

DESARROLLO Y DISEÑO EXPLORATORIO DE UN TEXTIL BIOBASADO EN TÉ, CAFÉ Y YERBA MATE

DEVELOPMENT AND EXPLORATORY DESIGN OF TEXTILE BASED ON TEA, COFFEE, AND YERBA MATE

YESENIA BRIONES CASTRO^{1,2}, ANDRÉS CEPEDA SALAS¹

1 UNIVERSIDAD DEL DESARROLLO, SANTIAGO, CHILE. 2 UNIVERSIDAD DE CHILE, SANTIAGO, CHILE

RECIBIDO: 2 DE AGOSTO DE 2022 // ACEPTADO: 1 DE DICIEMBRE DE 2022 • RECEIVED: AUGUST 2, 2022 // ACCEPTED: DECEMBER 1, 2022

ANTE EL DESAFÍO GLOBAL ASOCIADO A LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL, EN LAS ÚLTIMAS DÉCADAS SE HA GENERADO INTERÉS MUNDIAL EN INVESTIGAR Y BUSCAR ALTERNATIVAS PARA REEMPLAZAR LOS POLÍMEROS NO BIODEGRADABLES EN DIFERENTES INDUSTRIAS DE ALTO IMPACTO SOCIOAMBIENTAL, ENTRE ELLAS, LA INDUSTRIA TEXTIL. EN ESE SENTIDO, LOS MATERIALES ORGÁNICOS PROVENIENTES DE FUENTES BIOLÓGICAS PUEDEN APORTAR AL DESARROLLO SUSTENTABLE, DEBIDO A SU ORIGEN EN FUENTES RENOVABLES, SU ABUNDANCIA EN EL MEDIO AMBIENTE Y SU POTENCIAL BIODEGRADABILIDAD. ESTE PROYECTO EXPLORA EL DESARROLLO DE UN MATERIAL BIOBASADO CON POTENCIAL DE USO EN PRODUCTOS TEXTILES, UTILIZANDO CRITERIOS SUSTENTABLES, COMO LA REVALORIZACIÓN DE RESIDUOS Y EL USO DE MATERIAS PRIMAS RENOVABLES, NO TÓXICAS Y BIODEGRADABLES. SE PLANTEA UN MÉTODO DE MANUFACTURA QUE PERMITE FABRICAR LÁMINAS, SUMADO A UN PROTOCOLO DE CARACTERIZACIÓN FÍSICA, RESISTENCIA A AGENTES EXTERNOS Y TRABAJABILIDAD PARA DETERMINAR SUS PROPIEDADES, BASADOS EN EL MÉTODO *MATERIAL DRIVEN DESIGN*, METODOLOGÍA QUE SE ENFOCA EN QUE LOS MATERIALES PUEDAN SER APLICADOS EN ÁREAS DE DISEÑO A PARTIR DE LOS MISMOS ATRIBUTOS QUE POSEAN. COMO RESULTADO SE OBTIENE UN MATERIAL LAMINAR FLEXIBLE CON UNA DENSIDAD PROMEDIO DE 1,5 G/CM³ Y UN PH 6,1, ASÍ MISMO, SE PUEDE TRABAJAR CON HERRAMIENTAS MANUALES DE PRECISIÓN Y TECNOLOGÍAS DE MANUFACTURA DIGITAL COMO CORTE Y GRABADO LÁSER. ESTAS PROPIEDADES NOS PERMITEN PROYECTAR UNA USABILIDAD CONSCIENTE Y EFICIENTE DESDE EL DISEÑO DE PRODUCTOS, OFRECIENDO UNA ALTERNATIVA SUSTENTABLE, REPLICABLE, DEGRADABLE Y BAJO COSTO DE MANUFACTURA, INNOCUA PARA EL SER HUMANO Y EL MEDIOAMBIENTE EN COMPARACIÓN A LOS MATERIALES TEXTILES TRADICIONALES CON UN ALTO IMPACTO SOCIOAMBIENTAL.

PALABRAS CLAVE: BIOTEXTIL, MATERIAL BIOBASADO, REVALORIZACIÓN DE RESIDUOS, MATERIALES EMERGENTES, ECONOMÍA CIRCULAR.

ENVIRONMENTAL POLLUTION IS A GLOBAL CHALLENGE WE CURRENTLY FACE. IN RECENT DECADES, THERE HAS BEEN A WORLDWIDE INTEREST IN RESEARCHING AND SEEKING ALTERNATIVES TO REPLACE NON-BIODEGRADABLE POLYMERS IN DIFFERENT INDUSTRIES WITH A HIGH SOCIO-ENVIRONMENTAL IMPACT, INCLUDING THE TEXTILE INDUSTRY. IN THIS SENSE, ORGANIC MATERIALS FROM BIOLOGICAL SOURCES CAN CONTRIBUTE TO SUSTAINABLE DEVELOPMENT DUE TO THEIR ORIGIN IN RENEWABLE SOURCES, ABUNDANCE IN THE ENVIRONMENT, AND POTENTIAL BIODEGRADABILITY. THIS PROJECT EXPLORES THE RESULT OF A BIOBASED MATERIAL THAT HAS THE POTENTIAL FOR USE IN TEXTILE PRODUCTS, APPLYING SUSTAINABLE CRITERIA, SUCH AS THE REVALUATION OF WASTE AND THE USE OF RENEWABLE, NON-TOXIC, AND BIODEGRADABLE RAW MATERIALS. THE MANUFACTURING METHOD PROPOSED ALLOWS THE PRODUCTION OF SHEETS, ADDED TO A PHYSICAL CHARACTERIZATION PROTOCOL, RESISTANCE TO EXTERNAL AGENTS, AND WORKABILITY TO DETERMINE THEIR PROPERTIES BASED ON THE MATERIAL DRIVEN DESIGN METHOD. THIS METHODOLOGY FOCUSES ON MATERIALS APPLICABLE IN DESIGN BASED ON THE SAME ATTRIBUTES THEY POSSESS. A FLEXIBLE LAMINAR MATERIAL IS OBTAINED WITH AN AVERAGE DENSITY OF 1.5 G/CM³ AND A PH OF 6.1; LIKEWISE, IT CAN BE TREATED WITH PRECISION MANUAL TOOLS AND DIGITAL MANUFACTURING TECHNOLOGIES SUCH AS LASER CUTTING AND ENGRAVING. ITS PROPERTIES ENABLE THE DESIGN OF A CONSCIOUS AND USABILITY-EFFICIENT PRODUCT. THIS MATERIAL OFFERS A SUSTAINABLE, REPLICABLE, DEGRADABLE, LOW-COST ALTERNATIVE DEVELOPMENT. IT IS HARMLESS TO HUMANS AND THE ENVIRONMENT COMPARED TO TRADITIONAL TEXTILE MATERIALS WITH A HIGH SOCIO-ENVIRONMENTAL IMPACT.

KEYWORDS: BIOTEXTILE, BIOBASED MATERIAL, REVALUATION OF WASTE, EMERGING MATERIALS, CIRCULAR ECONOMY.

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas ha aumentado la preocupación por el impacto y deterioro medioambiental al que contribuyen las grandes industrias productivas a nivel mundial. Una de ellas es la industria textil, señalada como la segunda más contaminante debido al impacto medioambiental que generan sus emisiones de CO₂, uso de agua, contaminación química y alta presencia en vertederos causada por la gran cantidad de residuos que genera su alto consumo (Niinimäki et al., 2020). Referido a esto, Beall (2020) calcula que a nivel mundial se producen 92 millones de toneladas de residuos textiles, proyectando que para el año próximo se desechen más de 134 millones de toneladas. Estos efectos han sido agravados por el enfoque de moda rápida, que genera productos con ciclos de renovación cortos de acuerdo a las tendencias de la moda, para satisfacer las necesidades cambiantes de consumidores inmersos en la cultura del usar y tirar, sin dar el tiempo necesario al planeta de reintegrar esos productos a un nuevo ciclo (Bhardwaj, 2010). En contraste con esto, la naturaleza es el máximo referente de eficiencia y equilibrio, donde no existen desechos, ya que todo lo que ingresa recircula en el medio. Los materiales biobasados permiten aplicar estos mismos principios, al provenir de fuentes renovables, utilizar recursos abundantes en la naturaleza y en muchos casos, pueden biodegradarse sin impactar al entorno (Muniyasamy, 2019). Entre los materiales degradables se encuentran los biopolímeros, materiales orgánicos con propiedades plásticas (Demicheli, 1996), polisacáridos tales como los almidones, agar-agar, pectina, lignina, entre otros (Arévalo, 1996).

Existen diversos proyectos que utilizan materiales degradables para generar biotextiles, tales como Project Pomace, revalorizando orujo de uva (2022); Piñatex, cuero basado en residuos de hojas de piña (Ananas-anam, 2017); Berries tex, cuero vegano basado en berries (MaterialDistrict, 2021) y Spora Biotech (2022), cuero basado en micelio. Asimismo, se han desarrollado materiales biobasados para la valorización de residuos. A nivel internacional FabTextiles (2019), cuero vegetal basado en café; Fruit Leather, cuero vegano basado en frutillas (MaterialDistrict, 2015); Cladophora, con el desarrollo textil basado en algas fibrosas (Cladophora, 2022); Biology Studio, manufactura de bio láminas (Medina, 2022). Y, a nivel nacional, se encuentran iniciativas como LABVA (2022), Laboratorio de Biomateriales independiente, autogestionado y comunitario, así también espacios como Biolab FAU (2016), Fablab U. de Chile (2012), FabLab UC (2016) laboratorios de investigación y docencia de nuevas materialidades ligadas a la academia; también, la biblioteca de materiales open source como Materiom (2022).

Actualmente, la aplicación de estos materiales biobasados como sustitutos de materiales plásticos o textiles sigue siendo escasa a nivel industrial, debido en parte a la incertidumbre que existe sobre el desempeño mecánico, físico y químico de estos materiales (Di Bartolo et al., 2021).

En este contexto, se establece el propósito de desarrollar un material biobasado, con investigación práctica para insertar esta propuesta en un sistema productivo ético medioambientalmente, combinando un enfoque de sustentabilidad y metodologías experienciales de diseño impulsado por materiales (Giaccardi & Karana, 2015). Conocer el contexto nos ayuda a tomar decisiones conscientes y de acuerdo al espacio-tiempo en el que se desarrolla y aplica el material, buscando generar un impacto positivo en el entorno y la comunidad, mas no al revés. Los criterios de

INTRODUCTION

In recent decades, there has been increased concern about the impact and environmental deterioration to which the large productive industries worldwide contribute. One of them is the textile industry, the second most polluting due to the environmental impact of its CO₂ emissions, water use, chemical contamination, and high presence in landfills caused by the large amount of waste generated by its high consumption (Niinimäki et al., 2020). Beall (2020) calculates that 92 million tons of textile waste are produced worldwide, projecting that more than 134 million tons will be discarded next year. These effects have been aggravated by the fast fashion approach, which generates products with short renewal cycles according to fashion trends, to meet the changing needs of consumers immersed in the throwaway culture without giving the planet the necessary time to reintegrate these products into a new cycle (Bhardwaj, 2010). In contrast, nature is the maximum reference of efficiency and balance, where there is no waste since everything that enters recirculates in the environment. Biobased materials allow these same principles to be applied, as they come from renewable sources, use abundant natural resources, and, in many cases, can biodegrade without impacting the environment (Muniyasamy, 2019). Among the degradable materials are biopolymers, organic materials with plastic properties (Demicheli, 1996), and polysaccharides such as starches, agar-agar, pectin, and lignin (Arévalo, 1996).

Several projects use degradable materials to generate bio textiles, such as Project Pomace, revaluing grape pomace (2022); Piñatex, leather-based on pineapple leaf waste (Ananas-anam, 2017); Berries tex, vegan leather-based on berries (MaterialDistrict, 2021) and Spora Biotech (2022), leather-based on mycelium. Likewise, biobased materials have been developed on raw materials based on waste recovery. At the international level, FabTextiles (2019), vegetable leather based on coffee; Fruit Leather, vegan leather based on strawberries (MaterialDistrict, 2015); Cladophora, with the textile development based on fibrous algae (Cladophora, 2022); Biology Studio, bio sheet manufacturing (Medina, 2022). Moreover, at the national level, there are initiatives such as LABVA (2022), an independent, self-managed, and community-based Biomaterials Laboratory, as well as spaces such as Biolab FAU (2016), Fablab U. de Chile (2012), FabLab UC (2016) research and teaching of new materials linked to the academy; and also, Materiom (2022), a library of open source materials.

Currently, the application of these biobased materials as substitutes for plastic or textile materials is still far from being applied at an industrial level due in part to the uncertainty about the mechanical, physical, and chemical performance of these materials (Di Bartolo et al., 2021).

In this context, we propose the development of a biobased material, with applied research, to insert this proposal into an environmentally ethical production system, combining a sustainability approach and experiential material-driven design methodologies (Giaccardi & Karana, 2015). Knowing the context helps us make conscious decisions according to the space-time in which the material is developed and applied, seeking to generate a positive impact on the environment and the community, but not the other way around. The sustainability criteria to be considered are: promoting energy efficiency and optimization of resources; that the inputs are available within the national territory and from the local industry, ensuring their safety;

sustentabilidad a considerar son: fomentar la eficiencia energética y optimización de recursos; que los insumos estén disponibles dentro del territorio nacional y de la industria local, asegurando la inocuidad de los mismos; ética medioambiental y social, considerando el uso de materiales veganos y no tóxicos para el ser humano y el ambiente, sumado al uso de residuos como materia prima (Gutiérrez, 2021). Es importante desarrollar nuevos materiales con criterios de este tipo, ya que apuntan a considerar y, asimismo, disminuir el impacto medioambiental y social que provocan tanto en su producción como en su utilización.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se establecen tres etapas para el desarrollo del material: fase exploratoria, fase de desarrollo del material y fase de validación. La primera se centra en el trabajo práctico-exploratorio para analizar y definir los diferentes componentes y proporciones. La segunda fase consiste en el desarrollo del material, que se basa en definir el proceso de conformado del mismo. La tercera fase se enfoca en la validación para establecer los atributos del material. Se toma como punto de partida una formulación base sugerida por FabTextiles (2019), la cual consiste en la conformación de un material fabricado en base a residuos del consumo de café y alginato de sodio. Se escogió este referente debido a que cumple con algunos requerimientos propios de los materiales utilizados en la industria textil, como formato laminar, flexibilidad e impermeabilidad. Además, es posible generar este material con componentes vegetales y los residuos que utiliza son de fácil obtención, pudiendo además reemplazarse por otros tipos de residuos orgánicos vegetales. Sin embargo, se debe considerar que los insumos no proceden del mismo origen y no contienen la misma composición de las materias utilizadas en la formulación original, por lo que se opta por utilizar recursos dentro del territorio nacional y reconformar la receta.

FASE EXPLORATORIA

Se desarrolló un procedimiento experimental que permitió definir la composición del material a desarrollar, probando también otro tipo de residuos de consumo similar al café, como son el té y la yerba mate. Se realizó un análisis de las proporciones a utilizar en la conformación del biotextil y se definieron los componentes de acuerdo con las propiedades que aportan dentro de la composición, disponibilidad en el mercado, costo, exigencias de trabajo, sumado a los criterios de sustentabilidad definidos. Los componentes que conforman el material se muestran en la figura 1.

environmental and social ethics, considering the use of vegan and non-toxic materials for humans and the environment, added to the use of waste as raw material (Gutiérrez, 2021). It is essential to develop new materials with these criteria since they aim to consider and reduce the environmental and social impact they cause in their production and use.

MATERIALS AND METHODS

Three stages are established to develop the material: the exploratory phase, material development phase, and validation phase. The first focuses on practical-exploratory work to analyze and define the different components and proportions. The second phase consists of the development of the material, which is based on defining the process of shaping it. The third phase focuses on validation to establish the attributes of the material.

A base formulation suggested by FabTextiles (2019) is taken as a starting point, which consists of the conformation of a material manufactured from waste of coffee consumption and sodium alginate. This reference was chosen because it meets some of the requirements of the materials used in the textile industry, such as laminar format, flexibility, and impermeability. In addition, it is possible to generate this material with plant components. The waste it uses is easily obtained and can be replaced by other types of organic plant waste. However, it must be considered that the inputs do not come from the same origin and do not contain the exact composition of the materials used in the original formulation, so we decided to use resources within the national territory and reshape the recipe.

EXPLORATORY PHASE

An experimental procedure was formulated to define the composition of the material to be developed, testing other consumption residues similar to coffee, such as tea and yerba mate. An analysis of the proportions to be used in the conformation of the bio textile was carried out. The components were defined according to the properties they contribute to the composition, market availability, cost, and work requirements, complying with the defined sustainability criteria. The components that make up the material are shown in Figure 1.



FIG. 1. Componentes utilizados con sus respectivas características. Elaboración propia.

FIG. 1. Components used with their respective characteristics. Own elaboration.

FASE DE DESARROLLO

Se establece un proceso de manufactura mediante moldes y herramientas para conformar y desarrollar el material con las proporciones definidas. Se establecieron cinco pasos para la conformación:

1. Pesaje de los componentes: Se utiliza una Balanza de Precisión (0,01 g) modelo Ohaus NV212.
2. Mezcla de los componentes: Se utiliza una máquina Mezcladora Planetaria marca Hobart N50 de tres velocidades.
3. Vertido en molde y homogeneización de la superficie: Se utiliza una sobadora manual de sobremesa, modelo VSS450 Mega Doro.
4. Curado del material a temperatura ambiente.
5. Material resultante en formato laminar a nivel de laboratorio.

Previamente los residuos recuperados se deshidratan en un horno marca HD 500 Hayda y se trituran en una licuadora. Posteriormente se analiza la granulometría a trabajar mediante diferentes tamices modelo Pinzuar de la marca GranTest certificados bajo la norma ASTM E11, en un Agitador de Tamices modelo Rainhart marca MaryAnn. De esta forma, los residuos pueden incorporarse en la composición del material con una granulometría controlada.

Referido al uso de cloruro de calcio para impermeabilizar las láminas, este paso queda sujeto a la coherencia con la aplicación en la que se pretende utilizar el material desarrollado.

Se realizaron variaciones con diferentes proporciones y se evaluaron bajo criterios de manufactura tales como cohesión de las

DEVELOPMENT PHASE

A manufacturing process is established through molds and tools to shape and develop the material with the defined proportions. Five steps were established for the conformation:

1. Weighing the components: A Precision Balance (0.01 g) model Ohaus NV212 is used.
2. Mixing of the components: A three-speed Hobart N50 Planetary Mixing machine is used.
3. Pouring into the mold and homogenizing the surface: A manual tabletop sander, model VSS450 Mega Doro, is used.
4. Material curing at room temperature.
5. Resulting in the material in laminar format at the laboratory level.

Previously, the recovered residues were dehydrated in an HD 500 Hayda oven and crushed in a blender. Subsequently, the granulometry is analyzed using different Pinzuar model sieves of the GranTest brand certified under the ASTM E11 standard, in a Reinhart model Sieve Shaker of the MaryAnn brand. In this way, the waste can be included in the composition of the material with controlled granulometry.

The use of calcium chloride to waterproof the sheets is subject to consistency with the application in which the developed material will be used.

Variations with different proportions were made and evaluated under manufacturing criteria such as cohesion of raw materials, homogeneity, and flexibility of the resulting material; in turn, the manufacturing process must be scalable to a series of results.

materias primas, homogeneidad y la flexibilidad del material resultante, a su vez, el proceso de manufactura debe ser escalable a una seriación de resultados.

FASE DE VALIDACIÓN

Para caracterizar el material resultante del análisis del proceso de conformado se definen tres tipos de ensayo realizados a nivel de laboratorio, los cuales se exponen en la siguiente figura:

VALIDATION PHASE:

Three tests were carried out at the laboratory level to characterize the resulting material after the analysis of the forming process, shown in the following figure:

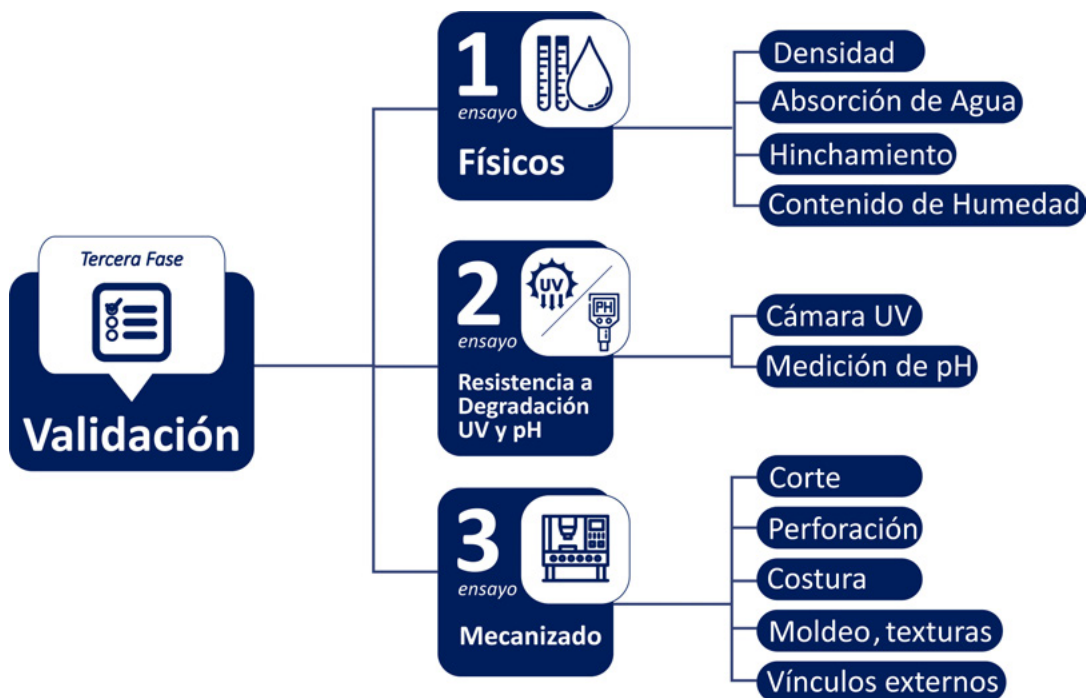


FIG 2. Diagrama tercera fase de Validación y los respectivos ensayos. Elaboración propia.

FIG 2. Diagram of the third phase of Validation and the respective tests. Own elaboration.

ENSAYOS FÍSICOS

Se tomó como referencia la normativa ASTM D1037 *Evaluating properties of wood-based fiber and particle panel materials*, se calculó la densidad, contenido de humedad, absorción de agua e hinchamiento al material resultante con y sin cloruro de calcio. Se utilizaron probetas de 50 x 50 x 2 mm de cada material a evaluar, previamente se rotuló el código en cada probeta y se generó un registro con la masa en gramos y espesor en cada vértice en milímetros antes y después de la evaluación.

PHYSICAL TESTS

The standard ASTM D1037 *Evaluating properties of wood-based fiber and particle panel materials* was used as a reference. The density, moisture content, water absorption, and swelling of the resulting material with and without calcium chloride were calculated. 50 x 50 x 2 mm specimens of each material to be evaluated were used. Each specimen was coded, and the mass in grams and thickness was registered at each vertex in millimeters before and after the evaluation.

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA DEGRADACIÓN UV Y PH

Este análisis se propone ya que uno de los fenómenos de degradación abiótica es provocado por los rayos UV. La foto degradación incide en el resultado de la descomposición del material, acelerando el proceso de biodegradación (Di Bartolo et al., 2021). Para analizar la degradación UV se utilizaron dos probetas de 60 x 60 x 2 mm y se dejaron secar en un dispositivo electrónico modificado para funcionar como una cámara UV, para esto se trabaja con cuatro ampollitas UV que emiten rangos de 300 a 400 nm a una temperatura de 47,6 °C; se realizaron 14 pruebas en distintos períodos de tiempo, considerando intervalos de 1, 5, 10, 20 minutos y períodos de 1 a 24 horas. Previamente se rotuló el código en cada probeta y se generó un registro con la masa en gramos, transcurrido el tiempo de prueba se vuelven a pesar; el resultado se calculó mediante la variación de masa de cada ciclo. Las muestras expuestas al ensayo son probetas únicas, es decir, la misma muestra fue expuesta a los intervalos anteriormente mencionados. En consecuencia, en cada evaluación su masa inicial varió al terminar cada prueba.

El análisis del pH es un factor fundamental debido a la posible contaminación al medioambiente, una alta o baja cantidad de pH en suelos o aguas afectan al crecimiento de vegetación y, por consiguiente, todo un ecosistema (Rodríguez et al., 2019). Para esta evaluación se utilizó un PHmetro marca PASCO y se analizaron dos probetas del material resultante, con y sin CaCl₂.

ENSAYO DE TRABAJABILIDAD

Para los ensayos de trabajabilidad se utiliza como referencia la norma ASTM D1666-87 *Standard test methods for conducting machining tests of wood and Wood base materials* utilizada para analizar la trabajabilidad de materiales basados en madera, donde se establece una inspección visual de los resultados obtenidos. El material desarrollado fue sometido a diferentes pruebas prácticas con el objetivo de definir su comportamiento, por lo que se generó un protocolo de evaluación de mecanizado en base a esta normativa.

Se evaluaron cualitativamente las probetas mediante grados establecidos de acuerdo con los resultados generados por las herramientas. Se calificaron en base a las terminaciones resultantes observadas en el material post mecanizado, es decir, rotura de los bordes, ondulación de estos o desprendimiento del material y rotura de la muestra completa.

Se realizaron evaluaciones de corte, perforación, costura, adherencia y vínculos externos; se adaptó y modificó la cantidad de grados según normativa, pasando de 5 a 4 grados, los cuales son los siguientes:

- Grado 1: Excelente - Sin defectos visibles.
- Grado 2: Bueno - Defecto leve (Ej.: ondulación o desprendimiento leve de material)
- Grado 3: Malo - Defecto medio alto (Ej.: ondulación y desprendimiento de gran cantidad de material)
- Grado 4: Muy malo - Defecto grave (Ej.: rotura de material)

112 Dentro del análisis de cortes se analizaron cortes manuales con tijeras y corta cartón; mecanizados con corte láser Aeon MIRA 9 con una precisión de 4000 DPI, analizando mínimos y máximos de tolerancia para definir los parámetros de potencia y velocidad de grabado. Se utilizó una muestra de 30 x 21,5 x 1,2 mm.

TEST OF RESISTANCE TO UV DEGRADATION AND PH

One of the abiotic degradation phenomena is caused by UV rays; photodegradation affects the result of material decomposition, accelerating the biodegradation process (Di Bartolo et al., 2021). The following procedure was followed to analyze UV degradation: two 60 x 60 x 2 mm test tubes were used and left to dry in an electronic device modified to function as a UV chamber. Four UV bulbs that emit ranges from 300 to 400 nm at a temperature of 47.6 °C are used; 14 tests were carried out in different periods, considering intervals of 1, 5, 10, and 20 minutes and periods of 1 to 24 hours. The code was previously labeled on each test tube, and a record was generated with the mass in grams. After the test time, they were weighed again; the result was calculated by employing each cycle's mass variation.

The samples exposed to the test are unique specimens; the same sample was exposed to the intervals mentioned above. Consequently, in each evaluation, their initial mass varied at the end of each trial.

The analysis of pH is a fundamental factor due to the possible contamination of the environment; a high or low amount of pH in soil or water affects the growth of vegetation and, consequently, an entire ecosystem (Rodríguez et al., 2019). In this evaluation, a PASCO brand pH meter was used, and two specimens of the resulting material were analyzed (with and without CaCl₂).

WORKABILITY TEST

The ASTM D1666-87 Standard test methods for conducting machining tests of wood and Wood base materials (used to analyze the workability of wood-based materials) are selected as a reference. The visual inspection of the results obtained is established. The developed material was subjected to various practical tests to define its behavior. A machining evaluation protocol was generated based on this regulation.

The specimens were qualitatively evaluated through established grades according to the results generated by the tools. They were scored based on the resulting finishes observed in the post-machined material, i.e., edge breakage, edge waviness or material detachment, and complete sample breakage.

Evaluations of cutting, perforation, sewing, adhesion, and external links were carried out; the number of degrees was adapted and modified according to regulations, going from 5 to 4 degrees, which are the following:

- Grade 1: Excellent - No visible defects.
- Grade 2: Good - Slight defect (Ex: waviness or slight detachment of material).
- Grade 3: Bad - Medium-high defect (e.g., waviness and detachment of a large amount of material).
- Grade 4: Terrible - Serious defect (e.g.: material breakage).

Within the analysis of cuts, manual cuts with scissors and cardboard cutters were analyzed; machined with Aeon MIRA 9 laser cutting with a precision of 4000 DPI, analyzing minimum and maximum tolerances to define the parameters of power and engraving speed. A 30 x 21.5 x 1.2 mm sample was used.

The analysis of perforation and sewing was performed by making manual perforations with a punch, hole punch, and needle. Sewing with a straight industrial machine and overlock was also analyzed. Likewise, perforation with brooches and studs was evaluated.

Referido al análisis de perforación y costura, se realizaron perforaciones manuales con punzón, sacabocado y aguja, se analizó también la costura con máquina industrial recta y overlock. Así mismo, se evaluó la perforación con broches y tachas.

Sobre los vínculos externos se evaluó la capacidad de acople y adherencia mediante el acople de módulos para formar ensambles y mediante costura para combinar materialidades.

Todos los ensayos se realizaron con el material desarrollado en formato laminar, con un espesor aproximado de 2 mm, para el registro y pesaje se utilizó la balanza de precisión y una cámara de Nikon Z6 con lente 24-70 mm f/4.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

FASE EXPLORATORIA

En la figura 3 se exponen las muestras conformadas basadas en la receta original, con las diferentes exploraciones y proporciones. Los resultados obtenidos fueron evaluados de manera cualitativa bajo los parámetros establecidos con anterioridad.

Los resultados al variar las proporciones de los componentes son consecuentes con lo planteado en literatura. La maleabilidad del material se debe a la cantidad de glicerina, que otorga mayor plasticidad al material al aumentar su proporción.

Respecto del alginato, a mayor concentración, mayor es su capacidad de aglomerar la mezcla y rigidizar la muestra resultante. El cloruro de calcio tiene la función de generar una capa hidrofóbica en la superficie de la lámina del material elaborado (Lee, 2018). Sobre aspectos visuales del formato laminar, se observan cambios significativos con la variación y proporción de fibras en la mezcla: a menor proporción de carga, mayor translucidez; a mayor proporción de carga mayor rigidez. Así también, al ser la fibra más larga, mayor es la rigidez y menor la homogeneidad de la superficie del material. Por ende, al ser de menor tamaño la fibra a utilizar, mayor homogeneidad en el material.

Referido a las fibras, de acuerdo a los criterios de sustentabilidad, se optó por utilizar cargas que puedan provenir de residuos post consumo, requisito que cumplen estas plantas de infusión como el mate, té y café; estas fueron deshidratadas y tamizadas para utilizar un formato controlado y homogéneo. La diferencia en el resultado radica en la flexibilidad y apariencia del material resultante de acuerdo a la granulometría utilizada.

The coupling and adherence capacity on the external links was evaluated by coupling modules to form assemblies and by sewing to combine materials.

All the tests were carried out with the material developed in a laminar format, with an approximate thickness of 2 mm. A precision balance and a Nikon Z6 camera with a 24-70 mm f/4 lens were used to record and weigh.

RESULTS AND DISCUSSION

EXPLORATORY PHASE

Figure 3 shows the shaped samples based on the original recipe, with further explorations and proportions. The results obtained were evaluated qualitatively under the previously established parameters. The results by varying the proportions of the components are consistent with the literature. Glycerin enhances the material's malleability, giving more remarkable plasticity by increasing its proportion. Concerning alginate, the higher the concentration, the greater its ability to agglomerate the mixture and stiffen the resulting sample. Calcium chloride generates a hydrophobic layer on the surface of the sheet of processed material (Lee, 2018).

Regarding visual aspects of the laminar format, significant changes are observed with the mixture's variation and proportion of fibers, at a lower proportion of load, greater translucency; at a higher proportion of load, greater rigidity. Likewise, as the fiber is longer, the stiffness is more significant, and the surface homogeneity of the material is less. Therefore, since the fiber used is smaller, the material has greater homogeneity.

Regarding the fibers, according to the sustainability criteria, it was decided to use loads that may come from post-consumer waste, a requirement that these infusion plants such as mate, tea, and coffee meeting; these were dehydrated and sieved to use a controlled and homogeneous format. The main difference in the result is the flexibility and appearance of the resulting material according to the granulometry used.



↑
 FIG 3. Evolución de exploración del material. Elaboración propia.
 FIG 3. Evolution of exploration of the material. Own elaboration.

FASE DE DESARROLLO DEL MATERIAL

Se fabricaron muestras con proporciones definidas de la fase anterior, dando como resultado lo que se muestra en la figura 4. Se evaluaron bajo los criterios ya establecidos, donde se observó que la acumulación del material o espacios sin carga dentro de la composición ocurren cuando el material no queda bien distribuido al momento de esparcir la mezcla en el molde. Sin embargo, esto se resolvió al utilizar la sobadora de mesa, donde se logró obtener superficies más homogéneas. Los mejores resultados se obtuvieron con las fibras más pequeñas, es decir malla 40 mesh y <40 mesh, definiendo esta granulometría para la composición final.

El resultado es un material flexible, maleable, cuya superficie es áspera pero homogénea y a contraluz mantiene algunas propiedades de translucidez (figura 5). Referido al uso del CaCl_2 , al agregarlo en la formulación, existe una modificación de la estructura química, permitiendo que el material desarrollado sea impermeable y, que así mismo presente mayor rigidez.

MATERIAL DEVELOPMENT PHASE

Samples with defined proportions of the previous phase were manufactured, resulting in what is shown in figure 4. Samples were evaluated by applying the criteria established. We observed that material or spaces without charge accumulation occurs when the material is not well distributed in the mold when spreading the mixture. However, this was resolved using the table scraper, where it was possible to obtain more homogeneous surfaces. The best results were obtained with the smallest fibers, 40 mesh, and <40 mesh, defining this granulometry for the final composition. The result is a flexible, malleable material whose surface is rough but homogeneous and maintains translucency against the light (figure 5). Referring to the use of CaCl_2 , when adding it to the formulation, there is a modification in terms of chemical structure, allowing the developed material to be waterproof and, likewise, to have greater rigidity.



FIG 4. Material desarrollado en formato laminar. Elaboración propia.
FIG 4. Material developed in laminar format. Own elaboration.

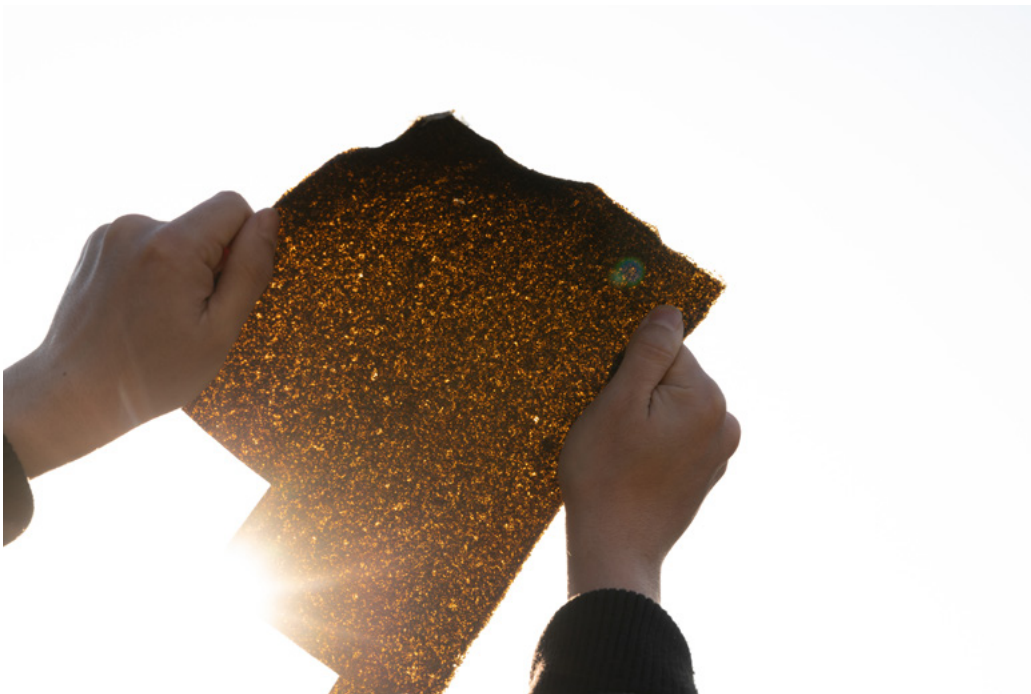


FIG. 5. Propiedad de translucidez del material. Elaboración propia.
FIG. 5. translucency property of the material. Own elaboration.

FASE DE VALIDACIÓN

ENSAYO FÍSICO

Los resultados obtenidos del estudio establecen que la densidad del material con cloruro y sin cloruro no presenta una variación, por ende, su densidad se mantiene constante.

Referido a la absorción de agua e hinchamiento del material sin CaCl_2 , no resiste la interacción con el agua, ya que, pasado los primeros 15 minutos el material comienza a desintegrarse, sin permitir su manipulación. La muestra con CaCl_2 mostró una absorción de agua de 420% y un hinchamiento de un 92%, lo que puede explicarse ya que la lámina es impermeabilizada de forma superficial, no incluyendo los bordes posteriores al corte de la probeta. En cuanto a la apariencia, las pruebas mostraron diversos y mayores espesores, variando la homogeneidad superficial al presentar una textura viscosa y brillante.

Ahora bien, el contenido de humedad del material resultante sin CaCl_2 data de un promedio de pérdida de masa de 27,5% y, la muestra del material con CaCl_2 redujo su masa en un 37% tras el ensayo. En cuanto al aspecto visual de las probetas, éstas denotan una leve pérdida de intensidad, sin embargo, la estructura en general no muestra ningún cambio que se pueda apreciar a simple vista.

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA DEGRADACIÓN UV Y MEDICIÓN DE PH

Los resultados obtenidos de la evaluación de degradación UV en la cámara modificada, mostraron para ambas variaciones (material resultante con y sin CaCl_2) una baja en la masa de las probetas en un 0,189 g (6,4% de pérdida de masa) y 0,298 g (8,9% de pérdida de masa), respectivamente. Sin embargo, no existió reducción en sus medidas laterales y espesores originales. Sobre el aspecto, ambas variaciones del material resultante mostraron una leve disminución de la intensidad de su tono, casi imperceptible. De igual manera se consideraron los intervalos de 24 horas, puesto que es el intervalo de mayor relevancia al generar una mayor variación en la masa de la probeta.

Con respecto a la medición del pH del material resultante con y sin CaCl_2 , fue de un pH= 6,1 para ambos casos, es decir, tiene un pH idéntico muy cercano al neutro, lo que nos permite inferir que no se presenta un intercambio de protones en solución, esto se debe a la estructura generada entre CaCl_2 y alginato. A su vez podemos concluir que el CaCl_2 no afecta el pH del biomaterial debido a que reacciona completamente con la muestra; sin embargo, es necesario agregar una fase de lavado del material, ya que el exceso de CaCl_2 sobre este, generaría un cambio de pH debido a los iones presentes sobre la probeta, afectando completamente el pH.

ENSAYO DE TRABAJABILIDAD

(CORTE, PERFORACIÓN, VÍNCULOS EXTERNOS Y OTRAS MATERIALIDADES)

En la tabla 1 se presentan los grados otorgados a las diferentes pruebas de corte, perforación, costura, adherencia y de generación de módulos realizadas al material.

VALIDATION PHASE

PHYSICAL TEST

The results obtained from the study establish that the density of the material with chloride and without chloride does not present a variation. Therefore, its density remains constant.

The material without CaCl_2 does not absorb or resist interaction with water. After 15 minutes of contact with water, it begins to disintegrate without allowing its manipulation. The sample with CaCl_2 showed a water absorption of 420% and a swelling of 92%, which can be explained by the fact that the sheet is waterproofed superficially, not including the edges after the specimen cut. Regarding the appearance, the tests showed greater thicknesses, varying the surface homogeneity by presenting a viscous and shiny texture. However, the moisture content of the resulting material without CaCl_2 dates from an average mass loss of 27.5%, and the sample of the material with CaCl_2 reduced its mass by 37% after the test. As for the visual appearance of the specimens, they denote a slight loss of intensity; however, the structure, generally, does not show any change that can be seen with the naked eye.

THE UV DEGRADATION RESISTANCE TEST AND PH MEASUREMENT

The results obtained from the evaluation of UV degradation in the modified chamber showed that for both variations (resulting material with and without CaCl_2), a decrease in the mass of the specimens by 0.189 g (6.4% mass loss) and 0.298 g (8.9% mass loss), respectively. However, there was no reduction in its original lateral measurements and thicknesses. Both variations of the resulting material showed an almost imperceptible variation in the intensity of their color. However, there was no reduction in its original lateral measurements and thicknesses. In the same way, the 24-hour intervals were considered since it is the most relevant interval when generating a more significant variation in the mass of the specimen.

Regarding the measurement of the pH of the resulting material with and without CaCl_2 , it was pH= 6.1 for both cases. It has an identical pH, very close to neutral, which allows us to infer that there is no exchange of protons in the solution due to the structure generated between CaCl_2 and alginate. In turn, we can conclude that CaCl_2 does not affect the pH of the biomaterial. It reacts entirely with the sample; however, adding a material washing phase is necessary since the excess of CaCl_2 on it would generate a change in pH. This is due to the ions present in the specimen, ultimately affecting the pH.

WORKABILITY TEST

(CUTTING, PERFORATION, EXTERNAL LINKS, AND OTHER MATERIALITIES)

Table 1 shows the grades given to the different cut, perforation, sewing, adherence, and module generation tests performed on the material.

TABLA 1: GRADOS OBTENIDOS POSTERIOR A LA EVALUACIÓN DE TRABAJABILIDAD. ELABORACIÓN PROPIA
TABLE 1: DEGREES OBTAINED AFTER THE EVALUATION OF WORKABILITY. OWN ELABORATION

TIPO DE PRUEBA / TYPE OF TEST		HERRAMIENTA / TOOL	GRADO / GRADE
Corte Cut	Manual	Tijera / Scissors	Grado 2 / Grade 2
	Manual	Corta cartón / Knife	Grado 1 / Grade 1
	Mecanizado Machining	Láser / Laser	Grado 1 / Grade 1
Perforación Perforation	Manual Manual	Punzón / Awl	Grado 1 / Grade 1
		Sacabocado / Punch	Grado 1 / Grade 1
		Aguja / Needle	Grado 1 / Grade 1
		Broche / Pin	Grado 4 / Grade 4
Costura Sewing	Manual Manual	Tacha / Stud	Grado 3 / Grade 3
		Hilo encerado / Waxed thread	Grado 1 / Grade 1
		Mecanizado Machining	Máquina industrial recta / Straight industrial machine
Moldeo, texturas Molding, textures	Manual Manual	Máquina industrial overlock / Industrial overlock machine	Grado 2 / Grade 2
		1er pliegue en 180° / 1st fold at 180°	Grado 3 / Grade 3
		3er pliegue en 180° / 3rd fold at 180°	Grado 3 / Grade 3
		5to pliegue 180° / 5th fold 180°	Grado 4 / Grade 4
		Texturas en molde / In-mold textures	Grado 1 / Grade 1
Vínculos externos External links	Módulos Modules		Grado 2 / Grade 2

CORTE:

Las pruebas de corte mostraron resultados obtenidos con herramientas manuales sin dientes como tijera y corta cartón, obteniendo una evaluación de grado 2 y 1 respectivamente, debido a que la tijera en algunas probetas generó una leve ondulación en los costados del material posterior al corte y, el corta cartón mostró ser eficaz sin generar alguna variación en la probeta. Referido al corte y grabado con CNC láser se analizaron parámetros de potencia y velocidad, resultando para el grabado una velocidad de 600 mm/s y 30% de potencia (respecto al total de 80 watts) y definiendo para corte parámetros de 30 mm/s y 20% de potencia, obteniendo en ambos casos grado 1 (ver figura 6).

CUT:

The cutting tests showed results obtained with manual tools without teeth such as scissors and cardboard cutters, receiving an evaluation of grade 2 and 1 respectively, because the scissors in some specimens generated a slight undulation on the sides of the material after cutting and, the cardboard cutter proved to be effective without causing any variation in the sample. Referring to CNC laser cutting and engraving, power and speed parameters were analyzed, resulting in a speed of 600 mm/s and 30% power for engraving (concerning a total of 80 watts) and defining parameters of 30 mm/s and 20% power for cutting, obtaining grade 1 in both cases (see figure 6).



FIG 6. Pruebas de corte y grabado láser CNC. Elaboración propia.

FIG 6. CNC laser cutting and engraving tests. Own elaboration.

PERFORACIÓN:

Las pruebas realizadas mostraron que el material permite la perforación sin requerir presión considerable o constante, puesto que el material es blando con un espesor de 1-2 mm. Cada herramienta, punzón, sacabocado y aguja, mostraron un desempeño de grado 1.

Respecto a las pruebas de perforación con broches (ver figura 7), los broches resultan en grado 4 ya que la presión de sus componentes metálicos corta la muestra al ejercer presión. Si bien al disminuir la presión ejercida, este logra adherirse al material, un uso reiterado del broche provoca un corte del material, desprendiéndose del mismo. Respecto de las tachas, se observa buena adhesión al material, sin embargo, al someterlo a un esfuerzo, éste termina rasgándose, por ende, se evalúa con grado 3.

DRILLING:

The tests showed that the material allows drilling without requiring considerable or constant pressure since the material is soft with a thickness of 1-2 mm. Each tool, punch, hole punch, and needle showed a grade 1 performance.

Regarding the perforation tests with pins (see figure 7), the pins result in grade 4 since the pressure of their metallic components cuts the sample when exerting pressure. Although by reducing the pressure exerted, it manages to adhere to the material, repeated use of the clasp causes a cut in the material, detaching it. Regarding the studs, good adhesion to the material is observed; however, when subjected to effort, it ends up tearing. Therefore, it is evaluated with grade 3.

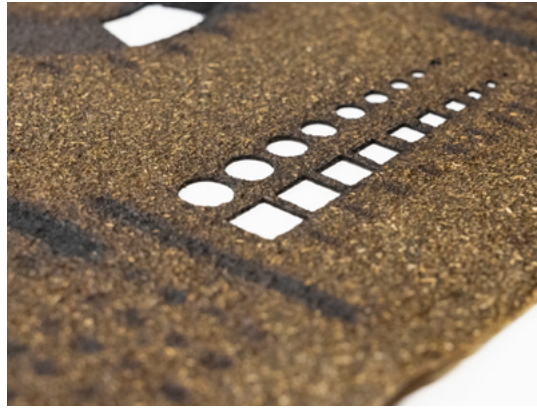


FIG 7. Collage de resultados obtenidos del ensayo de trabajabilidad. Elaboración propia.

FIG 7. Collage of results obtained from the workability test. Own elaboration.

COSTURA:

Referido a las costuras con máquinas industriales, si bien la probeta resiste la costura recta (ver figura 7) con hilo de algodón, con una distancia de 4-5 mm entre puntada y puntada, al ser plegada se fractura, generando la costura un corte por troquel. Así mismo, se evaluó la costura con una distancia de 7 mm y mostró mejores resultados, aunque al ser sometida a pliegues presenta cierta ruptura de la superficie. La costura con máquina overlock e hilo de nylon (ver figura 7), si bien genera el mismo efecto al pliegue, al ser cosida una lámina sobre otra, no se observan deformaciones o rupturas superficiales, salvo que sean sometidas a pliegues y esfuerzos de tracción. Para comprobar la eficiencia de la costura, se generó una tercera prueba de costura manual con hilo encerado, controlando las distancias entre cada puntada, pero de todas maneras el pliegue promueve la fractura de la superficie. Entonces, si bien el material puede ser cosido, este debe considerarse que no es posible combinar costuras y pliegues, pero sí costuras rectas y overlock de tela contra tela.

MOLDES Y TEXTURAS:

El material tiene la capacidad de replicar texturas y aspectos de los moldes en los que se trabaja. Las pruebas de morfología mostraron buenos resultados, el material logra replicar las texturas del molde sin inconvenientes; obteniendo como resultado grado 1.

VÍNCULOS EXTERNOS Y OTRAS MATERIALIDADES:

Los módulos cortados por láser permiten generar un patrón ensamblable que puede utilizarse como recurso estético, sin embargo, se recomienda que la unión de piezas sea sin formas angostas, que promueva el rasgado de los módulos al ser sometida a esfuerzos constantes, por lo tanto, se evalúa con grado 2 (ver figura 8).

SEWING:

Referring to the seams with industrial machines, although the test piece resists the straight seam (see figure 7) with cotton thread, with a distance of 4-5 mm between stitch and stitch, when folded it fractures, generating the seam a cut by die cut. Likewise, the seam with a distance of 7 mm was evaluated and showed better results, although when subjected to folds, it presents a certain rupture of the surface. The sewing with an overlock machine and nylon thread (see figure 7) generates the same effect as the fold; nevertheless, when one sheet is sewn over another, no deformations or superficial ruptures are observed unless they are subjected to folds and tensile stress. To check the sewing efficiency, the third test of manual sewing with waxed thread was generated, controlling the distances between each stitch, but in any case, the fold promotes the fracture of the surface. So, although the material can be sewn, it should be considered that it is not possible to combine seams and folds, but straight seams and fabric-to-fabric overlock seams.

MOLDS AND TEXTURES:

The material can replicate textures and aspects of the molds in which it is worked. The morphology tests showed promising results, the material managed to replicate the textures of the mold without problems, obtaining grade 1 as a result.

EXTERNAL LINKS AND OTHER MATERIALITIES:

The laser-cut modules allow the generation of an assembling pattern that can be used as an aesthetic resource; however, it is recommended that the union of pieces be without narrow shapes, which promotes the tearing of the modules when subjected to constant efforts. Therefore, it is evaluated with grade 2 (see figure 8).



FIG 8. Enlace de módulos con corte láser del material: Elaboración propia.
FIG 8. Link of modules with laser cutting of the material: Own elaboration.

CONCLUSIONES

El desarrollo expuesto en este artículo toma como punto de partida una formulación de código abierto que se modificó para potenciar los atributos esperados del material, bajo criterios de sustentabilidad. Fue necesaria una etapa de experimentación y análisis previo a la fabricación del material, ya que la preparación de referencia expone el procedimiento a grandes rasgos, omitiendo información como los equipos e instrumentos utilizados, tiempos involucrados en etapas donde esta variable es relevante, descripciones detalladas de la materia prima utilizada, entre otros. Además, se adaptó la formulación para incluir otro tipo de residuos, ya que la preparación original solo incluía café. Se logró desarrollar un material que cumple con los criterios de sustentabilidad y de manufactura, tales como la valorización del residuo como un subproducto e integrarlo nuevamente a un ciclo extendiendo su vida útil, agregando valor al reducir los desecho mediante un proceso circular, no tóxico para el ser humano y de bajo costo de manufactura, optimizando el uso de energía y procesamiento. El material obtenido es de formato laminar, flexible, áspero y de acabado mate, capaz de ser trabajado con herramientas manuales como corta cartón, tijeras y punzón, pudiendo a su vez ser grabado, cortado y rasterizado con tecnologías de fabricación digital.

En relación con la manera en que deben ser comunicadas las cualidades de los materiales emergentes para asegurar su aceptación usuario-mercado, el material desarrollado aún está en fase de exploración y análisis para lograr ser aplicado en productos de diseño. Sin embargo, es necesario en primera instancia reconocer y establecer las características y propiedades del material elaborado, y a partir de ahí poder desarrollar propuestas acordes a los atributos del mismo, donde pueda ser apto y óptimo de utilizar. Por lo tanto, los análisis aquí expuestos son de carácter cualitativo, como etapa previa a la realización de análisis cuantitativos que permitan comprender los atributos relevantes para la función que cumplirá, tal como lo exponen Karana y colaboradores (2015) en "Material driven design". De acuerdo a este método, proponemos como proyección establecer una retroalimentación sensorial directa con el usuario del material y así, en conjunto, diseñar propuestas de posibles productos. Para ello se considera la realización de diversas pruebas de forma con moldes y texturas; entrevistas y trabajo con expertos, completando y ampliando las cualidades obtenidas y posibles alcances de propuestas de diseño. Se espera también, que dicha propuesta considere los desafíos que implica el implementar y fomentar una nueva cultura de consumo, consciente y asimismo más sustentable, esto no solo considerando la fase de manufactura, sino que también promueva una vinculación sistemática desde los residuos y quienes lo generan, hasta los productores del material, distribuidores y consumidores/usuarios.

CONCLUSIONS

The development exposed in this article took as its starting point an open-source formulation and was modified to enhance the expected attributes of the material under sustainability criteria. A stage of experimentation and analysis before manufacturing the material was necessary since the reference preparation exposes the procedure in broad strokes, omitting information such as the equipment and instruments used, times involved in stages where this variable is relevant, and detailed descriptions of the raw material used, among others. In addition, the formulation was adapted to include other types of residues since the initial preparation only had coffee.

It was possible to develop a material that meets the sustainability and manufacturing criteria, such as the recovery of waste as a by-product, and integrate it back into a cycle. It extends its useful life, adding value by reducing waste through a circular, non-toxic process for the human being and low manufacturing cost, optimizing the use of energy and processing. The developed material obtained is laminar, flexible, rough and with a matte finish, capable of being worked with manual tools such as cardboard cutters, scissors and a punch, and can in turn be engraved, cut and rasterized with digital manufacturing technologies.

Referring to the way in which the qualities of emerging materials must be communicated to ensure their user-market acceptance, the developed material is still in the exploration and analysis phase in order to be applied in design products. However, it is necessary for the first instance to recognize and establish the characteristics and properties of the elaborated material and, from there to be able to develop proposals according to its attributes, where it can be suitable and optimal to use. Therefore, the analyzes presented here are of a qualitative nature as a preliminary stage to carrying out quantitative analyzes that allow us to understand the relevant attributes for the function that it will fulfill, as stated by Karana et al. (2015) in "Material driven design". According to this method, we project to establish direct sensory feedback with the user of the material and, thus, together, design proposals for possible products. For this, we consider the realization of various shape tests with molds and textures, interviewing and working with experts, completing and expanding the qualities obtained, and the possible scope of design proposals. It is also expected that said proposal considers the challenges involved in implementing and promoting a new culture of consumption conscious and also more sustainable. This not only considers the manufacturing phase but also promotes a systematic link between waste and those who generate it, to the producers of the material, distributors, and consumers/users.

REFERENCIAS / REFERENCES

- Ananas-anam (2017). *Piñatex I #MadefromPiñatex. New materials for a new world*. Retrieved July 22, 2022, from <https://www.ananas-anam.com>
- Arévalo, K. (1996). *Elaboración de plásticos biodegradables a partir de polisacáridos y su estudio de biodegradación a nivel de laboratorio y campo* [Doctoral dissertation, Universidad Autónoma de Nuevo León]. <http://eprints.uanl.mx/4767/>
- Beall, A. (2020, July 12). *Fast fashion is leading to a mountain of clothing being thrown away each year and has a huge impact on the environment, so can we turn our unwanted garments into something useful?* <https://www.bbc.com/future/article/20200710-why-clothes-are-so-hard-to-recycle>
- Bhardwaj, V. & Fairhurst, A. (2010). Fast fashion: Response to changes in the fashion industry. *The International Review of Retail, Distribution and Consumer Research*, 20(1) 165-173. <https://doi.org/10.1080/09593960903498300>
- Biolab FAU. [@biolabfau] (2016). Laboratorio de Materiales Biobasados FAU. Instagram. Retrieved July 22, 2022, from <https://www.instagram.com/biolabfau/>
- Cladophora. *Cladophora by Malu Lücking*. Retrieved July 29, 2022, from <https://maluluecking.pb.design/cladophora>
- Demicheli, M. (1996). Plásticos biodegradables a partir de fuentes renovables. *The IPTS Report*, 10(1), 1-10. <https://app.vlex.com/#vid/120222>
- Di Bartolo, A., Infurna, G. & Dintcheva, N. (2021). A Review of Bioplastics and Their Adoption in the Circular Economy. *Polymers*, 13(8), 1229. MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/polym13081229>
- Fab Textiles (2019). *Coffee BIO-Leather Bag* / FabTextiles. Retrieved July 29, 2022 from <http://fabtextiles.org/coffee-leather-bag/>
- Fablab U. de Chile. (2012). FABLAB Universidad de Chile. Retrieved July 22, 2022 from <http://www.fablab.uchile.cl/>
- FabLab UC. (2016). Laboratorio de prototipado digital Fablab UC. Retrieved July 22, 2022 from <http://fablabuc.herokuapp.com/nosotros>
- Giaccardi, E. & Karana, E. (2015). Foundations of Materials Experience: An Approach for HCI. In *Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems*, 2447-2456. <https://doi.org/10.1145/2702123.2702337>
- Gutiérrez, Q. (2021, October 1). *Las 9 R de la Economía Circular. Sostenibilidad. Sostenible o Sustentable*. Retrieved July 22, 2022, from <https://sostenibleosustentable.com/es/economia-verde/9-r-de-la-economia-circular/>
- Karana, E., Barati, B., Rognoli, V., & Zeeuw van der Laan, A. (2015). Material driven design (MDD): A method to design for material experiences. *International journal of design*, 9(2), 35-54. <http://hdl.handle.net/11311/979536>
- LABVA. (2022). *Somoslabva* [Colaboraciones]. Instagram. Retrieved July 29, 2022 <https://www.instagram.com/somoslabva/>
- Lee, B. et al. (2018). Gelation of an alginate film via spraying of calcium chloride droplets. *Chemical Engineering Science* 183: 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.ces.2018.02.049>
- MaterialDistrict (2015, August 2). *Rotterdam fruit leather*. Retrieved July 22, 2022, from <https://materialdistrict.com/material/rotterdam-fruitleather/>
- MaterialDistrict (2021, June 9). *Berriestex - vegan leather*. Retrieved July 22, 2022, from <https://materialdistrict.com/material/berriestex-vegan-leather/>
- Materiom. (2022). *Materiom.org. We're growing the regenerative materials economy*. Retrieved July 22, 2022, from <https://materiom.org/>
- Medina, E. (2022). *Biología, Diseño y Naturaleza*. Biology Studio. Retrieved July 22, 2022, from <https://biologystudio.com.mx/>
- Muniyasamy, S., Mohanrasu, K., & Gada, A., Mokhena, T. C., Mtibe, A., Boobalan, T., Paul, V., Arun, A. (2019). Biobased Biodegradable Polymers for Ecological Applications: A Move Towards Manufacturing Sustainable Biodegradable Plastic Products. In S. ul-Islam *Integrating Green Chemistry and Sustainable Engineering*, 215-253. <https://doi.org/10.1002/9781119509868.ch8>
- Niinimäki, K., Peters, G., Dahlbo, H., Perry, P., Rissanen, T., & Gwilt, A. (2020). The environmental price of fast fashion. *Nature Reviews Earth & Environment*, 1, 12. 189-200. <https://doi.org/10.1038/s43017-020-0039-9>
- Project Pomace. (2022). Retrieved July 29, 2022, from <https://pomace.nl/about/>
- Spora Biotech. (2022). *Mycelium Mushroom Leather - Sporatex. Spora Biotech Plataforma*. Retrieved July 29, 2022, from <https://www.sporabiotech.com/>
- Rodríguez, N.; McLaughlin, M. & Pennock, D. (2019). *La contaminación del suelo: una realidad oculta*. Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura (FAO). Retrieved July 22, 2022, from <https://www.fao.org/3/i9183es/i9183es.pdf>

YESENIA BRIONES CASTRO

y.briones@udd.cl

CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN TECNOLOGÍAS PARA LA SOCIEDAD (C+), DIRECCIÓN DE INNOVACIÓN, FACULTAD DE INGENIERÍA, UNIVERSIDAD DEL DESARROLLO, SANTIAGO, CHILE. LABORATORIO DE MATERIALES BIOBASADOS (BIOLAB FAU), ESCUELA DE DISEÑO, FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO, UNIVERSIDAD DE CHILE, SANTIAGO, CHILE. ORCID ID 0000-0002-2274-0187

DISEÑADORA INDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD DE CHILE. DOCENCIA EN LA ESCUELA DE DISEÑO, FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO (FAU) E IGEA- HÉLICE DE LA FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS (FCFM) DE LA UNIVERSIDAD DE CHILE. DIPLOMADA EN ECONOMÍA CIRCULAR DE LA MISMA CASA DE ESTUDIOS. COORDINADORA E INVESTIGADORA DE BIOLAB FAU UCHILE, INVESTIGADORA ASISTENTE DEL GRUPO DE NUEVOS MATERIALES Y SISTEMAS DE MANUFACTURA DEL C+ DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UDD. SE HA ESPECIALIZADO EN INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO DE MÉTODOS DE MANUFACTURA DE NUEVAS MATERIALIDADES.

INDUSTRIAL DESIGNER FROM THE UNIVERSIDAD DE CHILE. TEACHING AT THE SCHOOL OF DESIGN, FACULTY OF ARCHITECTURE AND URBANISM (FAU) AND IGEA-HÉLICE OF THE SCHOOL OF PHYSICAL AND MATHEMATICAL SCIENCES (FCFM) OF UNIVERSIDAD DE CHILE. SHE GRADUATED IN CIRCULAR ECONOMY FROM THE SAME HOUSE OF STUDIES. COORDINATOR AND RESEARCHER OF BIOLAB FAU UCHILE, ASSISTANT RESEARCHER OF THE GROUP OF NEW MATERIALS AND MANUFACTURING SYSTEMS OF THE C+ SCHOOL OF ENGINEERING AT UDD. SHE HAS SPECIALIZED IN RESEARCH AND DEVELOPMENT OF MANUFACTURING METHODS FOR NEW MATERIALS.

ANDRÉS CEPEDA SALAS

a.cepeda@udd.cl

CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN TECNOLOGÍAS PARA LA SOCIEDAD (C+), DIRECCIÓN DE INNOVACIÓN, FACULTAD DE INGENIERÍA, UNIVERSIDAD DEL DESARROLLO, SANTIAGO, CHILE. ORCID ID 0000-0003-3094-403X

INGENIERO CIVIL MECÁNICO DE LA UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE CHILE; ESCULTOR AUTODIDACTA, COLABORADOR EN LA MANUFACTURA DE PERSONAJES PARA EL CORTOMETRAJE "BESTIA". COORDINADOR DEL GRUPO DE NUEVOS MATERIALES Y SISTEMAS DE MANUFACTURA DEL CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN TECNOLOGÍAS PARA LA SOCIEDAD (C+). PROFESOR ASOCIADO E INVESTIGADOR ASISTENTE DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA Y DE LA FACULTAD DE MEDICINA DE LA UNIVERSIDAD DEL DESARROLLO. SE HA ESPECIALIZADO EN MODELADO PARAMÉTRICO TRIDIMENSIONAL Y MANUFACTURA DIGITAL.

MECHANICAL ENGINEER FROM UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE CHILE; SELF-TAUGHT SCULPTOR, COLLABORATOR IN THE MANUFACTURE OF CHARACTERS FOR THE SHORT FILM "BESTIA". COORDINATOR OF THE NEW MATERIALS AND MANUFACTURING SYSTEMS GROUP OF THE CENTER FOR RESEARCH IN TECHNOLOGIES FOR SOCIETY (C+). ASSOCIATE PROFESSOR AND ASSISTANT RESEARCHER AT THE FACULTY OF ENGINEERING AND THE FACULTY OF MEDICINE AT UNIVERSIDAD DEL DESARROLLO. HE HAS SPECIALIZED IN THREE-DIMENSIONAL PARAMETRIC MODELING AND DIGITAL MANUFACTURING.

AGRADECIMIENTOS

EL DESARROLLO DE ESTE ARTÍCULO HA NECESITADO DEL APOYO DE PROFESIONALES DEL ÁREA DE LA QUÍMICA, DISEÑO E INGENIERÍA PARA LA VALIDACIÓN Y REALIZACIÓN DE ENSAYOS. LOS AUTORES QUIEREN AGRADECER A ALONSO IBERTTI Y GONZALO ANAÍS, QUIENES HAN APORTADO DESDE SUS DISCIPLINAS EN ESTA EXPLORACIÓN MATERIAL, ENTRE OTROS COLEGAS QUE TAMBIÉN TRABAJAN Y COLABORAN EN EL C+, UDD.

ACKNOWLEDGMENTS

THE DEVELOPMENT OF THIS ARTICLE HAS REQUIRED THE SUPPORT OF PROFESSIONALS IN THE AREAS OF CHEMISTRY, DESIGN AND ENGINEERING FOR VALIDATION AND TESTING. THE AUTHORS WANT TO THANK ALONSO IBERTTI AND GONZALO ANAÍS, WHO HAVE CONTRIBUTED FROM THEIR DISCIPLINES IN THIS MATERIAL EXPLORATION, AMONG OTHER COLLEAGUES WHO ALSO WORK AND COLLABORATE IN THE C+, UDD.