicos evaluados (4 de 6 características) que debe tener este implemento. En cambio, liviano y facilidad de transporte obtuvieron un puntaje de 1,3 puntos (ver tabla 40), relacionado principalmente al peso de la superficie (3,5 kg) lo que, a su vez, dificultó su traslado.

Tabla 40: Resultados de encuesta de validación. Elaboración propia

Característica	Puntaje			Promedio
	Usuaría 1	Usuaría 2	Usuaría 3	
Antideslizante	3	3	3	3
Amortiguante	2	3	3	2,7
Estabilidad	3	3	2	2,7
Liviano	1	1	2	1,3
Flexibilidad	3	3	3	3
Facilidad de transporte	1	1	2	1,3

Con relación a las preguntas enfocadas en la propuesta conceptual, los comentarios de las usuarias concordaron en que el diseño es armonioso y es posible identificar su procedencia de un material natural refiriendo los siguientes comentarios:

- Se ve que es de un material natural por su textura, color y aroma.
- El diseño en su totalidad me permite realizar posturas sin dañar mi cuerpo (articulaciones y evitar resbalarse).
- Siento que las figuras grabadas en el mat combinan entre sí y no se ve sobrecargado.
- Los dibujos tienen relación con el yoga y además se ve minimalista.
- Parece hecho de un material ecológico, lo que es amigable con el medio ambiente.
- El color y la textura indica de donde viene su materialidad.
- El color marmoleado lo hace ver más natural.
- Estéticamente el cinto combina con el mat.

Otros comentarios adicionales de las usuarias fueron:

- Me encantó la presentación, es difícil encontrar un mat con diseños bonitos que tengan harto grip (antideslizante) lo que considero esencial. Lo único que es un poco pesado, además el diseño te invita a practicar.
- El mat se ve estable, pero como lo probé en el pasto, no lo pude apreciar bien.
- Quizás podría tener un bolso para viajes más largos.
- El diseño le da un plus, no solo el material. Si no tuviera el diseño (dibujos) no sería lo mismo.
- Me pareció ser un material resbaladizo, pero al usarlo es lo contrario.
- El porta mat es muy práctico.
- Se parece en el peso a un mat de caucho.
- Prefiero sacrificar el peso, si es antideslizante y ecológico.

En general, el prototipo cumplió con la mayoría de las características necesarias para lograr su función, y tuvo una aceptación positiva por parte de las usuarias que lo utilizaron. La desventaja principal que mencionaron fue el peso, refiriendo dos de ellas que este era bastante similar a un mat de caucho (3 kg). No obstante, en los comentarios adicionales se mencionó que la característica inicial que se busca en un mat de yoga es el antideslizamiento y que el peso podría tener una menor relevancia.

En las figuras 106, 107 y 108 se puede observar el registro visual de las usuarias utilizando el prototipo.

Usuaria N°1

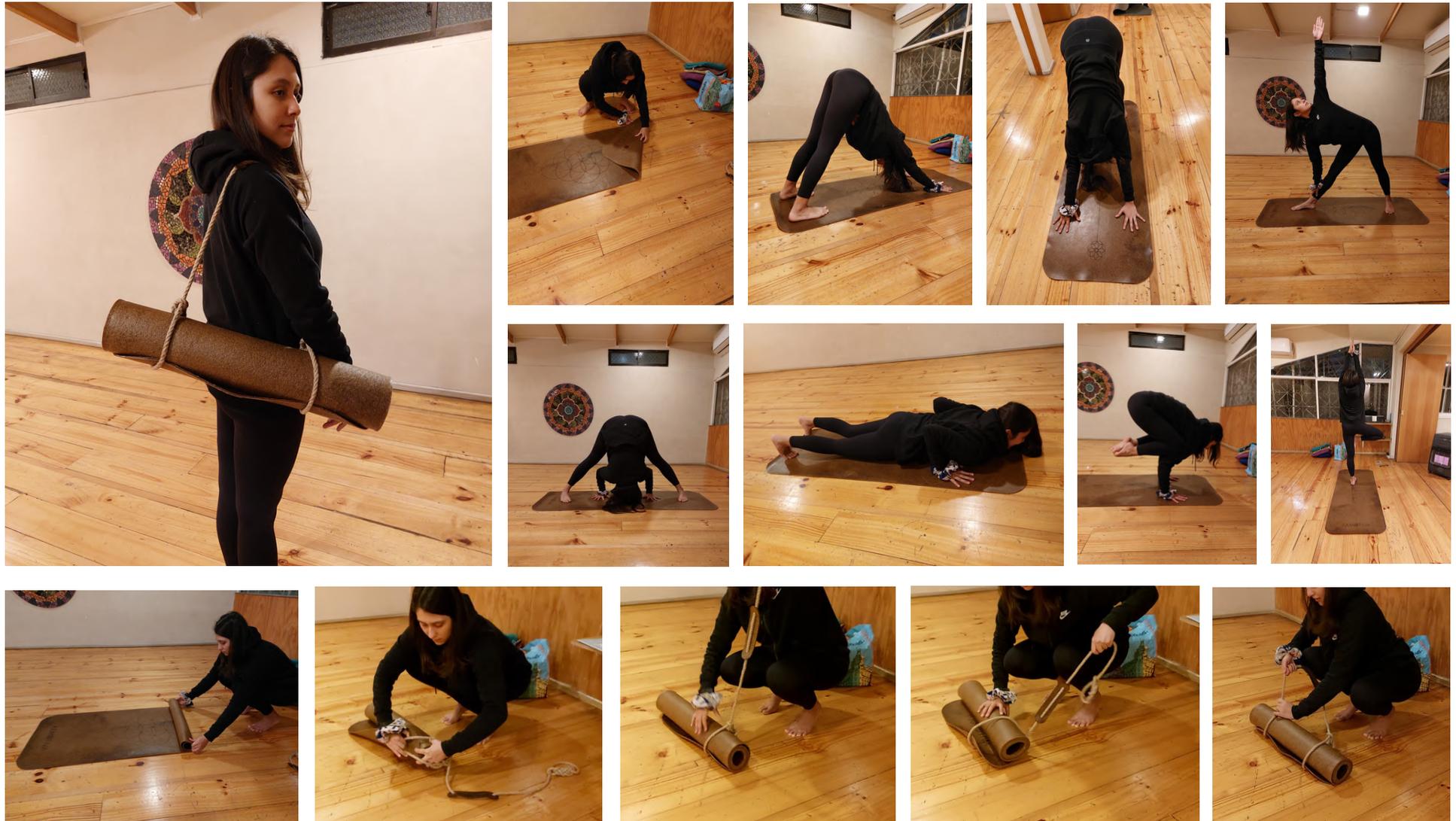


Figura 106: Usuaria N°1 utilizando el prototipo final de superficie y cinto porta mat. Elaboración propia.

Usuaria N°2



Figura 107: Usuaria N°2 utilizando el prototipo final de superficie y cinto porta mat. Elaboración propia.

Usuaria N°3



Figura 108: Usuaria N°3 utilizando el prototipo final de superficie y cinto porta mat. Elaboración propia.

CAPÍTULO 4: CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

Este proyecto, tuvo como objetivo principal desarrollar un material compuesto sostenible a base de paja de trigo, con el propósito de fabricar una superficie de apoyo para la práctica de yoga. Cabe recalcar, que durante todo el proceso de diseño se tuvieron en cuenta criterios de sostenibilidad para orientar la toma de decisiones, logrando así en su totalidad el objetivo. Por tanto, el propósito de esta investigación se cumplió, ya que fue posible transformar un residuo agroindustrial en un implemento con un menor impacto ambiental.

El primer objetivo específico, "Caracterizar el residuo paja de trigo harinero como materia prima para desarrollar un material compuesto de bajo impacto ambiental" fue fundamental, ya que, a partir de este, se logró identificar características de la materia prima en su estado inicial y así determinar el formato conveniente para su uso.

En cuanto, al segundo objetivo "Diseñar un material compuesto de bajo impacto ambiental a base de residuo paja de trigo harinero", se realizó por medio de un trabajo experimental iterativo, logrando determinar las proporciones de mezcla y aglomerante a utilizar con las características necesarias. Adicionalmente, para mejorar su resistencia al agua, se incorporó un recubrimiento elaborado a partir de componentes naturales (aceite de linaza y cera de abeja).

El tercer objetivo "Explorar las propiedades físicas, mecánicas, trabajabilidad, resistencia a agentes externos y perceptuales", permitió por medio de diferentes ensayos, identificar desde características propias del material hasta cómo las personas lo percibían. Como resultado de esta etapa se elaboró una ficha técnica que resume la información obtenida.

Finalmente, se cumplió el cuarto objetivo "Validar el material compuesto desarrollado, mediante su aplicación como superficie de apoyo para práctica del yoga", ya que a partir del material diseñado se obtuvo el prototipo de la superficie de apoyo, siendo este utilizado por practicantes de yoga con recepción y críticas positivas, además de retroalimentación acerca de su mejora.

Se puede concluir, que la hipótesis planteada al inicio del proyecto fue comprobada, pues se demostró que es factible diseñar un material a base de paja de trigo y, a su vez, un implemento considerado esencial en la práctica de yoga. Aunque, el peso fue la mayor desventaja mencionada por los usuarios, no logró superar las cualidades positivas del prototipo, destacando su menor impacto ambiental (comparado a sus versiones tradicionales) y antideslizamiento, proponiendo, por tanto, el uso de un residuo como materia prima para la fabricación de un producto a escala industrial.

CAPÍTULO 5: PROYECCIONES

PROYECCIONES

Se proyecta su implementación en la región de la Araucanía, postulando a un fondo concursable de CORFO "Huella innovación" que apoyan emprendimientos innovadores, ya que considera los tres ámbitos de acción social, medio ambiente y económico. El impacto social está ligado a la generación de nuevos empleos, pues sería necesario formar un equipo de trabajo que incluya diseñadores que lideren el proyecto, agricultores locales que proporcionen la materia prima y personas cesantes de la región que deseen participar en la producción. A nivel económico, al manufacturar un producto local aumentaría la actividad económica a nivel regional, proporcionando ingresos a las comunidades encargadas de la extracción, transformación y venta del material, y a su vez reducir los costos en traslado de la materia prima. Por último, el impacto medio ambiental se aborda desde la utilización de un residuo, lo cual favorece la disminución de gases contaminantes producto de su quema y la creación de un material sostenible como alternativa al PVC empleado en los mat mayormente comercializados en Chile.

En relación al sistema productivo, considerando que la elaboración del prototipo fue de forma artesanal, se plantea la realización de este proyecto a nivel industrial, mediante el uso de maquinarias que mecanicen y optimicen el tiempo de trabajo, favoreciendo un resultado más prolijo del producto final. Para esto, se sugiere el uso de calandreadora (para aplanar, secar y uniformizar el material), una máquina de corte de moldeo (para el dimensionamiento de la superficie) y una CNC láser (para el grabado del diseño), con el propósito de llevar a cabo una fabricación en serie de manera industrializada.

Por otro lado, sería conveniente realizar nuevamente el ensayo de degradabilidad, pero en un ambiente controlado para determinar exactamente el tiempo de descomposición del material en un entorno natural. Asimismo, incluir resultados de un ensayo de compresión bajo una norma establecida, ayudaría al conocimiento más profundo del material y así evaluar otras posibles aplicaciones.

Finalmente, es recomendable llevar a cabo un análisis detallado del ciclo de vida del producto diseñado, para identificar el impacto ambiental generado desde la obtención de la materia prima hasta su fin de vida.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AgarGel. (s.f). Agar- agar Retrieved on august 31, 2021 from <http://agargel.com.br/en/agar-agar/#especificacoes>
- Aguilar, S. (2005). Fórmulas para el cálculo de la muestra en investigaciones de salud. *Salud en Tabasco*, 11(1-2), 333-338.
- Álvarez, L., García, R., Ulloa, R., Arellano, M., & García, A. (2019). Potencial biotecnológico para la valorización de residuos generados en granjas porcinas y cultivos de trigo. *Entreciencias: Diálogos en la Sociedad del Conocimiento*, 7(21). doi:<https://doi.org/10.22201/enesl.20078064e.2019.21.70799>
- Ambrosini, D. (2016). Instructing Hatha Yoga: A Guide for Teachers and Students: *Human Kinetics*.
- Ashby, M., & Johnson, K. (2002). *Materials and Design: The Art and Science of Material Selection in Product Design*. Butterworth-Heinemann.
- ASTM. (2017). D1666-17 Standard Test Methods for Conducting Machining Tests of Wood and Wood-Base Panel Materials. In. West Conshohocken, PA.
- ASTM. (2019). D 4060-19 Standard Test Method for Abrasion Resistance of Organic Coatings by the Taber Abraser. In. West Conshohocken, PA.
- ASTM. (2020). D1037-12 (2020) Standard Test Methods for Evaluating Properties of Wood-Base Fiber and Particle Panel Materials. In. West Conshohocken, PA.
- ASTM. (2021). D412-16 (2021) Standard Test Methods for Vulcanized Rubber and Thermoplastic Elastomers—Tension. In. West Conshohocken, PA.
- ASTM. (2021). D5034-21 Standard Test Method for Breaking Strength and Elongation of Textile Fabrics (Grab Test).
- ASTM. (2021). D543-21 Standard Practices for Evaluating the Resistance of Plastics to Chemical Reagents.
- Ayarza, J. (2015). Extracción y caracterización de alginato de sodio procedente del alga parda *Macrocystis sp.* Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú. Retrieved from https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/6443/AYARZA_JORGE_LUIS_ALGINATO_MACROSYSTIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Basero, J. (2017). Desarrollo de nuevas formulaciones de látex de caucho libres naturales de n-nitrosaminas, hipoalergénicas y ecológicas, y su caracterización por RMN de campo bajo Universidad Complutense de Madrid Madrid, España. Retrieved from <https://eprints.ucm.es/id/eprint/42693/1/T38785.pdf>
- Baumann, M., & Conner, A. (2003). Carbohydrate Polymers as Adhesives. In *Handbook of Adhesive Technology* (2 ed., pp. 592-507). New York: Marcel Dekker.
- Blackstone, N., El-Abbadi, N., McCabe, M., Griffin, T., & Nelson, M. (2018). Linking sustainability to the healthy eating patterns of the Dietary Guidelines for Americans: a modelling study. *The Lancet Planetary Health*, 2(8), e344-e352. doi:[https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(18\)30167-0](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(18)30167-0)
- Botet, A. (2018). Estudio de los plásticos como material reciclado para la obtención de material de construcción. Universitat Politècnica de València, Retrieved from <http://hdl.handle.net/10251/115263>
- Brundtland, H. (1987). Nuestro futuro común: Informe Brundtland. Retrieved from Nueva York: http://www.ecominga.uqam.ca/PDF/BIBLIOGRAPHIE/GUIDE_LECTURE_1/CMMAD-Informe-Comision-Brundtland-sobre-Medio-Ambiente-Desarrollo.pdf
- Bustamante, D. (2020). Desde el residuo: Al rescate de la cáscara de nuez. Universidad de Chile, Santiago, Chile.
- Calle, R. (2015). El Gran Libro de Yoga. In. Retrieved from <https://books.google.cl/books?id=6LolrgEACAAJ>
- Calvo, F., & García, J. (2013). Introducción a la química de los polímeros biodegradables: una experiencia para alumnos de segundo ciclo de la ESO y Bachillerato. *Anales de Química*, 109(1), 38–44.
- Camere, S., & Karana, E. (2018). Experiential characterization of materials: Toward a toolkit.
- Canale, G. (2015). *Manual de materiales para la sustentabilidad: Nobuko*.
- Carro, F. (2007). Construcción con balas de paja. Estudio de las propiedades de la paja embalada y su utilización como material de construcción. Escuela Universitaria de Arquitectura Técnica de A Coruña, Coruña, España. Retrieved from <http://hdl.handle.net/2183/24450>

- Catrileo, A. (2015). Alimentación de vacunos con pajas de cereales. In Inia (Ed.), Instituto de Investigaciones Agropecuarias (Vol. 82, pp. 2). Temuco, Chile.
- Cervantes, G. (2011). Ecología industrial: innovación y desarrollo sostenible en sistemas industriales.
- Cervantes, G., Sosa, R., Rodríguez, Z., & Roble, B. (2009). Ecología industrial y desarrollo sustentable. *Ingeniería*, 13(1), 63-70.
- Céspedes, M. (2004). Bases técnicas para la producción del compost Tierra Adentro, 59, 38-41.
- Chen, H. (2014). Chemical Composition and Structure of Natural Lignocellulose. In *Biotechnology of Lignocellulose: Theory and Practice* (pp. 25-71). Dordrecht: Springer Netherlands.
- CORFO. (2019). Huella Innovación. Retrieved on august 31, 2021 from <https://www.corfo.cl/sites/cpp/convocatorias/huella>
- Cotrisa. (2019). Comportamiento del mercado de trigo. Retrieved from https://www.cotrisa.cl/actualidad/doc/info_semanal_mercado_02dic_08dic_19.pdf
- Cultural Librería Americana. (2004). Anatomía y fisiología del cuerpo humano. Buenos Aires, Argentina.
- Escuela Integral de Yoga. (s.f). Yoga Integral. Retrieved from <https://escuelaintegraldeyoga.cl/yoga-integral/>
- FAO. (s.f). Fibras del Futuro. Retrieved from <https://www.fao.org/economic/futurefibres/fibres/jute/es/>
- Farías, C., Fernández, G., & Espinoza, A. (2019). El rol indicador del valor del trigo candeal en el funcionamiento del mercado y coordinación de la cadena. Retrieved from <https://www.odepa.gob.cl/wp-content/uploads/2019/03/Indicador2018rev6.pdf>
- FIQUETEX. (2021). Sustainable Textiles. Retrieved Retrieved on august 31, 2021 from <https://www.fiquetex.com/>
- Folis Araucanía. (s.f). Bienvenidos a Folil Araucanía. Retrieved 22 June 2022 from <https://www.folilaraucania.cl/empresa/>
- Frihart, C. (2012). Wood Adhesion and Adhesives. In *Handbook of Wood Chemistry and Wood Composites* (2 ed., pp. 703). Boca Raton, EE.UU.
- Frihart, C., & Hunt, C. (2010). Adhesives with Wood Materials Bond Formation and Performance. In *Wood Handbook Wood as an Engineering Material* (pp. 509).
- Fundación Chiquihue. (2018). Manual para la elaboración de agar- agar orgánico a partir de pelillo. Retrieved from <http://www.fundacionchiquihue.cl/wp-content/uploads/2020/06/Manual-para-elaboraci%C3%B3n-de-agar-agar-Fundaci%C3%B3n-Chiquihue-20191.pdf>
- García, A., Amado, M., Campbell, H., Brito, R., & Toscano, L. (2013). Madera plástica con paja de trigo y matriz polimérica. *Tecnología en Marcha*, 26(3), 26-38.
- García, A., Amado, M., Casados, M., & Brito, R. (2013). Madera plástica con PET de post consumo y paja de trigo. *Ciencia y tecnología*, 13, 25-40. doi:<https://doi.org/10.18682/cyt.v1i13.30>
- Gaurav, M. (2019). Cheer Project: From Earth, To Earth. Retrieved from <https://www.gauravmkwali.com/cheer-project>
- Gobierno de Chile (2019). Informe Nacional Voluntario Chile 2019, Agenda 2030. Retrieved from http://www.chileagenda2030.gob.cl/storage/docs/Informe_Nacional_Voluntario_CHILE_2019.pdf
- Herrera, R. (2020). Plan de Negocio para la Comercialización de Cucho Natura (Hevea brasiliensis) - Empresa Agromontana SAS - Vereda Carubare, Municipio de Puerto López, Departamento del Meta. Universidad Santo Tomás, Colombia. Retrieved from https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/22231/2020rocio_herrera.pdf?sequence=6&isAllowed=y
- IARC. (2006). Formaldehído, 2-butoxietanol y 1- terc -butoxipropan-2-ol. Retrieved from Lyon, France: <https://publications.iarc.fr/106>
- INIA. (2015). Rastrojo de cultivos y residuos forestales. Programa de Transferencia de Prácticas Alternativas al Uso del Fuego en la Región del Biobío. Retrieved from Chillán, Chile: <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/123456789/7856/NR40196.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- IPEN. (2020). Los aditivos tóxicos del plástico y la economía circular. Retrieved from https://ipen.org/sites/default/files/documents/plastics_and_additives_final-low-o-es.pdf
- Jory. (s.f). Protector de madera. Retrieved from <http://www.linazajory.cl/doblecocido.html>
- Kehl. (2007). Aglomerantes Kehl Retrieved from <http://www.kehl.ind.br/poliuretanos.php?opcao=agl>

- Kowszyk, Y., & Maher, R. (2018). Estudios de caso sobre modelos de economía circular e integración de los objetivos de desarrollo sostenible en estrategias empresariales en la UE y ALC. Retrieved from
- Lan, X. (2020). Mi diario de yoga (001 ed.): Grijalbo.
- Lenzi de Almeida, K., Spreafico, F., Teles, G., & Guzmán, M. (2008). Efecto de la semilla de linaza (*Linum usitatissimum*) en el crecimiento de ratas Wistar. *Revista chilena de nutrición*, 35, 443-451.
- León, M. (2018). Diseño de accesorios textiles para la práctica del yoga y la meditación. Universidad del Azuay, Cuenca, Ecuador. Retrieved from <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/8124>
- Lizama, A. (2015). Las paradojas del yoga. El caso de Chile. Universidad Autónoma de Barcelona, Facultad de Ciencias Políticas y de Sociología. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/299423648_Las_paradojas_d_el_yoga_El_caso_de_Chile
- Madera21. (2017). Conoce los 4 adhesivos más comunes para la madera estructural. Retrieved from <http://www.madera21.cl/?p=1169>
- Mancilla, C., Castrejon, C., Rosas, T., Blanco, E., & Perez, S. (2013). Extracción y separación de pigmentos vegetales. *Academia Accelerating the world's research*.
- Maquituls. (2015). Tras la recolección del cereal, llega el momento de las alpacas o balas de paja. Retrieved on August 31, 2021 from <https://www.maquituls.es/noticias/alpacas-de-paja-pacas-de-paja/>
- Martel, J., & Pacheco, R. (2018). EntreNiebla: experimentación de material compuesto, basado en los desechos del mimbre. *RChD: creación y pensamiento*, 3(5), 16. doi:10.5354/0719-837x.2018.49761
- Material Lab. (2019). Exhibiciones imperdibles de 'biomateriales' de la semana del diseño holandés 2019.
- Materiom. (s.f). Fibra de coco - Agar Bioplástico CoF 01. Retrieved on August 31, 2021 from <https://materiom.org/recipe/212>
- Materiom. (s.f). Pine cone | sodium alginate composite. Retrieved on August 31, 2021 from <https://materiom.org/recipe/645>
- Maya, D. (2017). Estudio y aplicación del almidón de maíz. Instituto Politécnico Académico, Ciudad de México. Retrieved from <https://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/24229/1/Tesis%20Estudio%20y%20aplicaci%C3%B3n%20del%20almid%C3%B3n%20de%20maiz.pdf>
- Mendez, D., Quinteros, J., Váquiro, H., & Solanilla, J. (2014). Alginato de sodio en el desarrollo de películas comestibles | Sodium alginate in the development of edible films. *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 5(2), 089-113.
- Mineduc. (2019). Estadísticas por carrera. Retrieved from <https://www.mifuturo.cl/buscador-de-estadisticas-por-carrera/>
- MMA. (2017). Quemadas agrícolas. Retrieved from <https://retc.mma.gob.cl/quemas-agricolas/>
- Mohanty, A. (2002). Sustainable Bio-Composites from Renewable Resources: Opportunities and Challenges in the Green Materials World. *Journal of Polymers and the Environment*, 10, 19-26.
- Moreno, C. (2019). "Cuero vegetal" Material textil no tejido basado en fibras de corteza de *Eucalyptus Globulus* para aplicaciones de diseño de indumentaria. Universidad de Chile, Santiago, Chile.
- Moura, F., & Rocco, F. (2004). Alternative Castor Oil-Based Polyurethane Adhesive Used in the Production of Plywood. *Material Research*, 7(3), 8. doi:<https://doi.org/10.1590/S1516-14392004000300007>
- Muñoz, L. (2019). Valorización del carozo de durazno para el desarrollo de un material compuesto sostenible y su potencial aplicación. Universidad de Chile, Santiago, Chile.
- NCD-RisC. (2017). Height. Evolution of height over time. Retrieved from <https://ncdrisc.org/height-mean-ranking.html>
- NCh. (1986). NCh176/2:1986 Madera - Parte 2: Determinación de la densidad.
- Ndazi, B., Tesha, J., & Bisanda, E. (2006). Some opportunities and challenges of producing bio-composites from non-wood residues. *Journal of Materials Science*, 41(21), 6984-6990. doi:10.1007/s10853-006-0216-3
- Novofibre. (2016). Novofibre Formaldehyde-free OSSB, a Massive Hit at CBD Fair. Retrieved on August 31, 2021 from https://www.novofibre.com/news/latest-news/2016/2016-07-18_2016%20Fair%20guangzhou.php
- ODEPA. (2012). Mercado del trigo en Chile Producción y comercialización en la temporada 2011/12. Retrieved from Santiago, Chile: <https://www.odepa.gob.cl/odepaweb/publicaciones/doc/6105.pdf>
- ODEPA. (2017). Agricultura Chilena Reflexiones y Desafíos al 2030. Retrieved from https://www.odepa.gob.cl/wp-content/uploads/2018/01/ReflexDesaf_2030-1.pdf

- ODEPA. (2019). Boletín de Empleo Retrieved from <https://www.odepa.gob.cl/wp-content/uploads/2019/04/Boletin-Empleo-Abril-2019.pdf>
- ODEPA. (2021). Boletín de Cereales. Retrieved from Santiago, Chile: <https://bibliotecadigital.odepa.gob.cl/bitstream/handle/20.500.12650/70712/Bolet%C3%ADn-cereales-marzo-2021.pdf>
- ODEPA. (s.f). Cereales. Retrieved on august 31, 2021 from <https://www.odepa.gob.cl/rubros/cereales>
- ONU. (2015). Objetivos de Desarrollo Sostenible. Retrieved from <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- ONU. (2019). Yoga: Equilibrio y sostenibilidad. Retrieved on July 28, 2021 from <https://news.un.org/es/story/2019/06/1458081>
- ONU. (2020). El cambio climático avanza implacablemente a pesar de la pandemia COVID-19, advierten los científicos. Retrieved Retrieved on July 28, 2021 from <https://news.un.org/es/story/2020/09/1480142>
- Palou, N. (2018). Los imprescindibles para empezar a practicar yoga. La Vanguardia. Retrieved from <https://www.lavanguardia.com/comprar/20180831/451542402941/accesorios-imprescindibles-practicar-yoga-ropa-esterilla.html>
- Panthapulakkal, S., & Sain, M. (2015). 14 - The use of wheat straw fibres as reinforcements in composites. In O. Faruk & M. Sain (Eds.), *Biofiber Reinforcements in Composite Materials* (pp. 423-453): Woodhead Publishing.
- Parodi, D. (2016). Desarrollo de un material compuesto biodegradable a partir de la utilización del residuo cáscara de nuez. Universidad de Chile, Santiago, Chile.
- Pexels. (s.f). Campo de trigo. Retrieved from <https://www.pexels.com/es-es/foto/campo-de-trigo-540925/>
- Pfister, D., & Larock, R. (2010). Green composites from a conjugated linseed oil-based resin and wheat straw. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 41(9), 1279-1288. doi:<https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2010.05.012>
- Pozo, A. (2019). *Materiales Compuestos de Fibras Naturales*. Universidad Politécnica de Madrid, Retrieved from http://oa.upm.es/55053/1/ANGEL_RENATO_POZO_MORALES.pdf
- Ramírez, M., Garicano, L., & Del Campo, M. (2018). Efectos biológicos y seguimiento médico de los trabajadores expuestos al formaldehído. *Revista de la Asociación Española de Especialistas en Medicina del Trabajo*, 27(2), 110-117.
- Reddy, C., Sardashti, A., & Simon, L. (2010). Preparation and characterization of polypropylene-wheat straw-clay composites. *Composites Science and Technology*, 70(12), 1674-1680. doi:<https://doi.org/10.1016/j.compscitech.2010.04.021>
- Revolucionverde (2021). Mezcla de aceite de linaza con cera de abeja Retrieved 2022 from https://www.instagram.com/revolucionverde.cl/reel/CTLRrRqjW06/?utm_medium=share_sheet
- Rivas, C. (2017). Valorización energética de los residuos agrícolas en el sector productivo de la IX Región en Chile. Universidad de Concepción, Concepción, Chile. Retrieved from http://repositorio.udec.cl/bitstream/11594/2524/3/Tesis_Valoracion_energetica_de_los_residuos.pdf
- Rodríguez, C. (2007). "Construcción con Fardos Una Alternativa para la Región de la Araucanía " Universidad de la Frontera, Temuco, Chile. Retrieved from http://www.estudiosindigenas.cl/documentos/Pdf%20Completo/Trabajo%20de%20Titulo_%20Construccion%20con%20Fardos.pdf
- Rollán, R. (2017). Yoga en casa: curso para principiantes. Retrieved from
- Romano, D. (1998). Medio ambiente, construcción y PVC. 5
- Romero, E., Montero, G., Toscano, L., Pérez, L., Torres, R., & Beleno, M. (2014). Determinación de los principales componentes de la biomasa lignocelulósica; celulosa, hemicelulosa y lignina de la paja de trigo para su posterior pretratamiento biológico. Paper presented at the XVII Congreso Internacional en Ciencias Agrícolas, Agricultura sustentable: Uso eficiente del agua, suelo y fertilizantes, Mexicali, Baja California. https://www.researchgate.net/publication/282365664_Determinacion_de_los_principales_componentes_de_la_biomasa_ligonocelulosica_celulosa_hemicelulosa_y_lignina_de_la_paja_de_trigo_para_su_posterior_pretatamiento_biologico
- Sandoval, P. (2019). Desarrollo de un material compuesto a base de mats de yoga y poliuretano para la fabricación de elementos de apoyo para la práctica de yoga. Universidad de Chile, Santiago, Chile.

- Santolaria, C. (2014). Diseño de un modelo semiempírico de codigestión anaerobia. Universidad Zaragoza, Retrieved from <https://zaguan.unizar.es/record/13372/files/TAZ-PFC-2014-027.pdf>
- Schettler, T. (2020). El policloruro de vinilo en la atención de la salud.
- Servel. (2021). Servel publicó padrones electorales definitivos para Chile y el extranjero y nómina de inhabilitados. Retrieved from <https://www.servel.cl/servel-publico-padrones-electorales-definitivos-para-chile-y-el-extranjero-y-nomina-de-inhabilitados/>
- Silva, G., Guilbert, S., & Rouau, S. (2011). Successive centrifugal grinding and sieving of wheat straw. *Powder Technology*, 208(2), 266-270. doi:<https://doi.org/10.1016/j.powtec.2010.08.015>
- Stupenengo, F. (2011). Materiales compuestos. *Materiales y materias primas* (C. A. d. B. A. R. Argentina, Trans.). In (pp. 27). Ciudad Autónoma de Buenos Aires, República Argentina.
- Sukha. (2021). Cómo elegir un Mat de Yoga. Retrieved Retrieved on July 28, 2021 from <https://sukhaonline.com/como-elegir-un-mat-de-yoga/>
- Surfaces, T. DURUM. Retrieved from <https://torzosurfaces.com/product/torzo-substrates/torzo-durum/>
- Taladriz, A., & Schwember, T. (2012). ¿Qué hacer con los rastrojos? *Revista Agronomía y Forestal UC*, 46(24), 24-29.
- Thoma, C. (2014). Nature and Yoga: The Connection Between Mother Earth and Yoga.
- Tsering, M. (2015). El mandala en el arte y filosofía de la cultura tibetana. *Mapas simbólicos hacia la sabiduría primordial*. Universidad Miguel Hernández, Retrieved from <http://dspace.umh.es/handle/11000/2526>
- UNE. (2001). Requisitos de los envases y embalajes valorizables mediante compostaje y biodegradación. Programa de ensayo y criterios de evaluación para la aceptación final del envase o embalaje.
- UNE. (2001). Textiles. Propiedades de los tejidos frente al desgarro. Parte 2: Determinación de la fuerza de desgarro de probetas con forma de pantalón (Método de desgarro único).
- Vallejos, J. (2016). Cambio climático y Áreas Naturales Protegidas: una mirada desde la Ciencia Social. *Revista Márgenes Espacio Arte y Sociedad*, 13(19), 48-55. doi:<https://doi.org/10.22370/margenes.2016.13.19.1034>
- Vásquez, C. (2012). Serigrafía. In R. T. Milenio (Ed.), (pp. 158). Retrieved from http://www.aliat.org.mx/BibliotecasDigitales/disenio_y_edicion_digital/Serigrafia/Serigrafia-Parte1.pdf
- Vezzoli, C. (2014). The "Material" Side of Design for Sustainability. *Materials Experience: Fundamentals of Materials and Design*, 105-121. doi:10.1016/B978-0-08-099359-1.00008-4
- Viera, L., Monzo, J., & Aguirre, D. (2020). Determination of the characteristics of the wheat straw bale, as an agro-industrial waste for use as a construction material. *Revista Ingeniería UC*, 27(3), 304-318.
- Vit, P. (2005). Productos de la colmena secretados por las abejas: Cera de abejas, jalea real y veneno de abejas *Revista del Instituto Nacional de Higiene Rafael Rangel*, 36, 35-42.
- Xu, M. (2010). Optimization of Process Parameter of Wheatstalk/Polystyrene Composite. 1-8.
- Yoga One. (2020). Introducción al Yoga. Retrieved from https://www.yogaone.es/blog/wp-content/uploads/2020/02/Manual_IntroalYoga.pdf
- Zelfo. (2016). Source Materials Material Palette: Infinite Possibilities. Retrieved from <https://www.zelfo-technology.com/applications-source-materials>
- Zou, Y., Huda, S., & Yang, Y. (2010). Lightweight composites from long wheat straw and polypropylene web. *Bioresource Technology*, 101(6), 2026-2033. doi:<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2009.10.042>

ANEXOS

Nº1 Reporte de entrevista a Rocío Hueitra

Introducción

Entrevista a: (Rocío Hueitra, Emprendedora mapuche).
El día 1 de diciembre del 2021, se realizó una breve entrevista a Rocío Hueitra, joven emprendedora mapuche del sur de Chile, con el objetivo de recopilar información de primera fuente en relación al vínculo del pueblo mapuche y la tierra.

Entrevista

¿Desde tu punto de vista o de acuerdo a lo que tu conoces cuál es la conexión del pueblo mapuche con la tierra? ¿Cuál es su relación con la naturaleza?

Con respecto a la conexión del mapuche con la tierra, radica en la vida que aquella nos da, si un ser humano siembra, la tierra entregará alimento de esa semilla, tanto de consumo humano como de consumo animal, el cual también se consumirá y dará más especies, además de ser un recurso económico, tanto el animal directamente o sus derivados como: leche, cuero, cría, esto hace que todo lo que esté a nuestro alrededor sea cíclico. Es por eso que la relación mapuche-tierra es muy apegada, sabemos que ella nos da de comer, sabemos que ella limpia el aire que respiramos, el descanso que necesitamos y los recursos para vivir en armonía y tranquilidad. Nosotras las mujeres tenemos una similitud muy estrecha e íntima con la tierra, así como la naturaleza da vida, la mujer también, engendra y trae consigo una vida al mundo, por eso también se hace hincapié en decir que es tan importante que la mujer pueda caminar con los pies descalzos, por la conexión espiritual que se tiene. El mapuche comprende que no somos dueños ni más que la naturaleza, en ella existen seres trascendentales superiores, que cuidan cada espacio y es por eso que el respeto es un principio fundamental para nosotros, el comprender y proteger más allá de lo tangible.

¿Existe alguna norma o creencia que implique no hacerle daño a la tierra? Los mapuche no hablamos de normas, hablamos de valores y principios que deben ser inculcados y comprendidos, desde el vientre materno y durante toda la vida, cuando las personas comprendan y sientan en su totalidad el valor de la naturaleza, se alcanzará el equilibrio global que se necesita.

¿Realizan alguna ceremonia en agradecimiento a la tierra?

En todas las ceremonias: nguillatün, kamarrikun, wiñon txipantü, entre algunas, se agradece por la vida, la tierra, el día a día, primero agradecemos y después pedimos por el bienestar, o aquello que nos falte. Siempre nos es primordial, agradecer un seguir viviendo.

¿Qué opinas de la crisis medioambiental que estamos viviendo?

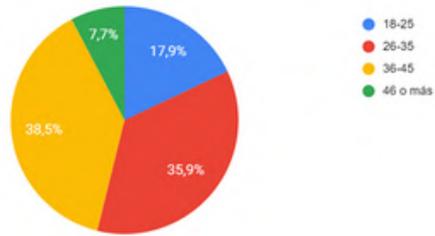
La crisis ambiental es una realidad lamentable y dolorosa, es una alerta latente de que la naturaleza ya no puede más, pero también es el reflejo del mal actuar del ser humano, acciones de vanidad, ambición, malos tratos y nula conciencia, los impactos más grandes los genera el ser humano, con gases efecto invernadero, hidroeléctricas, gases de empresas gigantes, monocultivos, tala de bosque nativo, y lo aún más triste es la poca empatía y respeto, el tema del impacto ambiental se ve muy poco, es una realidad que al parecer muy pocos le toman el peso.

Conclusión

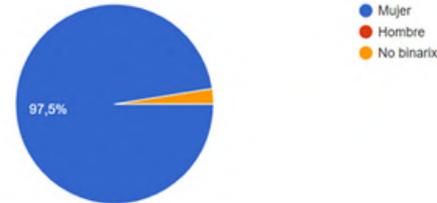
La entrevista con la emprendedora mapuche contribuyó a entender la relación que tienen ellos con la tierra, pues desde pequeños aprenden a agradecer, proteger y respetar la tierra, es parte de sus valores, siendo esto lo que les permite lograr armonía y equilibrio con el entorno que les rodea.

Nº2 Encuesta para instructores - practicantes de yoga

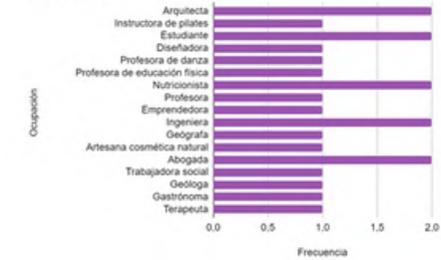
Edad



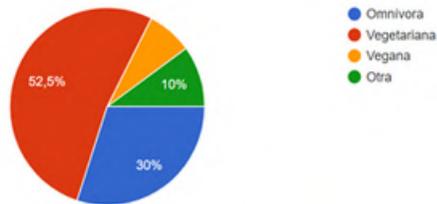
¿Con cuál género te identificas?



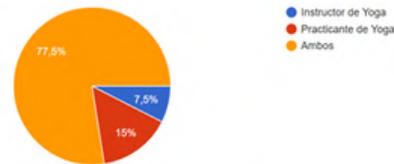
Ocupación



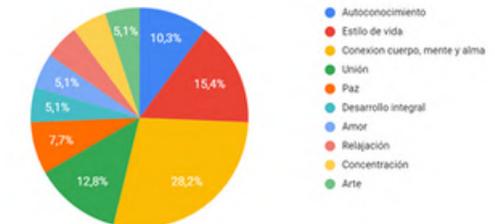
¿Qué tipo de alimentación llevas?



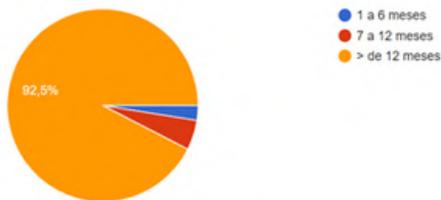
Eres:



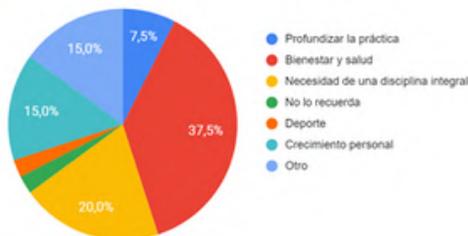
Conceptos con los que los practicantes definen el Yoga



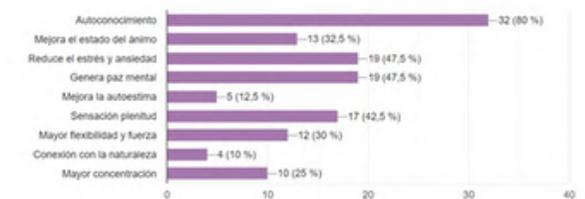
¿Hace cuánto tiempo practicas yoga?



¿Qué te motivó a ingresar a la disciplina del yoga?

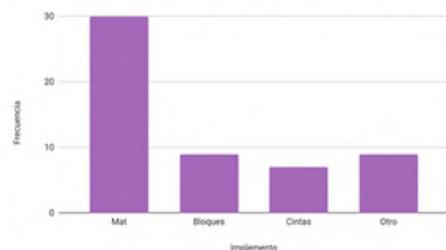


Marca los 3 beneficios más importantes que tiene el yoga para ti

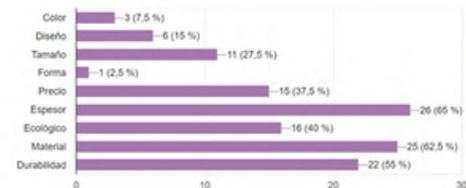


Nº2 Encuesta para instructores - practicantes de yoga

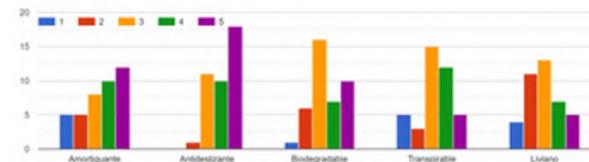
Implementos fundamentales según practicantes de yoga



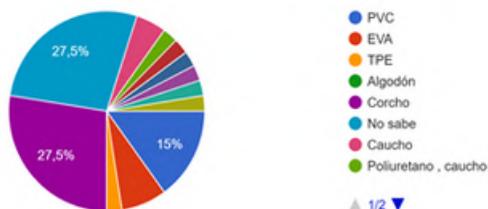
Al momento de comprar un Mat de Yoga ¿Qué factores consideras más importantes? (Selecciona 3 opciones)



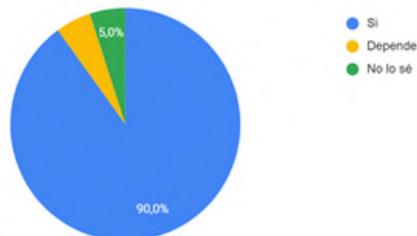
De acuerdo con las siguientes características funcionales de un Mat, indica el grado de importancia que tiene para ti (1 es menos importante y 5 más importante).



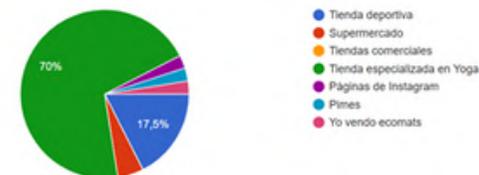
¿De qué material es el Mat que utilizas?



¿Optarías por una alternativa más ecológica de Mat?



Generalmente, ¿Dónde compras un Mat de Yoga?



¿Qué haces con el Mat cuando se rompe?



Usos del mat reutilizado según encuestados



N°3 Encuesta perceptual formato físico

ENCUESTA PERCEPTUAL

DATOS PERSONALES

Nombre: _____
 Sexo: F M 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 				
Irrrompible 	<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

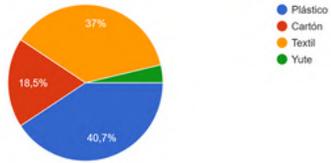
	2	1	0	1	2	
Agresivo <input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Pacífico
Cercano <input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>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

III. NIVEL AFECTIVO

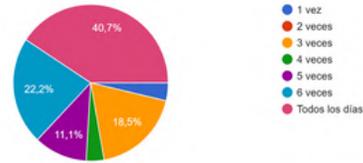
	2	1	0	1	2	
Frustración <input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Satisfacción
Aburrimiento <input type="radio"/>	Entretención					
Desilusión <input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input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

N°4 Encuesta: Uso del mat de yoga

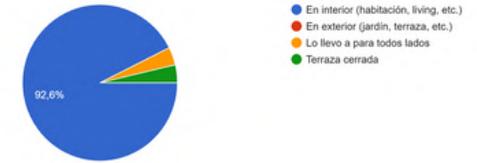
¿De qué material es/son los empaques de los mat que ha comprado?
27 respuestas



¿Cuántas veces a la semana utiliza su mat?
27 respuestas



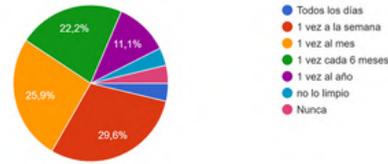
¿En qué lugar de su casa almacena su mat?
27 respuestas



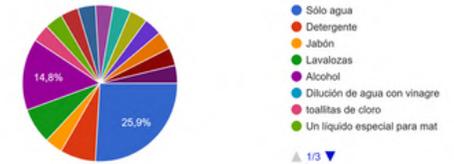
¿De qué forma almacena su mat?
27 respuestas



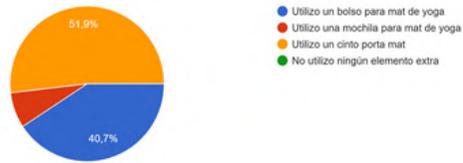
¿Cada cuánto limpia su mat?
27 respuestas



¿Qué agente utiliza para limpiar su mat?
27 respuestas



¿Cómo traslada su mat?
27 respuestas



Nombre al menos una problemática que identifique en los mat de yoga tradicionales (por ejemplo: en relación al costo, materialidad, forma, tamaño, transporte, contaminación medioambiental, etc.)
27 respuestas

