



UNIVERSIDAD  
DE LA REPÚBLICA  
URUGUAY

fadu|uy



Escuela Universitaria  
Centro de Diseño

Tesis de grado  
Diseño Industrial Textil-Moda

*Paneles para absorción acústica con desechos  
textiles*

Lucía Delgado Pérez

Tutora: D.I. Serena Zitarrosa  
Cotutora: Ing. Alice Elizabeth González

Tribunal:  
Arq. Ethel Mir  
Lic. Mariela Garín

Montevideo, Uruguay, Agosto 2017

**PANELES PARA ABSORCIÓN ACÚSTICA**

**CON DESECHOS TEXTILES**



# RESUMEN

Este trabajo de tesis, se plantea como objetivo brindar una solución nueva y diferente en lo que respecta a materiales para acondicionamiento acústico, a través del diseño textil. Más específicamente, se trata de un proceso de experimentación mediante el cual se procuró generar un nuevo material que sirva como absorbente acústico, planteándose la limitante de utilizar como materia prima desechos de la industria textil lanera.

Para poderse realizar este proyecto, se debió estudiar, primeramente, las nociones básicas y generales que permiten entender qué es el acondicionamiento acústico, cómo se puede trabajar en él y cómo afecta al ser humano. Este último aspecto, es de suma importancia, ya que el desarrollo de un nuevo material absorbente acústico, podría ser útil para minimizar los efectos negativos que puede tener un mal acondicionamiento acústico, sobre la salud del hombre.

Por otra parte, fue necesario estudiar tanto el mercado local como internacional, identificar los productos ofrecidos, sus virtudes y carencias.

Luego de analizarse dichos aspectos a nivel teórico, se pudo determinar en qué tipo de materiales acústicos se podría brindar un aporte a través del diseño textil. Fue así que se decidió trabajar en la generación de materiales con buen desempeño como *absorbentes acústicos*. A su vez, se optó por utilizar recortes de hilados de lana, desechados en procesos de tejeduría, como materia prima.

De esta forma, se llegó a generar un material nuevo para absorción acústica, creado a partir del reciclaje de un desecho, completamente biodegradable, con un bajo costo productivo y con una estética completamente diferente a la de la mayoría de los productos para absorción acústica disponibles en el mercado nacional. A su vez, se continuó trabajando en el diseño de su superficie, para combinar una estética más atractiva y un mejor acabado, con un aumento en su coeficiente de absorción acústica.

Es así que, a través de esta tesis, se pretende incentivar a la generación y producción de nuevos materiales, desde el área del diseño textil. A su vez, se procura fomentar a brindar aportes y soluciones en otros campos diferentes al de indumentaria, explotándose la versatilidad del diseño textil. Por último, se plantea la temática del reciclaje, proponiéndose, reciclar un desecho del mismo rubro en el cual se contextualiza este trabajo, el diseño textil.

# AGRADECIMIENTOS

*Quiero agradecer, primeramente, a quienes me acompañaron e impulsaron durante todos los días de este proceso: Adriana, Camila, Enrique, Lucía y Nilsa.*

*A mi tutora Serena Zitarrosa y mi cotutora Alice Elizabeth González, por el apoyo, la guía y los aportes indispensables en este proyecto.*

*Al Ingeniero Luis Latrónica, por el tiempo dedicado y la ayuda para la realización de los ensayos de combustión. A la Licenciada Mary Lopetti, por el asesoramiento en lo referente a bioplásticos. Al Ingeniero Pablo Gianoli, por su disposición para la realización de los ensayos acústicos. Al Dr. en Química Mariano Romero, por su asesoramiento y aportes.*

*A Manos del Uruguay, por la donación del material que fue la base de este trabajo.*

*También agradecer al resto de mi familia y amigos por el apoyo. A mi abuela Rosa por el estímulo constante, a Alejandra por su sincera visión y a Emilia y Romina por siempre preguntar: cómo vas?.*

# TABLA DE CONTENIDOS

<b>1. Introducción</b>	<b>Pág. 1</b>
<b>2. Objetivos</b>	<b>Pág. 4</b>
<b>3. Metodología</b>	<b>Pág. 6</b>
<b>4. Marco teórico</b>	<b>Pág. 9</b>
4.1. Sonido	Pág. 11
4.2. Acústica de locales	Pág. 12
4.3. Evaluación de calidad acústica de una sala	Pág. 13
4.3.1. Tiempo de reverberación	Pág. 13
4.3.2. Inteligibilidad de la palabra	Pág. 16
4.3.3. Confort y calidad acústica	Pág. 16
4.4. Aislamiento acústico	Pág. 16
4.5. Absorción acústica	Pág. 17
4.6. Materiales absorbentes acústicos	Pág. 18
4.6.1. Absorbentes porosos o fibrosos	Pág. 18
4.6.2. Absorbentes de membrana o placa	Pág. 19
4.6.3. Absorbentes resonadores	Pág. 20
4.7. Ensayos	Pág. 20
<b>5. Fundamentación del proyecto</b>	<b>Pág. 22</b>
5.1. Relevancia del proyecto	Pág. 23
5.1.1. Ruido y ser humano	Pág. 25
<b>6. Elección de materia prima</b>	<b>Pág. 32</b>
6.1. Propiedades de la lana	Pág. 34
6.2. Producción lanera en Uruguay	Pág. 36
6.3. Fuente de materia prima utilizada en el proyecto	Pág. 38
<b>7. Relevamiento de mercado</b>	<b>Pág. 41</b>
7.1. Relevamiento del mercado nacional	Pág. 43
7.1.1. Materiales constructivos absorbentes acústicos	Pág. 43
7.1.2. Productos para absorción acústica	Pág. 44
7.1.3. Conclusiones del relevamiento nacional	Pág. 47
7.2. Relevamiento internacional	Pág. 49
7.2.5. Conclusiones del relevamiento internacional	Pág. 52
<b>8. Experimentación</b>	<b>Pág. 55</b>
8.1. Tratamiento de la materia prima	Pág. 57
8.1.1. Clasificación	Pág. 57
8.1.2. Limpieza	Pág. 58
8.1.3. Procesamiento de hilados	Pág. 60
8.1.4. Decolorado	Pág. 62
8.2. Generación de materiales mediante aglomeración	Pág. 69
8.2.1. Bioplástico	Pág. 69

8.2.2. Cola vinílica	Pág. 73
8.2.3. Papel reciclado	Pág. 75
8.2.4. Plástico	Pág. 81
8.3. Generación de materiales mediante estampación	Pág. 88
8.4. Generación de materiales mediante afieltrado	Pág. 92
8.5. Evaluación de los materiales generados	Pág. 95
8.5.1. Ensayos acústicos	Pág. 99
8.5.2. Conclusiones	Pág. 101

**9. Paneles y móviles de bioplástico e hilados** Pág. 102

9.1. Trabajo superficial con moldes	Pág. 104
9.1.1. Diseño y realización de moldes para paneles	Pág. 105
9.1.2. Diseño y realización de moldes para móviles	Pág. 108
9.2. Paneles con trabajo superficial - Realización	Pág. 108
9.2.1. Paneles con trabajo superficial - Ensayos acústicos	Pág. 109
9.3. Móviles - Realización	Pág. 110
9.3.1 Móviles - Ensayos acústicos	Pág. 112
9.4. Conclusiones de los ensayos acústicos	Pág. 113
9.5. Especificaciones técnicas	Pág. 113
9.4.1. Proyecciones de durabilidad	Pág. 114
9.5.2. Reacción al fuego	Pág. 117
9.5.3. Consumo de materiales	Pág. 125
9.5.4. Costos de producción	Pág. 126
9.5.5. Estimación de producción anual	Pág. 128

**10. Conclusiones** Pág. 129

**11. Bibliografía** Pág. 133

11.1. Videos consultados	Pág. 138
11.2 Índice de imágenes	Pág. 138
11.3 Índice de gráficos	Pág. 149
11.4 Índice de tablas	Pág. 149

**12. Anexos** Pág. 151





1

introducción

# 1. INTRODUCCIÓN

Esta tesis, se basa en la experimentación y generación de materiales, a modo de brindar un aporte en las disciplinas referentes al acondicionamiento acústico, desde el área del diseño textil.

La iniciativa surge a partir de la observación de las carencias existentes en el mercado nacional dentro de este área. A su vez, esta elección se vio motivada por mi gusto personal por el diseño a través de la experimentación con materiales. También mis estudios en música, me llevaron a introducirme en esta temática que se relaciona con el sonido y el confort acústico.

El acondicionamiento acústico pocas veces es tenido en cuenta desde el inicio en un proyecto arquitectónico o de diseño de interiores. Una de las causas fundamentales por las que esto ocurre es el costo elevado de los materiales acústicos. Por este motivo, se procuró generar un nuevo material de menor costo, partiéndose de desechos textiles, que tuviese una estética diferente a los ofrecidos en el mercado. Es así que se buscó crear un material con una impronta original y creativa, que permita combinar la funcionalidad del material con el trabajo estético.

A su vez, el trabajo realizado trata otra temática de suma importancia en la actualidad, como lo es el reciclaje de desechos. A través de este proyecto, se propone el uso de desechos de la industria textil como materia prima, a modo de tomar conciencia de la importancia que tiene la reutilización de materiales que contaminan el medio ambiente.

Por otra parte, se buscó mostrar la versatilidad del diseño textil y la amplitud que tiene este campo, resaltándose también la importancia del trabajo en conjunto con otras disciplinas, para la obtención de mejores resultados.

El proyecto puede dividirse en tres etapas. La primera etapa implicó un estudio a nivel teórico de lo qué es el acondicionamiento acústico de una sala, los diferentes materiales acústicos, sus características y requisitos.

En segundo lugar, fue necesaria una etapa de experimentación, mediante la cual se procuró crear diferentes materiales que pudieran servir como absorbentes del sonido. Esta etapa concluyó con una evaluación a nivel acústico de algunos de los materiales creados.

Una vez seleccionado el material con mejores cualidades como absorbente acústico, se comenzó una tercera etapa, mediante la cual se trabajó a nivel formal la superficie del material. Se procuró diseñar paneles, utilizando el nuevo material creado, con un trabajo superficial que los hiciera estéticamente atractivos y, a su vez, aumentara su coeficiente de absorción. También fue necesaria la realización de especificaciones técnicas del nuevo material, no solo referentes a su absorción acústica, sino que también se estudió su durabilidad, combustión, consumo de materiales y costos. De esta manera, se pudo conocer con mayor profundidad el material generado.

Por último, este trabajo deja la puerta abierta a posibles estudios y proyectos futuros, que permitan continuar desarrollando el material, mejorando sus cualidades y permitiendo la posibilidad de generar un producto más específico.



2



objetivos

**Objetivo general:**

Contribuir en la búsqueda de nuevas soluciones referidas a la absorción acústica.

**Objetivos particulares:**

Crear un material absorbente acústico alternativo, que ayude a mejorar la calidad de vida del ser humano.

Procurar generar nuevos materiales con un buen desempeño como absorbentes acústicos, con una estética diferente a los ofrecidos en el mercado.

Reutilizar materiales de desecho de la industria textil, lográndose un producto que apunte a un consumo consciente, y, a su vez, generando un material con valor agregado.

Brindar una solución a través del diseño textil, más accesible económicamente que las presentes en el mercado, para disminuir los tiempos de reverberación en edificaciones existentes donde se desempeñen actividades que necesiten cierto nivel de calidad acústica.

# 3

metodología



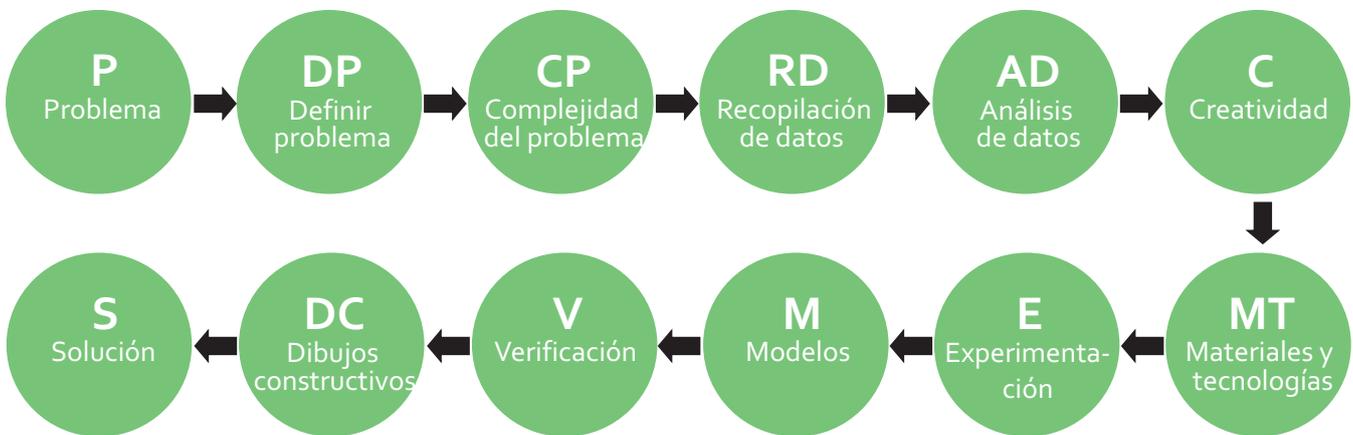
# 3.

## METODOLOGÍA

Para el desarrollo de este trabajo se tomará como base la metodología de Bruno Munari. Algunos puntos de su método proyectual se modificarán en función de las necesidades específicas de este proyecto. El método proyectual, tal como lo entiende dicho autor, debe ser una herramienta útil para el diseñador, no algo indiscutible y puede modificarse en función de mejorar el proceso de diseño (Munari, 2010, p. 19).

El método proyectual de Bruno Munari, cuenta con una serie de pasos que parten de la determinación de un problema específico, su estudio y desglose (Vilchis, 1995, p. 91). Luego de analizarse las diversas componentes del mismo, se pasa a utilizar la creatividad para poder diseñar una solución apropiada. Para esto se deberá seleccionar los materiales y tecnologías a utilizar, experimentar con los mismos, realizar modelos y verificar su funcionalidad. Lógicamente, cuando no se arriba a la mejor solución, es necesario volver a replantearse los pasos anteriores.

### Metodología proyectual - Bruno Munari



De esta forma, se puede entender como el método que plantea Munari está basado en la ejecución de ciertos pasos, cuyo orden se basa en la propia experiencia. Cada vez que uno se embarca en un proyecto, no es necesario plantearse una metodología de cero. Ya existen ciertos lineamientos que facilitan el camino a seguir, para buscar obtener el mejor resultado posible con el mínimo esfuerzo (Munari, 2010, p. 18).

Este trabajo parte de la problemática que implica el acondicionamiento acústico. Se estudiará y analizará teóricamente las diversas características del sonido y los requerimientos necesarios para un buen acondicionamiento acústico dentro de un recinto. Principalmente se profundizará en los materiales absorbentes, los cuales son adecuados para dicha función.

Para brindar un producto más accesible y competitivo se partirá de la utilización de desechos de la industria textil para la generación de un nuevo material absorbente. De esta forma se podrá revalorizar al producto a través de un diseño que apunta a la sustentabilidad.

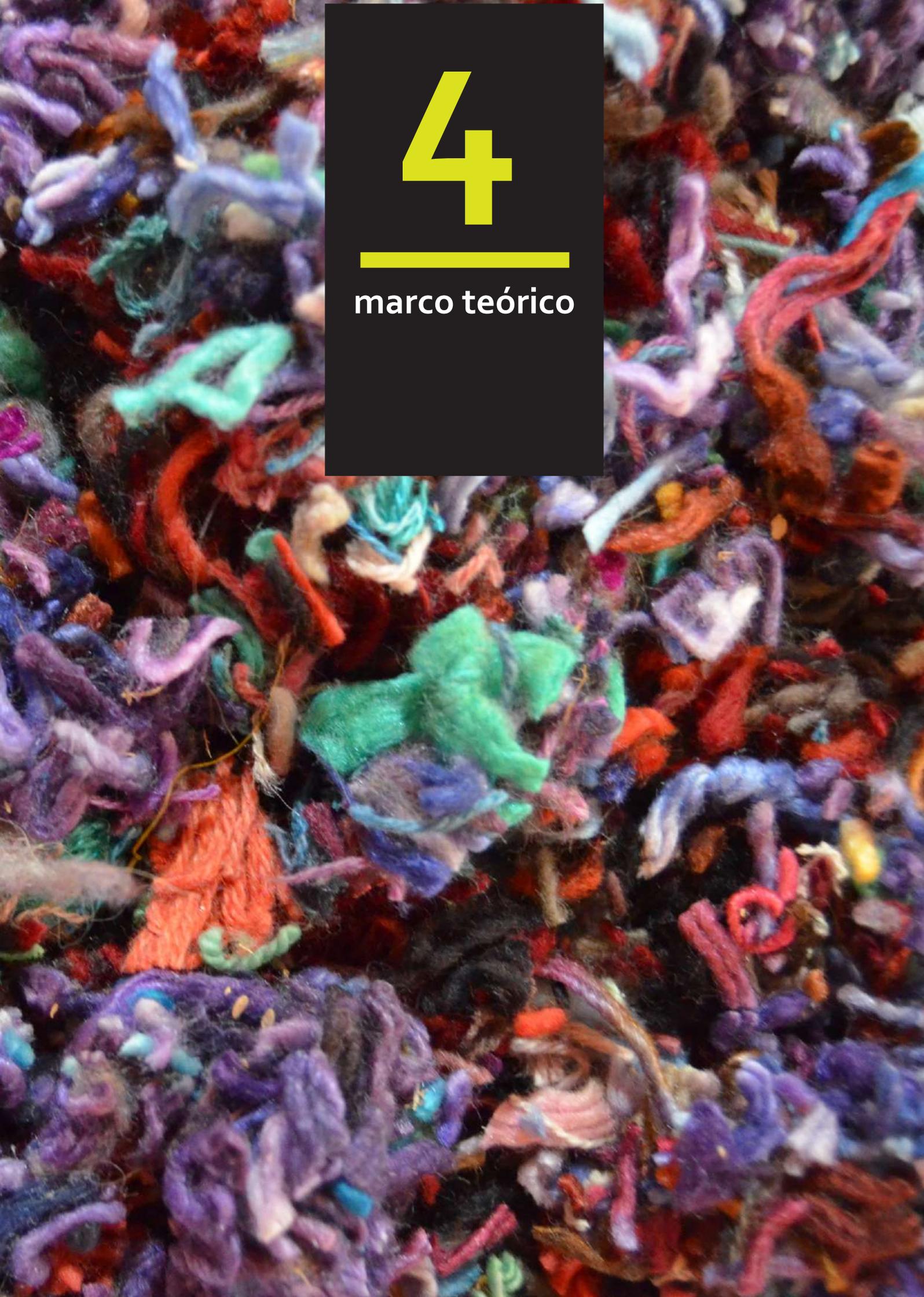
Posteriormente se realizará un relevamiento del mercado nacional e internacional, apreciándose las variables existentes en los diversos productos a nivel funcional y estético. Así se podrán identificar las carencias en el mercado uruguayo, lo cual será de gran utilidad para definir algunos requerimientos del producto a desarrollar.

Con la materia prima seleccionada y un mejor conocimiento de los productos disponibles en el mercado, se pasará a una etapa de experimentación, buscándose generar nuevos materiales que posiblemente funcionen como absorbentes acústicos. De los materiales generados se seleccionarán los considerados más pertinentes para esta función y se le realizarán ensayos que permitan evaluar su absorción acústica.

Una vez determinado cuál es el material con mejores cualidades como absorbente acústico, se proseguirá a trabajar en el diseño de su superficie con la intención no solo de modificar su estética si no de aumentar su coeficiente de absorción acústicas. A su vez, se procurará determinar algunas especificaciones técnicas de los paneles que se generen.

De esta forma, se dejarán planteadas posibles líneas de investigación y trabajo para proyectos futuros que permitan continuar desarrollando el material. Es necesario aclarar, que dado el alcance y los tiempos que implica una tesis de grado, se plantea únicamente el desarrollo de un material y sus posibles aplicaciones, quedando abierto el posible desarrollo de productos con este material.





4

---

marco teórico

Dado que el presente trabajo se focaliza en el estudio y experimentación con materiales propicios para la absorción sonora, principalmente textiles, se hace necesario introducir algunas nociones básicas en lo referente al sonido y el acondicionamiento acústico.

#### 4.1 Sonido

El sonido es un fenómeno físico, que implica la propagación de energía como onda de presión por un medio elástico, pudiendo éste ser sólido, gaseoso o líquido (Gaja, 1996, p.2). Esta onda genera perturbaciones en la presión de equilibrio del medio por el cual se propaga, en el caso del aire modificará la presión atmosférica. Algunas características que determinan la onda sonora son su frecuencia, amplitud, longitud de onda y velocidad.

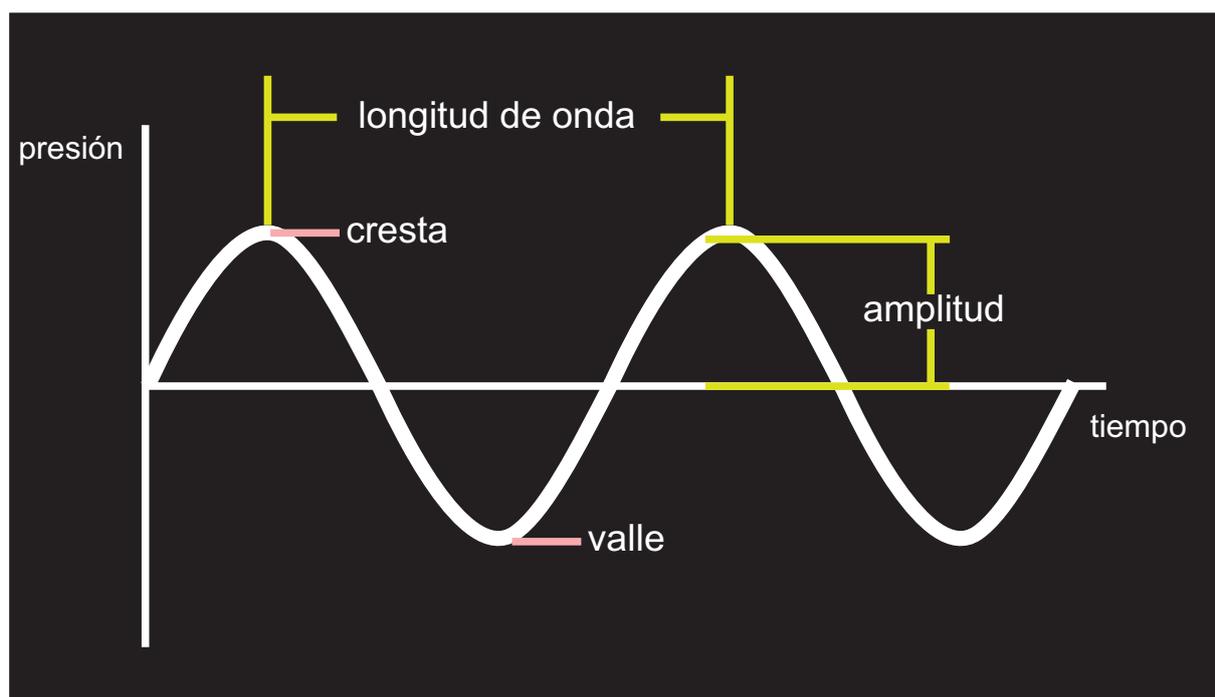


Figura I. Onda sonora: características

Estas características definen el sonido que percibe el oído humano. Por ejemplo, dentro del campo de frecuencias audibles por el hombre (20 a 20.000 Hz<sup>1</sup> y 20Pa a 200Pa<sup>2</sup>), ante una frecuencia baja se oirá un sonido grave y ante una frecuencia alta uno agudo.

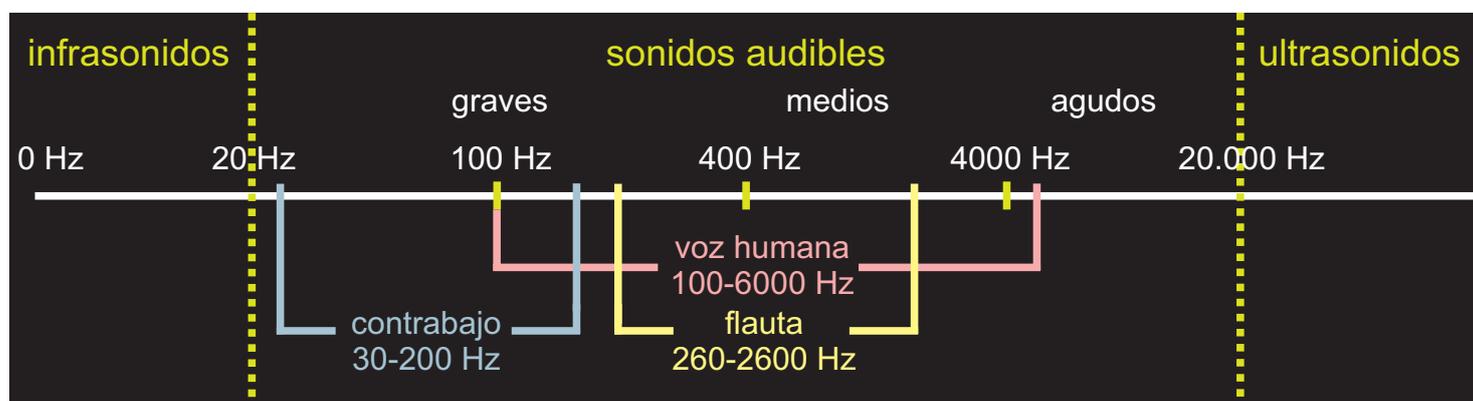


Figura II. Frecuencias audibles y no audibles por el hombre

1. Hercio (Hz): Unidad de frecuencia, igual a la frecuencia de un fenómeno periódico cuyo periodo es de 1 segundo (UNE 82100-7:1996).

2. Pascal (Pa): Unidad de presión. Presión uniforme que, actuando sobre una superficie plana de 1 metro cuadrado, ejerce perpendicularmente a esta superficie una fuerza total de 1 newton (UNE 82100-7:1996).

## 4.2 Acústica de locales

La acústica de una sala refiere al comportamiento del sonido en la misma, es decir su propagación y difusión. Lógicamente, los requisitos acústicos dependerán de la actividad a desarrollar en la sala. Los requerimientos de una sala de conferencias no serán los mismos que los de una de conciertos. En el primer caso se buscará la claridad de la palabra. Por el contrario, en una sala de conciertos se buscará optimizar la calidad del sonido.

Por lo tanto, el acondicionamiento acústico de una sala consistirá en la búsqueda de materiales propicios para una calidad acústica óptima en función de las actividades a desarrollar (González, 2008, p. 61). Se evitará el ingreso de ciertos sonidos externos, así como la emisión de otros, y a su vez se buscará una reverberación\* adecuada. Así mismo, existen otros factores que inciden en la acústica de una sala como por ejemplo la forma de la misma, la fuente que emite el sonido o las propias características del sonido emitido. Este estudio se basará principalmente en la influencia acústica de los materiales que conforman las superficies expuestas dentro de un recinto.

Las ondas sonoras se comportan de diferente manera dependiendo de las características del medio de propagación. Cuando la onda sonora cambia de medio, por ejemplo cuando pasa del aire a un material cualquiera presente en una edificación, ocurren dos fenómenos: reflexión y refracción (Ley de Snell). La cantidad de energía refractada y reflejada dependerá de las cualidades del nuevo medio de propagación, como pueden ser los materiales de revestimiento del local.

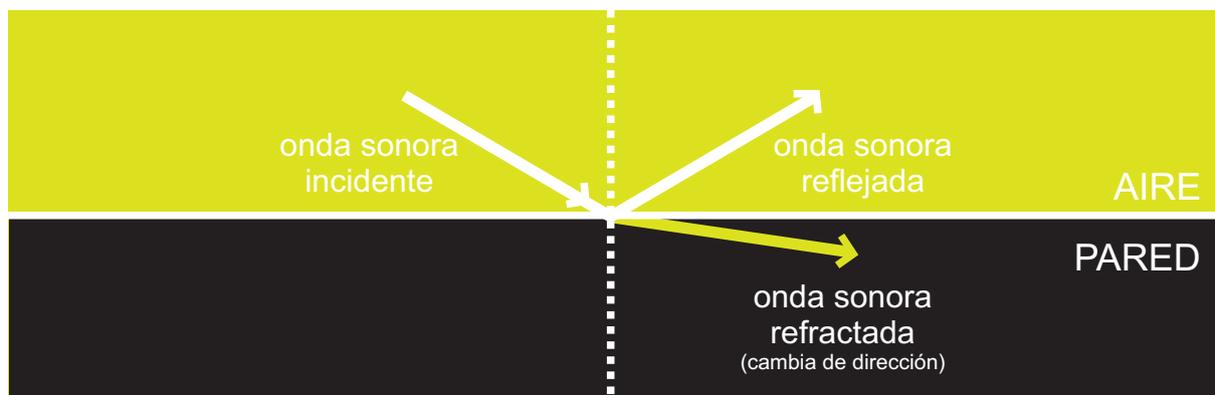


Figura III. Fenómeno de reflexión y refracción

Cuando se trabaja en acústica se vuelve de suma importancia diferenciar dos fenómenos que ocurren con la energía refractada (la que penetra en el material): absorción y transmisión. Cuando se habla de un buen material aislante, se hace referencia a su capacidad de transmitir poca energía acústica. Tanto la absorción como la aislación, son dos características que se relacionan con la calidad acústica de un local. Se actuará sobre una y otra en función de las actividades a desarrollarse en el mismo.

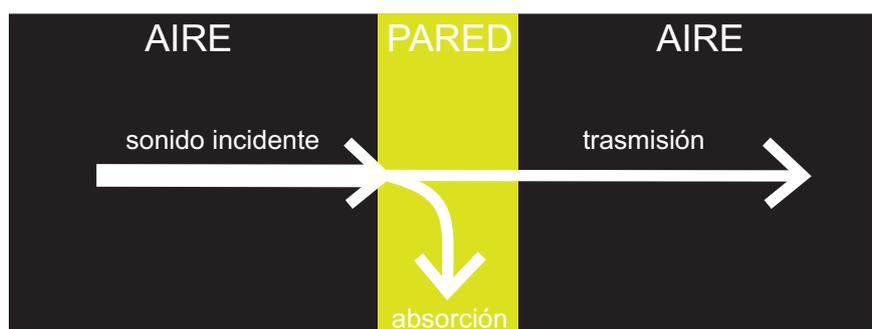


Figura IV. Fenómeno de absorción y trasmisión de energía

\*Definición de reverberación especificada en página 13

### 4.3. Evaluación de calidad acústica de una sala

Existen diversos métodos que permiten evaluar la calidad acústica de una sala. Los mismos tienen en cuenta diferentes criterios acústicos; por lo tanto, el o los métodos a utilizar dependerán de los requisitos acústicos más relevantes para cada caso particular.

Los tres criterios acústicos frecuentemente utilizados son: tiempo de reverberación, inteligibilidad de la palabra y confort acústico. A continuación se explica brevemente cada criterio y los métodos más utilizados para su evaluación.

#### 4.3.1. Tiempo de reverberación

El tiempo de reverberación es el tiempo que demora en reducirse la energía sonora a la millonésima parte de la energía inicial en un ambiente determinado, una vez detenida la fuente (Alba Fernández et al., 1998, p. 9). No incluye únicamente el sonido emitido directamente por la fuente, sino también las múltiples reflexiones que pueden generarse en el recinto. Es pertinente aclarar que generalmente se hace referencia a la reverberación perceptible por el hombre. Este parámetro es el más relevante para la realización de este trabajo.

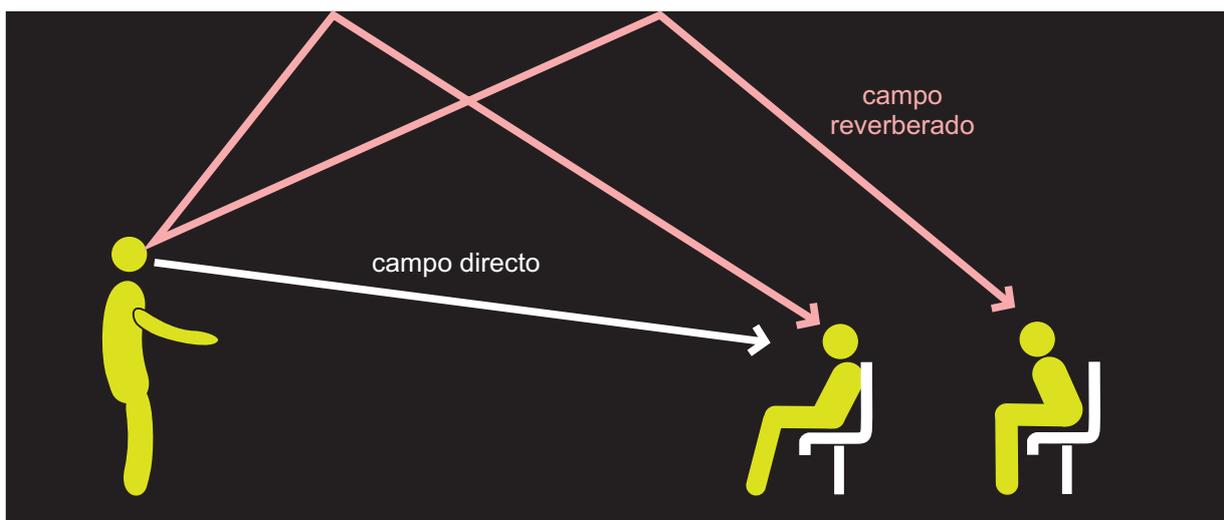


Figura V. Campo acústico directo y reverberado

La reverberación adecuada para un local se relaciona con la actividad a desempeñar en él, ya que condiciona aspectos como la inteligibilidad de la palabra y la calidad del sonido. Para mejorar los tiempos de reverberación en un local, se debe trabajar en la absorción sonora.

Para conocer el tiempo de reverberación de una sala se pueden realizar cálculos matemáticos, teniendo en cuenta características propias de la misma, como su volumen, los materiales que la componen, etc, o también se puede obtener de un modo experimental mediante mediciones y el procesamiento de datos utilizando programas informáticos (González, 2008, p. 87).

#### **Cómo calcular el tiempo de reverberación ( $T_R$ )**

Su cálculo matemático puede ser realizado mediante diversas fórmulas. La más usada es la de Sabine, que se aplica para recintos no muy grandes, con forma de "caja de zapatos" y siempre que el coeficiente de absorción total de la sala sea menor o igual a 0,2 (González, 2008, p. 88).

$$T_R = 0,161 \frac{V}{A} = 0,161 \frac{V}{\alpha_T S_T}$$

Donde:

V = Volumen del local en m<sup>3</sup>

A = Área absorbente total del local en m<sup>2</sup> o Sabine (Sb)

$\alpha_T$  = Absorción media del local

$S_T$  = Superficie total del local

Otra fórmula utilizada es la de Eyring, que se aplica cuando los coeficientes de absorción de las superficies de la sala son similares (González, 2008, p. 88).

$$T_R = 0,161 \frac{V}{4\gamma V - S_T \times \ln(1 - \alpha_T)}$$

Donde:

$\gamma$  = Coeficiente de atenuación de energía sonora en el aire, depende de la humedad atmosférica

V = Volumen del local en m<sup>3</sup>

$\alpha_T$  = Absorción media de los diferentes elementos en el local

$S_T$  = Superficie total del local

Por último, la fórmula de Millington se emplea cuando los coeficientes de absorción de los materiales que conforman las superficies expuestas del local son muy diferentes (González, 2008, p. 88).

$$T_R = 0,161 \frac{V}{\sum_i S_i \times \ln(1 - \alpha_i)}$$

Donde:

V = Volumen del local en m<sup>3</sup>

$\alpha_i$  = Coeficiente de absorción de cada material del local

$S_i$  = Superficie ocupada por el material con absorción  $\alpha_i$

Existen otros métodos experimentales que permiten conocer el tiempo de reverberación. Para esto se debe colocar dentro del local una fuente que emita un sonido (por ejemplo un parlante) y un micrófono que permita registrar como se comporta ese sonido dentro del mismo. Luego se procesa la información mediante la utilización de programas informáticos específicos que permiten calcular los tiempos de reverberación. La señal de prueba que se emite para realizar este cálculo puede ser interrumpida o continua (Alba Fernández et al., 1998, p. 15).



Figura VI. Mediciones con señal continua e interrumpida

Comúnmente cuando se trata de una señal continua, se utiliza una grabación del llamado "ruido rosa", que consiste en un sonido de banda ancha, con el mismo nivel de presión sonora en cada banda de octava. Su sonido se percibe similar al sonido de estática entre dos estaciones de radio. Dado que es de gran utilidad conocer como se distribuye la energía acústica en las diferentes frecuencias se suele trabajar en bandas de frecuencias, las más empleadas son las bandas de octavas y las bandas de tercio de octava. Las frecuencias de los extremos de cada banda de octava tienen la característica de que la inferior es la mitad de la superior, y se nombran de acuerdo al valor de su frecuencia central. Por ejemplo la octava que va de 710 Hz a 1420 Hz, se la nombra como banda de octava 1000 Hz.

Si se utiliza una señal de tipo impulsivo, por ejemplo la explosión de un globo, lo que se hace es emitir un impulso sonoro de comportamiento espectral similar al ruido rosa.

bandas de octava			bandas de tercio de octava		
frecuencia inferior (Hz)	frecuencia central (Hz)	frecuencia superior (Hz)	frecuencia inferior (Hz)	frecuencia central (Hz)	frecuencia superior (Hz)
11	16	22	14.1	16	17.8
22	31.5	44	17.8	20	22.4
44	63	88	22.4	25	28.2
88	125	177	28.2	31.5	33.5
177	250	355	35.5	40	47.7
355	500	740	44.7	50	56.2
700	1000	1420	56.2	63	70.8
1420	2000	2840	70.8	80	89.1
2840	4000	5680	89.1	100	112
5680	8000	11300	112	125	141
11360	16000	22720	141	160	178
			178	200	224
			224	250	282
			282	315	355
			355	400	447
			447	500	562
			562	630	708
			708	800	891
			891	1000	1122
			1122	1250	1413
			1413	1600	1773
			1773	2000	2239
			2239	3500	2818
			2818	3150	3548
			3548	4000	4467
			4467	5000	5623
			5623	6300	7079
			7079	8000	8913
			8913	10000	11220
			11220	12500	14180
			17780	20000	22890

frecuencia central da nombre a la banda      frecuencia central da nombre a la banda

Tabla I. División de frecuencias por banda de octavas y bandas de tercio de octava

### 4.3.2. Inteligibilidad de la palabra

La inteligibilidad de la palabra, como lo dice su nombre, es un criterio que procura evaluar la claridad de entendimiento del habla dentro de un recinto. El índice de inteligibilidad, se basa justamente en la cantidad de palabras entendidas dentro del total de palabras pronunciadas, siendo la fuente un orador "perfecto", que lee una lista preestablecida de vocales. Se pueden definir diversos factores que influyen en este índice, como la reverberación del recinto, la fuente (nivel de voz, espectro del habla, etc), el oyente (su distancia de la fuente, familiaridad con las palabras pronunciadas, capacidad auditiva, etc) (Alba Fernández et al., 1998, p. 145).

Los métodos y criterios más utilizados para su cálculo son: método logatomos, nivel de interferencia del habla, índice de articulación, índice de transmisión del habla, método RASTI, método PEUTZ.

### 4.3.3. Confort y calidad acústica

El confort acústico puede definirse como el nivel de ruido adecuado para el desarrollo de diversas actividades humanas, la comunicación y el descanso.

El confort acústico como criterio puede aplicarse en tres circunstancias diferentes. En primer lugar teniendo en cuenta la exposición comunitaria al ruido, buscando ciertos niveles de confort que permitan mejorar la calidad de vida y el desarrollo de actividades típicas de la vida en comunidad. En segundo lugar, puede basarse en la exposición al ruido en el ambiente laboral. Por último, puede hablarse de confort y calidad acústica en interiores. En este caso, se busca determinar el ruido de fondo máximo que permite el desarrollo de una actividad determinada (Gaja, 1996, p. 153).

Los criterios de confort y calidad acústica utilizados más frecuentemente son: curvas NC, curvas PNC, curvas NR, SIL, PSIL y curvas RC. Las curvas NC, PNC, y NR, se expresan en tablas que identifican diferentes niveles de confort acústico, asociados a un máximo de presión sonora por banda de octava. Las curvas RC toman en cuenta los niveles de presión sonora correspondientes a las frecuencias centrales de las octavas comprendidas entre los 16 Hz y los 4000 Hz. Por otra parte el SIL y PSIL relacionan la calidad acústica con el entendimiento de la palabra hablada en el recinto. Utilizan el promedio aritmético de los niveles de presión sonora del ruido de fondo en determinadas bandas de octava normalizadas.

### 4.4. Aislamiento acústico

Un sistema de aislamiento acústico se ve determinado por su capacidad de reducir la energía sonora que se propaga a través del mismo. Las ondas sonoras pueden llegar al material por vía aérea (aire) o sólida (vibraciones, golpes, y otros ruidos de impacto).

Todo medio ofrece cierta resistencia a la propagación de las ondas sonoras, a lo cual se le llama impedancia acústica. Al generarse un cambio de medio de propagación, se da también un cambio en dicha resistencia, provocando modificaciones en la amplitud de las ondas sonoras. Al pasar a un medio con mayor impedancia la amplitud aumenta y viceversa. Esto influye en el fenómeno de reflexión y transmisión de energía, ya que si existe una gran diferencia de impedancia acústica entre ambos medios, se reflejará gran cantidad de energía y se transmitirá muy poca (González, 2008, p. 63). Este principio es la base del aislamiento acústico; si se genera una diferencia sustancial entre la impedancia acústica del aire y los materiales que delimitan el recinto se podrá lograr un buen aislamiento acústico en el mismo.



Figura VII. Diagrama material poco aislante



Figura VIII. Diagrama material aislante

Otros factores que influyen en el aislamiento acústico de un local son la masa superficial de los materiales que lo delimitan y la frecuencia de las ondas sonoras incidentes, dado que un mismo material tiene diversos comportamientos dependiendo de la frecuencia de la onda incidente.

#### 4.5. Absorción acústica

Se pueden diferenciar los materiales según su adecuación para el tratamiento acústico de recintos, siendo mejores aquellos que tienen la capacidad de absorber o reflejar una gran parte de la energía sonora que incide en ellos (Recuero, 1992, p. 11). En este caso se hará foco en el estudio de materiales que funcionen como buenos absorbentes de sonido, es decir materiales que reflejan una menor cantidad de energía que la incidente. Algunos factores que influyen en la capacidad de absorción de un material son su espesor, densidad, elasticidad, estructura, frecuencia de la onda incidente, ángulo de incidencia, entre otros (Gaja, 1996, p. 39).

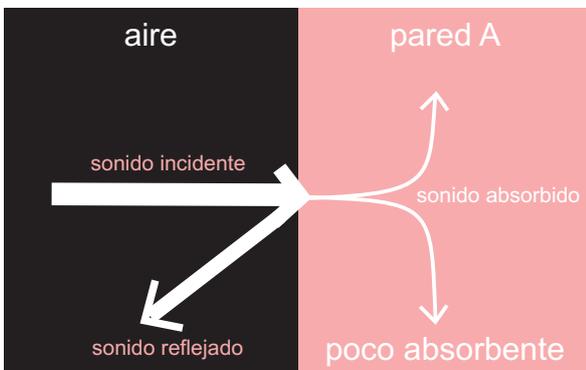


Figura IX. Diagrama material poco absorbente

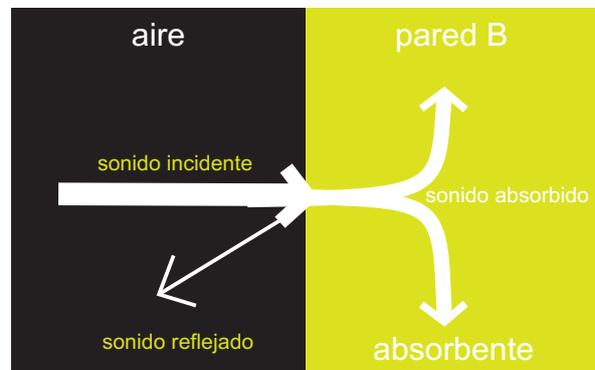


Figura X. Diagrama material absorbente

El coeficiente de absorción de un material es la relación entre la energía acústica que es capaz de absorber y la energía acústica incidente sobre el material. Cuanto más energía sea absorbida menos será la energía transmitida y viceversa. Por eso, un buen material aislante nunca será buen absorbente y al revés.

Al incidir una onda acústica sobre un material poroso la mayor parte de la energía lo penetra, reduciéndose su cantidad conforme lo atraviesa. A mayor porosidad del material más fácilmente penetrará la onda sonora, por lo cual se precisará aumentar el espesor del material para lograr una mayor pérdida de energía (Josse, 1975, p. 280).

Para que un material sea buen absorbente sonoro, no solo debe ser permeable a la onda sino que también debe tener la capacidad, en mayor o menor medida, de transformar la energía acústica transportada por las ondas sonoras en energía calórica (debido a la fricción), mecánica o de deformación (Gaja, 1996, p. 39).

La pérdida de energía acústica aumenta conforme crece su recorrido dentro del propio material, es decir a mayor espesor más pérdida. Gracias a la irregularidad, elasticidad y porosidad del material, las ondas se reflejan múltiples veces en el interior del material, perdiendo energía en cada una de estas reflexiones (González, 2008, p. 81). Esto hace que la cantidad de energía sonora que pueda ser transmitida hacia afuera del recinto sea menor que la emitida por la fuente inicialmente. De esta forma no solo se mejora la acústica dentro de un determinado ambiente, gracias a una reducción de la reverberación, sino que también se reduce la posible contaminación sonora que las actividades desarrolladas en su interior generan.

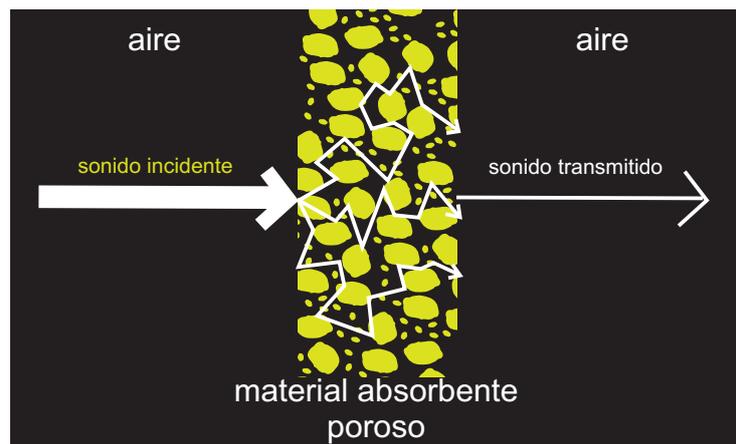


Figura XI. Diagrama material absorbente poroso

La porosidad de un material hace que en gran parte esté compuesto por aire, por lo cual la impedancia del aire y la del material no tendrán grandes diferencias (González, 2008, p. 81). Un cambio leve en la impedancia de ambos medios permite una mayor absorción de energía y una menor reflexión de la misma.

La densidad es otro factor influyente en el buen funcionamiento de estos materiales. Cuanto menos denso sea el material más fácil lo atravesará la onda sonora, por ende para mejorar su absorción se precisará aumentar su espesor. El aumento de la densidad, hasta cierto punto, puede generar una mejor absorción sin necesidad de grandes espesores. Este incremento en la densidad no debe llegar al punto de otorgarle rigidez al material, ya que así perdería sus propiedades de absorción acústica (Gonzalez, 2008, p. 82).

## 4.6. Materiales absorbentes acústicos

Los materiales absorbentes se pueden dividir en tres categorías: materiales porosos o fibrosos, absorbentes de membranas o placas y absorbentes resonadores. Cada categoría funciona mejor para un intervalo de frecuencias determinado. Para la realización de este trabajo, se consideró de mayor relevancia los materiales porosos y fibrosos.

### 4.6.1 Absorbentes porosos o fibrosos

Los materiales fibrosos o porosos tienen un mejor desempeño para altas frecuencias, siendo muy adecuados para las frecuencias conversacionales. Para una buena absorción estos materiales necesitan un espesor mayor o igual a la cuarta parte de la longitud de onda incidente. Es posible lograr un mejor funcionamiento para frecuencias bajas dejando cierto espacio (cámara de aire) entre el material absorbente y la superficie reflectante a tratar, por ejemplo una pared.

Dependiendo de si son materiales blandos o porosos absorberán la energía acústica de diferente manera. En el

primer caso la absorción se debe a la deformación que se produce en el material al incidir la onda sonora. Mientras que en los materiales porosos se debe a la vibración generada en el aire contenido en el interior de dichos poros, perdiendo energía por el rozamiento contra sus paredes. Un problema que presentan los materiales porosos es que en atmósferas contaminadas, la acumulación de partículas sobre su superficie puede obstruirlos perjudicando su desempeño (González, 2008, p. 91).

Este tipo de materiales permiten reducir los tiempos de reverberación en una sala y mejorar las condiciones acústicas de la misma. Algunos ejemplos de materiales absorbentes son fieltro, lana de roca, lana de vidrio, yeso, corcho, entre otros.



*Figura XII. Materiales absorbentes acústicos*

Existen diferentes productos realizados con materiales absorbentes. Su presentación depende principalmente de su forma de colocación: revestimiento de paredes, cielorrasos, colocación dentro de paredes simples o dobles, paneles móviles, entre otros.

Otras propiedades no menores a tener en cuenta en estos materiales, son su reflectividad lumínica, mantenimiento, duración, resistencia al fuego, efecto decorativo, etc. Si bien no son propiedades que influyen en la absorción acústica del material, pueden ser características que determinen la preferencia de un material o producto sobre otro (Recuero, 1992, p. 12).

### 4.6.2 Absorbentes de membrana o placa

Los absorbentes de membranas o placas, son más propicios para la absorción de bajas frecuencias. Están compuestos por un material impermeable al aire (membrana o placa), que se encuentra fijado únicamente por sus bordes, generalmente a un bastidor, ubicado a cierta distancia de una superficie rígida. De esta forma, queda una cavidad hermética entre la membrana o placa, y la superficie rígida (González, 2008, p. 100).

La distinción entre membrana y placa se debe a que una membrana es aquel material con una rigidez despreciable, en función de las tensiones que lo sujetan. Por otro lado, se trata de una placa si la rigidez es un factor importante.

La onda acústica incidirá entonces sobre la placa o membrana, haciendo que ésta entre en vibración, perdiéndose parte de la energía incidente. Por lo tanto, la energía que llegará a la superficie rígida (por ejemplo la pared), será menor a la energía inicial que penetró en la placa o membrana.

Para aumentar el coeficiente de absorción de estos materiales, puede rellenarse la cavidad interior con algún material poroso o fibroso.

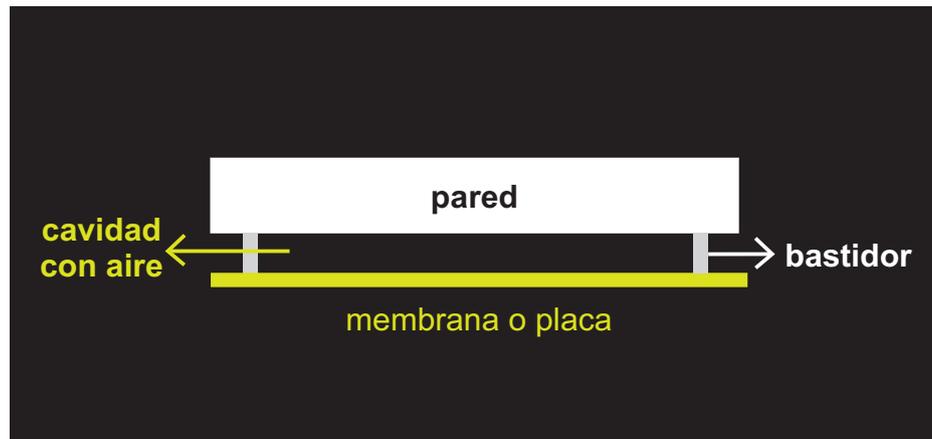


Figura XIII. Diagrama de absorbente de membrana o placa

#### 4.6.3 Absorbentes resonadores

Los absorbentes resonadores, también conocidos como resonador de Helmholtz, son muy selectivos. Se utilizan para eliminar la reverberación de un recinto en una frecuencia determinada.

Están compuestos por un volumen de aire, contenido dentro de una cavidad, que se comunica al exterior mediante un cuello o canal estrecho. Sus dimensiones hacen posible la pérdida de la energía incidente en determinada frecuencia, su frecuencia de resonancia<sup>3</sup>(González, 2008, p. 102).

Es posible ampliar el rango de frecuencias absorbidas por el resonador, si se agrega un absorbente poroso o fibroso en la cavidad o cuello del resonador.



Figura XIV. Ejemplo de resonador

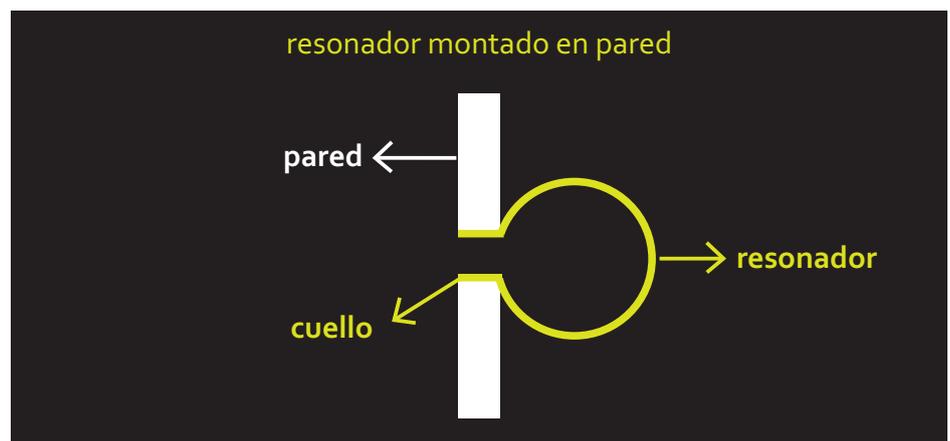


Figura XV. Diagrama de absorbente resonador

#### 4.7. Ensayos

Existen diversos ensayos que permiten evaluar el desempeño de un material como absorbente acústico. Los mismos dependen de los parámetros que se desee evaluar (reverberación, inteligibilidad de la palabra o confort acústico) y de los aparatos de medición que se disponga.

En este trabajo, será necesario ensayar los materiales generados. Para ello se contará con el apoyo del Departamento de Ingeniería Ambiental, de la Facultad de Ingeniería, Universidad de la República. Por esta razón, se

3. Frecuencia de resonancia: frecuencia a la que se produce resonancia en las condiciones de ensayo (UNE-EN 29052-1:1994). Resonancia: Es el fenómeno producido al coincidir la frecuencia propia de un sistema mecánico, eléctrico, etc., con la frecuencia de una excitación externa (Real Academia Española).

explicarán únicamente los ensayos que es posible desarrollar en dicho departamento y que se consideran adecuados para evaluar el desempeño de los posibles materiales o paneles a desarrollar.

Como se explicó anteriormente, mediante la utilización de materiales absorbentes uno de los efectos que se busca generar es reducir los tiempos de reverberación de un recinto. Para evaluar este parámetro, se realizan mediciones de los tiempos de reverberación del recinto sin el material absorbente y luego con el mismo revistiendo una de sus paredes. A partir de la comparación de ambos resultados, se puede calcular el coeficiente de absorción del nuevo material. Para que los datos sean representativos, éste deberá cubrir una superficie significativa respecto al tamaño del recinto.

La medición de los tiempos de reverberación se realiza en las bandas de octava de 500 Hz y 1000 Hz. Para esto se puede usar como fuente emisora la explosión de un globo. El sonido es captado por un sonómetro, también ubicado dentro del recinto, el cual tiene incorporado un software que procesa los datos.

Por otra parte, es posible evaluar el ruido de fondo dentro del recinto, es decir los sonidos indeseados que suceden en paralelo a la medición, con y sin el material absorbente. En este caso también se utiliza un sonómetro, pero las mediciones se realizan en tercios de octavas.

Para poder evaluar si existe una mejoría en el confort y calidad acústica con los materiales generados, se utilizan las curvas de confort, pudiéndose comparar los datos obtenidos para ruido de fondo con los de las curvas. Asimismo, es posible evaluar si existen reducciones en el ruido que emite el local hacia afuera, al utilizarse un material absorbente. Para esto se realizan mediciones del ruido de fondo desde fuera del recinto.



5

fundamentación  
del proyecto

El trabajo realizado parte de una intención por resaltar la importancia que implica el acondicionamiento acústico, tanto para la salud del ser humano como para el desarrollo de ciertas actividades en la vida en sociedad. Un acondicionamiento acústico inadecuado para un cierto espacio o para el desarrollo de cierta actividad, puede generar diversos efectos adversos sobre el individuo.

Partiéndose de los conceptos desarrollados en el Capítulo 4, se busca brindar una solución en lo que respecta a materiales para absorción acústica, desde el área del diseño textil. Se pretende crear un material nuevo y estéticamente diferente que capte la atención del usuario y lo incentive a conocer su función. Por consecuencia, se podría lograr concientizar al consumidor final y/o usuario sobre la temática.

El proyecto realizado se puede considerar de importancia principalmente por dos motivos. En primer lugar, porque el tema del acondicionamiento acústico influye directamente sobre la calidad de vida de los individuos, por lo tanto a través de este trabajo se busca brindar un aporte que mejore la calidad de vida del ser humano. En segundo lugar, otro factor de importancia, es que se plantea el llegar a una solución a través del reciclaje. Este capítulo se centrará en el primer motivo, explicando como el acondicionamiento acústico influye sobre el individuo.

### 5.1 Relevancia del proyecto

La problemática del acondicionamiento acústico, es un tema que afecta a todos los individuos en sociedad, siendo éstos conscientes o no de su importancia. Para entender mejor los efectos que puede ocasionar en el ser humano, es necesario definir algunas nociones básicas.

En primer lugar, cuando se trabaja en acústica se hace una diferenciación entre sonido y ruido, y no porque existan diferencias acústicas relevantes entre uno y otro. La distinción se debe a que el ruido, es toda señal sonora no deseada por el receptor, entendida como una intromisión, dado que no le es de ninguna utilidad. El ruido es entendido como un contaminante, ya que puede ser nocivo para la salud del hombre tanto a nivel físico como psíquico. A su vez, puede interferir en el relacionamiento de los individuos en sociedad (González, 2012, p. 18).

Es así, que es posible hablar de contaminación acústica o sonora. Esta contaminación no afecta únicamente a los seres humanos, sino que también actúa negativamente sobre otros animales y vegetales, dañando tanto los ecosistemas naturales como artificiales (González, 2012, p. 18). La contaminación acústica, es actualmente uno de los factores que más afecta a las poblaciones urbanas, afectando directamente la calidad de vida de los habitantes, y pudiendo tener daños directos en los niños, ya que interfieren en sus capacidades de aprendizaje (OEFA, en línea).

La intensidad o potencia de los ruidos que conforman la contaminación sonora, puede ser medida en decibeles (dB), siendo un decibel la mínima variación sonora perceptible por el ser humano. Como se mencionó anteriormente en el Capítulo 4, las frecuencias audibles por el hombre van de los 20 Hz a los 20.000 Hz. Ahora

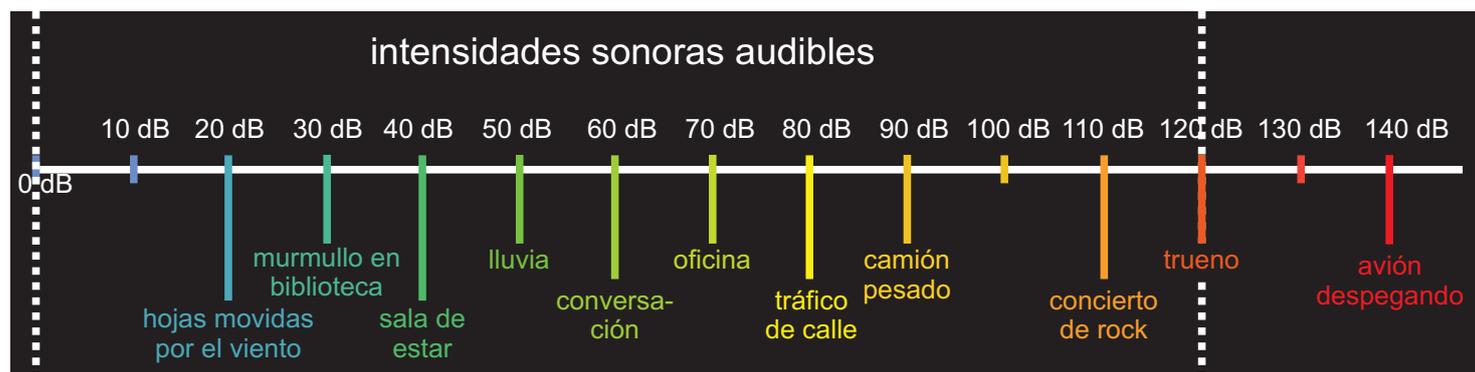


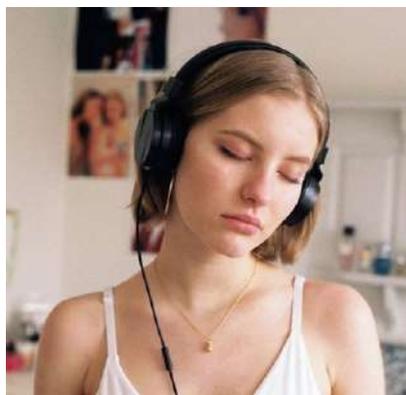
Figura XVI. Intensidades sonoras audibles por el hombre

bien, el umbral de intensidad sonora audible por el mismo se extiende de los 0 dB (nivel mínimo audible) a los 120 dB, siendo ésta una intensidad del sonido que ya puede generarle dolor a la persona (OEFA, en línea).

Se pueden diferenciar tres posibles formas de exposición al ruido en la vida en sociedad: exposición ocupacional, ocurre en el ámbito laboral por lo cual podría considerarse en parte involuntaria, exposición social que se da al asistir a lugares con niveles sonoros elevados o al consumir sonido a niveles elevados de diferentes fuentes como radio, televisión, computadora, se la considera una exposición voluntaria, por último se encuentra la exposición ambiental, la cual es involuntaria y se ve determinada por los propios ruidos de la ciudad y la sociedad (González, 2012, p. 22).

Dentro de la exposición ambiental, se puede identificar el ruido ambiental urbano, ya que en los centros urbanos es donde se encuentran los mayores problemas de contaminación sonora. Todo individuo que habita centros urbanos, se encuentra expuesto a este tipo de ruido, ya sea al salir de su hogar o desde dentro del mismo. Este ruido está compuesto por diferentes factores, que el individuo no puede controlar, como el ruido de bocinas, motores de vehículos de transporte, sus neumáticos sobre el pavimento, ladridos, ruidos conversacionales, aviones, entre otros (PAOT, en línea).

En este trabajo, se entiende que se podría hacer un aporte para disminuir los efectos adversos del ruido en los casos de exposición ocupacional y exposición social, dado que el material a desarrollar podría tener aplicación en recintos como oficinas, centros de estudio, centros comerciales, viviendas, entre otros.



*Figura XVII. Exposición ocupacional*

*Figura XVIII. Exposición social*

*Figura XIX. Exposición ambiental*

Si bien en el Capítulo 4 ya se introdujeron las nociones referentes a calidad acústica de una sala, se entiende oportuno reiterar que cuando se habla de calidad acústica ambiental o de calidad sonora, se hace referencia a cuán adecuado es un recinto, en términos acústicos, para el desarrollo de cierta actividad. Se pueden distinguir diversos factores influyentes en la calidad acústica ambiental. En primer lugar, las propias características del sonido emitido y su nivel sonoro. En segundo lugar, el uso para el cual fue pensado el recinto. Por último, también influyen el tiempo de la situación de uso, los emisores presentes que contribuyen con el ruido de fondo, y que a su vez generan otros sonidos que son los deseables o que se intenta estudiar, las características de los receptores, entre otros (González, 2012, p.25).

### 5.1.1 Ruido y ser humano

Como se mencionó anteriormente, el ruido entendido como contaminante tiene efectos negativos sobre la salud y el bienestar del ser humano. Esto ha generado que autoridades internacionales, como la Organización Mundial de la Salud, así como diversas áreas de la medicina y la física, hayan comenzado a generar cada vez más estudios e investigaciones relacionando la nocividad del ruido con efectos biológicos (PAOT, en línea).

Lógicamente, la molestia que puede generar un ruido sobre el individuo, no se ve condicionada únicamente por las características físicas del sonido en sí. También influyen algunos parámetros más subjetivos que se relacionan con el propio individuo, su sensibilidad al ruido, edad, género, clase social, trabajo, nivel educativo, factores sociológicos, así como características físicas del individuo, entre otras. Por ejemplo, los niños y jóvenes tienden a ser menos susceptibles al ruido que los adultos mayores (González, 2012, p. 63).

Igualmente, a pesar de que se reconoce cierta subjetividad ante la percepción del ruido, es importante destacar que el mismo tiene consecuencias similares sobre todos los individuos. Aunque cada caso implique variaciones específicas, el ruido tiene efectos fisiológicos, psicológicos y sociales sobre todas las personas (PAOT, en línea).

El ruido es un estímulo externo que genera en la persona un reflejo de defensa. La persona pone su cuerpo en estado de alerta, de igual manera que hace ante cualquier estímulo externo que entiende como amenaza. Es así que pueden generarse alteraciones físicas, algunas fácilmente detectables por el individuo (fatiga, dolor de cabeza, alteraciones en el sistema auditivo, entre otras), mientras que algunas pueden no ser perceptibles (alteraciones en el aparato digestivo, en el Sistema Nervioso Central, sistema cardiovascular, entre otras). Un ejemplo de esto podría ser el llanto de un bebé en la noche, funciona como alerta para sus padres, mientras que otra persona podría percibirlo únicamente como una molestia. (González, 2012, p. 51).



*Figura XX. Persona molesta por ruido*



*Figura XXI. Madre con bebé llorando*

Estos efectos que genera el ruido sobre el hombre, pueden dividirse para su estudio en: efectos directos o auditivos, efectos extra-auditivos y efectos psicofísicos.

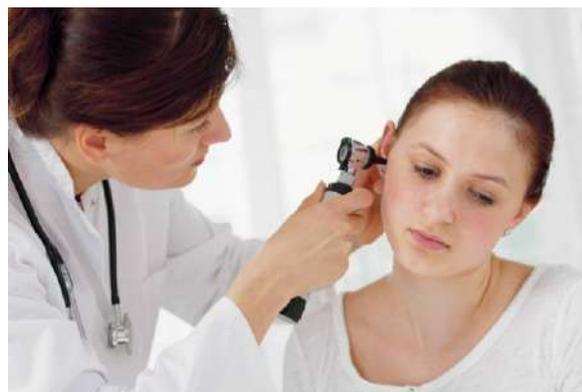
Los efectos directos, son aquellas consecuencias negativas que suceden en el sistema auditivo a causa de la exposición a elevados niveles de presión acústica. Algunos de estos efectos son: trauma acústico, ruidos en el interior del oído, pérdida de audición temporal y pérdida de audición permanente (González, 2012, p. 38).

La exposición a ruido ocupacional o por el desarrollo de una actividad social o hobby por arriba de los 80 dB, puede ser causante de este tipo de afecciones. Generalmente los problemas de deficiencia auditiva comienzan en las frecuencias sonoras de 3000 a 6000 Hz (PAOT, en línea).

Uno de los efectos más preocupantes, causado por la pérdida auditiva, es la exclusión social. Dado que el sentido de audición es fundamental para la comunicación, una pérdida o problema en la audición puede generar en el individuo dificultades para comunicarse, llevándolo a aislarse de la sociedad (González, 2012, p. 39).



*Figura XXII. Disminución auditiva en niños*



*Figura XXIII. Control auditivo*

Por otra parte, los efectos extra-auditivos son aquellos problemas físicos y psíquicos ocasionados por la exposición al ruido, pero que no se relacionan con el sistema auditivo.

Diversos estudios demuestran que el ruido puede ocasionar alteraciones en el organismo tanto de los niños como adultos. Generalmente, si se trata de una exposición temporal, el organismo vuelve a su estado original, una vez terminado dicho estímulo, no siempre de manera inmediata. Si el ruido es de gran intensidad y en caso de que sea impredecible, es decir no es un ruido continuo o periódico, se pueden generar alteraciones respiratorias, cardiovasculares, hormonales, entre otras (Berglund et al., 1999, p.29).

Algunas alteraciones respiratorias como bronquitis o episodios alérgicos pueden estar influidos por la exposición a ciertos ruidos. También se han detectado afecciones en el sistema cardiovascular. El ruido, genera elevaciones transitorias de la tensión arterial, pudiendo desencadenar a largo plazo en elevaciones permanentes de estos niveles (González, 2012, p. 42).

Existen diversos estudios que muestran la existencia de un aumento en problemas cardiovasculares, como aumento en la presión arterial, hipertensión, en aquellas personas expuestas a altos niveles de ruido industrial durante períodos de cinco a treinta años (Berglund et al., 1999, p. 29).

Como se mencionó anteriormente, otra consecuencia posible es una alteración hormonal. El ruido puede generar un aumento en la generación de adrenalina y noradrenalina. Ambas son hormonas generadas por el Sistema Nervioso Central y periférico, las cuales también funcionan como neurotransmisores. Estas hormonas tienden a aumentar la presión arterial, dilatar los conductos de aire, contraer los vasos sanguíneos, preparando al organismo para reaccionar ante una amenaza ya sea luchando o huyendo (Real Academia Española, en línea). Generalmente la adrenalina es asociada con las situaciones que generan miedo y la noradrenalina con el enojo.

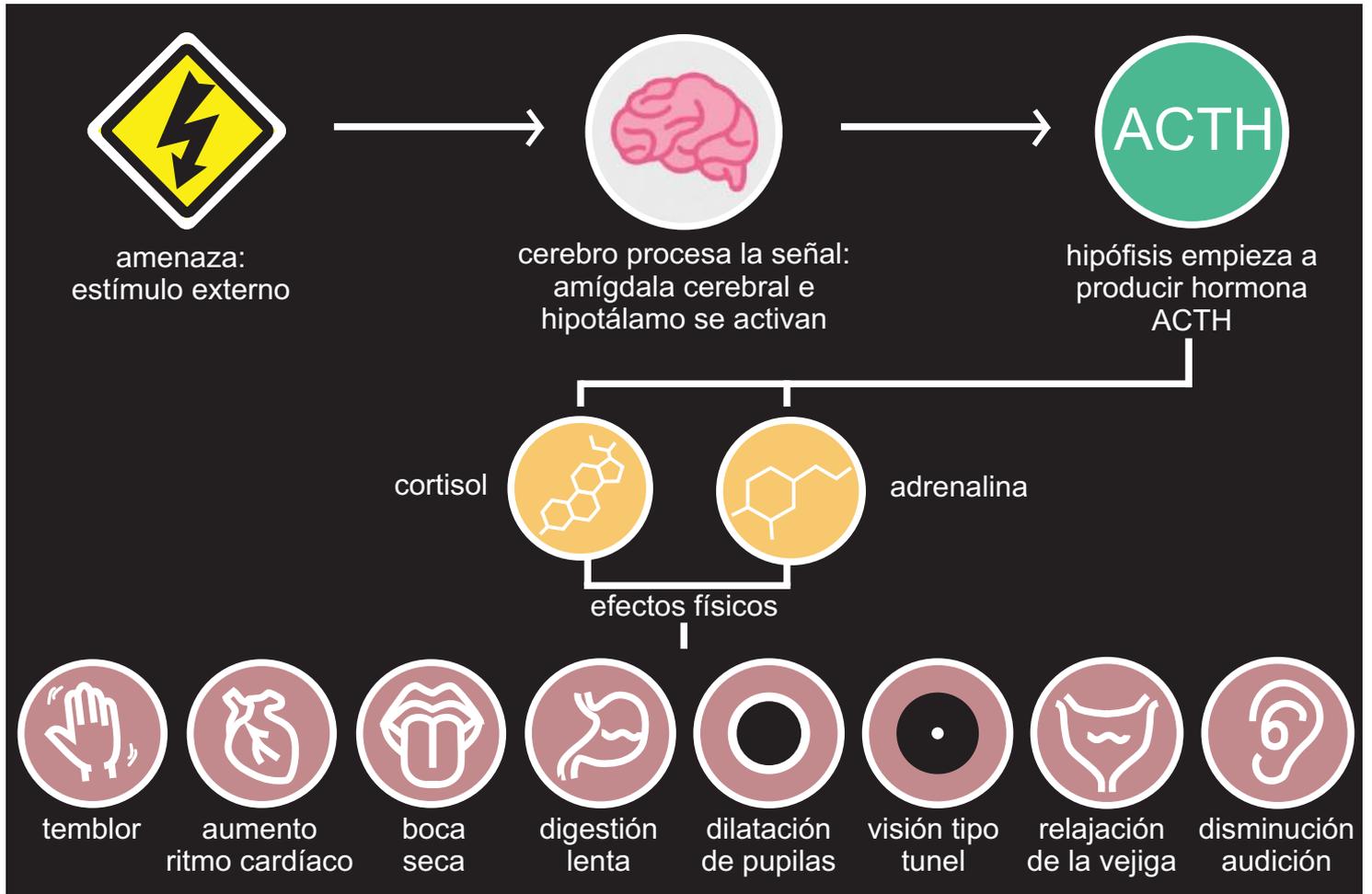


Figura XXIV. Reacción del Sistema Nervioso Central ante amenazas como el ruido

Otra alteración hormonal frecuente, es el aumento de secreción de ACTH, hormona relacionada con los ciclos de vigilia y de sueño, que estimula la producción de la hormona cortisol, asociada con el consumo de glucosa del organismo (González, 2012, p. 44). El aumento de cortisol combinado con un aumento de adrenalina generan los cambios físicos antes mencionados.

El incremento de una actitud agresiva en el individuo, puede ser otra consecuencia de la exposición a ciertos niveles de ruido durante tiempos prolongados. También influyen la impredecibilidad del sonido que genera la molestia, así como el hecho de que sea incontrolable por la persona (González, 2012, p. 46). Por ejemplo, un mozo que realiza su jornada laboral en un recinto con una mala calidad acústica, estando expuesto a diario al ruido de fondo del lugar (ruido de conversaciones, puertas, vajilla, máquinas, etc.), el cual a su vez interfiere en su trabajo, puede generar en el individuo mayor irritabilidad, una actitud agresiva y una disminución en su tolerancia.

Por otra parte, existen algunos trastornos psiquiátricos que llevan a una mayor sensibilidad al ruido. La salud mental, es entendida como la ausencia de trastornos psiquiátricos. El ruido ambiental y los ruidos de bajas frecuencias en sí no se entiende que puedan ser causantes de enfermedades psiquiátricas. Igualmente, algunos estudios demuestran cómo la exposición a los mismos, puede acelerar o despertar la aparición de trastornos que se encontraban latentes en el individuo como neurosis, psicosis o histeria. Algunos de los trastornos más leves, pero igualmente preocupantes, que pueden generar en la salud mental son: ansiedad, estrés emocional, nerviosismo, cambios de ánimo, impotencia sexual y conflictos en su relacionamiento social (Berglund et al., 1999, p. 30).

La depresión es uno de estos trastornos que generan una mayor sensibilidad al ruido. A su vez, el ruido puede generar depresión en sí, ya que aumenta la producción de cortisol en el organismo, hormona relacionada con el estrés y la depresión (González, 2012, p. 47).

Las alteraciones en el sueño son frecuentemente ocasionadas por ruidos. Cuando dormimos, el oído es uno de los sentidos que permanece en alerta. Una distorsión en los ciclos de sueño, tiene efectos nocivos sobre la salud del individuo. El dormir es fundamental para el cerebro, le sirve para fijar recuerdos y almacenar información. Por lo tanto, al experimentarse trastornos del sueño, se disminuye el rendimiento intelectual, así como también se disminuye el rendimiento en tareas motoras, aumenta el cansancio, el individuo experimenta dificultades para atender y concentrarse, puede sentir fatiga, irritabilidad, depresión, etc. (González, 2012, p. 51). Es así que se habla de efectos primarios, el no poder dormir o no alcanzar un sueño profundo, y efectos secundarios, que son experimentados por la persona al otro día mientras está despierto (Berglund et al., 1999, p. 26).

Se entiende que para que una persona tenga un buen descanso durante sus horas de sueño, el ruido de fondo continuo no puede exceder los 30 dB, mientras que si se trata de sonidos intermitentes no deben superar los 45 dB. Estos sonidos intermitentes o impulsivos, tienden a ser más molestos que los ruidos continuos (PAOT, en línea).



*Figura XXV. Trastorno del sueño en niños*



*Figura XXVI. Persona fatigada*



*Figura XXVII. Persona con trastorno del sueño*

El estrés es una reacción del organismo ante situaciones que lo abrumen, las mismas pueden llevar a problemas psicosomáticos o trastornos psicológicos (Real Academia Española, en línea). El estrés en sí, es una herramienta que utiliza el organismo ante una amenaza, sin necesidad de ser dañina para el mismo. Cuando se vuelve una reacción sistemática y mantenida en el tiempo, genera problemas de salud a la persona.

La exposición a ruido puede desencadenar estrés en el individuo, sobre todo si se trata de sonidos de alta o baja frecuencia, que se dan por tiempos prolongados. El estrés puede generar alteraciones a nivel cognitivo, emocional o físico (González, 2012, p. 58).

A su vez, se pueden generar alteraciones negativas en el sistema inmunológico. Ante situaciones de estrés, el organismo libera hormonas que buscan proteger el organismo a nivel inmunológico. Cuando esta segregación excesiva de hormonas se prolonga en el tiempo, resulta en el efecto contrario. El desequilibrio que se generó en el Sistema Nervioso Central (encargado de la liberación de hormonas), crea un desequilibrio en el Sistema Inmunológico, quedando el individuo más vulnerable a la contracción de enfermedades (González, 2012, p. 58).

Por último, se mencionó que el ruido también generaba efectos psicofísicos. Los efectos psicofísicos tienen en cuenta los estímulos físicos, en relación con las sensaciones que generan en el receptor. Estas sensaciones no abarcan únicamente la dimensión física, sino que incluyen la percepción de la persona, sus juicios de valor sobre el estímulo, etc. (Real Academia Española, en línea).

Como se explicó anteriormente, no todas las personas reaccionan de igual manera ante el ruido, el cual podría considerarse como un estímulo físico. Existen diversos factores que influirán en la percepción del individuo, como por ejemplo la personalidad, el estado psíquico, su sensibilidad al ruido, el tipo de tarea que esté desarrollando en ese momento el receptor (si implica concentración el ruido le generará mayor molestia). Algunos de los efectos psicofísicos, que resultan de gran importancia para este trabajo son: la interferencia del ruido en la comunicación oral, la pérdida de rendimiento y las alteraciones en el aprendizaje (González, 2012).

La interferencia del ruido en la comunicación verbal, genera incompreensión en una conversación. No es solamente el ruido de fondo el único factor determinante en la inteligibilidad de la palabra, sino que también influye el nivel sonoro de la palabra emitida, la entonación y pronunciación del emisor, la distancia del emisor al receptor, la capacidad auditiva y de concentración de ambas partes, así como el acondicionamiento acústico del recinto en donde tiene lugar dicha comunicación verbal (González, 2012, p. 65).

Generalmente las frecuencias conversacionales van de los 100 Hz a los 6000 Hz, siendo las frecuencias más comunes las encontradas entre los 300 Hz y los 3000 Hz. La presión sonora de una conversación normal, donde el emisor se encuentra a un metro de distancia del receptor, es de entre 50 dB y 55 dB. Si la conversación se da en voz alta o gritando, la presión sonora oscilará entre los 75 dB y los 80 dB (González, 2012, p. 65, 66).

Una conversación es inteligible, si su intensidad supera la del ruido de fondo, de lo contrario existirán dificultades de entendimiento entre los interlocutores. Se pueden apreciar dificultades de entendimiento cuando el ruido de fondo supera los 40 dB (González, 2012, p. 66).

Las interferencias en la comunicación oral, pueden generar cambios en el comportamiento de las personas. Un interlocutor que no se siente escuchado, atendido o que no logra entender los mensajes que se le están dando, puede perder concentración, sentir fatiga, pérdida de confianza en sí mismo, irritación, disminución en su rendimiento, lo puede llevar a malos entendidos, problemas de relacionamiento, estrés, y más (Berglund et al., 1999, p. 24).

Los sectores de la población más afectados con este problema son quienes ya de por sí presentan algún tipo de discapacidad auditiva, los adultos mayores cuyo umbral auditivo se ve reducido, los niños en proceso de aprendizaje del lenguaje y las personas que no están familiarizadas con el lenguaje que se habla (Berglund et al., 1999, p. 24).

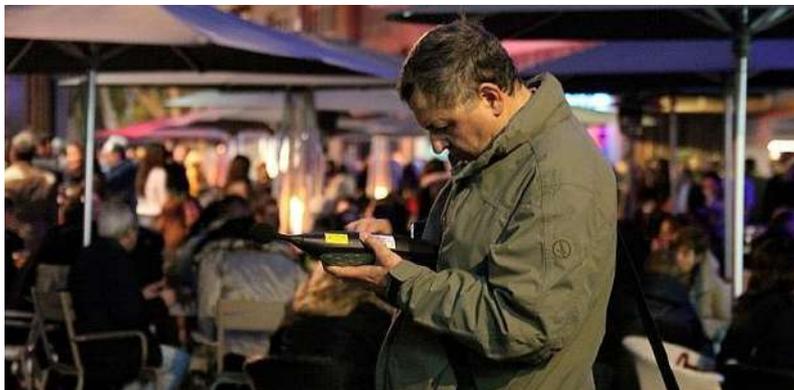
Generalmente la interferencia en una comunicación, se da por enmascaramiento del sonido, que es cuando el receptor recibe más de un sonido de manera simultánea, pudiéndose tapar uno con otro. Cuanto mayor sea la intensidad y energía que contenga el sonido de enmascaramiento en las frecuencias conversacionales, menor será el entendimiento entre los interlocutores (Berglund et al., 1999, p. 25).

Si se plantea nuevamente el ejemplo de un restaurante, el enmascaramiento de sonidos no será únicamente dado por las conversaciones paralelas que se llevan a cabo en las diferentes mesas, sino que también contribuirán a dicho enmascaramiento el sonido de puertas, vajilla, pasos, sillas moviéndose, máquinas de café, teléfonos, entre otros.

Esto podría generar interferencia entre la conversación de un mozo y un cliente, resultando en claros efectos negativos para ambos interlocutores.



*Figura XXVIII. Fotografía de restaurante*



*Figura XXIX. Medición de niveles sonoros en restaurante*

Dado que el tiempo de reverberación en el recinto es otro factor sumamente influyente en los problemas de interferencia comunicacional, se entiende que a través de este trabajo se lograría hacer un aporte para disminuir estos problemas y sus efectos negativos sobre las personas. Los tiempos de reverberación largos, como por ejemplo mayores a 1 segundo, sumados a ruidos de fondo con intensidades altas, son sumamente influyentes en las dificultades de entendimiento. Si se trata de las poblaciones más vulnerables, una reverberación mayor a 0,6 segundos ya será perjudicial para su entendimiento. Si se toma como ejemplo los adultos mayores, para que puedan obtener un buen entendimiento del otro interlocutor, necesitarán tiempos de reverberación máximos de entre 0,3 y 0,5 segundos (Berglund et al., 1999, p. 25).

Con respecto a la influencia del ruido en la pérdida de rendimiento, existen diversos estudios que demuestran como el ruido ocupacional influye en las tareas cognitivas. También estudios realizados en niños, muestran como el ruido ambiental influye en la motivación de los mismos y en su desarrollo cognitivo (Berglund et al., 1999, p. 31).

Si bien se ha estudiado como el ruido interfiere en el desarrollo de actividades laborales, se pueden apreciar diferentes efectos en función del tipo de ruido y de la actividad en cuestión. En trabajos de complejidad cognitiva, se aprecia una disminución en la calidad de los mismos al encontrarse el individuo expuesto a ruido. Si se trata de trabajos sencillos no se aprecia una disminución de la calidad sino que de la cantidad de trabajo realizado. Por otra parte, para trabajos monótonos y repetitivos, el ruido puede servir como estímulo, manteniendo al individuo en estado de excitación, lo cual hace que no disminuya su ritmo de producción (González, 2012, p. 66).

El ruido puede actuar, no solo como un estímulo externo que distrae a la persona de su tarea, si no que también en el caso de ruidos impulsivos (golpe, explosión) pueden asustar a la persona generando sobresaltos (Berglund et al., 1999, p. 31).

Entre los efectos que puede tener en el desarrollo de actividades cognitivas, se destaca un pérdida de comprensión auditiva y del lenguaje. También disminuye la atención, la comprensión lectora, se dificulta la resolución de problemas y se ve afectada la memoria. Se pueden destacar también algunos efectos en la motivación de las personas, aunque resultan secundarios (Berglund et al., 1999, p. 31).

Algunas de las tareas consideradas más afectadas por el ruido son aquellas que requieren concentración, aprendizaje o procesos analíticos, las que implican hablar o escuchar, tareas de motricidad fina, tareas simultáneas, de rendimiento cognitivo, tareas de vigilancia prolongada, entre otras (González, 2012, p. 66, 67).

## 5 | FUNDAMENTACIÓN DEL PROYECTO

Por último, el ruido también genera alteraciones en el aprendizaje de niños, jóvenes y adultos. Como ya se explicó anteriormente, el ruido puede funcionar como un estímulo que distorsiona o interfiere en los procesos cognitivos, como el aprendizaje.

Claramente los niños son quienes se ven mayormente afectados por el ruido durante el desarrollo de procesos de aprendizaje. Cuando el niño se ve expuesto a altos niveles de ruido ambiental, no solo en un salón de clase sino que también en su hogar, los procesos de aprendizaje se ven enlentecidos. En aquellos niños en proceso de adquisición del lenguaje, se presentará una mayor cantidad de errores en la comprensión del lenguaje hablado, que repercutirán directamente en errores en su lenguaje escrito (faltas de ortografía) (González, 2012, p. 68).



*Figura XXX. Ruido ambiente en el hogar y aprendizaje*



*Figura XXXI. Pérdida de concentración*

Es así que en contextos de ruido críticos, los resultados esperados en relación a la enseñanza y aprendizaje descenden. Un ejemplo de esto, son algunos estudios realizados en escuelas cercanas a aeropuertos. Allí se puede ver cómo los niños con dificultades de aprendizaje son los más afectados por la intromisión del ruido en la clase. Los niños en este contexto, tienden a hacer un mayor esfuerzo para concentrarse ya que tienen la necesidad de ignorar el ruido de fondo y además prestar atención a la lección, lo cual les genera un mayor desgaste. Específicamente para la exposición crónica al ruido de aviones, se aprecia como genera dificultades en la adquisición del lenguaje en la primera infancia, así como también influye en la motivación de los niños para aprender (Berglund et al., 1999, p. 32).



6

---

elección de  
materia prima

Como se mencionó al comienzo del Capítulo 5, uno de los motivos que da relevancia al proyecto, es la decisión de utilizar como materia prima desechos de la industria textil en Uruguay, más específicamente recortes de hilados de lana.

Se entiende que el proponerse crear un producto basado en el reciclaje es importante, ya que permite mostrar cómo puede ser viable la realización de diseños sustentables, que busquen contribuir a la reducción del impacto ambiental que tiene la industria textil en la actualidad.

La lana es una fibra natural compuesta por queratina, obtenida de diversos animales. En el caso de la lana ovina, se pueden distinguir cuatro posibles fuentes: lana obtenida de la esquila de ovejas vivas, lana apelambrada que se obtiene de la piel de ovejas para carne, lana reutilizada obtenida de prendas de vestir usadas y, por último, lana procesada que proviene de recortes y desperdicios de telas e hilados nuevos (Hollen et al, 1992, p. 31).

La materia prima elegida para este proyecto, pertenece a la cuarta categoría. Estos recortes de hilados de lana, desechados por la industria lanera, poseen diferentes calidades, espesores, torsiones y colores. La elección de este material se debió principalmente a tres aspectos: las características propias de la lana que determinan su gran calidad como materia prima, el fuerte desarrollo de la producción lanera en Uruguay y por último, la intención de reducir un desecho de la industria textil lanera.

A nivel mundial, el utilizar recortes y desperdicios de lana como materia prima, es considerado de gran importancia, ya que ayuda a la reducción de residuos de la industria textil. Es importante destacar que al partirse de esta materia prima, muchas veces es necesario la trituración del material. Esto hace que la calidad de la lana disminuya, ya que la fibra pierde algunas de sus propiedades, alterándose su durabilidad y fortaleza (Hollen et al, 1992, p. 1).

Cada año, se desechan en el mundo millones de toneladas de materiales a base de queratina, siendo en su mayoría fibras de lana. Si bien ésta es una fibra de origen natural y biodegradable a diferencia de las fibras sintéticas, su proceso de degradación no es sencillo, tardando mucho tiempo. Por este motivo, puede considerarse un desecho potencialmente contaminante en grandes cantidades (Chen et al, 2013, p. 286).

Su lenta degradación se debe a algunas de las cualidades de la fibra de lana como por ejemplo su repelencia al agua, su estructura compacta y otras características que evitan el crecimiento de microorganismos y bacterias en su interior. A su vez, su superficie externa con escamas impide la adhesión de microbios a la fibra, favoreciendo su conservación (Wingate, 1973, p. 362).

Por otra parte, las fibras de lana pueden absorber grandes cantidades de vapor de agua. Esto impide el crecimiento de algunos microorganismos que podrían atacar la fibra, ya que les resulta difícil procesar estas cantidades de agua. Igualmente, algunos tipos de hongos pueden llegar a prosperar en estos estados de humedad, ayudando a su descomposición (Wingate, 1973, p. 366).

Estas cualidades hacen que su degradación sea más lenta en comparación con algunas fibras a base de celulosa, como el algodón, y otros materiales de origen animal como las plumas. Por este motivo, muchas veces se trata a la lana con productos químicos o queratinolíticos, hongos con afinidad a la queratina, para lograr desintegrarla (Chen et al, 2013, p. 287).

Con este trabajo, se plantea una forma de reciclar parte de estos desechos, reduciéndose la contaminación que podrían causar tanto las fibras de lana, como los restos químicos usados para su desintegración.

## 6.1 Propiedades de la lana

La lana es una fibra proteica natural de origen animal. La proteína que la compone es la queratina, la cual está formada por carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno y azufre (Hollen et al, 1992, p. 28). Estas fibras están compuestas por células muertas, son pelo, y se obtienen generalmente de animales como alpacas, cabras, llamas y ovejas (Storey, 1989, p. 21).

Fue una de las primeras fibras utilizadas por el hombre para generar hilados y tejidos, manteniendo su gran popularidad y siendo aún hoy en día preferida ante muchas fibras sintéticas. Existen registros del siglo IV a.C., durante la expedición de Carlo Magno a la India, donde ya se podía apreciar la utilización de telas de lana creadas por los nativos que habitaban dichas tierras (Wingate, 1973, p. 355).

En lo que respecta a la lana ovina, existen algunas características que varían en función de la raza de la oveja como por ejemplo el grosor de la fibra, su elasticidad, resistencia, longitud y color. La lana obtenida de las ovejas merino es la considerada de mejor calidad. Esto se debe a que las mismas no poseen kemp, que es una fibra blanca, opaca, quebradiza y gruesa, que si se encuentra presente en la lana de las otras razas (Hollen et al, 1992, p. 29).

Las propiedades de la lana, en general, aplican a las diversas razas ovinas, presentando algunas pequeñas variaciones entre una y otra. Una de las características más apreciadas de la lana es su higroscopia, es decir su capacidad de absorber una gran cantidad de humedad ambiental, sin estar su superficie mojada. Es capaz de absorber hasta un tercio de su peso, en vapor de agua, sin sufrir alteraciones, gracias a su estructura física que le permite atrapar aire en su interior. A su vez, la cutícula exterior que conforma la fibra, repele el agua (Storey, 1989, p. 22).

También se caracteriza por ser un buen aislante térmico. Su estructura ondulada le permite contener aire, generando una baja conductividad de energía calórica, es decir dificultando el pasaje de calor de un lado al otro del material (Hollen et al, 1992, p. 32).



Figura XXXII. Fotografía de oveja



Figura XXXIII. Acercamiento de lana



Figura XXXIV. Gustave Courbet - "La hilandera dormida" (1853, óleo sobre lienzo)

Figura XXXV. Hilatura artesanal con rueca en la actualidad

Las fibras de lana de manera individual son débiles, pero cuando son hiladas, tejidas o aglomeradas en telas, se convierten en materiales duraderos y resilientes. Esto es, principalmente, gracias su capacidad de alargamiento. Cuando se le ejerce una fuerza externa a estas fibras, las mismas pueden estirarse hasta un 30 por ciento de su longitud inicial, tienen una gran flexibilidad. A su vez, tienen la capacidad de poder volver prácticamente a su longitud original cuando se quita la fuerza aplicada. Esta flexibilidad de la fibra se ve beneficiada con la humedad atmosférica. Igualmente, la lana al estar completamente mojada, pierde parte de su resistencia volviéndose un material más delicado (Hollen et al, 1992, p. 33).

Otra cualidad que caracteriza a esta fibra es su capacidad de enfieltado. El fieltro es generado mediante la aplicación de una fuerza mecánica sobre las fibras, como puede ser fricción, agitación o presión, sumado a cierto grado de humedad y calor. De esta forma, se logra que las escamas que componen la parte exterior de la fibra comiencen a *engancharse*, quedando unidas entre sí. Esto es una característica ventajosa si lo que se busca es crear una tela no tejida, pero a su vez implica que se deba tener mayor cuidado a la hora de lavar un tejido de lana (Hollen et al, 1992, p. 35).

La lana posee cierta resistencia al fuego, arde lento, no se quema con facilidad y es autoextinguible. El humo que libera es moderado, con olor a cabello quemado; su ceniza es negra y se deshace fácilmente (Hollen et al, 1992, p. 37).



Figura XXXVI. Ondulación natural de la lana

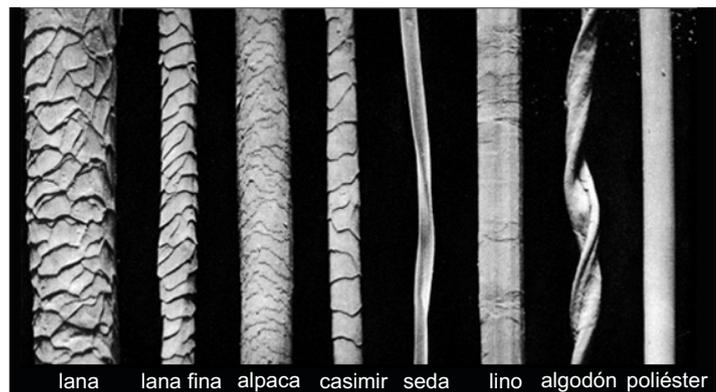


Figura XXXVII. Fibras en el microscopio

Algunos agentes que atacan a este material son larvas de polillas, escarabajos y otros insectos. También son muy sensibles a las sustancias alcalinas, álcalis, así como a otros agentes oxidantes y a la luz solar directa, ya que dañan completamente la fibra. El calor en seco también debilita, endurece y quema fácilmente la lana (Hollen et al, 1992, p. 37).

Gracias a su composición química, la lana tiene buena afinidad con una gran cantidad de colorantes, lo cual resulta muy favorable al trabajar con ella en procesos de teñido (Wingate, 1973, p. 367).

Por último, en lo que refiere a la estructura de esta fibra, se puede destacar que la lana está compuesta por tres partes: cutícula, corteza y médula. La cutícula es la parte exterior de la fibra, que a su vez se puede dividir en escamas y epicutícula. Las escamas cubren a la fibra y le brindan propiedades como su resistencia a la abrasión y su posibilidad de afieltrarse. La epicutícula cubre a las escamas y le brinda la repelencia al agua. Por otra parte, la médula posee una estructura de tipo panal, lo cual hace que contenga aire otorgándole sus propiedades como aislante térmico. Y por último, la corteza gracias a la estructura de las células que la componen, le brinda la elasticidad y resiliencia (Hollen et al, 1992, p. 32).

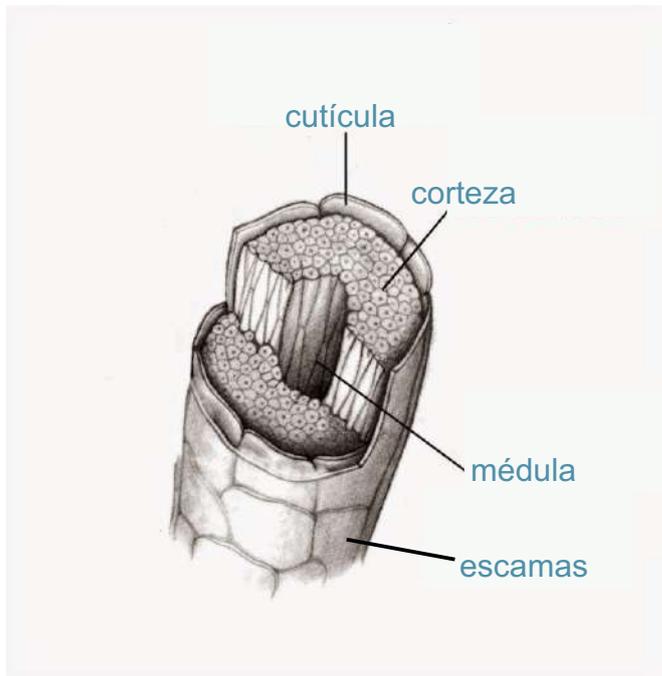


Figura XXXVIII. Corte transversal de fibra de lana

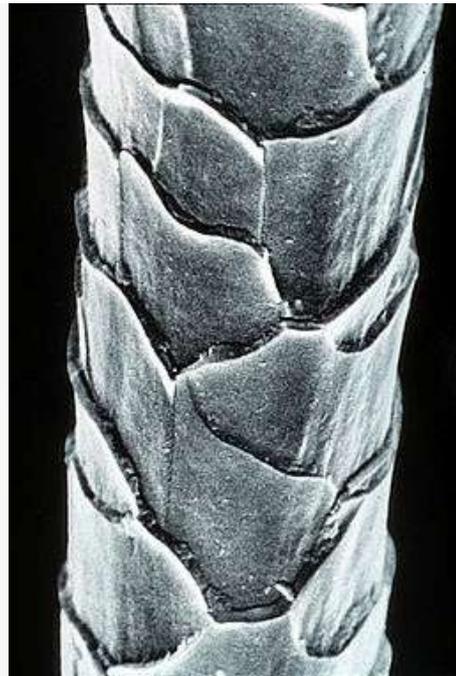


Figura XXXIX. Fibra de lana en el microscopio

## 6.2 Producción lanera en Uruguay

En América Latina, la cría de ganado ovino, tanto para su explotación lanera o para carne, se concentra principalmente en los países del cono sur: Argentina, Uruguay, Chile y el sur de Brasil. Esto se debe a las condiciones climáticas y territoriales de los mismos.

Uruguay posee una extensión de 176.215 km<sup>2</sup>, siendo un 85% del territorio utilizado para producción agrícola y ganadera, principalmente. Por tratarse de una penillanura levemente ondulada, y gracias a sus condiciones climáticas, la cría de ganado ovino resulta muy adecuada (Cottle, 2010, p. 86).



Figura XL. Región de América Latina con mayor producción ovina

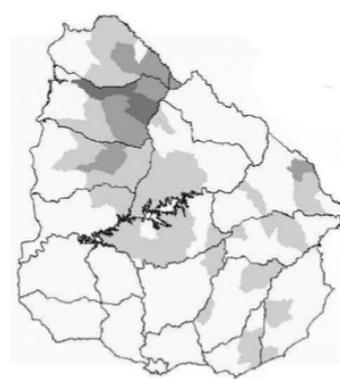


Figura XLI. Zonas de Uruguay con producción ovina como principal recurso

Dado que Uruguay es un país ganadero por excelencia, no resulta sorprendente que dentro del rubro textil, la industria lanera sea la más desarrollada. Según los últimos datos relevados, Uruguay se encuentra como quinto exportador mundial de lana, con un 3% de las exportaciones totales. Los principales exportadores a nivel mundial son Australia y Nueva Zelanda, a pesar de que en la última zafra del 2015-2016, se estimó una baja en su producción de un 5% aproximadamente (OPYPA, en línea).

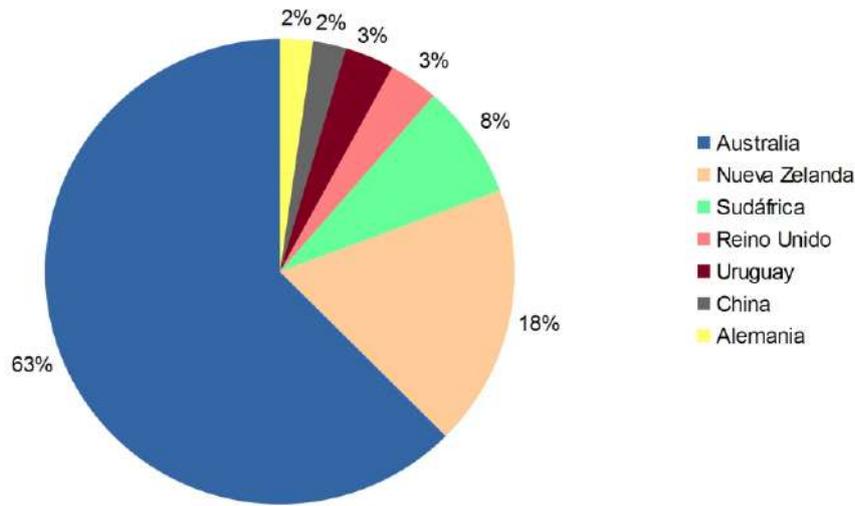


Gráfico I. Participación de los principales exportadores en el mercado internacional de lana.

Por otra parte, dentro de los principales importadores del mundo China encabeza la lista con un 59% de las importaciones. Uruguay es el cuarto exportador principal a dicho mercado con un 1,2%, exportando aparte a un total de cuarenta países diferentes (OPYPA, en línea).

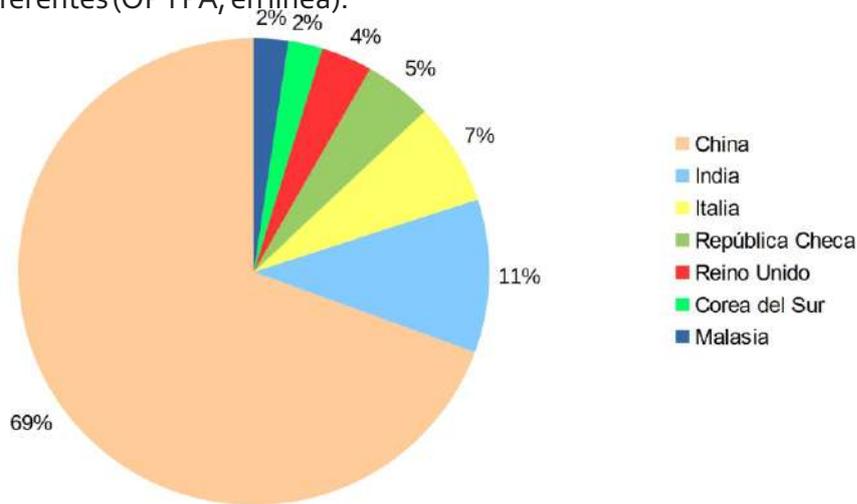


Gráfico II. Participación de los principales importadores en el mercado internacional de lana

Dentro de lo que es el mercado internacional de lana, el top resulta ser el producto con mayor estabilidad. El mayor exportador de top es China con un 31%, le sigue República Checa con el 13%, Italia se encuentra en tercer lugar con el 9,5% de las exportaciones y en el cuarto puesto se encuentra Uruguay con el 9%. El sexto lugar corresponde a Argentina. A su vez, las mayores importaciones de top de lana son realizadas por países europeos (OPYPA, en línea).

En lo que respecta a la producción nacional, en la zafra 2015-2016 se ha presentado una caída de un 6% aproximadamente con respecto a la del año anterior (OPYPA, en línea). Dentro de su producción se puede diferenciar entre lana sucia, lavada, top, tejidos e hilados. China es el principal mercado para las exportaciones de lana sucia, lana lavada y top. Brasil (41%) y Chile (23%) son los mayores consumidores de tejidos. Por último, Estados Unidos (67%) es el principal comprador de hilados nacionales (OPYPA, en línea).

En el mercado interno uruguayo, la venta de lanas finas es más alta que la de lanas gruesas. Si se compara el precio de las lanas finas con hilados de algodón, pueden ser hasta 5,91 veces más altos (OPYPA, en línea).

De acuerdo con los datos expuestos anteriormente, se puede entender que en Uruguay la industria lanera es un rubro de basta importancia, siendo otro de los motivos que llevó a la selección de la lana como material a trabajar en este proyecto.

### 6.3 Fuente de materia prima utilizada en el proyecto

Los desechos textiles que se utilizaron a lo largo de este trabajo, fueron obtenidos como donación de una de las empresas más importantes del país dentro de este rubro, Manos del Uruguay.

Manos del Uruguay ofrece una variedad de hilados, tejidos de punto y tejidos planos realizados en diferentes calidades de lana, de manera artesanal. Se caracterizan por realizar los procesos de hilatura, tejido y teñido a mano. Sus productos son vendidos tanto en Uruguay como en el exterior, incluyendo mercados como el europeo y el norteamericano.

Una de las particularidades de esta empresa es que se trata de una organización social sin fines de lucro, donde los propios artesanos son productores y dueños de la organización. Manos del Uruguay está compuesta por trece cooperativas, dispuestas en diferentes zonas del Uruguay, principalmente en el medio rural.

Si bien tienen una sede central en Montevideo, la cual permite brindar organización al sistema, los productos son fabricados en el resto del país. Entre las diferentes funciones de la sede central, se encuentra la distribución de materia prima a las cooperativas dispuestas en el interior.

Los desechos que generan las diversas cooperativas, están compuestos por recortes de hilados, ya sea obtenidos durante el proceso de hilatura o de tejeduría. A estos restos de hilados desechados se les llama refugo, y los mismos son enviados desde las diferentes cooperativas hacia la sede central, encargada de deshacerse de ellos.

Dentro del refugo recolectado, la empresa distingue entre dos tipos: uno compuesto por recortes de hilados largos, y otro compuesto por trozos pequeños de hilados (3 cm de longitud aproximadamente). El refugo generado con hilados largos es muchas veces entregado a personas que se acercan a la sede central, en Montevideo, ya que pueden encontrarle utilidad. El segundo tipo de refugo es directamente desechado por la empresa dado que no resulta de interés.

Para este trabajo, se utilizó una donación de refugo compuesto por recortes de hilados largos, de hasta 1 m de longitud. Como se explicará en el Capítulo 8, en muchos casos se cortó el refugo, utilizándose en trozos más pequeños. Por este motivo, se entiende que ambos tipos de refugo, mencionados anteriormente, podrían haber sido útiles.

Uno de los desafíos que se afronta al elegirse trabajar con desechos, es que, claramente, la materia prima variará en función de lo que la empresa esté produciendo en el momento. Esto puede influir en algunos aspectos del producto final, como su estética. Por ejemplo, en este caso, los hilados que conforman el refugo varían sus colores dependiendo de la temporada, resultando en variaciones cromáticas del producto final.

A su vez, el refugo utilizado, es la sumatoria de hilados con diferentes calidades, torsiones y espesores. La

## 6 | ELECCIÓN DE MATERIA PRIMA

proporción en la que se encuentra cada tipo de hilado, varía en función de la producción realizada por la empresa.

Por este motivo, fue necesario consultar el catálogo de hilados de Manos del Uruguay al momento. Así, se identificó cuáles de estos hilados se encontraban presentes en el refugio utilizado. Por otra parte, se pudo apreciar que la mayoría de los hilados están compuestos por lana merino, en un 65 % o más. Otras de las fibras que componen algunos de los hilados, en menores proporciones, son seda, lino sin blanquear, cashmere y poliamida. Únicamente dos tipos de hilados no presentan lana merino en su composición: la lana clásica, compuesta por 100 % lana, y el hilado lace, compuesto mayoritariamente por baby alpaca.

Las imágenes a continuación muestran los diferentes tipos de hilados presentes en el refugio utilizado, así como sus respectivas composiciones.



Figura XLII. Hilados del catálogo de Manos del Uruguay presentes en el refugio utilizado

Para poder evaluar el caso hipotético de una producción en mayor escala y de manera constante, a partir de los desechos de Manos del Uruguay, fue necesario conocer las cantidades de refugio desechadas por la empresa.

Lógicamente, estas cantidades de refugo, son sumamente variables. Esto se debe a que se ven condicionadas por las cantidades y tipos de prendas tejidas por temporada. Manos del Uruguay divide su producción en dos grandes temporadas: otoño – invierno y primavera – verano.

De acuerdo a los datos brindados por la empresa, un 5 % del peso total de la producción es refugo. Si bien no manejan un monto fijo de prendas por temporada, estiman una producción mínima de 1200 prendas, siendo, generalmente, cantidades mayores.

En promedio, se puede calcular un peso por prenda de 0,7 kg, por lo tanto implicaría un peso mínimo de producción por temporada de 840 kg. Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente, se puede calcular que se producirán unos 42 kg de refugo por temporada, dando un total anual de 84 kg.



Si se plantease entonces una producción constante, utilizando a Manos del Uruguay como proveedor de materia prima, se podría ofrecer a la empresa comprar estos desechos, incluyéndose ambos tipos de refugo y pudiéndose pedir la exclusividad total de dicho material.

Por otra parte, se podría buscar otras empresas dentro del mismo rubro, que también pudiesen proveer el mismo tipo de refugo o similar. Algunas de estas empresas dentro del mercado uruguayo son Lanass del este, Textil Puerto Sauce<sup>4</sup>, Lanass de Soriano, Hipertex y Atersa.

La mayoría, al igual que Manos del Uruguay, se caracterizan por tener una línea de producción vertical: producen sus propios hilados para luego generar tejidos tanto de punto como plano. Esto se debe, principalmente, a que existen pocas empresas nacionales que únicamente se enfoquen en la producción de hilados para abastecimiento de fábricas de tejido a nivel local (Rodríguez Miranda, 2010, p. 44).

Esta característica, puede resultar favorable para este proyecto, ya que de una misma empresa se podrían obtener desechos del área de hilatura y del área de tejeduría, lográndose así mayores cantidades de refugo.

A su vez, en paralelo a las medianas y grandes empresas de la industria textil lanera, se pueden encontrar pequeños talleres que trabajan de manera formal e informal (Rodríguez Miranda, 2010, p. 54). Si bien los mismos tienen capacidades de producción menores, podrían ser otra fuente de materia prima a tener en cuenta, siempre que trabajen con hilados de lana y no sintéticos. También podría evaluarse como otra posibilidad a las tejedoras artesanales, las cuales generalmente trabajan en sus domicilios, y se encuentran dispuestas mayoritariamente en el interior del país.

En todos los casos, al plantearse incorporar nuevas fuentes de materia prima, aparte de Manos del Uruguay, sería necesario buscar desechos de calidades sumamente similares a las de Manos. Esto es de suma importancia, ya que un cambio sustancial en la calidad de los hilados, podría influir en los coeficientes de absorción del material a generar.

4. La cooperativa Textil Puerto Sauce, a Junio del 2017, se encuentra evaluando si continuar o no en funcionamiento.





7

---

relevamiento  
de mercado

Teniendo en cuenta las nociones introducidas en el Capítulo 4, se realizó un relevamiento en el mercado nacional, enfocándose en productos y materiales que brindan soluciones respecto a la absorción acústica. También se buscaron propuestas en el mercado internacional que fueran diferentes a las ofrecidas en Uruguay, ya sea por su estética, composición, u otras cualidades.

Para un mejor entendimiento de los datos relevados, es necesario aclarar que, teóricamente, el máximo valor posible para el coeficiente de absorción de un material es 1, correspondiendo a una absorción del 100 % de la energía. Igualmente, se pueden encontrar valores mayores a 1. Esto es consecuencia del modo en que son calculados los coeficientes de absorción, ya que las fórmulas tienen en cuenta la superficie que ocupa el material dentro del recinto (área de contacto entre el panel y la pared), y no la superficie real del material. Por ejemplo, si se trata de un panel realizado en un material rugoso o facetado su superficie será mayor que el área ocupada sobre la pared.

A continuación se presentan los datos y cotizaciones obtenidas en junio de 2016.

### 7.1 Relevamiento del mercado nacional

En líneas generales, en el relevamiento del mercado nacional, se identificaron materiales constructivos para la absorción acústica y otros productos aptos para esta función (paneles y cielorrasos), que generalmente se dejan expuestos a la vista y en contacto directo con el usuario.

#### 7.1.1 Materiales constructivos absorbentes acústicos

Dentro de los materiales constructivos se identificaron la lana de roca y lana de vidrio. En ambos casos es importante resaltar que son utilizados principalmente como aislantes térmicos. Si bien tienen algunas propiedades que los hacen adecuados para la absorción acústica, ésta no es su función principal.

##### 7.1.1.1 Lana de vidrio

La lana de vidrio está compuesta por múltiples filamentos de vidrio unidos entre sí mediante la utilización de un aglutinante. Es utilizada en construcción de paredes dobles, suelos, techos, etc. Se caracteriza por ser hidrórepelente e incombustible, pudiéndose encontrar también su presentación con aluminio en una de sus caras, lo cual refuerza sus propiedades como aislante térmico.

Generalmente la lana de vidrio se comercializa en rollos de 1,20 m de ancho por 15 m de largo, con un espesor de 50 mm. Su densidad para estas dimensiones es de 14 kg/ m<sup>3</sup>. Los vendedores no poseen información sobre su coeficiente de absorción acústica.



Figura XLIII. Lana de vidrio con aluminio



Figura XLIV. Planchas de lana de vidrio

### 7.1.1.2. Lana de roca

Es un material compuesto con filamentos realizados a partir de roca volcánica; los mismos componen la estructura con una distribución multidireccional. Se utiliza de igual modo que la lana de vidrio.

Usualmente se comercializa en planchas de 0,40 m de ancho por 1,20 m; los espesores si bien son variados, generalmente rondan los de 50 mm. Al igual que el caso anterior, este material es resistente al fuego, repele el agua, funciona como absorbente acústico y su colocación es muy sencilla. Una de las marcas importadas al mercado nacional es ROXUL AFB, originalmente de Dinamarca. Este producto específicamente posee un coeficiente de absorción de 0,41 para la banda de un tercio de octava de 160 Hz. Para frecuencias inferiores posee una absorción menor, mientras que se desconoce su desempeño para frecuencias superiores, ya que no se incluyen estos datos en el catálogo del producto.



Figura XLV. Lana de roca con aluminio



Figura XLVI. Planchas de lana de roca

### 7.1.2. Productos para absorción acústica

Se pudo encontrar diversos productos para absorción acústica, variando su forma de colocación y propiedades: paneles utilizados para el revestimiento de superficies como paredes y otro tipo de cerramientos, paneles colgantes o móviles tipo biombo, y por último diferentes losetas usadas en cielorrasos.

#### 7.1.2.1. Paneles para revestimiento

En primer lugar, se pueden hallar paneles realizados a partir de lana de roca forrados con telas como gabardina. Estos poseen las mismas propiedades que las explicadas anteriormente para la lana de roca. Resultan una solución bastante básica, ya que como se mencionó se trata de un material cuyo coeficiente de absorción acústica ronda los 0,41, para frecuencias bajas. Estos paneles se colocan sobre la pared, logrando mejorar en cierta medida la absorción de bajas frecuencias. Acústicos Prats es una de las empresas que comercializa este producto, ofreciendo cierta gama de colores y dos tamaños diferentes: el más pequeño de 0,60 m de alto y largo, y el más grande de 0,60 m de ancho y 1,20 m de largo, en ambos casos el espesor es de 50 mm. Dicha empresa también ofrece paneles móviles, tipo biombo, realizados de igual modo. Sus dimensiones son de 1,50 m de alto por 1 m de ancho y 50 mm de espesor. En este caso si bien los materiales que conforman el panel son importados, el armado de los mismos se realiza en Uruguay.



Figura XLVII. Paneles Acústicos Prats cuadrados



Figura XLVIII. Paneles Acústicos Prats rectangulares



Figura XLIX. Paneles Acústicos Prats en salón de clases

Por otra parte, se pueden encontrar algunos productos de mejor calidad, como los paneles de espuma de poliuretano. Algunos de los mismos son específicamente para el acondicionamiento de estudios de grabación y salas de música. Si bien no es el uso en el cual se enfoca este trabajo, se relevó algunos datos de los mismos. Se encontraron disponibles dos modelos diferentes de la marca americana Ultimate Acustic. Uno de los modelos presenta cuñas, aumentando su superficie, sus dimensiones son de 0,60 m de alto por 0,60 m de ancho, con un espesor de 50 mm. El otro modelo posee una superficie lisa, siendo de la mitad de tamaño. Si bien este producto es específicamente para la absorción de sonido, en ambos casos los importadores no cuentan con la información de su coeficiente de absorción.



Figura L. Panel Ultimate Acustic con cuñas

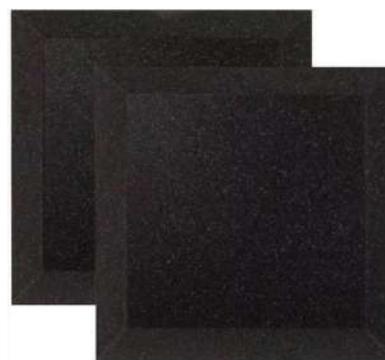


Figura LI. Panel Ultimate Acustic liso

A su vez, se pueden encontrar paneles de espuma de poliuretano flexible para un uso de acondicionamiento acústico más genérico. Si bien existen diversas empresas que importan estas espumas, la única marca que se pudo encontrar es Sonex perteneciente a Acustec, de origen argentino. Dicha marca posee diversas líneas de espumas; en Uruguay únicamente se importan dos.

El modelo más económico, Sonex Nueva Fórmula, presenta cuñas anecoicas, aumentando su área de absorción. Además es autoextinguible y posee retardante de propagación de llama. Su presentación es en paneles de forma cuadrada de 1m de lado, y se pueden encontrar en tres espesores: 20, 35 y 50mm. Estos paneles no poseen una gran

absorción de frecuencias bajas, mientras que para frecuencias altas alcanzan un coeficiente de absorción de 1 aproximadamente, en los paneles de espesores mayores a 35mm.

El modelo Sonex Roc, presenta una superficie irregular que imita hormigón. Estos paneles también son cuadrados, midiendo sus lados 0,625m. Los espesores en los que se puede encontrar son 20 y 30mm. Presentan una mejor absorción sonora para las altas frecuencias que el modelo anterior. Ambos modelos pueden ser pintados en diversos colores y con pinturas que generan un efecto retardador de propagación de llama. Son colocados mediante la utilización de cemento para adherirlos a la superficie a tratar ya sea una pared o cielorraso.



Figura LII. Panel Sonex Nueva Fórmula



Figura LIII. Paneles Sonex



Figura LIV. Panel Sonex Roc

Otra de las marcas disponibles en el mercado nacional es Isover, cuyos productos son importados de Brasil. Dos de sus líneas se comercializan en Uruguay: Sonare e Isosound. Sonare consiste en paneles rígidos de lana de vidrio, revestidos con tela de tapicería. Se colocan revistiendo las paredes con perfiles metálicos tanto en la parte superior como inferior. Sus medidas son 1,20 m de ancho por 2,70 m de alto, con 25 mm de espesor. Poseen un muy buen desempeño para las frecuencias conversacionales, alcanzando un coeficiente de absorción de 0,86 para los 500 Hz hasta uno de 0,98 para los 4000 Hz. No poseen una buena absorción en frecuencias bajas. También son utilizados por sus propiedades en aislación térmica.

Isosound consiste en paneles rígidos de lana de vidrio aglomerada con resina sintética, revestidos con un tejido de vidrio o velo de vidrio. Sus dimensiones son de 1 m de ancho por 2,40 m de alto, y un espesor de 75 mm. Son incombustibles, también se colocan con perfiles y son aptos para pintar, aunque esto disminuye su coeficiente de absorción. Su rendimiento es óptimo para las frecuencias bajas, alcanzando un coeficiente de absorción igual a 0,72 para los 250 Hz. Posee un muy buen desempeño para las frecuencias conversacionales, siendo su coeficiente de absorción es de 0,95 para los 500 Hz, y 0,99 para los 4000 Hz.

En ambos productos de Isover no se pudo obtener una cotización, pero se estima que sus precios sean similares a los paneles Sonex.



Figura LV. Paneles Sonare revestidos en tela



Figura LVI. Panel Sonare

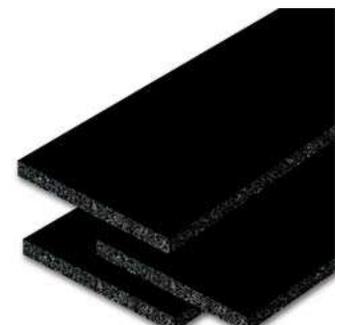


Figura LVII. Paneles Isosound

### 7.1.2.2. Cielorrasos

Los tres modelos de losetas acústicas para cielorrasos que se encontraron disponibles en el mercado pertenecen a la marca Isover, los mismos son: Boreal, OMI y Prisma velo negro.

Isover Boreal es un modelo de cielorrasos desmontables hechos a partir de lana de vidrio, revestidos en su cara visible con una lámina de PVC microperforado o velo de vidrio. También tienen propiedades como aislante térmico y son incombustibles. Poseen un espesor de 20 mm y una densidad de 60 Kg/m<sup>3</sup>. Tienen un coeficiente de absorción promedio de 0,65.

El modelo Isover OMI esta compuesto de los mismos materiales que el modelo Boreal y posee las mismas propiedades. No se obtuvo cotización del mismo.

Por último el modelo de cielorrasos PrismaVelo Negro, consiste en paneles de lana de vidrio de alta densidad, cuya cara a la vista se encuentra revestida por un velo de vidrio en color negro. Las losetas son de 0,60 m de largo por 0,20 m de ancho, con un espesor de 40 mm. Poseen en promedio un coeficiente de absorción mayor que los dos modelos anteriores. Su absorción mejora al aumentar la frecuencia, alcanzando los 0,91 y 0,92 para las frecuencias incluidas entre los 1600 Hz y 5000 Hz.



Figura LVIII. Loseta acústica Boreal



Figura LIX. Loseta acústica OMI



Figura LX. Loseta Prisma velo negro

### 7.1.3. Conclusiones del relevamiento nacional

A partir de los datos relevados, se puede apreciar una falta de diversidad de absorbentes acústicos en el mercado nacional. Los mismos son importados, ya que no existe una industria local que se focalice en esta rama. Por otra parte, existe falta de información sobre los productos ofrecidos. En muchos casos las empresas que los venden, no poseen demasiada información respecto a su comportamiento como absorbentes acústicos. Generalmente se focalizan en sus propiedades como aislantes térmicos, pudiéndose deducir que, probablemente, sea la característica de mayor interés para los consumidores.

En su mayoría son productos con precios elevados, lo cual puede asociarse con el hecho de que son importados. El factor económico es de suma influencia a la hora de seleccionar un material en una obra de construcción, por lo cual se puede entender como una de las razones que conlleva al descuido del acondicionamiento acústico.

Por otra parte, las propuestas pueden ser consideradas muy similares estéticamente. No se encuentran productos donde se explote este aspecto para brindarle cierto valor agregado al producto, más allá de su función primordial.

Los productos para tratamiento acústico pretenden pasar desapercibidos en la edificación. Se puede entender que una forma de captar futuros consumidores, que desconocen la importancia del acondicionamiento acústico, sería atrayéndolos a través de un tratamiento estético u ornamental.

material/ producto	precio (U\$/m <sup>2</sup> )	NRC*	coeficiente de absorción a					
			125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
lana de vidrio	U\$S 1,70	-	-	-	-	-	-	-
lana de roca	U\$S 7,25	0,95	0,34	-	-	-	-	-
paneles absorbentes Acústicos Prats	U\$S 53,75	0,95	0,34	-	-	-	-	-
paneles móviles Acústicos Prats	U\$S 56,70	0,95	0,34	-	-	-	-	-
UA WPW 24 - Ultimate Acoustic	U\$S 109,72	-	-	-	-	-	-	-
UA WPB 12 - Ultimate Acoustic	U\$S 150,88	-	-	-	-	-	-	-
Sonex Nueva Fórmula – Sonex (20mm)	U\$S 15,84	-	-	-	-	-	-	-
Sonex Nueva Fórmula – Sonex (35mm)	U\$S 23,50	-	-	-	-	-	-	-
Sonex Nueva Fórmula – Sonex (50mm)	U\$S 29,64	-	-	-	-	-	-	-
Sonex ROC – Sonex (20mm)	U\$S 77,43	-	-	-	-	-	-	-
Sonex ROC – Sonex (30mm)	U\$S 96,15	-	-	-	-	-	-	-
Sonare - Isover	-	0,80	0,04	0,40	0,86	0,97	0,93	0,98
Isosound - Isover	-	0,95	0,20	0,72	0,95	1,10	0,95	0,99
Boreal - Isover	U\$S 13	0,65	0,07	-	0,56	0,82	-	0,34
OMI - Isover	-	0,65	-	-	-	-	-	-
Prisma Velo Negro - Isover	-	0,80	0,61	0,71	0,91	0,91	0,91	0,91

Tabla II. Comparación de productos según precio y coeficiente de absorción

\*NRC (Noise reduction coefficient) es la cantidad de sonido que absorbe una superficie. Es el promedio de los coeficientes de absorción de las bandas de octava de 250 a 2000 Hz.

### 7.2. Relevamiento internacional

Como se mencionó anteriormente, de las marcas internacionales que pueden adquirirse en Uruguay, solo llegan algunos de sus productos. Las mismas tienen una mayor variedad de ofertas y existe una infinidad de otras marcas similares. En particular el relevamiento internacional se enfoca en propuestas que presentan cierto valor agregado a nivel de diseño, estética, reutilización de materiales, etc, ya que es una de las carencias del mercado local. Se seleccionaron cuatro ejemplos representativos de productos internacionales realizados con materiales diferentes entre sí.

#### 7.2.1. Heradesign

Heradesign es una empresa alemana, que se caracteriza por la elaboración de paneles acústicos en viruta de madera unida entre sí con un aglomerante a base de magnesita. Presentan diferentes modelos variando los espesores de la viruta y por ende sus coeficientes de absorción acústica. Cuanto más finos los trozos de madera mayor coeficiente de absorción.

Estos paneles pueden ser utilizados en cielorrasos o para revestimiento de paredes. Los mismos pueden ser pintados, aunque esto disminuye en parte su rendimiento. Los coeficientes de absorción, si bien como se mencionó anteriormente varían dependiendo del modelo y el espesor (15, 25 o 35 mm), alcanzan hasta un 0,90 en frecuencias conversacionales.

Lo que resulta interesante de esta propuesta es que se trata de un producto sostenible, que apunta a la bioconstrucción, el cual podría ser elaborado con desechos de la industria maderera. A su vez alcanza coeficientes de absorción iguales o aún mejores que muchos de los productos presentes en Uruguay. A nivel estético, se puede apreciar el material con que está realizado, otorgando un producto que a nivel visual es completamente diferente y permite apreciar la esencia del mismo.



*Figura LXI. Paneles con diferentes espesores de viruta*



*Figura LXII. Vista lateral de paneles Heradesign*



*Figura LXIII. Aplicación de Heradesign*

#### 7.2.2. Anne Kyyro Quinn

En este caso se trata de una artista textil radicada en Londres. La misma se especializa en el trabajo con fieltro de lana, realizando paneles para el revestimiento de paredes. Se caracterizan por la utilización de volúmenes tridimensionales en fieltro, logrando una mayor superficie de contacto del material con el aire.

Se ofrecen dos líneas de este producto, una de ellas posee una base en espuma de poliuretano flexible de 50 mm colocada sobre un marco de madera y luego cubierta con las estructuras tridimensionales en fieltro. La otra opción disponible es únicamente la estructura en fieltro, sin la base en poliuretano. Lógicamente la primera opción alcanza coeficientes de absorción más elevados, igualándolo a 1 y superándolo para frecuencias medias y altas.

A su vez poseen dos modelos a nivel estético, uno con mayor volumen que el otro. Ésta es otra característica que varía la absorción de los paneles, teniendo un mejor desempeño el modelo Tulip, que tiene mayor volumen. Otra característica relevante es que pueden ser tratados con productos retardantes de llama, pudiéndose obtener mayor resistencia al fuego.

frecuencia (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	NRC
con espuma	0,00	0,37	1,22	1,32	1,15	1,07	1,09	2,12	1,19
sin espuma	0,22	0,18	0,19	0,32	0,57	0,64	0,72	0,65	0,43

Tabla III. Coeficientes de absorción modelo Tulip

Resulta interesante cómo la propuesta conjuga la posibilidad de un mejoramiento acústico a través de la utilización de una técnica textil como lo es el afieltrado, generando un producto sumamente interesante a nivel visual acercándose al arte. Dado que son piezas que requieren una elaboración de carácter artesanal los precios son muy elevados, entre U\$S 1230 y U\$S 1640 el m<sup>2</sup>, según la cotización obtenida en julio del 2016.



Figura LXIV. Aplicación de modelo Tulip con espuma



Figura LXV (superior). Acercamiento modelo Tulip



Figura LXVI (inferior). Acercamiento panel de Anne Kyyro Quinn



Figura LXVII (superior). Aplicación panel de Anne Kyyro Quinn



Figura LXVIII (inferior). Acercamiento panel de Anne Kyyro Quinn

### 7.2.3. WoolBubbles

Wobedo es una empresa Sueca, que se dedica al diseño y producción de absorbentes acústicos para paredes, suelos, techos, escritorios, etc.. Se caracterizan por brindar soluciones acústicas que además de tener un muy buen desempeño funcionan como elementos decorativos.

Uno de sus productos más comercializados se denomina WoolBubbles. El mismo consiste en paneles de diversas formas (círculos, cuadrados, formas irregulares, entre otras) revestido con tela de lana. Sus espesores varían entre los 35 y 55 mm, mientras que sus dimensiones varían en función de la forma. Estos paneles son de fácil colocación en paredes y se encuentran disponibles en 48 colores diferentes.

Woolbubbles tiene una muy buena absorción para frecuencias medias y altas, alcanzando un coeficiente de absorción de 0,95 para la banda de octava de 500 Hz y un coeficiente igual a 1 para las bandas comprendidas entre los 1000 y 4000 Hz.



Figura LXIX. Aplicación WoolBubbles

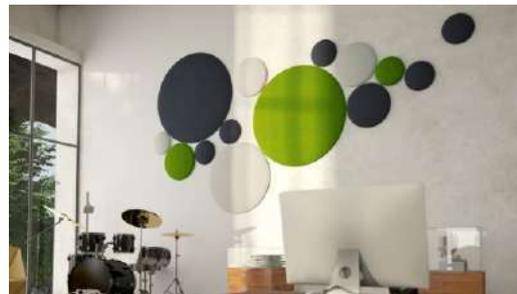


Figura LXX.  
Aplicación  
WoolBubbles



Figura LXXI.  
Aplicación  
WoolBubbles

### 7.2.4 Soundwave village

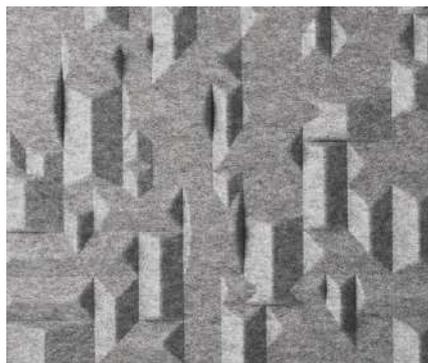
Offecct es una compañía sueca creada en 1990, donde se combina el trabajo de arquitectos y diseñadores. Se caracteriza por crear diferentes elementos que sirven para el acondicionamiento de interiores, incluyendo desde paneles de revestimiento hasta mobiliario. Buscan generar diseños originales, atractivos, funcionales y sostenibles, que se adapten a las necesidades de hoy en día.

Poseen una línea de paneles acústicos, con diversos modelos, creados por diferentes diseñadores y arquitectos. Entre ellos se encuentra Soundwave village, creado por la firma de arquitectos Claesson Koivisto Rune.

Estos paneles están creados con fibra de poliéster reciclada y moldeada. Poseen una superficie trabajada con formas geométricas. Las mismas son inspiradas en las vistas aéreas de ciudades, donde solo se distinguen los patrones geométricos que dibujan los techos de las edificaciones. Igualmente, para elegir las formas utilizadas se emplearon principios acústicos.

Soundwave village, sirve para reducir la reverberación en habitaciones, teniendo un mejor desempeño para las frecuencias de 500 Hz en adelante. Son ideales para oficinas, absorbiendo el ruido de voces, teléfonos y computadoras.

Su presentación es en paneles de 585 mm de lado por 60 mm de espesor, y se puede encontrar en los colores blanco, gris y gris oscuro. Su precio ronda los U\$S 148,70 por panel, aproximadamente, según la cotización obtenida en marzo del 2017.



*Figura LXXII. Soundwave village gris*



*Figura LXXIII. Aplicación de Soundwave village*



*Figura LXXIV. Soundwave village gris oscuro*

### 7.2.5. Conclusiones del relevamiento internacional

A partir del relevamiento realizado del mercado internacional, se pudo apreciar la gran diversidad de productos que existen para el acondicionamiento acústico. Los productos abarcan una amplia gama de materiales, aunque se repite el uso del fieltro industrial y la espuma de poliuretano.

Los diseños que pueden encontrarse son sumamente variados. Algunos apuntan a generar superficies planas que pasen desapercibidas, mientras que otros utilizan la volumetría para generar piezas llamativas que den vida a los ambientes. Muchos de los productos encontrados apuntan a la exclusividad, con piezas sumamente artísticas, que lógicamente por sus elevados costos de mano de obra resultan en productos de precios elevados.

A continuación se pueden observar otros de los productos disponibles en el mercado internacional. Si bien no se los estudió detalladamente, se consideró interesante incluirlos para poder apreciar de mejor manera la gran diversidad de diseños que es posible crear para una misma función.



Figura LXXV. Paneles Natural Acoustics, fieltro de lana



Figura LXXVI. Paneles Leaves, fieltro



Figura LXXVII. Paneles Clouds, tela



Figura LXXVIII. Paneles acústicos Ginkgo, fieltro poliéster



Figura LXXIX. Paneles acústicos Baux, viruta de madera



Figura LXXX. Paneles Aircone, fieltro y rieles de aluminio



Figura LXXXI. Paneles Fort, PET de botellas recicladas

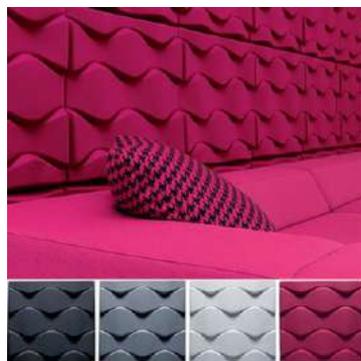


Figura LXXXII. Paneles Soundwave Flo, fibras de poliéster recicladas



Figura LXXXIII. Paneles móviles Pannelo Paraventi, fieltro de lana



*Figura LXXXIV. Paneles Ecooustic Foliar, PET y policarbonato*



*Figura LXXXV. Paneles acústicos Aleksandra Gaca, lana, mohair y fibras metálicas*



*Figura LXXXVI. Paneles Polarmoss, musgo y corcho*



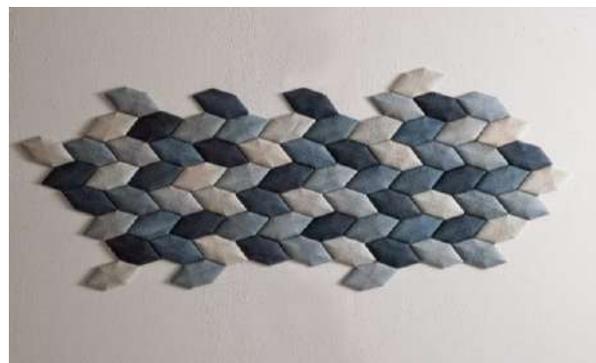
*Figura LXXXVII. Pared acústica por Katy Palmer, fieltro de lana*



*Figura LXXXVIII. Paneles móviles Wave, fieltro y marco de aluminio*

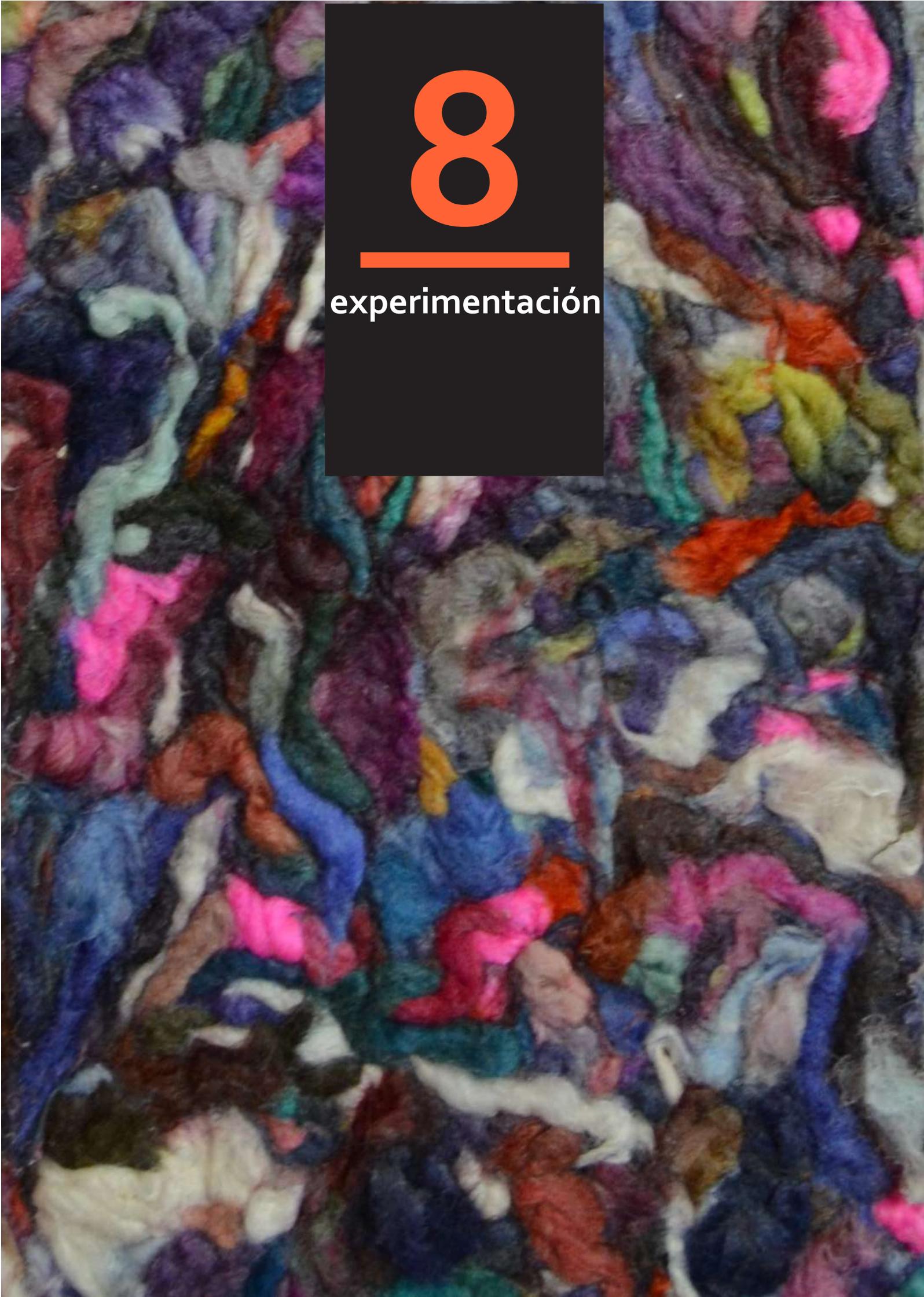


*Figura LXXXIX. Paneles North Tiles, tela y espuma de poliuretano*



*Figura XC. Paneles Indigo, esponja vegetal*





8

---

experimentación

A continuación se encuentra registrado el proceso experimental mediante el cual se buscó generar nuevos materiales absorbentes. También se encuentran documentados los ensayos realizados a los materiales considerados más adecuados para la absorción del sonido, así como las diferentes formas de trabajo estético que se le realizó a los mismos.

En los anexos se encuentran las fichas técnicas de todos los materiales creados, con su proceso de realización detallado.

### 8.1 Tratamiento de la materia prima

La materia prima seleccionada para la realización de este trabajo fueron desechos de la industria lanera, más precisamente recortes de hilados. Manos del Uruguay, una de las empresas uruguayas más importantes en este rubro, fue quien facilitó dichos residuos.

Los hilados de lana fueron combinados con otros materiales como bioplástico, cola vinílica, diversos tipos de plástico, papel, entre otros. De esta forma se buscó generar nuevos materiales donde siempre predominara la lana.



Figura XCI. Materia prima en estado inicial

#### 8.1.1 Clasificación

Lógicamente, por tratarse de desechos, la materia prima de la cual se partió era una mezcla de hilados de una inmensidad de colores, diversas calidades, torsiones, distintos espesores y longitudes, ya que se trataba de recortes de hilados. También se encontraban mezclados algunos restos de hilados de algodón, aproximadamente un 10% de la totalidad de los hilados. Por ser un material que usualmente se deshecha a la basura, poseía una gran cantidad de tierra, papeles, algunos restos de hilados plásticos y otras impurezas.

Se determinó que una separación de los hilados por colores consumiría demasiado tiempo y resultaría innecesaria, pudiendo ser más rico estéticamente utilizar la mezcla original, ahorrándose tiempo en esta etapa.

Por lo tanto, la clasificación del material consistió en separar los hilados de lana de los hilados de algodón e irle quitando todo tipo de impurezas que se fueran encontrando. Para esta etapa fue necesario utilizar guantes, tapabocas y una tela o nylon donde colocar los hilados, debido a la gran cantidad de polvo que poseían. De esta forma se logró separar lo que era de utilidad.

Si se supone la posibilidad de continuar trabajando con Manos del Uruguay como proveedor, se le podría plantear el no mezclar los restos de hilados con otros desechos, como hacen actualmente. De esta forma, el proceso de clasificación podría verse eliminado, reduciéndose los tiempos de mano de obra empleados. A su vez, se podrían

utilizar otros proveedores de materia prima, como algunas fábricas de tejido de punto existentes en Uruguay. Dado que no trabajan únicamente con lana sino que también con hilados sintéticos, se puede estimar que las cantidades de materia prima que se podrían obtener de las mismas, sería menor que la obtenida de Manos del Uruguay.



Figura XCII. Clasificación de materia prima

### 8.1.2 Limpieza

La limpieza de los hilados, consistió en su lavado con agua y detergente para lana. Se procuró utilizar la menor cantidad de agua posible, empleándose una totalidad de 3 litros de agua cada 120 gramos de hilados.

Se colocó 120 gramos de hilados en un recipiente con 1,5 litros de agua. Se le agregó una cucharada sopera de detergente y se los removi6 a modo de lograr su disolución. Se los dejó reposar durante 30 minutos, removiéndolos cada 15 minutos aproximadamente.



Figura XCIII. Proceso de lavado

Luego utilizando un trozo de tejido plástico (tejido mosquitero), se col6 los hilados y se los escurrió. Para enjuagarlos, nuevamente fueron colocados en un recipiente con 1,5 litros de agua durante 30 minutos, removiéndolos cada 10 minutos. Una vez más los hilados fueron colados y escurridos. En este caso dependiendo de la suciedad del agua donde fueron enjuagados, se evaluará si re utilizarla o no.



*Figura XCIV. Enjuague de hilados*

Para el secado, dado que se trataba de recortes de hilados, resultó dificultoso poder colgarlos. Por este motivo se envolvieron los hilados escurridos en un trozo de tejido plástico, y de esta forma si pudieron ser colgados. Una vez que los mismos comenzaron a secarse, se los colocó extendidos sobre un trozo de nylon, tnt u otra tela, para que terminen el proceso de secado más fácilmente. Si bien esta etapa de la limpieza se realizó en exteriores, se evitó la exposición directa al sol para no dañar las fibras.

La duración de el secado se vio completamente determinada por el clima, pero puede estimarse que fue de 24 a 36 horas aproximadamente.



*Figura XCV. Secado de hilados*

Como conclusión del proceso de lavado, se destacan como desventajas el consumo de agua por cantidad de hilados y lo condicionado que se ve el tiempo de secado de acuerdo al clima. Esto afecta principalmente cuando se trabaja con grandes cantidades, dado que se necesitan grandes superficies para dejarlos secar reposando.

### 8.1.3 Procesamiento de los hilados

Para poder generar una mayor variedad de materiales, se realizaron modificaciones en la materia prima inicial. De esta manera, se pudo utilizar los hilados en cuatro estados diferentes: hilados enteros (solamente lavados), cortados con tijera, triturados una vez y triturados dos veces.



A. Hilados enteros

B. Hilados cortados

C. Hilados triturados

D. Hilados triturados dos veces

Figura XCVI. Tipos de procesamiento de hilados

#### A. Hilados enteros

En este caso se trata de los hilados sin ningún tipo de procesamiento, únicamente lavados y secados.

#### B. Hilados cortados

Para cortar los hilados se utilizó una tijera de tela. El procedimiento consistió en tomar los hilados y cortarlos irregularmente en trozos con un largo máximo de dos centímetros aproximadamente. Muchos de los hilados presentan nudos, los cuales pueden dificultar el cortado.



Figura XCVII. Proceso de cortado

### C. Hilados triturados

Otra forma de procesar los hilados fue triturándolos una vez en una licuadora. Este proceso hace que las fibras del hilado se separen y se corten. Para poder licuarlos sin dañar el vaso de la licuadora, se debe partir de hilados previamente cortados.

Se los introdujo en la licuadora en cantidades pequeñas, 15 gramos aproximadamente, y se los licuó en la velocidad número uno. Se evitó utilizar los hilados que tenían nudos, ya que dificultan el procedimiento de licuado.

Una vez procesados se podrá apreciar como algunas fibras quedan entrelazadas, generando nudos, siendo necesario desenredarlas para evitar las aglomeraciones de fibras que dan rigidez al material. Se puede observar como el material obtenido conserva algunos restos pequeños de los hilados originales enteros.



*Figura XCVIII. Proceso de trituración*

### D. Hilados triturados dos veces

También se trabajó con hilados triturados dos veces. En ese caso, se introdujo en la licuadora hilados triturados una vez. Dado que el material ya fue una vez procesado, resulta sencillo detectar los restos de hilados con nudos para poder retirarlos, evitando así dañar la licuadora. Una vez introducidas las fibras, se licuaron en la velocidad número uno hasta lograr que todos los hilados queden deshechos. En este caso se puede observar como el material obtenido es más parejo, no se distinguen hilados enteros, solo sus fibras separadas.



*Figura XCVIX. Segundo proceso de trituración*



Figura C. Desenredando fibras en ambos procesos de trituración

Esta forma de procesar los hilados es sumamente artesanal, dado que empleando una licuadora se puede triturar solo cantidades pequeñas, consumiendo gran cantidad de tiempo. Es importante tener en cuenta que en varias ocasiones los hilados tienden a enredarse en las cuchillas de la licuadora. Por este motivo, es necesario poseer un vaso de licuadora cuyas cuchillas puedan desarmarse y quitarse, permitiendo limpiar los restos de hilados.

Se entiende que dicho proceso de trituración, podría hacerse de manera industrial con la utilización de un molino triturador, los cuales se emplean generalmente para desechos textiles (restos de telas).

#### 8.1.4 Decolorado

Al elegirse como materia prima un material de desecho, se afrontaron ciertas dificultades o condicionantes a la hora de trabajar el material a nivel estético. Como se explicó anteriormente los hilados con los que se trabajó son restos de diferentes tipos y colores.

Con la intención de un mejor control a nivel estético, se procuró decolorar los hilados, para que pudiesen ser teñidos posteriormente de los colores que se deseara utilizar. Dado que se buscó generar un diseño sustentable, no resultaba coherente desechar hilados simplemente porque no fueran del color que se deseaba emplear.

Inicialmente se realizaron pruebas con hipoclorito de sodio, agua oxigenada de 30 y 200 volúmenes, sin obtenerse resultados satisfactorios. Las pruebas se realizaron con trozos de hilados de aproximadamente 20 cm de longitud. En todos los casos se los sumergió en 250 ml de la sustancia decolorante ya sea en estado puro o diluida con agua.

En una segunda instancia se probó decolorar los hilados con un producto de la marca Colibrí llamado Decolorante de tejidos. En este caso los resultados fueron diversos dependiendo de las proporciones, el tipo de hilado y color.

En las diferentes pruebas realizadas, se pudo apreciar como los resultados varían según el tipo de hilado que se utilice, siendo más difícil lograr la decoloración de hilados oscuros.

#### A. Hipoclorito de sodio

Las primeras pruebas realizadas fueron con hipoclorito de sodio en distintas proporciones. El hipoclorito de sodio se caracteriza por ser un compuesto químico fuertemente oxidante, capaz de destruir muchos colorantes. Los resultados utilizando esta sustancia no fueron los deseados.

En primera instancia se probó con hipoclorito de sodio puro durante 10 minutos. A los cinco minutos se pudo apreciar un decolorado desparejo. A los diez minutos las fibras se encontraban decoloradas, pero también prácticamente desintegradas y en un tono amarillento. Esto se debe a que este compuesto químico ataca completamente la fibra de lana hasta desintegrarla.

Se realizó una segunda prueba con hipoclorito diluido en agua, un tercio de hipoclorito de sodio y dos tercios de agua. En este caso se dejó el hilado 3 horas y 30 minutos. Se logró decolorar en parte el hilado, quedando con un color amarillento. Las fibras quedaron sumamente deterioradas, quebradizas y su espesor se redujo notoriamente.



*Figura CI. Primera prueba con hipoclorito de sodio*



*Figura CII. Segunda prueba con hipoclorito de sodio*

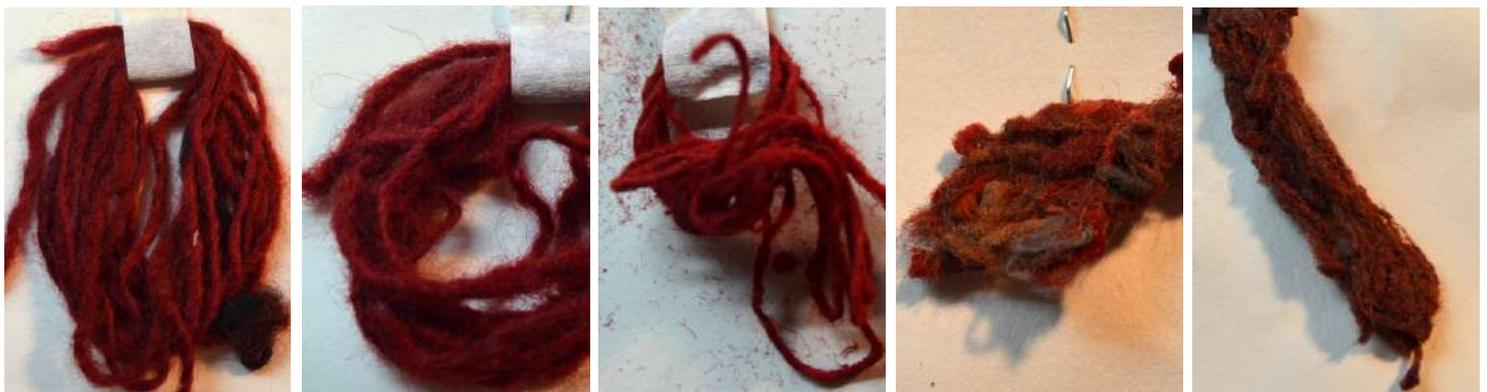
### B. Agua Oxigenada 30 volúmenes

El agua oxigenada, al igual que el hipoclorito, es un compuesto químico oxidante. La cantidad de volúmenes que posea el agua oxigenada, hace referencia a la cantidad de oxígeno que libera un litro de esta solución, en condiciones de presión y temperatura normales. La cantidad de volúmenes sirve para indicar la concentración del producto.

Se realizaron pruebas con agua oxigenada de 30 volúmenes pura y diluida con agua, en relación de un tercio de agua oxigenada y dos tercios de agua. En ambos casos se dejó el hilado sumergido durante 4 días. No se notó ningún cambio en las fibras y el color permaneció intacto.

### C. Agua oxigenada 200 volúmenes

En este caso se utilizó agua oxigenada de 200 volúmenes, siendo la mayor concentración que se puede conseguir de este producto. Se debe tener en cuenta, que a 200 volúmenes este producto adquiere propiedades corrosivas y es fácilmente inflamable. Por este motivo se recomienda utilizar guantes de látex, evitando el contacto del producto con la piel. Se debe evitar dejar el producto expuesto al sol, y en caso de aplicarse el producto en un textil, una vez retirado el mismo de la sustancia, debe ser enjuagado con abundante agua antes de secarse al sol para evitar su posible combustión. A continuación se encuentran las imágenes de los resultados y una tabla con las proporciones, tiempo y observaciones de cada prueba. En todos los casos se sumergió los hilados en la solución.



Prueba 1

Prueba 2

Prueba 3

Prueba 4

Prueba 5

*Figura CIII. Pruebas de decolorado con agua oxigenada 200 volúmenes*

	relación agua oxigenada y agua	tiempo sumergido	observaciones
prueba 1. hilados enteros	agua oxigenada pura	4 días	-cambio sutil en el color -deterioro de la fibra: el hilado queda rígido, fino y apelmazado
prueba 2. hilados enteros	1/3 agua oxigenada + 2/3 agua	4 días	-no hay cambio en el color -pérdida de suavidad
prueba 3. hilados enteros	1/2 agua oxigenada + 1/2 agua	4 días	-no hay cambio el color -deterioro de la fibra: el hilado queda rígido y áspero. -leve pérdida de espesor
prueba 4. hilados triturados una vez	agua oxigenada pura	3 días	-cambio sutil en el color -deterioro de la fibra: quedan rígidas, ásperas y unidas entre sí -pérdida de elasticidad
prueba 5. hilados triturados dos veces	agua oxigenada pura	3 días	-no hay cambio en el color -pérdida de suavidad

Tabla IV. Decolorado con agua oxigenada 200 volúmenes

#### D. Decolorante para tejidos - Colibrí

El decolorante para tejidos de la marca Colibrí es apto para fibras naturales, y utilizándose de manera adecuada, no debería dañar los tejidos o hilados. Su composición no está especificada en el envase y la desconocen los proveedores del producto.

En primer lugar, se tomaron cuatro muestras de hilados que más abundaban, para generar ensayos medianamente representativos. Se buscó abarcar diferentes calidades de hilados y gamas de colores.

Se seleccionó una muestra de hilados de lana merino en tonos azulados con un grosor medio, otra de la misma calidad en tonos rojizos y amarronados, una tercer muestra de lana tipo mecha en colores azulados y por último una cuarta muestra de la misma calidad pero en tonos rojizos.



1. Hilados merino azulados grosor medio    2. Hilados merino rojizos grosor medio    3. Hilados tipo mecha azulados    4. Hilados tipo mecha rojizos

Figura CIV. Muestras de hilados utilizadas

El proceso de decoloración siempre se realizó de igual manera, lo único que se variaron fueron las proporciones de los elementos empleados, agua y polvo decolorante. En todos los casos se colocó agua en una olla a fuego moderado. Una vez que hirvió se le agregó el producto Colibrí y se revolvió hasta quedar disuelto. Luego se agregaron 50 gr de los hilados a decolorar, y una vez decolorados se quitaron de la olla y se enjuagaron con agua fría.

Con la primer muestra, hilados de grosor medio en tonos azulados, se realizaron cuatro pruebas. Los resultados en la decoloración variaron en función de las proporciones de agua y decolorante empleados. En todos los casos se pudo apreciar como los hilados pierden suavidad, y flexibilidad. Igualmente a la vista no parece verse afectado su espesor.

	solución agua/decolorante Colibrí	tiempo (minutos)	aclaramientos del proceso	observaciones
prueba 1.	300 ml agua + 12 gr decolorante	10	-	-poca atenuación de colores
prueba 2.	300 ml agua + 6 gr decolorante	8	-	-atenuación de colores, pero mantienen pigmentación
prueba 3.	900 ml agua + 12 gr decolorante	8	-	-hilados claros se decoloraron por completo y los oscuros resultaron en tono grisáceo

*Tabla V. Decolorado hilados de grosor medio en tonos azulados*



Prueba 1

Prueba 2

Prueba 3

*Figura CV. Pruebas de decolorado con hilados de grosor medio en tonos azulados*

Luego se hicieron tres pruebas con hilados de lana merino en tonos rojizos y grises, con un grosor medio. En este caso, hubo grandes dificultades para lograr decolorar los hilados en color bordó y gris oscuro.

	solución agua/decolorante Colibrí	tiempo (minutos)	aclaraciones del proceso	observaciones
prueba 1.	900 ml agua + 12 gr decolorante	8	-	-hilados claros se decoloraron -hilados bordó resultaron color fucsia y los grises oscuros se aclaron -leve pérdida de suavidad
prueba 2.	900 ml agua + 18 gr decolorante	10	-	-hilados claros se decoloraron -hilados bordó resultaron color fucsia y los grises oscuros se aclaron (más claros que p.1) -mayor pérdida de suavidad
prueba 3.	1. 900 ml agua + 12 gr decolorante 2. 900 ml agua + 12 gr decolorante	8 5	se los sumergió en la primera solución, se los enjuagó con agua fría y se los volvió a sumergir en la segunda solución	-gran pérdida de color -deterioro de las fibras: hilados más ásperos y apelmazados

Tabla VI. Decolorado hilados de grosor medio en tonos rojizos y grises



Figura CVI. Pruebas de decolorado con hilados de grosor medio en tonos rojizos y grises

Luego se realizaron tres pruebas con hilados tipo merino en tonos azulados. Estos hilados ya estaban cortados en trozos pequeños. En las tres pruebas se notó una pérdida de suavidad.

	solución agua/decolorante Colibrí	tiempo (minutos)	aclaramientos del proceso	observaciones
prueba 1.	900 ml agua + 12 gr decolorante	8	-	-atenuación de los colores -hilados en azul oscuro se tornaron a tonos naranja
prueba 2.	900 ml agua + 12 gr decolorante + 150 ml agua	17	se los sumergió en la solución y a los 8 minutos se agregó 150 ml de agua tibia	-atenuación en los colores -persisten los tonos azules
prueba 3.	1. 900 ml agua + 12 gr decolorante	8	se los sumergió en la primera solución, se los enjuagó con agua fría y se los volvió a sumergir en la segunda solución	-mayor pérdida de color -mejores resultados
	2. 900 ml agua + 12 gr decolorante	5		

Tabla VII. Decolorado hilados tipo mecha en tonos azulados



Figura CVII. Pruebas de decolorado con hilados tipo mecha en tonos azulados

Por último se realizaron dos pruebas con hilados tipo mecha en tonos rojizos. Al igual que en el caso anterior, estos hilados ya estaban cortados en trozos pequeños. Los resultados obtenidos en las dos pruebas fueron bastante similares. En términos de coloración los resultados son prácticamente iguales, los hilados se aclararon, persistiendo algunos tonos rojizos. Ambas muestras perdieron suavidad, pero la segunda se nota más áspera y las fibras parecen apelmazadas al tacto.

	solución agua/decolorante Colibrí	tiempo (minutos)	aclaraciones del proceso	observaciones
prueba 1.	900 ml agua + 12 gr decolorante	5	-	-atenuación de los colores -persisten tonos rojizos -leve pérdida de suavidad
prueba 2.	900 ml agua + 12 gr decolorante	10	-	-atenuación en los colores -persisten los tonos rojizos -pérdida de suavidad, fibras apelmazadas

Tabla VIII. Decolorado hilados tipo mecha en tonos rojizos



Figura CVIII. Pruebas de decolorado con hilados tipo mecha en tonos rojizos

### Conclusiones del decolorado

Si bien con ninguna de las pruebas realizadas se logró una completa decoloración de los hilados, se entiende que el decolorante de tejidos Colibrí, es el producto que mejor funcionaría. Dependiendo de las proporciones en las que se utiliza, pueden atenuarse los colores sin dañar demasiado las fibras.

En algunos casos al utilizar el decolorante Colibrí, se notó que las soluciones con mayor cantidad de agua brindaban mejores resultado. Esto se debe a que el agua tiende a saturarse a medida que se decoloran los hilados.

En función del uso final que tendrá el material absorbente que se cree, y teniendo en cuenta la estética que se le quiera brindar, se decidirá si emplear o no el decolorado como una herramienta de trabajo estético del producto final.

### 8.2 Generación de materiales mediante aglomeración

Para la generación de materiales se buscaron diversas formas de unir los hilados de lana. Una de éstas fue aglomerándolos, es decir uniéndolos mediante la incorporación de diferentes sustancias o componentes, a modo de generar un nuevo material compacto. Se experimentó con bioplástico, cola vinílica, papel y plásticos sintéticos.

#### 8.2.1 Bioplástico

Los plásticos están compuestos por polímeros, es decir, largas cadenas de una o más unidades simples, llamadas monómeros. Existen diversas sustancias naturales que permiten crear plástico, como derivados del petróleo, minerales y materiales orgánicos (Kula et al., 2009, p. 66). Los plásticos sintéticos se producen a partir de derivados del petróleo o gas natural. Pero también existen polímeros naturales, los cuales son refinados y moldeados sin la adición de petroquímicos. A este tipo de plásticos se les conoce como bioplásticos, pudiéndose distinguir entre los creados a partir de: celulosa, almidón o gomas naturales como el caucho (Thompson, 2007, p. 446, 447).

A diferencia de los plásticos derivados de fuentes no renovables, los bioplásticos durante su proceso de realización no liberan gases que contribuyan con el efecto invernadero y además requieren un menor uso de energía. Otra ventaja que presentan, es que son completamente biodegradables, estando o no en contacto con el aire (Thompson, 2007, p. 446).

Los bioplásticos generados a partir de celulosa, están compuestos por polímeros naturales, extraídos de vegetales como el algodón o la pulpa de celulosa generada a partir del procesamiento de madera. Tanto la celulosa como el almidón, son polímeros compuestos por moléculas de glucosa. Su diferencia radica en que la celulosa se trata de un polímero estructural, que se encuentra en las paredes celulares, mientras que el almidón es un glúcido que funciona como reserva en la mayoría de los vegetales (Thompson, 2007, p. 446).

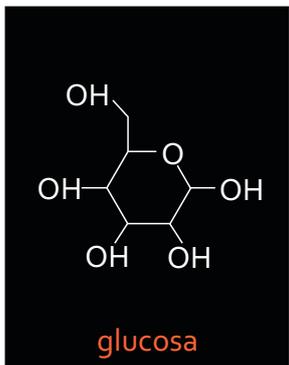


Figura CIX. Monómero de glucosa

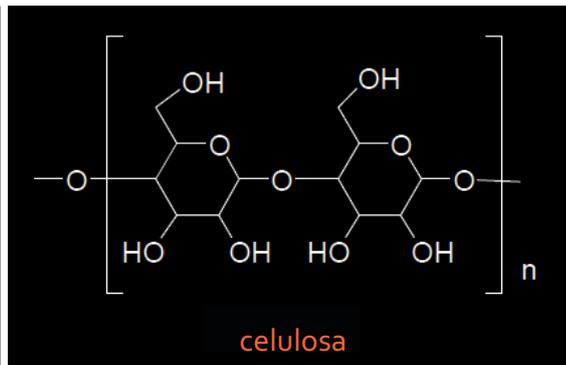


Figura CX. Polímero de celulosa

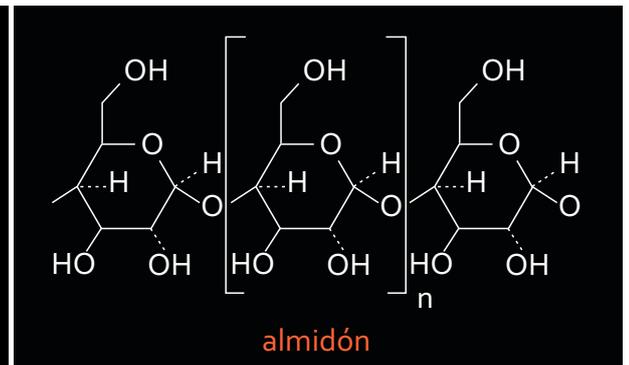


Figura CXI. Polímero de almidón

La celulosa es un polímero fuerte, resistente al impacto y transparente. Su uso es muy variado, desde películas fotográficas hasta fibras textiles.

Los bioplásticos generados a partir de almidón, pueden ser producidos a partir de arroz, papa, almidón de maíz y otros productos agrícolas. Una de sus desventajas es que se descomponen fácilmente ante la presencia de microorganismos o agua (Thompson, 2007, p. 447).

El ácido poliláctico o PLA, es uno de estos bioplásticos generados a partir de almidón. Su producción consume un 50 % menos de energía que los termoplásticos convencionales. Puede ser termoformado, extruído y trabajado por inyección (Thompson, 2007, p. 447).

Generalmente, los bioplásticos creados a partir de papa o almidón de maíz, tienden a ser menos refinados que el PLA. Esto se debe a que usualmente un 70 % de su composición es almidón, siendo importante destacar que cuanto más almidón contiene el material, el mismo posee menor flexibilidad, pudiéndose quebrar fácilmente (Thompson, 2007, p. 447).

En primera instancia, se experimentó incorporando bioplástico a los hilados, generándolo a partir de almidón de maíz. Se partió de una receta obtenida en la Web, a la cual se le realizó variaciones en las proporciones de los ingredientes, con el objetivo de modificar sus propiedades (flexibilidad, durabilidad, transparencia, etc.).

**Receta original (extraída de la Web):**

50 gramos de almidón de maíz (12,5%)

300 ml de agua (75%)

25 ml de glicerina vegetal (6,25%)

25 ml de vinagre (6,25%)

Para evitar el olor del vinagre en el material, se realizó algunas pruebas sustituyéndolo por ácido cítrico, dado que ambos componentes pueden funcionar como conservantes en esta mezcla.

Se modificaron las proporciones de cada ingrediente a modo de generar variaciones en la densidad del material, en sus tiempos de secado, flexibilidad, etc. La primer modificación realizada fue una reducción en la cantidad de agua para lograr disminuir el tiempo de secado, también se aumentó la cantidad de glicerina vegetal para brindarle una mayor flexibilidad al material y al sustituirse el vinagre por ácido cítrico, también se aumentó su proporción para lograr una mejor conservación. Esto dio como resultado la Receta #1 de bioplástico empleada en algunas de las muestras.

**Receta #1 para la realización de bioplástico:**

50 gr de almidón de maíz (12,82%)

250 ml de agua (64,1%)

50 ml de glicerina vegetal (12,82%)

40 gr de ácido cítrico (10,26%)

Para elaborar el bioplástico, se colocó los ingredientes en una olla y se revolvió hasta disolverlos completamente. Se colocó la olla a fuego moderado, revolviendo constantemente hasta que la mezcla espesara y se generara una pasta. Una vez retirado del fuego se debió utilizar rápidamente, ya que el material va endureciéndose a medida que se enfría.



Figura CXII. Preparación bioplástico

Combinando esta receta de bioplástico con los diferentes hilados procesados, se fueron generando nuevos materiales. Las proporciones de hilados y bioplástico que componen cada material, fueron expresadas en porcentajes en relación al peso empleado de cada ingrediente (bioplástico e hilados).

El proceso de realización de las muestras y los materiales utilizados fueron siempre los mismos. Por este motivo, a continuación se explica en líneas generales el procedimiento de armado de materiales, pudiéndose encontrar la ficha de cada material con sus especificaciones en anexo 1.

### **Materiales utilizados:**

*Recipiente de plástico o metal*

*Cuchara*

*Tejido plástico o mosquitero*

*Palo de amasar o similar*

*Molde realizado con varillas de madera (espesor 1 cm)*

### **Proceso de realización**

Colocar en un recipiente los hilados, ya sea enteros, cortados o triturados, y luego agregar el bioplástico caliente. Mezclar ambos materiales con cuchara, hasta lograr una mezcla homogénea.



*Figura CXIII. Mezclado hilados con bioplástico*

Colocar sobre una mesada un trozo de tejido mosquitero, sobre él un molde de madera con las medidas deseadas para la muestra. Verter la mezcla dentro del molde, y colocándole otro trozo de tejido por encima, amasar hasta generar una superficie medianamente pareja. Dar vuelta la muestra y repetir el amasado.

El máximo espesor logrado para cada muestra fue el del propio molde empleado, en este caso 1 cm.



*Figura CXIV. Colocación del material en molde y amasado*

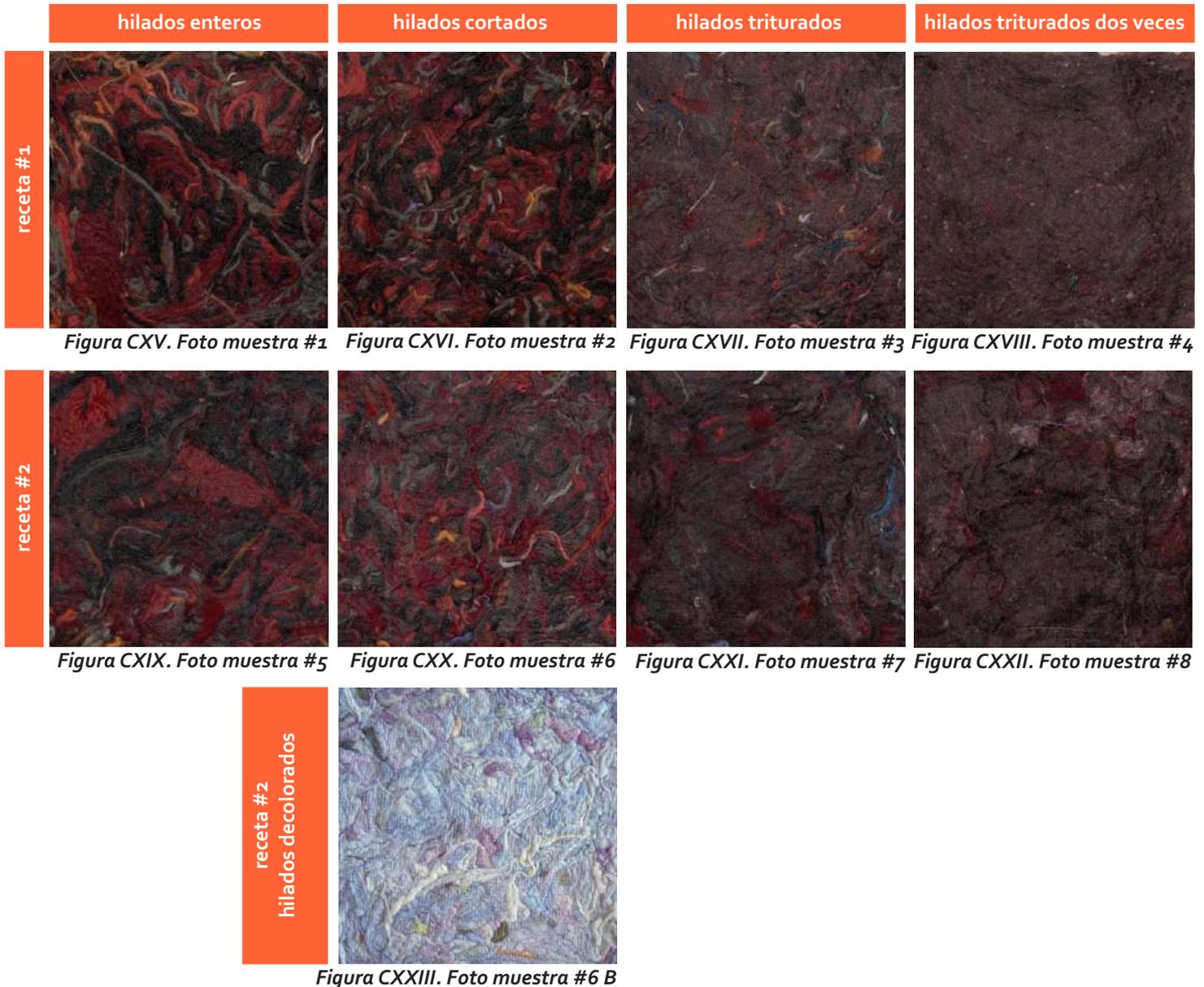
Una vez terminado, quitar la muestra del molde y colocar en exterior al sol. El tiempo de secado varió dependiendo de cada muestra y de las condiciones climáticas del momento.

De esta manera y empleando la receta #1, se realizaron las muestras de la #1 a la #4. Posteriormente se modificó dicha receta, duplicándose la cantidad de almidón de maíz para así poder obtener materiales con una mayor rigidez.

**Receta #2 para la realización de bioplástico:**

- 100gr de almidón de maíz (22,72%)
- 250 ml de agua (56,8%)
- 50 ml de glicerina vegetal (11,38%)
- 40 gr de ácido cítrico (9,1%)

Combinando esta nueva receta de bioplástico con hilados y utilizando el mismo proceso de armado, se realizaron las muestras #5 a #8.



A través de esta experimentación, se pudo generar distintos materiales a partir de pequeñas variaciones en su composición. En el caso de las muestras #1, #2, #5 y #6, se obtuvieron materiales con mayor irregularidad dado que los hilados se encontraban enteros o cortados con tijera. El resto de las muestras, al poseer hilados triturados, logran materiales más homogéneos.

A su vez, las primeras cuatro muestras resultan menos rígidas, y en algunos casos aparentan mantener cierta humedad, su secado es más dificultoso. Las cuatro muestras finales, realizadas con la receta #2 de bioplástico, presentan mayor rigidez y menor humedad. Igualmente no se cree que una completa rigidez sea del todo favorable para la creación de un material absorbente.

La muestra #6 B, fue la única realizada con hilados decolorados. El material queda con iguales características que la muestra #6, pero se logran atenuar los colores. A causa de la cantidad de tiempo y el gran consumo de agua que implica el proceso de decolorado, se decidió no realizar más muestras con este proceso, descartándose el uso de los hilados decolorados.

En todas las muestras no se logra una superficie completamente lisa y regular, sino que quedan con pequeñas deformaciones. Esto no generó una preocupación, ya que puede resultar favorable para la absorción de las ondas sonoras.

Por otra parte, resulta más sencillo generar mayores espesores en aquellas muestras realizadas con hilados enteros o cortados.

### 8.2.2 Cola vinílica

Para continuar generando nuevos materiales aglomerados, se realizaron algunas muestras uniendo los hilados con cola vinílica diluida en agua. La cola vinílica es un tipo de adhesivo, fácilmente diluible en agua, generalmente utilizado para la unión de materiales porosos, como la madera. En este caso, las muestras realizadas con hilados enteros fueron descartadas ya que no lograban aglomerarse correctamente.

Los materiales utilizados para realizar estas muestras fueron siempre los mismos, a excepción de la última muestra, la número 11. Los procesos empleados para armar las muestras fueron 2, los cuales se explican a continuación. Puede encontrarse la ficha técnica de cada material, con las proporciones de cada componente en anexo 2.

#### ***Materiales necesarios:***

*Recipiente de plástico o metal*

*Cuchara*

*Tejido plástico o mosquitero*

*Palo de amasar o similar*

*Molde realizado con varillas de madera (espesor 1 cm)*

*Toalla o tela absorbente*

*Hoja de teflón*

*Plancha de sublimación*

*Licuada (solo en muestra #11)*

#### ***Proceso de realización #1***

Colocar en un recipiente la cola vinílica y el agua. Mezclar hasta que la cola quede diluida con el agua. Luego agregar los hilados y con una cuchara mezclarlos hasta que queden todas las fibras humectadas.



Figura CXXIV. Mezclado de hilados con cola vinilica y agua

Colocar sobre una toalla o tela absorbente, un trozo de tejido plástico y el molde de madera. Ir rellenando el molde con la mezcla y luego colocar por encima otro trozo de tejido mosquitero y una toalla o tela absorbente. Generándole presión con las manos, sacar la mayor cantidad posible de líquido del material.



Figura CXXV. Colocación del material en el molde

El proceso de secado posee dos etapas. En la primera, dejarlo expuesto al sol durante un día. Esto ayuda a secar las caras exteriores, pero puede notarse como conserva gran cantidad de líquido en su interior. Por este motivo, es necesario terminar el secado utilizando una plancha de sublimación. Para esto, colocar la muestra entre dos hojas de teflón y situarla dentro de la plancha de sublimación a  $210^{\circ}$  durante 30 segundos. Luego retirar de la plancha, voltear el material y repetir el proceso. Este procedimiento es necesario repetirlo hasta que el material quede completamente seco. Para acelerarlo se puede ir aumentando el tiempo dentro de la plancha de sublimación, sin superar los 50 segundos.

Se podrá apreciar como los materiales tienden a reducir su espesor, debido a la presión que ejerce la plancha de sublimación.

### Proceso de realización #2

Colocar los hilados previamente triturados dentro de la licuadora, cubrirlos con agua y licuar. Colarlos utilizando un trozo de tejido plástico.



Figura CXXVI. Preparación de hilados

Colocar en la licuadora tres medidas de agua y una medida de cola vinílica. Agregar los hilados y licuarlos nuevamente.



Figura CXXVII. Incorporación de cola vinílica y agua

Con el primer proceso de realización, se generó la muestra #9, utilizando hilados triturados, y la #10, con hilados triturados e hilados cortados. Mientras que utilizando el segundo proceso, solo se generó la muestra #11, con hilados triturados.

Si se comparan las muestras #9 y #11, ambas poseen los mismos componentes en proporciones muy similares, pero sus procesos de armado son diferentes. Igualmente, no se notaron grandes diferencias entre la muestra #11, realizada con el uso de licuadora, y la #9. Por este motivo, se preferirá la muestra #9, ya que no implica el uso de energía eléctrica en su realización.

En líneas generales, con respecto a las muestras generadas con cola vinílica, se aprecia cierta dificultad para obtener grandes espesores. A su vez, la cola vinílica hace que las fibras queden rígidas, lo cual podría quitar parte de las propiedades absorbentes de la lana. También las superficies de los materiales quedan sumamente lisas, siendo negativo para la absorción del sonido.

Por otra parte, se cuestiona su durabilidad y posibilidades de lavado, dado que la cola vinílica puede disolverse completamente en agua.



Figura CXXVIII. Foto muestra #9

Figura CXXIX. Foto muestra #10

Figura CXXX Foto muestra #11

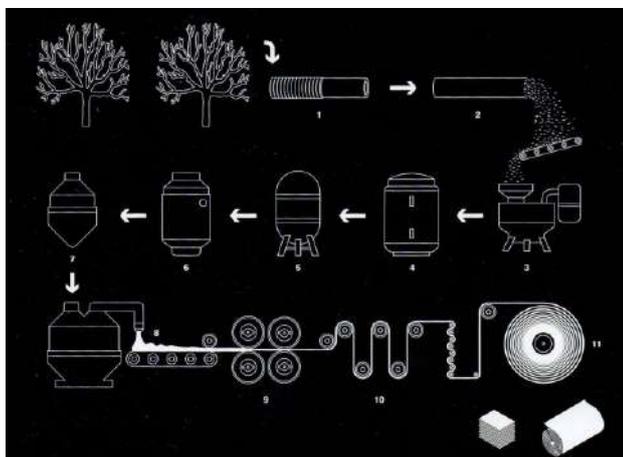
### 8.2.3 Papel reciclado

Uno de los materiales más antiguos creados y utilizados por el hombre ha sido el papel, pudiéndose destacar sus innumerables funciones: arte, arquitectura, higiene, embalaje o empaque, entre otros. A principios del siglo XXI la producción mundial del papel alcanzó los 400 millones de toneladas (Kula et al., 2009, p. 25).

Los métodos de preparación de papel son variados, así como la materia prima que se utiliza para generarlo no es únicamente pasta de celulosa obtenida del procesamiento de madera, sino que también puede producirse a partir de algodón, lino, bambú, papel reciclado, etc. (Kula et al., 2009, p. 25).

Si bien el papel es considerado un material natural, las industrias papeleras mediante su producción siguen dejando su marca en el ambiente, ya que pueden emplear procesos dañinos para el mismo (Kula et al., 2009, p. 25).

Los primeros comienzos del papel fueron con la creación del papiro por los egipcios. Posteriormente, en el siglo II, los chinos desarrollaron el papel tal como lo conocemos hoy en día, utilizando fibras textiles y retazos. En el siglo XVIII comenzó a producirse de manera industrial, y posteriormente en el siglo XIX se popularizó la realización de papel a partir de madera (pasta de celulosa) (Kula et al., 2009, p. 26).



1. descortezado
2. trituración de la madera - generación de chips
3. introducción en equipamiento de lavado
4. lavado y purificación del material
5. blanqueado
6. almacenamiento en tanque de pulpa
7. tanque de limpieza
8. extracción de pulpa
9. proceso de prensado
10. proceso de secado
11. bobinado

Figura CXXXI. Proceso industrial de elaboración de papel

Generalmente el 95 % de la composición del papel es celulosa, mientras que el porcentaje restante pertenece a pigmentos, pegamentos, aglomerantes, etc.. Las fibras que se utilizan pueden ser de diferentes procedencias, por lo tanto sus características, como flexibilidad, durabilidad, suavidad, longitud, determinarán las características del papel resultante (Kula et al., 2009, p. 26).

La pulpa de celulosa utilizada para la producción de papel, producirse de manera mecánica, química o por reciclaje. La producción mecánica se realiza a partir de chips de madera, los cuales son procesados con la incorporación de agua y calor. La pulpa de celulosa que se obtiene contiene fibras de madera cortas, lo cual da como resultado un papel de baja calidad, opaco y con poca durabilidad. Generalmente se trata del papel utilizado para diarios, revistas, etc. (Kula et al., 2009, p. 26).

La producción de forma química, también parte de chips de madera, pero en este caso se los sumerge en productos químicos (alcalinos o ácidos) y luego se los hornea a altas temperaturas. La pasta de celulosa que se obtiene al utilizar químicos alcalinos, tiene una buena resistencia, y suele ser de color marrón o gris. Algunos de los papeles obtenidos con esta pulpa son utilizados en embalaje, como el papel kraft. Por otra parte, si se utilizan ácidos, se obtiene un papel menos fuerte, pero con más flexibilidad, más adecuado para la escritura. La mayor desventaja de la producción química, es que los agentes que se utilizan son contaminantes (Kula et al., 2009, p. 26).

Por último la producción por reciclaje, se genera a partir de papel y cartón previamente utilizados. Existen procesos de reciclaje industriales y artesanales. En los procesos industriales, generalmente se utiliza como materia prima los recortes que se desperdician en industrias papeleras, imprentas, etc. (Kula et al., 2009, p. 27).



*Figura CXXXII. Distintos usos del papel*



*Figura CXXXIII. Papel de diario*



*Figura CXXXIV. Papel de impresión*

Para reciclar el papel, en primer lugar debe ser humedecido y removido. Luego puede ser enjuagado para quitarle restos de pegamento y tinta. En algunos casos para evitar que los restos de tinta puedan teñir el papel, se utilizan blanquadores. También se pueden mejorar algunas de sus propiedades con diferentes aditivos como por ejemplo fungicidas, que le otorgan mayor durabilidad. Por último, para generar una hoja de papel, es necesario comprimir y secar la pulpa. Mientras el proceso de elaboración de pulpa de celulosa implica separar las fibras, el crear una hoja de papel requiere agruparlas nuevamente (Kula et al., 2009, p. 27).



*Figura CXXXV. Reciclaje industrial de papel*



*Figura CXXXVI. Reciclaje artesanal de papel*

Existen algunas características del papel, que se miden y se valoran, las mismas pueden servir para determinar la calidad del papel y su mejor función. Algunas de estas características son: gramaje (mide el peso del papel por área), mano, orientación de las fibras, superficie, grano, blancura, brillo y formato (Kula et al., 2009, p. 28).

En la actualidad, la industria papelera se enfrenta al desafío de procurar disminuir su contaminación ambiental, ya sea por el uso de químicos, su consumo de agua, su consumo maderero, etc. Por esta razón, son cada vez más los países que revalorizan el reciclaje del papel, así como también buscan otras fibras que funcionen como alternativa a las de madera. Algunos ejemplos de alternativas que se explotan en la actualidad son las fibras de ananá, bambú y cáñamo (Kula et al., 2009, 28).

En este trabajo, también se utilizó la pulpa de papel como posible aglomerante de hilados, empleándose un proceso similar al de realización de papel reciclado. No se necesitó la incorporación de ningún producto de tipo adhesivo. En este caso, se lograron materiales donde toda su materia prima es a partir de elementos de desecho, tanto el papel como los hilados.

Para la realización de estos materiales, se utilizó papel desechado por oficinas e imprentas. Se buscó fuese siempre de un mismo gramaje o similar. Por este motivo, se optó por utilizar hojas con un gramaje de 75 gr/m<sup>2</sup>, dado que es el utilizado comúnmente en las hojas de impresión. El papel fue cortado en tiras con guillotina y tijera.



Figura CXXXVII. Papel utilizado

Los materiales empleados para estas muestras fueron siempre los mismos, mientras que los procesos de realización, en algunos casos, presentan diferencias. A continuación se explican los métodos empleados, pudiéndose encontrar la ficha de cada muestra con las proporciones de papel, lana y agua empleados en anexo 3.

**Materiales necesarios:**

Recipiente de plástico o metal

Tejido plástico o mosquitero

Palo de amasar o similar

Molde realizado con varillas de madera (espesor 1 cm)

Toalla o tela abosrbente

Licuada

**Proceso de realización #1**

Colocar el papel cortado en tiras en un recipiente y cubrirlo con agua. Dejarlo remojar durante 20 minutos, notándose un debilitamiento en el material. Cortar las tiras con la mano en trozos más pequeños. Luego quitar el papel picado del agua, para esto puede colarse utilizando un trozo de tejido mosquitero.

Pesar el papel húmedo y colocarlo en la licuadora. Cubrirlo con una cantidad de agua 6 veces mayor al peso del papel húmedo. Licuarlo en la velocidad número 1, hasta notar que el papel queda completamente desecho. En algunas muestras se trabajó con el peso del papel húmedo, y en otras con su peso en seco. En ese caso deberá pesarse al comienzo.



Figura CXXXVIII. Preparación de la pulpa de papel

Introducir a la mezcla los hilados, agregarle nuevamente la misma cantidad de agua y licuar.

Al retirar los materiales de la licuadora, se pudo notar como las fibras de lana, en algunos casos, tienden a enredarse entre sí, generando aglomeraciones de fibras sumamente rígidas, difíciles de separar y manipular.

Por este motivo, pudo determinarse que el tiempo en la licuadora debe ser sumamente breve, entre 2 y 3 segundos aproximadamente. A su vez a medida que se saca el material de la licuadora, es necesario separar las fibras que se hayan entrelazado



*Figura CXXXIX. Preparación de pulpa de papel e hilados triturados*

Luego de retirar la preparación de la licuadora, escurrirla utilizando un bastidor de madera con tejido plástico en una de sus caras. Se debe dejar drenar lentamente la mezcla sobre el bastidor. De esta forma se logra quitar gran parte del agua, la cual puede ser reutilizada para otras muestras. Es importante no quitar totalmente el agua de la mezcla, ya que el papel mojado es lo que funciona como aditivo del material.



*Figura CXL. Drenado de la mezcla*

Para el armado de la muestra, colocar sobre una toalla o tela absorbente, un trozo de tejido mosquitero y un molde de madera. Rellenar el molde con la mezcla, procurando que quede dispuesta lo más homogéneamente posible, es decir, evitar que queden zonas con acumulaciones únicamente de fibras de lana dado que no se van a adherir correctamente sin la presencia de papel.

Colocar sobre el material nuevamente un trozo de mosquitero y una tela absorbente. Generar presión con las manos y luego amasar cuidadosamente. De esta forma logra quitarse gran cantidad del agua presente en el material. Además la compresión de la mezcla, es sumamente importante para la obtención de un material compacto y bien amalgamado. Para el secado de la muestra dejar en exterior al sol.

Un error que se cometió en algunas de las muestras, fue trabajar en relación al peso del papel mojado, ya que genera un mayor margen de error. Una vez que se notó el error, se procuró continuar trabajando siempre con el peso del papel y la lana en seco.

Mediante este proceso se realizaron las muestras #12 al #15.



Figura CXXI. Armado de la muestra

### **Proceso de realización #2**

Generar la pulpa de papel de igual manera que en el proceso de realización #1. Luego introducir los hilados triturados en un recipiente y agregarles agua, de manera que queden humectados. No es necesaria una cantidad excesiva y pudiéndose utilizar el agua obtenida al colar la pulpa de papel. En este caso no se mezclaron ambos componentes.

Situar sobre una toalla o tela absorbente un trozo de tejido plástico y un molde de madera. Rellenar el molde alternando una capa de papel y una de lana, hasta alcanzar el espesor deseado. Colocar sobre la última capa un trozo de mosquitero, generar presión con las manos y amasar. Retirar el tejido plástico y dejar secar al sol.

Únicamente se realizó la muestra #16 con este proceso, ya que se pudo apreciar como el material resultante era sumamente frágil y poco homogéneo, dado que los componentes no se unían completamente.

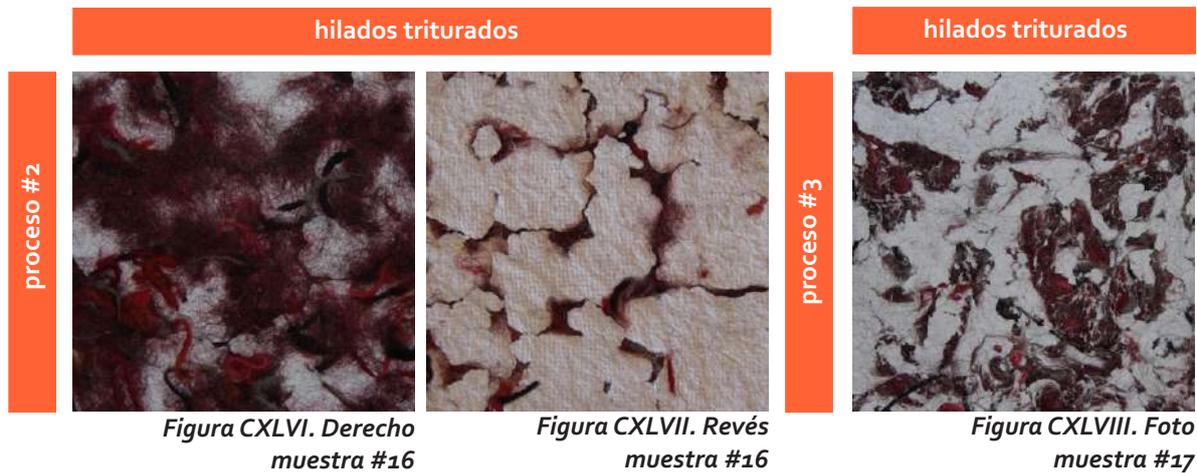
### **Proceso de realización #3**

Generar la pulpa de papel de igual manera que en el proceso de realización #1. Colocar la pulpa colada en un recipiente e incorporar los hilados triturados. Mezclar ambos componentes con la utilización de una cuchara, hasta lograr una mezcla lo más homogénea posible.

Colocar sobre una toalla o tela absorbente un trozo de tejido plástico y el molde de madera. Rellenar el molde con la mezcla, evitando grandes aglomeraciones de hilados sin presencia de pulpa de papel. Presionar con las manos y amasar. Luego dejar secar al sol en exterior.

Utilizando este procedimiento se realizó únicamente la muestra #17, en la cual se pudo apreciar un espesor poco uniforme. El material resultante posee una mayor estabilidad que el de la muestra #16, pero igualmente se puede apreciar una mayor fragilidad en comparación con las muestras realizadas con el primer procedimiento.

Se puede concluir que la utilización de licuadora para mezclar los materiales resulta sumamente favorable para obtener una mayor homogeneidad, mejor consistencia y resistencia en el material.



### 8.2.4 Plástico

Como se explicó anteriormente, al mencionar los bioplásticos, los plásticos, en general, están compuestos por polímeros. En esta sección se hace mención a los plásticos sintéticos, los cuales generalmente se obtienen de derivados del petróleo.

Los plásticos sintéticos surgieron y comenzaron a utilizarse a partir del año 1950, por lo cual se los considera un material relativamente nuevo. Una de sus grandes ventajas, es que su composición puede modificarse de acuerdo a la función que se le dará al material. De esta forma se puede generar desde plásticos duros y rígidos a plásticos flexibles y suaves (Kula et al., 2009, p. 65).



*Figura CXLIX. Plástico virgen*



*Figura CL. Distintos usos del plástico*

Los plásticos sintéticos pueden dividirse en dos grandes grupos: termoplásticos y plásticos termoestables, pudiendo algunos materiales integrar ambas categorías.

Los termoestables, son polímeros compuestos por largas cadenas moleculares, unidas por fuertes enlaces covalentes. Este tipo de enlaces no se destruyen con el calor, es decir, si llegasen a destruirse se destruiría el material. Esto hace una estructura molecular más duradera, con mayor resistencia no solo al calor sino que también a ciertos químicos (Thompson, 2007, p. 425).

Por este motivo, estos plásticos no pueden reciclarse mediante fusión. Tienen mayor resistencia térmica, estructural y mecánica que los termoplásticos. Algunos ejemplos de esta categoría son: poliuretano, resina epoxídica, caucho, etc (Kula et al., 2009, p. 66c).

Los termoplásticos están compuestos por largas cadenas moleculares, cuyos enlaces intermoleculares son débiles. Esto hace que al someterlos a ciertas temperaturas, sus enlaces desaparecen, mientras que al enfriarse vuelven a regenerarse. Estos plásticos, al estar sometidos al calor se vuelven más blandos y suaves, mientras que al enfriarse recobran rigidez (Kula et al., 2009, p. 66).

Justamente esta cualidad es lo que permite moldearlos fácilmente, y que además puedan ser moldeados más de una vez, siendo esto sumamente favorable para el reciclaje. Muchas veces, a nivel industrial, se utilizan recortes de estos plásticos, desperdicios, mezclados con plástico virgen, para reutilizar el material (Thompson, 2007, p. 425).



Figura CLI. Polimerización

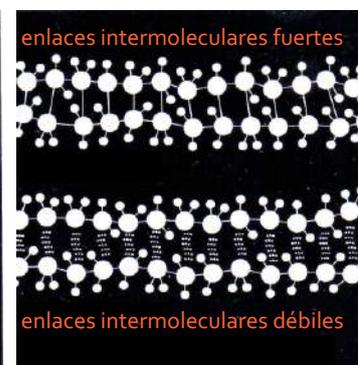


Figura CLII. Comparación estructural de termoplástico y plástico termoestable

Aproximadamente el 83 % de los objetos plásticos producidos, son realizados en termoplástico. Algunos ejemplos de estos plásticos son: poliestireno, polietileno, polipropileno y policarbonato.

Según como se organizan las cadenas moleculares que conforman el material, se puede distinguir entre plásticos con estructura amorfa o cristalina.

Un material amorfo, es aquel en el que las cadenas moleculares son irregulares, parecen enredadas. Esto le brinda al plástico transparencia. Por otra parte, una estructura cristalina se da cuando las cadenas moleculares se encuentran alineadas, haciendo que el plástico sea opaco y con mejores propiedades mecánicas (más resistente) y químicas.

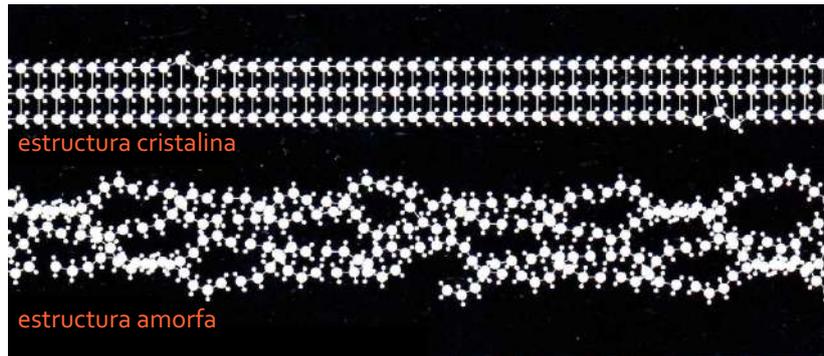


Figura CLIII. Formas de organización de las cadenas moleculares

Claramente la estructura de los mismos, se ve influenciada no solo por la propia composición del plástico sino que también por sus métodos de realización. Por ejemplo el PET (polietileno tereftalato), que pertenece al grupo de los termoplásticos, si luego de calentarlo se lo enfría rápidamente, las cadenas del polímero se forman de una manera desordenada, generando un material de estructura amorfa. Mientras que, si el enfriamiento se da de modo paulatino, se forma una estructura cristalina (Thompson, 2007, p. 425).

También se puede modificar la composición del material agregándole aditivos o agentes al plástico. Es decir, según la función que desarrollará el material, se le pueden agregar otros compuestos que lo ayuden a mejorar ciertas cualidades como resistencia a impactos o a ciertos químicos. Si el componente que se le agrega al plástico, es tan solo un 10 % o menos del peso total, se le llama aditivo. Si supera este porcentaje se le llama agente (Kula et al., 2009, p. 68).

En el caso de este trabajo, mediante la fundición de diferentes tipos de plásticos, se logró aglomerar las fibras de lana. Los resultados obtenidos variaron notoriamente en función del tipo de plástico utilizado. Dado que se está combinando plástico con otro material, en este caso hilados, se podría decir que se le está agregando aditivos o agentes, dependiendo de las proporciones de cada muestra.

A continuación se explican las principales características de los plásticos empleados y el proceso de realización aplicado para cada uno. Los materiales utilizados fueron siempre los mismos, a pesar de que los métodos de armado variaron. La ficha específica de cada material realizado y sus proporciones puede encontrarse en anexo 4.

#### **Materiales necesarios:**

Plancha de sublimación

Hoja de teflón

Recipiente plástico o metálico

#### **PET - Scrap**

El PET o politereftalato de polietireno es un tipo de plástico, que posee un comportamiento termoplástico, es decir, es capaz de ablandarse al alcanzar ciertas temperaturas y de endurecerse al enfriarse. Esto le permite ser moldeado mediante diferentes métodos como termoformado, extrusión, inyección, etc. El PET se caracteriza por tener una buena resistencia, poseer gran dureza al alcanzar ciertos espesores, es un plástico prácticamente transparente y con brillo. También posee buena resistencia mecánica.

En este caso, el PET utilizado fue obtenido a partir de lámina que podría ser desechada. Es decir, en el proceso de elaboración de productos plásticos, primeramente se realiza el laminado de la materia prima, luego se termoforma la lámina de PET, obteniéndose el producto que se desea. A partir del termoformado surgen algunos desperdicios

de lámina, recortes de plástico. Los mismos pueden ser desechados o pueden ser picados, obteniéndose lo que generalmente se llama scrap, que consiste básicamente en materia prima obtenida a partir de desperdicios.

### **Proceso de realización con PET**

Únicamente se realizó la muestra #18 mediante este procedimiento. En este caso, se procuró fundir el plástico a través de la utilización de una plancha de sublimación.

Colocar sobre una hoja de teflón una capa de PET, esparcido de manera pareja, luego agregar una capa de lana triturada y nuevamente por encima una capa de PET. Cubrir cuidadosamente con otra hoja de teflón e introducir en la plancha de sublimación a 220° durante 30 segundos.



*Figura CLIV. Armado de muestra con PET*

Al retirar el material de la plancha, se podrá apreciar como el PET cristalino toma un color blanquecino. Agregar nuevamente en uno de sus lados una capa de lana y otra de PET, y repetir el proceso en la plancha de sublimación. Continuar agregando capas hasta alcanzar un espesor deseado.

Se obtuvo un material frágil debido a que el PET no logró fundirse totalmente, esto hizo que los componentes (lana y PET) no se unieran por completo. Posiblemente esto se deba a las temperaturas de fundición de este material, la cual ronda los 255°. Se realizaron algunas pruebas elevando la temperatura a más de 220° y también dejando el material más de 30 segundos, pero la lana comienza a quemarse.

Por este motivo, se entiende que este material no sería propicio para la función que se desea desarrollar.

### **Polietileno (PE)**

Se trata de un plástico opaco, utilizado en gran variedad de productos como bolsas, juguetes, revestimientos de cables, envases, etc. Es un termoplástico semi-cristalino, puede fundirse moldeándose mediante inyección, extrusión, termoformado, etc. Se utilizó polietileno en dos muestras, en una de ellas se empleó polietileno virgen y en otra scrap, materia prima obtenida a partir de recortes de lámina.

El punto de fundición de este plástico es menor al del PET, alcanzándose a los 120-135°. Se puede distinguir entre polietileno de baja y alta densidad. El de baja densidad posee mayor flexibilidad y es traslúcido. Mientras que el de alta densidad es más rígido y posee mejores propiedades mecánicas (Kula et al., 2009, p. 198). También pueden generarse plásticos mezclando ambas densidades en diferentes proporciones, según la finalidad que se le dará.

Se trata de un plástico relativamente barato, utilizado frecuentemente en la industria alimenticia para la realización de envases (Kula et al., 2009, p. 198).

### ***Proceso de realización con polietileno de baja y alta densidad - Scrap***

En este caso el scrap utilizado estaba compuesto por una mezcla de polietileno de baja densidad en un 70% y alta densidad en un 30%, en color amarillo. Mediante este procedimiento se realizó únicamente la muestra #19.

Colocar en un recipiente o bolsa scrap y los hilados triturados dos veces. Con las manos ir mezclando ambos materiales, a modo que los pequeños pedazos de lámina vayan quedando incrustados en las fibras de lana. Extender cuidadosamente la mezcla sobre una hoja de teflón, cubrir con otra hoja y colocar en la plancha de sublimación a 200° durante un minuto. Retirar de la plancha, agregar una capa más de la mezcla y planchar nuevamente a igual temperatura y mismo tiempo. Una vez más, retirar el material, darlo vuelta y agregar otra capa, repetir planchado. De esta forma continuar agregando capas de ambos lados hasta alcanzar el espesor deseado



*Figura CLV. Armado de la muestra*

Se pudo apreciar como el scrap de polietileno logra una mejor fundición en la plancha de sublimación, en comparación con el PET. Una desventaja es que el material tiende a curvarse al enfriarse, lo cual podría solucionarse prensando el material durante el proceso de enfriamiento.

### ***Proceso de realización con polietileno de baja densidad - Virgen***

Con este procedimiento se elaboró únicamente la muestra #21. Este fue el único material en el que se utilizó un plástico en estado virgen, siendo éste en granos a diferencia de los casos anteriores donde se trataba de pequeños trozos de lámina cortada. El polietileno de baja densidad no es completamente cristalino, y tiene una mayor flexibilidad que el de alta densidad, lo cual podría ser favorable para la absorción del sonido.

En este caso, si bien el proceso es similar a los materiales anteriores compuestos con plástico, tiene algunas pequeñas variantes. Por tratarse de un plástico en granos, si se intenta mezclar con los hilados triturados como se hizo en el caso anterior, no se logra tan fácilmente. Por este motivo se modificó el proceso de armado.

Para la realización de este material, colocar sobre una hoja de teflón algunos granos de polietileno virgen dispersos. Luego agregar una capa de hilados triturados, y ubicar sobre la misma nuevamente plástico. Colocar una hoja de teflón por encima, y llevar a la plancha de sublimación a 200° durante 50 segundos. Repetir el proceso alternando el lado del material, hasta generar el espesor deseado.

Luego quitar el material de la plancha y aprovechando que el plástico se mantiene fundido, colocar fibras de lana en esas zonas para que se adhieran. Colocar teflón sobre el material y llevar nuevamente a la plancha a igual temperatura, pero menos tiempo (30 segundos). De esta forma las fibras de lana se adhieren perfectamente al plástico.



Figura CLVI. Armado de la muestra

Se obtuvo un material compacto y mejor aglomerado que al utilizar PET, con un espesor relativamente parejo, pero con una superficie poco homogénea. Se procuró que en algunas zonas quede visible la lana y en otras el plástico.

### ***Poliestireno (PS)***

Se caracteriza por ser un termoplástico amorfo. Puede distinguirse entre poliestireno cristal, suele ser brillante y puede romperse fácilmente, poliestireno de alto impacto, el cual se caracteriza por ser opaco, de color blanco y posee una mayor flexibilidad y resistencia al impacto. Por último puede encontrarse el poliestireno expandido, el cual es liviano y se utiliza generalmente para aislar del calor (Kula et al., 2009, p. 203). En este caso se trabajó con scrap de poliestireno de alto impacto, siendo su punto de fusión a 180°.

### ***Proceso de realización con poliestireno***

Para su realización colocar en un recipiente o bolsa el poliestireno, agregar los hilados triturados y mezclar ambos materiales con las manos. Colocar sobre una hoja de teflón la mezcla, y cubriéndola con otra hoja de teflón introducir en la plancha de sublimación 200° durante 1 minuto.

Quitar de la plancha e ir agregando en las zonas que se desee otra capa de ambos materiales previamente mezclados. Repetir el proceso de planchado. De esta forma se puede generar una muestra con un espesor bastante parejo, ya que se va agregando material en las zonas que se considera necesario.

El material obtenido queda compacto, posee cierta flexibilidad, no es del todo homogéneo ya que si bien algunas zonas quedan completamente cubiertas por el plástico fundido, en otras las fibras de lana quedan a la vista, brindando un efecto visual sumamente interesante.

Mediante este procedimiento se realizó únicamente la muestra #20.



*Figura CLVII. Armado de la muestra*

Los diferentes tipos de plásticos se emplearon en scrap (picado) o en estado virgen (granos), no se utilizó el plástico en lámina. Se buscó generar materiales con porosidad y rugosidad, procurando que la lana pudiese quedar expuesta sobre la superficie en algunos sectores del material. Se entiende que mediante la utilización de lámina esto no se hubiese logrado, los materiales resultarían sumamente lisos siendo desfavorables para la absorción del sonido.

### ***Bolsas de nylon***

Otra de las muestras realizadas, se creó en base a la fundición de bolsas de nylon de supermercado. Su composición en sí se desconoce, aunque generalmente están hechas en algún tipo de polietileno.

### ***Proceso de realización con bolsas de nylon***

En primer lugar, cortar las bolsas de nylon en trozos de 1,5 cm de lado aproximadamente. Colocar sobre una hoja de teflón una capa de hilados triturados. Esparcir sobre ella trozos de bolsa cortados y colocándole una hoja de teflón por encima, introducir en la plancha de sublimación a 200° durante 1 minuto. Dar vuelta el material y colocar trozos de bolsa de nylon. Repetir el planchado a igual temperatura y mismo tiempo.

Se podrá apreciar como el material comienza a unificarse. Nuevamente de cada lado repetir el proceso de colocación de nylon y fundición. Así se logrará un material mejor aglomerado. Este proceso se empleó solamente para la muestra #22

### ***Tejido mosquitero plástico***

Por último, se empleó tejido plástico, utilizado generalmente en mosquiteros. El mismo puede comprarse por metro, y generalmente es obtenido en ferreterías.

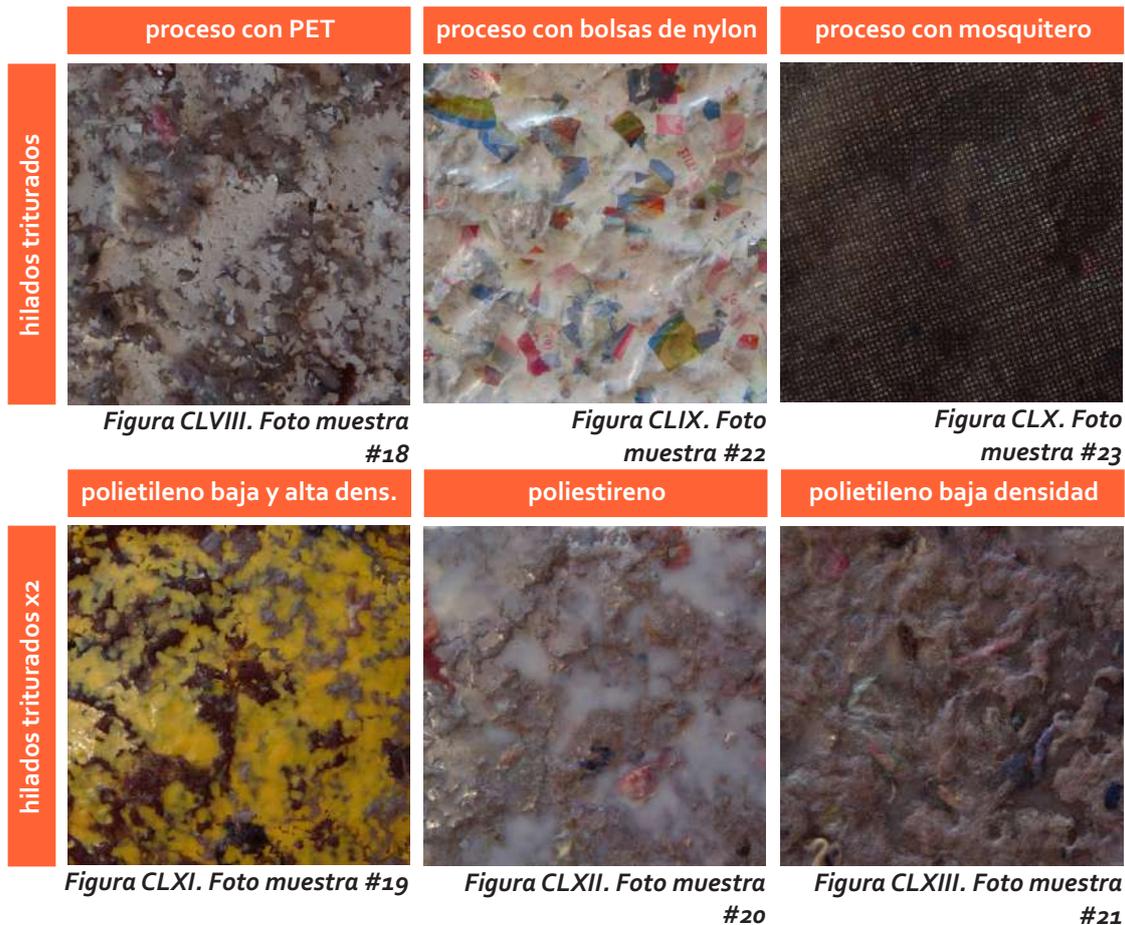
### ***Proceso de realización con tejido mosquitero de plástico***

Colocar sobre una hoja de teflón un trozo de tejido mosquitero, del tamaño que se desee realizar la muestra. Sobre el tejido ubicar una capa de hilados triturados y finalizar con otro trozo de tejido mosquitero de igual tamaño. Cubrir el material con otra hoja de teflón y llevar a la plancha de sublimación a 200° durante 1 minuto.

Quitar de la plancha de sublimación, y colocar, en uno de los lados, otra capa de lana de manera irregular. Cubrir con un trozo de tejido mosquitero pero ubicarlo rotado, de modo que las líneas que lo conforman queden en diagonal. Con una hoja de teflón cubriendo el material, planchar nuevamente a 200° durante 1 minuto.

Retirar de la plancha y colocar otro trozo de tejido de igual tamaño, rotándolo de modo que las líneas queden desfasadas de la capa anterior. Así, los cuadrados que conforman el tejido quedan divididos en figuras más pequeñas. Planchar nuevamente a igual temperatura y tiempo. Repetir el proceso en la cara opuesta del material.

El material obtenido no resulta bien aglomerado, dado que las fibras entre medio de las capas de tejido plástico tienden a separarse. Si el material estuviese enmarcado podría ayudar a evitar que se desarme. Se utilizó este proceso para la realización de la muestra #23.



### 8.3 Generación de materiales mediante estampación

Para algunas de las muestras realizadas, se utilizó la técnica de estampado serigrafía, realizada con plastisol. El plastisol es una tinta compuesta por PVC, la cual no es soluble en agua. Esta característica hace que para su secado deba ser *curada* (se le debe dar calor). En este caso el curado se realizó con plancha de sublimación, pero también puede realizarse en horno.



Figura CLXIV. Plastisol



Figura CLXV. Estampación con serigrafía

La serigrafía es uno de los métodos de estampación más utilizados a nivel mundial. Puede realizarse de manera artesanal, para pequeñas producciones, o de manera industrial. En el caso de este trabajo se realizó de manera artesanal.

Para estampar una superficie mediante esta técnica, es necesario utilizar un bastidor o schablon, que consiste en un marco, de madera o metálico, con una de sus caras forrada con una malla, generalmente de poliéster o poliamida, aunque en procesos industriales es común utilizar mallas metálicas. Existe una gran variedad de mallas donde varía no solo la composición sino que también la cantidad de hilos por centímetro. La elección de la malla se realiza en función del diseño y la superficie a estampar (Pesok, 2012, p. 146).

La malla es la superficie que porta el diseño a estampar. Para poder grabar el diseño sobre la malla es necesario aplicarle una emulsión fotosensible y dejarla secar. Luego se le coloca una lámina transparente en donde se encuentra dibujado o impreso en tinta negra el motivo a estampar. Posteriormente, se los expone a luz ultravioleta con lámpara halógena, generalmente se utiliza una insoladora para esto (Pesok, 2012, p. 146).

Luego se procede al revelado, el cual consiste en lavar la malla con agua. Es así, que la emulsión que se encontró expuesta a la luz ultravioleta, quedará fijada a la malla, mientras que las partes que se encontraban cubiertas con el diseño no se adhieren. Una vez terminado el lavado, es necesario colocar el bastidor a secar en un horno. De esta forma se logra una mejor duración del grabado.

Para realizar el estampado, se adhiere la tela o superficie a estampar a una mesa o superficie plana. Luego se coloca el bastidor por encima y se pasa la tinta con ayuda de una espátula. Ésta atravesará las zonas del bastidor donde no quedó la emulsión impregnada, estampándose así la tela.

En el caso de este trabajo, se utilizaron dos motivos diferentes. Uno fue realizado imitando los dibujos de las baldosas coloniales, y otro fue generado a partir de un estampado previamente realizado con la técnica suminagashi<sup>5</sup> sobre papel.

Se realizó el estampado sobre diferentes superficies: hilados triturados, hilados triturados previamente cosidos e hilados triturados afieltrados. A continuación se explican los procesos de realización de las muestras, la ficha específica de cada material puede encontrarse en anexo 5.

### ***Materiales necesarios:***

Papel siliconado

Hoja de teflón

Plancha de sublimación

Schablon

Plastisol

Hilo y máquina de coser (muestra #26)

Entretela soluble en agua (muestra #26)

Aguja de afieltrar y espuma de poliuretano (muestra #27)

### ***Proceso de realización #1***

En este caso el plastisol fue aplicado como transfer. Es decir, primero estampar mediante la técnica de serigrafía un papel siliconado con el motivo que se desee.

5. Suminagashi: Técnica de estampación japonesa. Las tintas utilizadas poseen una densidad menor a la del agua. Esto permite generar el patrón que se desee sobre el agua, ya que la tinta flota. Luego se pone en contacto una superficie absorbente como papel o tela, impregnándose la tinta.



*Figura CLXVI. Proceso de estampación*

Luego colocar sobre una hoja de teflón, una capa pareja de hilados. Ubicar cuidadosamente el papel siliconado sobre los hilados e introducir en la plancha de sublimación a  $190^{\circ}$  durante 24 segundos. Repetir el mismo procedimiento sobre la otra cara del material.



*Figura CLXVII. Proceso de estampación*

Con este procedimiento se realizaron las muestras #24 y #25, variándose en la utilización de hilados triturados una vez y dos veces. No se notaron grandes diferencias entre ambos resultados. Ambos materiales no resultan satisfactorios, ya que solamente tienden a adherirse las fibras en contacto con la estampa. Las fibras que se encuentran entre ambas capas, que no tienen contacto directo con el plastisol, tienden a separarse, pudiéndose desarmar fácilmente el material creado. Para intentar solucionar este problema, se realizaron muestras cosiendo y afieltrando los hilados previamente a estamparlos. A su vez, se cambió el motivo estampado.

### ***Proceso de realización #2***

Colocar una capa pareja de hilados triturados entre dos trozos de entretela soluble en agua, cubriendo completamente todos los hilados. Pinchar con alfileres para fijar ambos materiales. Coser con máquina recta y una puntada mediana. Las costuras pueden ser realizadas de manera irregular, generando formas rectas o curvas, lo importante es lograr que la superficie quede medianamente cubierta, evitando grandes sectores sin costuras.



*Figura CLXVIII. Costura de hilados*

Luego se puede proceder a quitar la entretela, disolviéndola en agua. Una vez que el material esté seco está pronto para ser estampado.



*Figura CLXIX. Disolución de la entretela en agua*

Al igual que en el proceso de realización #1, se procedió a estampar el material mediante transfer. Aplicar el papel siliconado estampado con serigrafía sobre el material a estampar. Colocar en la plancha de sublimación a 190° durante 24 segundos. Únicamente estampar una de las caras del material, así se podrán ver las costuras previamente realizadas en el revés del mismo.

Mediante este procedimiento se realizó la muestra #26

### **Proceso de realización #3**

Previamente al estampado afieltrar con aguja los hilados triturados. Para esto, colocar los hilados triturados sobre un trozo de espuma de poliuretano o similar, y mediante la utilización de una aguja de afieltrar comenzar a pinchar reiteradas veces los hilados. De esta forma, se notará como, mediante la fricción que genera la aguja, las fibras comienzan a unirse. La espuma de poliuretano simplemente sirve para facilitar el proceso.



*Figura CLXX. Afieltrado con aguja*

Afieltrar hasta alcanzar el tamaño deseado. Dado que las fibras de lana fueron trituradas, sus longitudes son cortas. Esto hace que el fieltro resultante sea frágil, por este motivo se optó por estamparlo, a modo de aglomerar mejor el material y brindarle mayor estabilidad y resistencia.

Nuevamente el proceso de estampación se hizo mediante transfer realizado con serigrafía con tinta plastisol. Estampar mediante serigrafía el papel siliconado. Colocar el fieltro sobre una hoja de teflón, y sobre éste el papel estampado. Curar en plancha de sublimación a 190° durante 24 segundos.

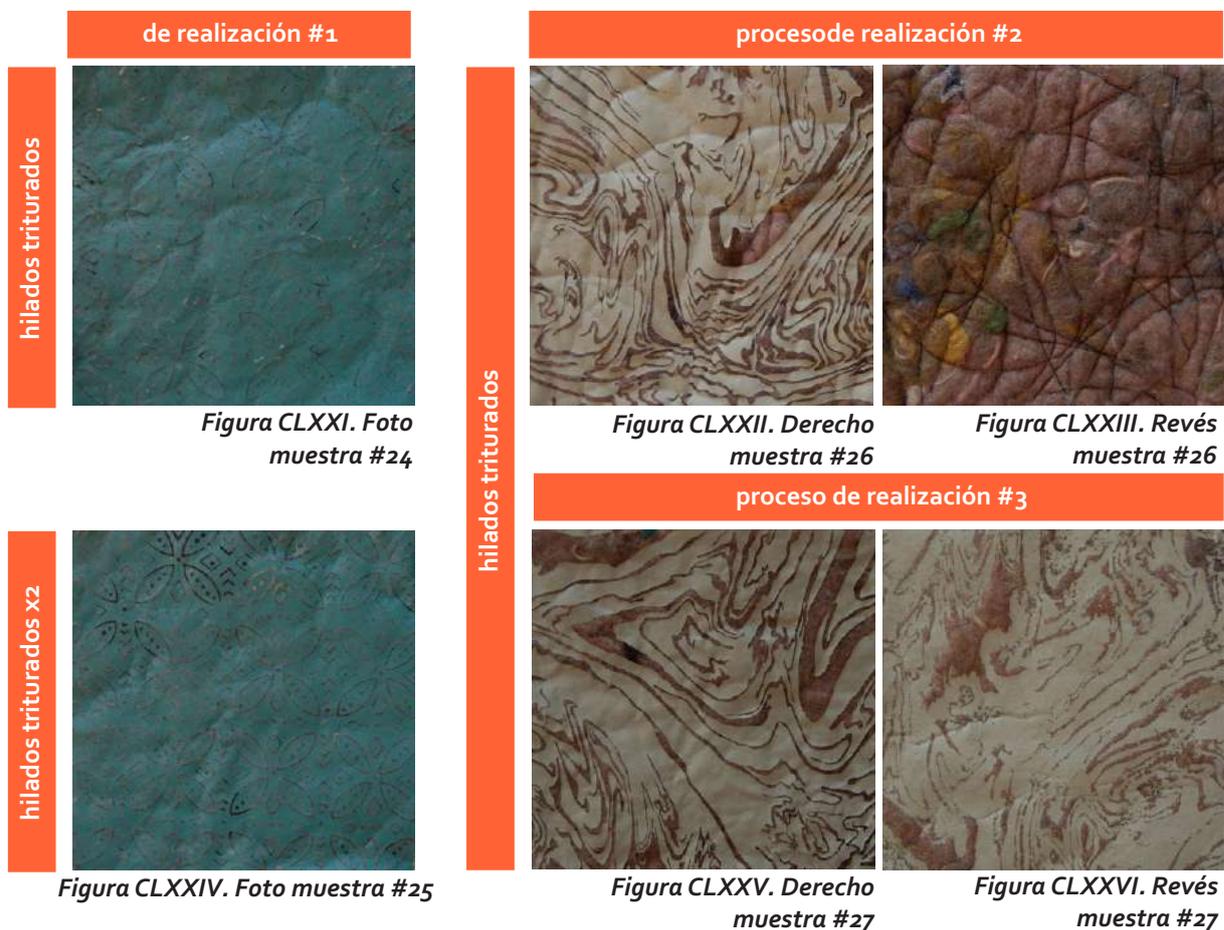
En la parte posterior de la muestra, se probó estampar directamente con serigrafía sobre el fieltro y luego se curó en plancha de sublimación a 200° durante 24 segundos, cubriéndolo previamente con papel siliconado. Se puede

apreciar que el estampado queda mejor adherido al material, pero a su vez lo endurece y los dibujos del diseño quedan menos definidos.

A través de este método, se realizó la muestra #27.

En estos dos últimos casos, las muestras #26 y #27 resultaron ser materiales sumamente interesantes. A través de los estampados no solo se puede jugar a nivel estético, sino que también se comienza a condicionar la propia absorción del material. Esto se debe a que habrán partes en que las fibras quedan completamente al descubierto teniendo una mejor absorción de las ondas sonoras.

A su vez, se generaron materiales completamente lavables, si bien se deberían tener ciertos cuidados específicos para no dañarlos. Esto permitiría la aplicación de los mismos en situaciones de uso donde la higiene del material es una condicionante.



#### 8.4 Generación de materiales mediante afieltrado

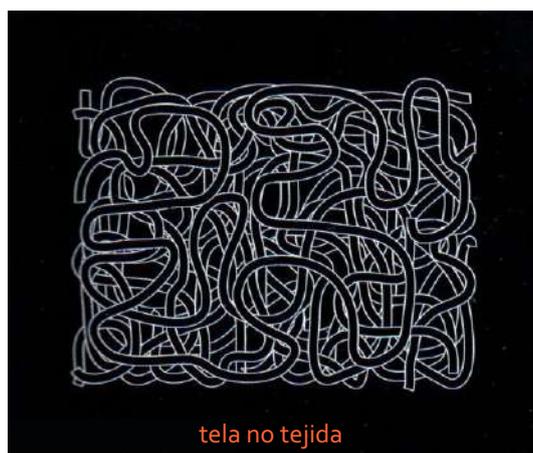
Otra manera de unir los hilados, que no fuera mediante la incorporación de componentes aglomerantes, fue a través del afieltrado. Se experimentó mediante diferentes técnicas de afieltrado y con los hilados en diferentes estados.

La palabra fieltro refiere a las telas realizadas a partir de fibras de lana, unidas entre sí mediante la ejecución de fricción sobre el material. Esto hace que las escamas que conforman las fibras de lana comiencen a ensamblarse entre sí (Hollen et al, 1992, p. 286).

El fieltro es una de las telas más antiguas realizadas por el hombre, lógicamente su proceso de elaboración ha ido evolucionando y modificándose. Actualmente, para realizarse una tela de fieltro artesanalmente se colocan capas de fibras de lana peinada, intentándose que las fibras estén paralelas entre sí. Se va intercalando el sentido de las fibras en cada capa, hasta alcanzar el espesor deseado. Luego se le incorpora agua tibia, jabón neutro y se le ejerce fricción mediante movimientos circulares realizados sobre el material con las manos, de esta forma se logra aglomerar las fibras (Hollen et al, 1992, p. 286). También puede producirse de manera industrial en seco con máquinas compuestas por agujas.

Es importante tener en cuenta que al secarse el material tiende a reducir su tamaño. Además la calidad del fieltro dependerá lógicamente de la calidad de la lana utilizada, y de la longitud de las fibras, ya que las fibras de mayor longitud le brindarán una mayor resistencia al material (Hollen et al, 1992, p. 35).

Algunas de las cualidades principales de este material son su rigidez, tendiendo a ser poco flexible, no poseen lo que se conoce como hilo de la tela o trama, y generalmente son menos resistentes a esfuerzos mecánicos que algunas telas realizadas mediante tejido plano o tejido de punto (Hollen et al, 1992, p. 286).



*Figura CLXXVII. Diagrama de tela no tejida*

Para este trabajo se realizaron tres muestras mediante la técnica de afieltrado artesanal, la #28 al #30. En una de ellas se partió de hilados triturados como materia prima, en otra se emplearon hilados peinados previamente para quitarles la torsión y por último, otra de las muestras fue realizada en fieltro nuno con hilados triturados.

A continuación se explica el método de afieltrado utilizado en las tres muestras y se hace referencia a las variaciones. Las fichas técnicas de cada material pueden encontrarse en anexo 6.

Materiales necesarios:

Toalla o tela absorbente

Nylon de burbujas

Palo de amasar

Tul u otra tela sintética de trama abierta (muestra #28)

Cepillo metálico (muestra #30)

### *Proceso de realización –fieltro artesanal*

Colocar sobre una mesa una toalla o tela absorbente y cubrirla con un trozo de nylon de burbujas. Luego comenzar a colocar las capas de hilados, alternando su sentido entre una capa y la siguiente, de igual manera que se colocaría top de lana en el proceso habitual de afieltrado. Procurar cubrir una superficie mayor al tamaño que se desea obtener, ya que el fieltro al secarse tiende a reducirse hasta un 30%.

En los casos en los que se utilizó hilados triturados, resultó más difícil lograr colocar las fibras paralelas entre sí.

Cubrir con un trozo de tul u otra tela de trama abierta, y esparcir sobre la superficie agua tibia con jabón neutro disuelto. Para esto puede utilizarse un pulverizador, lográndose humedecer las fibras de forma pareja.

Comenzar cuidadosamente a realizar con ambas manos movimientos circulares sobre la superficie. Una vez que se aprecie como las fibras comienzan a unirse, retirar el tul y continuar sobre el fieltro directamente. En caso de ser necesario se puede continuar pulverizando agua enjabonada sobre el material. Dar vuelta el fieltro y repetir el proceso sobre el otro lado.

Luego enrollar el fieltro junto con el nylon de burbujas sobre un palo de amasar o similar, y amasar durante varios minutos. Retirar el material, dar vuelta y repetir el proceso. También puede cambiarse el sentido de la tela al enrollarla en el palo de amasar. Este proceso debe realizarse hasta lograr que el material cobre mayor firmeza. Una vez finalizado el amasado, se procede a abatanar la tela. Es decir, se separa el material del nylon de burbujas y se lo golpea contra la mesa o superficie de trabajo.

Para finalizar este proceso de afieltrado, se debe enjuagar la tela con agua fría y colgarla hasta que seque completamente.



*Figura CLXXVIII. Proceso de afieltrado artesanal*

Como se mencionó anteriormente, la muestra #28 fue realizada mediante fieltro nuno. Esta técnica de afieltrado, consiste en agregar entre las fibras de lana trozos de tela. Generalmente se procura trabajar con telas de fibras naturales, realizadas en tejido plano y que posean una trama abierta. Esto hace que algunas de las fibras de lana, colocadas a ambos lados de la tela, puedan atravesarla lográndose una mejor unión de la tela con la lana. En este caso se utilizó hilados triturados dos veces y un trozo de liencillo, realizándose el proceso convencional de afieltrado artesanal, previamente explicado

Por último, la muestra #30, consiste en fieltro artesanal realizado con hilados peinados. En este caso se partió de hilados tipo mecha, a los cuales se los peinó utilizando un cepillo metálico, con dientes finos. De esta forma se logró quitarle la torsión a las fibras y separarlas. Luego se procedió a afieltrar las fibras como se explicó anteriormente.

Tanto en la muestra #28 como la #29, se logró obtener un fieltro de calidad inferior al realizado habitualmente con top de lana. Se pudo apreciar como algunas de las fibras mas cortas tienden a desprenderse del material.

En el caso de la muestra #30 las fibras quedan completamente unidas, lográndose un material de mejor calidad. Igualmente se destaca como un punto interesante en todos los casos el poder realizar este tipo de tela no tejida partiendo de un material reciclado, ya que abre una posible línea de investigación para la generación de fieltros con menor costo y con beneficios para el medio ambiente.



### 8.5 Evaluación de los materiales generados

Teniendo en cuenta los conceptos referentes a acústica desarrollados en los primeros capítulos y las propiedades de los materiales propicios para la absorción sonora, se prosiguió a analizar y evaluar los materiales obtenidos. También se evaluó otras cualidades de los mismos como la estabilidad, durabilidad, reacción ante el fuego y capacidad de lavado.

Para poder evaluar acústicamente un material, se necesita una superficie considerable con respecto a las proporciones de la habitación donde se realicen los ensayos. Dado que resultaba imposible evaluar los treinta materiales creados, se comenzó a descartar algunos de los mismos hasta seleccionar únicamente tres.

En primer lugar, se descartaron aquellos materiales generados con lana y plásticos sintéticos. En el caso de la muestra realizada con PET, se debió a la inestabilidad y fragilidad del material. Por otra parte, en los otros casos, se debió principalmente a que no se lograron materiales del todo homogéneos. Inevitablemente se generaron zonas

con plástico acumulado, las cuales se puede suponer que funcionarían como difusoras del sonido y no absorbiéndolo.

A nivel de durabilidad y lavado se cree que los materiales aglomerados con plástico tendrían una buena durabilidad, y serían lavables fácilmente. Por otra parte, una desventaja sería la liberación de gases tóxicos y la generación de humo en caso de combustión

En segundo lugar, se procedió a descartar los materiales generados con cola vinílica. Esto se debió a que el adhesivo le quita flexibilidad a las fibras de lana, obteniéndose materiales sumamente compactos, con superficies extremadamente lisas, sin porosidad. Estas características sugieren que el material sería poco absorbente y que quizás funcionaría más como difusor del sonido. También fue descartado ya que se cuestiona su durabilidad. La cola vinílica es completamente soluble en agua, por lo cual la limpieza del material únicamente podría realizarse en seco, y claramente la humedad ambiental o de las propias paredes del recinto tenderían a dañar el material a largo plazo.

Los diferentes materiales generados en fieltro, fueron descartados ya que a nivel mundial existe una gran variedad de productos realizados en fieltro. Por lo tanto, se entendió que los aportes que se podrían realizar serían escasos. Además la elaboración de fieltro artesanal requiere una gran cantidad de tiempo, lo cual resulta en elevados costos de producción y por ende en productos caros.

Igualmente, dentro de los tres materiales seleccionados para ensayar, se encuentra el realizado con fieltro agujado, estampado con plastisol. Aprovechando que se conocían las propiedades del fieltro como buen absorbente, se entendió que al estamparlo se podría brindar otra estética al producto. A su vez, el plastisol le brinda al material una superficie más fácil de limpiar, siendo resistente al agua.

El segundo material elegido para ensayar fue uno de los generados mediante la aglomeración de hilados con papel reciclado. Al momento de realizarse los paneles en un tamaño adecuado para las pruebas, se generaron algunas modificaciones en su composición, las cuales serán detalladas más adelante.

Por último, el tercer material seleccionado, fue lana aglomerada con bioplástico. Se eligió este material ya que aparenta tener gran porosidad, y su superficie irregular podría ayudar en la absorción del sonido. Igualmente se podría cuestionar su durabilidad, ya que a largo plazo el agua puede dañar el bioplástico.

Una vez elegidos los tres materiales, se procedió a realizarlos en un tamaño adecuado en relación con el lugar donde se desarrollarían las mediciones.



*Figura CLXXXII. Paneles en bioplástico y lana*



*Figura CLXXXIII. Panel en fieltro agujado estampado con plastisol*



*Figura CLXXXIV. Panel en papel y lana*

### ***Paneles con hilados triturados afieltrados y plastisol***

Partiendo de la muestra #27, se realizó el mismo proceso para generar paneles de un mayor tamaño y espesor.

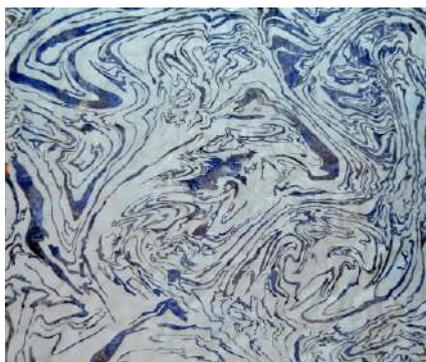
Se afieltró con aguja hilados triturados hasta alcanzar una superficie de 35 cm de largo por 30 cm de ancho y un espesor aproximado de 1 cm. Este procedimiento se repitió hasta obtener cuatro piezas de fieltro con las medidas antes mencionadas. Luego se prosiguió a estampar las piezas con serigrafía utilizando tinta plastisol. El estampado se hizo mediante transfer, en ambas caras del material. El proceso de elaboración completo de los paneles puede encontrarse en anexo 7.

La principal desventaja que se aprecia en este material es su fragilidad. En caso de seguir trabajando con el mismo, se debería pensar en la realización de marcos que le den más fortaleza estructural. De lo contrario, sería dificultoso adosarlos a una pared o superficie a tratar.

Otra desventaja que se puede apreciar, es la gran cantidad de tiempo que lleva la realización del fieltro agujado, ya que es un proceso sumamente artesanal.



*Figura CLXXXV. Fieltro agujado sin estampar*



*Figura CLXXXVI. Fieltro agujado estampado*



*Figura CLXXXVII. Vista lateral del material*

### ***Paneles con hilados triturados, hilados cortados y pulpa de papel***

En este caso se tomó como punto de partida la muestra #14, a la cual se le generaron algunas modificaciones en su composición.

Se realizaron cuatro paneles de 35 cm de largo por 30 cm de ancho, con un espesor aproximado de 2,3 cm. La composición de los mismos fue de un 20% de su peso en hilados cortados, 40% en hilados triturados y 40% de papel. Las especificaciones tanto del proceso de realización como de las cantidades de agua empleadas, pueden encontrarse en anexo 8.

Uno de los cambios generados en relación con las muestras previamente realizadas, fue la adición de borato de sodio o bórax en polvo a la mezcla. Este compuesto químico, consiste en pequeños cristales incoloros que se disuelven con facilidad en agua. El borato de sodio tiene una gran variedad de usos, en este caso se empleó por sus propiedades como retardante de llama y como fungicida, impidiendo el crecimiento de hongos y mohos.

Una de las principales ventajas de estos paneles, es su capacidad de ser autoportantes, es decir pueden soportar completamente su propio peso sin sufrir deformaciones. Por este motivo, puede suponerse que en este caso no sería necesario la utilización de marcos para dar estructura.

Otra característica positiva es el poco peso del material, lo cual permite generar grandes espesores y continuar teniendo un material sumamente liviano.

Una de las desventajas que podría apreciarse a largo plazo, es la posible degradación del papel a causa de humedad. Por otra parte, una desventaja a nivel productivo es la gran cantidad de tiempo que lleva el licuar los materiales, dado que debe realizarse en cantidades pequeñas.



Figura CLXXXVIII. Panel en proceso de secado



Figura CLXXXIX. Panel lana y papel



Figura CXC. Vista lateral del panel

### ***Paneles con bioplástico e hilados cortados***

En este caso se tomó como punto de partida las muestras #2 y #6, realizadas en bioplástico e hilados cortados. Se hicieron algunas modificaciones en la receta de bioplástico y en las proporciones empleadas de ambos elementos. Se pueden encontrar en anexo 9 los datos detallados.

En este caso se realizaron tres tipos de paneles, todos de 35 cm de largo por 10 cm de ancho, las variaciones radicaron en sus espesores, 2 cm, 1,5 cm y 1 cm. Se hicieron cuatro paneles de cada espesor.

Una de las principales ventajas de este material es su sencillo y económico proceso de realización. A futuro se podría trabajar su superficie con moldes, para generar volúmenes, lo cual permite un método de producción menos artesanal que la metodología utilizada en los otros materiales.

Por otra parte, si bien el bioplástico es más pesado que el papel, continúa siendo un material liviano. Si se promedian los espesores en 1,5 cm, el peso de los paneles sería de unos 6 kg/m<sup>2</sup>.



Figura CXCI. Paneles en proceso de secado



Figura CXCI. Paneles bioplástico y lana

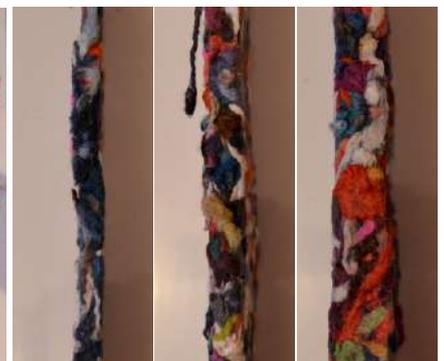


Figura CXCI. Vista lateral de los tres paneles

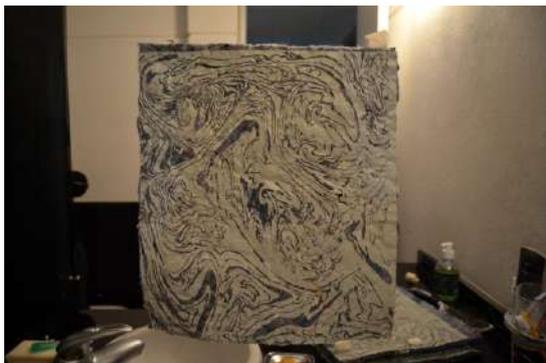
En cuanto a su durabilidad, resulta difícil poder predecirla, ya que no se han encontrado en la bibliografía consultada ni en el relevamiento de mercado materiales de igual composición.

### 8.5.1 Ensayos acústicos

Para ensayar acústicamente los tres materiales seleccionados, se contó con la ayuda del departamento de Ingeniería Ambiental, de la Facultad de Ingeniería, UdelaR.

A modo de no tener que generar grandes superficies de cada material, se optó por realizar las mediciones en una habitación pequeña y con mucha reverberación. Por este motivo se eligió un baño con un área en planta de 1,92 m<sup>2</sup>.

Los paneles, en sus diferentes materiales, se realizaron a modo de cubrir una superficie de 60 cm por 70 cm. Los mismos fueron colocados sobre el espejo del baño, dado que era una de las superficies que más contribuía a aumentar la reverberación en la habitación.



*Figura CXCIV. Montaje en proceso de los paneles en fieltro estampado*



*Figura CXCIV. Montaje de paneles de papel y lana*



*Figura CXCVI. Montaje de paneles de bioplástico y lana sobre mdf*

Las mediciones se realizaron con la explosión de un globo como fuente emisora del sonido, y con un sonómetro encargado de recibir el sonido, y procesar los datos. En una primera instancia se realizaron las mediciones para las bandas de octava de 500 y 1000 Hz. Luego se procesó los datos para poder conocer el coeficiente de absorción de cada uno de los materiales, para las bandas de octava mencionadas.

En primer lugar, fue necesario medir la reverberación del local sin ninguno de los materiales a ensayar. Luego se repitieron las mediciones con los paneles de papel e hilados, con los de fieltro estampado y con los de bioplástico e hilados. En este último caso, fue necesario colocar los paneles de bioplástico sobre una chapa de mdf, la cual sirvió como soporte. Por este motivo, también fue necesario medir la reverberación del local únicamente con el mdf.

Una vez obtenidos los resultados se pudo hacer una diferencia entre el tiempo de reverberación del recinto sin materiales absorbentes, y con cada uno de ellos, pudiéndose entonces obtener el coeficiente de absorción de cada material.

Los resultados de estas primeras mediciones, revelaron que los paneles de fieltro estampado presentaban coeficientes de absorción bajos. Pueden encontrarse los resultados completos de estos primeros ensayos en anexo 10.

4. Banda de octava: Son bandas de frecuencias sonoras. Las frecuencias de los extremos de cada banda tienen la característica de que la inferior es la mitad de la superior. Se nombran de acuerdo al valor de su frecuencia central. Ejemplo: octava de 710 Hz a 1420 Hz, se la nombra banda de octava 1000 Hz.

configuración	coeficientes de absorción	
	coeficiente de absorción en banda de octava 500 Hz	coeficiente de absorción en banda de octava 1000 Hz
línea base (absorción propia del recinto)	0.028	0.054
paneles de papel y lana (prueba 1)	0.561	0.547
paneles de papel y lana (prueba 2)	0.533	0.758
paneles en fieltro estampado (prueba 1)	0.132	0.429
paneles en fieltro estampado (prueba 2)	0.202	0.475
solamente mdf	0.334	0.224
montaje de paneles de bioplástico y lana sobre mdf	0.358	0.781

\*se resaltan en color los mejores resultados

Tabla IX. Coeficientes de absorción para bandas de octava de 500 y 1000 Hz

Dado que los resultados obtenidos con los paneles de fieltro estampado no fueron satisfactorios, se procedió a repetir los ensayos, pero esta vez únicamente con los paneles de papel y lana y los de bioplástico e hilados. Para obtener resultados más precisos, se realizaron las mediciones en las bandas de octava de 125, 250, 500, 1000, 2000 y 4000 Hz.

A continuación se encuentra una tabla con los coeficientes de absorción de ambos materiales para las diferentes bandas de octava. Pueden encontrarse los resultados completos en anexo 11.

configuración	coeficientes de absorción por banda de octava					
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
línea base (absorción propia del recinto)	0.02	0.02	0.03	0.05	0.05	0.06
paneles de papel y lana	0.27	0.10	0.29	0.53	1.35	1.87
solamente mdf	0.08	0.12	0.35	0.42	0.88	0.86
montaje de paneles de bioplástico y lana sobre mdf	0.23	0.34	0.61	0.83	1.54	0.82

\*se resaltan en color los mejores resultados

Tabla X. Coeficientes de absorción para diferentes bandas de octava

configuración	coeficientes de absorción		promedio
	coeficiente de absorción en banda de octava 500 Hz	coeficiente de absorción en banda de octava 1000 Hz	
línea base (absorción propia del recinto) 1	0.03	0.05	0.04
línea base (absorción propia del recinto) 2	0.03	0.05	0.04
línea base (absorción propia del recinto) promedio	0.03	0.05	0.04
paneles de papel y lana 1	0.55	0.65	0.60
paneles de papel y lana 2	0.29	0.53	0.41
paneles de papel y lana promedio	0.46	0.61	0.54
mdf 1	0.33	0.22	0.28
mdf 2	0.35	0.42	0.39
mdf promedio	0.334	0.32	0.33
paneles de bioplástico y lana sobre mdf 1	0.3	0.74	0.52
paneles de bioplástico y lana sobre mdf 2	0.61	0.83	0.72
paneles de bioplástico y lana sobre mdf promedio	0.46	0.79	0.62

\*se resaltan en color los mejores resultados

Tabla XI. Coeficientes de absorción promedio

### 8.5.2 Conclusiones

A través de los ensayos realizados, se pudo concluir que el material que mejor funciona como absorbente acústico es el de bioplástico e hilados. Sus coeficientes de absorción son muy buenos para tratarse de un material de bajo costo, realizado a partir del reciclaje de desechos y completamente biodegradable. Por lo tanto, se lo consideró la mejor vía para continuar trabajando.

Por otra parte, otro aspecto positivo que se apreció de dicho material, es su fácil y rápida realización. Podría ser fabricado por cualquier persona, siguiendo su ficha técnica, sin la necesidad de ningún conocimiento específico, a diferencia de lo que ocurría en el caso del fieltro estampado, donde era necesario conocer como desarrollar la técnica de estampado serigrafía y de afieltrado.

# 9

---

paneles y  
móviles de  
bioplástico e  
hilados

## 9.

## PANELES Y MÓVILES DE BIOPLÁSTICO E HILADOS

A partir de los resultados obtenidos en el Capítulo 8, se decidió continuar trabajando con el material generado a partir de bioplástico e hilados de lana.

Es así, que se optó por generar modificaciones sobre la superficie del material a nivel formal. Creando un diseño para su superficie, se podrían generar no solo alteraciones estéticas del material, sino que también se deberían obtener mejores resultados en lo referente a absorción acústica, ya que se estaría aumentando el área del material que se encuentra en contacto con el aire.

De esta manera, se planteó la posibilidad de generar nuevos paneles con dicho trabajo en su superficie y, por otra parte, móviles de menor tamaño también con el mismo tratamiento superficial, obteniéndose así dos posibles presentaciones del mismo material.

Por otra parte, se decidió determinar la mayor cantidad posible de especificaciones técnicas sobre material, no únicamente respecto a su absorción acústica, sino que también en lo que refiere a su durabilidad, reacción al fuego, su proceso de realización, consumo de materiales y costos productivos.

Antes de comenzar con el trabajo superficial, se realizó un panel del mismo material ensayado en el Capítulo 8, pero con dimensiones mayores a las realizadas hasta el momento. Para los ensayos acústicos, expuestos en el capítulo anterior, se realizaron paneles de bioplástico y lana con unas dimensiones de 10 x 35 cm, en tres espesores diferentes: 1, 1,5 y 2 cm (espesor promedio de 1,5 cm).

Los paneles para absorción acústica disponibles en el mercado, generalmente presentan dimensiones mayores, entre 30 y 40 cm de lado. Por este motivo, se realizó un panel de 30 x 35 cm x 1,5 cm, cuya ficha técnica puede encontrarse en el Anexo 12. El tiempo de secado del mismo aumentó levemente en relación con los paneles anteriores, de dimensiones más pequeñas.

De esta forma, se pudo determinar que era viable generar paneles de dicho material con una superficie mayor a la realizada hasta el momento. El material continuó manteniendo su resistencia y logró secarse completamente.

También, se agregó a la mezcla del bioplástico utilizado en esta muestra, carbonato de magnesio en una relación de un 5 % del peso total de sus componentes. Esto se hizo, para aumentar la durabilidad del bioplástico, aspecto en el cual se profundizará más adelante.

Así, se pudo observar como el carbonato de magnesio resulta un componente inocuo a la solución, sin generar modificaciones aparentes en el bioplástico.



Figura CXCVII. Muestra en bioplástico y lana de 30 x 35 x 1,5 cm

## 9.1 Trabajo superficial con moldes

Como se mencionó anteriormente, se optó por continuar generando paneles y móviles, pero esta vez con un trabajo superficial. Primeramente, se comenzó trabajando con los paneles, creando sobre los mismos superficies facetadas y con formas curvas, para lograr cambios a nivel estético y en la absorción acústica.

Para esto, se sustituyó la utilización de marcos de madera, herramienta empleada hasta el momento, por moldes. La elección de utilizar moldes, se vio influenciada por el hecho de que no se generarían cambios sustanciales en el proceso productivo y, por lo tanto, tampoco se aumentarían los tiempos de producción de manera significativa. A su vez, continúa siendo una forma de trabajo sumamente sencilla, que podría ser realizada fácilmente por cualquier individuo, sin necesidad de conocimientos específicos sobre el tema.

La palabra molde proviene del latín *modulus*, que significa "medida". Un molde, consiste en una pieza hueca, con la forma del sólido que se desea obtener, dentro del cual se debe verter el material al que se desea dar dicha forma (Real Academia Española, en línea).

El moldeo, es un proceso de transformación mediante el cual, justamente, se emplea un molde que permite modificar la forma de un material. Es considerado un procedimiento sin pérdida de material, dado que se coloca en el molde el material necesario para una pieza, sin generarse excedentes. Esta técnica es sumamente utilizada en diversos rubros como el arte, la construcción, la gastronomía y más. En el ámbito industrial, los moldes son llamados matrices.

Existen diversos procesos de moldeo como por ejemplo moldeo por soplado, utilizado frecuentemente para envases y botellas, termoformado, que es la aplicación de calor y presión generalmente a láminas termoplásticas, rotomoldeo, en donde se colocan polímeros dentro de un molde y se los hace rotar, generándose así piezas huecas con la forma del molde (Thompson, 2007, p. 22 a 37).

También se puede realizar una pieza moldeada por fundición al vacío, moldeo por compresión, por inyección, forjado, moldeo en arena, moldeo por colada, entre otros (Thompson, 2007)

Para moldear una pieza se necesita, en primer lugar, diseñar la pieza que se desea obtener, pudiéndose realizar un modelo de la misma para verificar medidas, formas, encastrés, etc.. Luego se procede a realizar el molde, el cual puede hacerse en diversos materiales. La elección del proceso de moldeo y del material del molde, dependerán de la pieza a que se desee realizar y de su composición.

Como se explicó anteriormente, en la mayoría de los casos, un molde consiste en un recipiente hueco en el que se introduce el material que se desea modificar. Generalmente, este material, se encuentra fundido, líquido o altas temperaturas, lo cual le permite tomar la forma de la cavidad. Una vez colocado el material en el molde es necesario dejar que se enfríe o seque. Al solidificarse completamente, estará listo para ser desmoldado. Este método se utiliza frecuentemente para dar forma a plásticos, metales, yeso, vidrio, y otros materiales.

Existen diferentes tipos de moldes, algunos pueden ser empleados más de una vez, moldes permanentes, y otros se destruyen al ser utilizados, moldes perdidos (generalmente hechos en arena o arcilla). En el caso de los moldes permanentes, es posible generar múltiples piezas iguales, con la utilización de un único y mismo molde.

En este trabajo, los paneles, que serían las piezas resultantes, fueron creadas mediante uno de los métodos de

moldeo más sencillos, moldeo por compresión. El mismo fue hecho de manera artesanal. Se utilizó un molde de tipo permanente, compuesto por plástico y madera.

El moldeo por compresión, consiste en un método rápido y, en la mayoría de los casos, económico. Generalmente es utilizado para dar forma a plásticos y cauchos, mediante la aplicación de presión y calor (Thompson, 2007, p. 219). Para dar forma al material, se lo coloca dentro de la cavidad de una matriz (molde) abierta. Habitualmente, la matriz suele ser precalentada para obtenerse mejores resultados. Luego se le ejerce presión al material, usualmente con otra parte del molde, que también puede tener una cavidad o ser plana, forzando al material a tomar la forma del molde (Thompson, 2007, p. 45).

Este proceso de moldeo se utiliza comúnmente para fabricar carcasas de electrodomésticos, utensilios de cocina, asas, luminarias, entre otros (Thompson, 2007, p. 45).

Una de las limitantes a tener en cuenta a la hora de diseñar un objeto para moldearlo por compresión, es que el área máxima de su superficie se ve limitada por la presión que se le ejercerá, ya que debe ser aplicada lo más uniformemente posible.

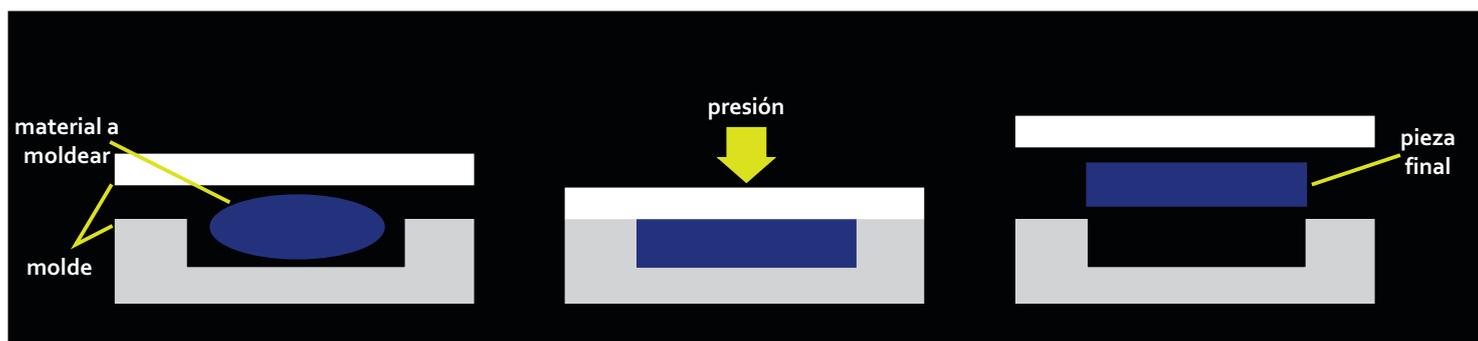


Figura CXCVIII. Moldeo por compresión

### 9.1.1 Diseño y realización de molde para paneles

Para realizar el molde empleado, tanto para los móviles como para los paneles, fue necesario diseñar primero el panel o móvil que se deseaba obtener. En el caso de los paneles, se decidió continuar trabajando con las mismas dimensiones que el panel generado al comienzo del capítulo, 30 x 35 cm de lado y con una altura total de 1,5 cm, siendo la base de los mismos un prisma rectangular.

En lo que respecta al diseño de la superficie del material, se consideró interesante el poder combinar sobre un mismo panel, sectores con una superficie facetada, generada a partir de líneas rectas, junto con superficies curvas.

Para poder diseñar las superficies que se deseaban con total libertad, se decidió realizar los moldes utilizando la técnica de impresión 3D. Las impresoras 3D, permiten generar objetos tridimensionales, a partir de diseños digitales. Estas máquinas, utilizan un proceso de fabricación basado en la colocación de sucesivas capas de material, hasta conformar el objeto deseado (O'Neill, 2013, p. 5, 6).

A diferencia de los métodos de manufactura utilizados convencionalmente donde se trabaja por sustracción, como en la confección de vestimenta donde se corta un material para unir las partes y conformar un producto, la impresión 3D es un método de adición, donde no se generan desperdicios (Micallef, 2015, p. 27).

Los grandes avances que se han dado a corto plazo, en la impresión 3D, hacen que cada vez sea un sistema de fabricación más popular, rápido y poco a poco se está volviendo más accesible, en términos económicos (O'Neill, 2013, p. 8). En Uruguay existen varias empresas que se dedican a brindar el servicio de impresión 3D, así como otras que utilizan esta tecnología para la fabricación de sus propios productos.

La versatilidad de este método de fabricación, hace que sea utilizado por industrias, en el ámbito de la medicina (fabricación de prótesis, huesos, dientes y hasta órganos), en el ámbito del diseño (fabricación de indumentaria, accesorios, mobiliario), en el arte (esculturas), en arquitectura (realización de prototipos y maqueta), entre otros (Micallef, 2015, p. 11 a 15).

La gran cantidad de campos en los que se puede emplear esta tecnología se debe, en parte, a que permite imprimir con diversos materiales como por ejemplo filamentos termoplásticos, resinas líquidas, polvos sólidos, entre otros (Micallef, 2015, p. 18).

Para este trabajo, se empleó uno de los materiales más utilizados en la impresión 3D, el plástico. La impresora es abastecida con un filamento de plástico, al cual va derritiendo y vertiendo en su extrusora. La misma deja salir un fino hilo de plástico que irá conformando el objeto a imprimir. La extrusora se va moviendo según el diseño a generar, trabajando por capas (O'Neill, 2013, p. 12).

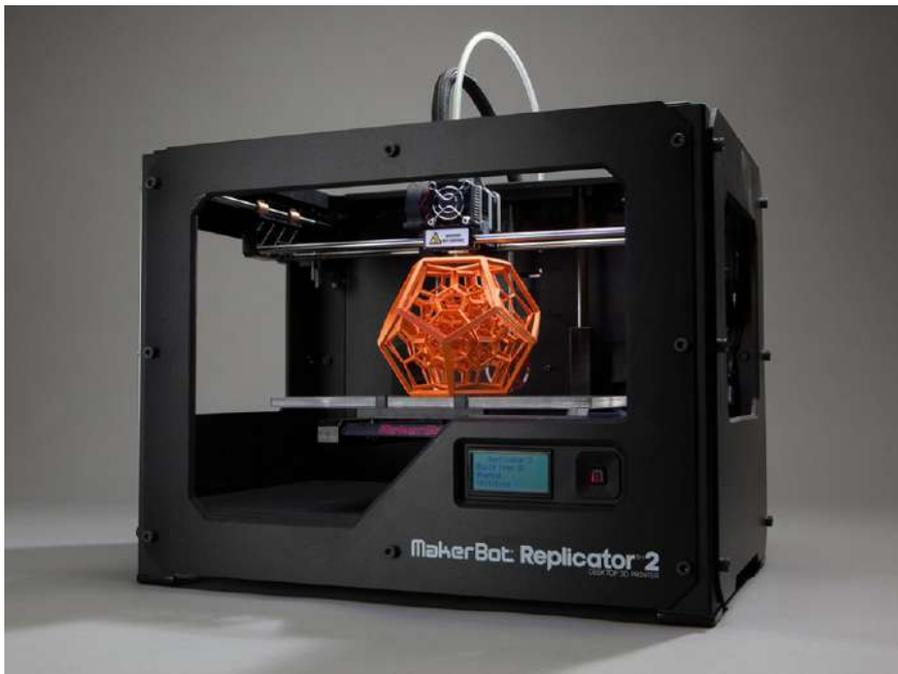


Figura CC. Impresora 3D



Figura CXCIX. Filamento PLA



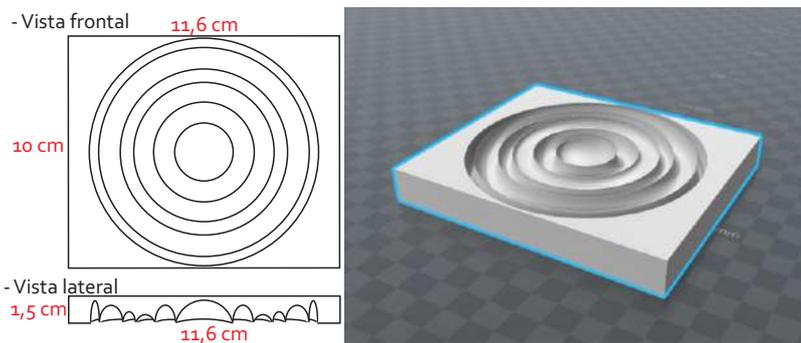
Figura CCI. Ejemplo de impresión 3D en proceso

El plástico utilizado para las impresiones realizadas en este trabajo, fue un filamento de PLA de 1,75 mm de diámetro. El mismo se caracteriza por ser un material flexible y biodegradable. Generalmente puede encontrarse como filamento, film o espuma. Como se mencionó en el Capítulo 8, el PLA, ácido poliláctico, pertenece a la categoría de los bioplásticos, y se produce a partir de almidón, obtenido de fuentes renovables como algunos productos agrícolas (maíz, cebada, remolacha) (Thompson, 2007, p. 446).

Este plástico es producido mediante un proceso de refinamiento químico del almidón. Su proceso de elaboración requiere de un 50 % menos de energía que los plásticos convencionales derivados del petróleo. Se estima que de

una cantidad de 2,25 kg de maíz puede producirse 1 kg de PLA (Thompson, 2007, p. 447). El PLA puede ser moldeado por inyección, termoformado o extruído. Es muy utilizado en los procesos de impresión 3D.

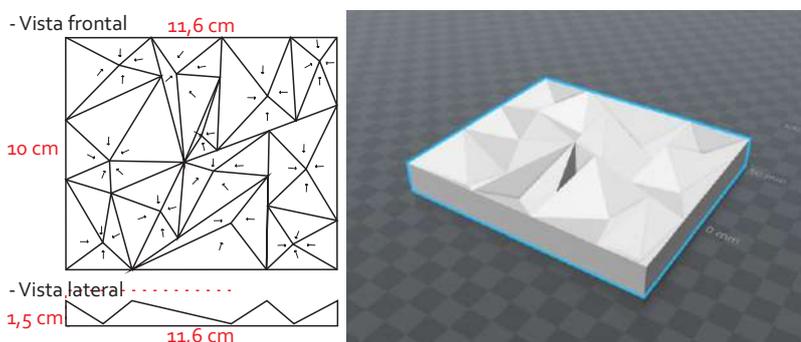
Para la realización de los moldes, se debió diseñar teniendo en cuenta la superficie máxima de impresión de la impresora 3D a utilizar. En función de esto, se decidió dividir el panel de 30 x 35 cm, en nueve partes iguales de 11,6 x 10 cm. Se diseñaron dos motivos con dichas dimensiones, los cuales primero fueron dibujados vectorialmente, para luego ser modelados 3D con un programa digital. Luego se procedió a imprimir cuatro piezas con un diseño creado con una textura facetada, y cinco piezas con un motivo de círculos concéntricos. Los dibujos técnicos de ambas piezas con todas sus especificaciones pueden encontrarse en el Anexo 13.



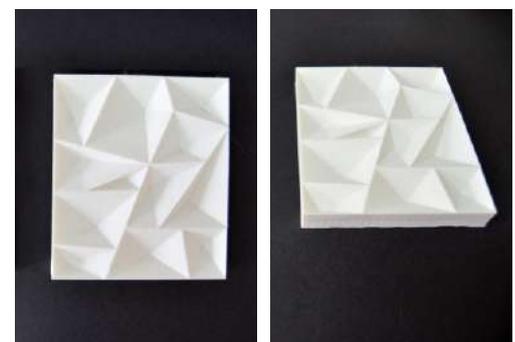
**Figura CCII. Dibujo y modelado 3D pieza círculos concéntricos**



**Figura CCIII. Pieza impresa**



**Figura CCIV. Dibujo y modelado 3D pieza con textura facetada**



**Figura CCV. Pieza impresa**

Una vez impresas las nueve piezas, se procedió a adherirlas entre sí utilizando cemento de contacto. De esta forma se obtuvo una superficie de prácticamente 30 x 35 cm.



**Figura CCVI. Pegado de las piezas**

Dado que las cavidades en el molde poseían una profundidad máxima de 1 cm, se colocaron las piezas unidas entre sí dentro de un marco con mayor altura. De esta forma se pudieron obtener paneles con un espesor total de 1,5 cm.



Figura CCVII. Molde para paneles de 30 x 35 x 1,5 cm terminado

### 9.1.2 Diseño y realización de molde para móviles

Como se explicó al comienzo del capítulo, también se realizaron móviles en el mismo material de bioplástico e hilados, obteniéndose una alternativa diferente a los paneles.

En el caso de los móviles, se emplearon como moldes las mismas piezas impresas para los paneles, pero sin ser adheridas entre sí. Para cada móvil, se decidió utilizar dos piezas impresas 3D iguales entre sí. De esta forma, se logran móviles de tamaños pequeños con ambas caras trabajadas superficialmente.

### 9.2 Paneles con trabajo superficial - Realización

Los paneles fueron realizados con las mismas proporciones de bioplástico y lana que las utilizadas al comienzo de este capítulo, para el panel liso de 30 x 35 x 1,5 cm. Las ficha técnica con el proceso de realización detallado y las proporciones de los materiales empleados, puede encontrarse en el Anexo 14.

La diferencia sustancial, se dio en el proceso de armado del panel. Una vez mezclado el bioplástico con los hilados de lana, se colocó la mezcla sobre el molde y se la esparció de manera manual, a modo lograr una disposición medianamente pareja. Luego se procedió a colocar un trozo de tejido mosquitero, y se amasó el material, lográndose una superficie uniforme. El amasado debió realizarse generando presión, a modo de que todo el material ingrese correctamente en las cavidades del molde.



Figura CCVIII. Proceso de armado de panel con molde

Luego se procedió a desmoldar el panel. Para esto, se quitó primero el marco de madera. Se colocó sobre la mesada un trozo de tejido mosquitero, y cuidadosamente se dio vuelta el panel, quedando la parte plástica del molde sobre la superficie. Se retiró el resto del molde con cuidado, siendo necesario, en algunos casos, ayudar a retirar el material con una espátula metálica.



Figura CCIX. Proceso de desmolde del panel

Mediante este procedimiento se generaron cuatro paneles con trabajo superficial y se los dejó secar durante siete días.

En líneas generales, el procedimiento de trabajo continuó siendo muy similar a los paneles realizados en el Capítulo 8, siendo los tiempos de producción bastante similares. Con respecto al diseño generado sobre los paneles, se pudo apreciar una mejor definición de los diseños con círculos concéntricos. Dado que el materia en sí tiene un peso visual muy fuerte, a causa de la mezcla de colores propia del refugo, es difícil generar diseños que se noten completamente. Posiblemente si el material fuese en un color pleno, los motivos se apreciarían mejor.



Figura CCX. Panel con trabajo superficial frente y acercamiento Figura CCXI. Panel con trabajo superficial dorso

### 9.2.1 Paneles con trabajo superficial - Ensayos acústicos

Con los nuevos cuatro paneles realizados, se logró generar una superficie total de 60 x 70 cm, lo cual equivale a un área de 0,42 m<sup>2</sup>. Los mismos, fueron ensayados acústicamente, de igual manera que en el Capítulo 8, para así poder conocer sus coeficientes de absorción. De esta forma, se pudo comprobar si realmente mediante la generación de volúmenes sobre la superficie se lograba modificar el coeficiente de absorción acústica.

Los ensayos se realizaron nuevamente en la misma habitación, un baño de 1,92 m<sup>2</sup>. Las mediciones, una vez más, se hicieron de manera experimental, utilizándose como fuente de emisión sonora la explosión de un globo. El procedimiento realizado fue exactamente el mismo que en el Capítulo 8. Se colocó dentro de la habitación un sonómetro y se explotó un globo. Así se obtuvo la reverberación del recinto sin los paneles. Luego se repitió el procedimiento una vez con los paneles lisos, ensayados en el Capítulo 8, colocados sobre el espejo, y luego con los facetados. Las mediciones se realizaron en las bandas de octava de 125, 250, 500, 1000, 2000 y 4000 Hz.

Con los resultados obtenidos de los tiempos de reverberación con y sin los paneles, se pudo calcular por diferencia el coeficiente de absorción de los paneles lisos y el de los facetados.



Figura CCXVII. Ensayos acústicos de paneles con trabajo superficial

La tabla a continuación muestra los resultados obtenidos. Allí se puede apreciar como hubo una pequeña mejora en los coeficientes de absorción, lográndose un aumento sustancial para la banda de octava de 1000 Hz. Se entiende que, posiblemente, se podrían lograr mejores resultados si los volúmenes generados en la superficie fuesen de mayor altura. Los resultados completos de los ensayos pueden encontrarse en el Anexo 16.

**coeficientes de absorción por banda de octava - paneles con trabajo superficial**

configuración	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	promedio
línea base (absorción propia del recinto)	0.02	0.03	0.03	0.05	0.06	0.07	0.04
paneles de bioplástico e hilados sin trabajo superficial	0.13	0.00	0.44	0.84	1.00	1.00	0.57
paneles de bioplástico e hilados con trabajo superficial	0.18	0.00	0.46	1.00	1.00	1.00	0.61

*\*se resaltan en color los mejores resultados*

Tabla XII. Coeficientes de absorción de paneles con trabajo superficial para diferentes bandas de octava

### 9.3 Móviles - Realización

En el caso de los móviles, al igual que con los paneles, los motivos generados con círculos concéntricos dieron mejores resultados a nivel visual, ya que se obtuvieron formas más definidas. Por este motivo, si bien se probó realizar ambos modelos, únicamente se continuó trabajando con los móviles circulares. La ficha técnica de los mismos puede encontrarse en el Anexo 15.

Para la realización de los móviles, se colocó la mezcla de bioplástico e hilados de lana entre dos piezas impresas con el motivo deseado. Se les realizó presión, uniéndolas lo máximo posible.



*Figura CCXII. Proceso de armado del móvil*

Para desmoldar el móvil, se quitó una de las piezas cuidadosamente. Luego se terminó de desmoldar con ayuda de una espátula metálica. Se lo dejó secar en exterior al sol, durante cuatro días.



*Figura CCXIII. Proceso de desmolde del móvil*

Una vez secos, se utilizó una tijera para cortar los excedentes de material, obteniéndose así móviles circulares.



*Figura CCXIV. Corte de móviles*

*Figura CCXV. Móviles con círculos concéntricos*

Como se mencionó anteriormente, únicamente se continuó trabajando con los móviles circulares. Igualmente, a continuación se encuentra una imagen que muestra los móviles resultantes al utilizar los moldes con textura facetada.



*Figura CCXVI. Móviles con textura facetada*

9.3.1 Móviles - Ensayos acústicos

Únicamente se ensayaron ocho móviles circulares, con una superficie total de 0,170 m<sup>2</sup>. En este caso, los ensayos se realizaron de igual manera, también para las bandas de octava de 125, 250, 500, 1000, 2000 y 4000 Hz. La única diferencia radicó en que los móviles no fueron colocados sobre el espejo. Para el montaje de los móviles se utilizó una varilla de madera, donde fueron colgados con hilos de coser.



Figura CCXVIII. Ensayos acústicos de móviles

Una vez más, se calculó el coeficiente de absorción de cada móvil por diferencia entre el tiempo de reverberación de la habitación con y sin móviles. La absorción de los hilos y la varilla de madera, utilizados para colgarlos se consideró despreciable.

A continuación se puede ver en la tabla los coeficientes de absorción obtenidos para las diferentes bandas de octava. En este caso, se logró un mayor aumento en los coeficientes de absorción, obteniéndose excelentes resultados a partir de los 500 Hz. Se entiende que esto podría ser gracias a que el sonido es absorbido por ambas caras del móvil. Los resultados completos de los ensayos pueden encontrarse en el Anexo 16.

coeficientes de absorción por banda de octava - móviles							
configuración	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	promedio
línea base (absorción propia del recinto)	0.02	0.03	0.03	0.05	0.06	0.07	0.04
paneles de bioplástico e hilados sin trabajo superficial	0.13	0.00	0.44	0.84	1.00	1.00	0.57
móviles de bioplástico y lana	0.31	0.00	0.98	0.93	1.00	1.00	0.70

\*se resaltan en color los mejores resultados

Tabla XIII. Coeficientes de absorción de móviles para diferentes bandas de octava

### 9.4 Conclusiones de los ensayos acústicos

A continuación se encuentra una tabla comparativa de los coeficientes de absorción de paneles lisos, facetados y de móviles.

coeficientes de absorción por banda de octava								
configuración	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	promedio	área
línea base (absorción propia del recinto)	0.02	0.03	0.03	0.05	0.06	0.07	0.04	-
paneles de bioplástico e hilados sin trabajo superficial	0.13	0.00	0.44	0.84	1.00	1.00	0.57	0.42
paneles de bioplástico e hilados con trabajo superficial	0.18	0.00	0.46	1.00	1.00	1.00	0.61	0.42
móviles de bioplástico y lana	0.31	0.00	0.98	0.93	1.00	1.00	0.70	0.170

\*se resaltan en color los mejores resultados

Tabla XIV. Coeficientes de absorción para diferentes bandas de octava

Como se puede apreciar, el material generado con bioplástico e hilados de lana, no funciona adecuadamente para la banda de octava de 250 Hz. Igualmente, esto no resultó preocupante, ya que se consultó con el Departamento de Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingeniería, Universidad de la República, y no lo consideraron una deficiencia grave o un aspecto negativo, ya que el material logra un muy buen desempeño en las siguientes bandas de octava.

Por otra parte, en las dos nuevas presentaciones del material (móviles y paneles) se logró una mejoría en los coeficientes de absorción, siendo mayor en el caso de los móviles.

El hecho de que los móviles dieran un mejor resultado resultó sumamente interesante, ya que dado que el sonido puede llegar a ambas caras del móvil, con una menor cantidad de material se podría lograr la misma absorción de un panel.

Otra ventaja de los móviles es que resultaron ser más sencillos de realizar, ya que su pequeño tamaño permite manipular más fácilmente el material cuando está húmedo. A su vez, tiene un tiempo de secado menor al de los paneles planos y facetados.

### 9.5 Especificaciones técnicas

Como se mencionó al comienzo del capítulo, para poder evaluar otras características relevantes del material, y no únicamente su desempeño como absorbente acústico, se procuró determinar algunas especificaciones técnicas. Las mismas incluyen aspectos referentes a su durabilidad, reacción al fuego, consumo de materiales y costos productivos. A continuación se detallan los aspectos estudiados del material, más allá de su presentación (paneles o móviles).

### 9.5.1 Proyecciones de durabilidad

Una de las principales dificultades que se debe afrontar al trabajar en la creación de un nuevo material, es que hay características del mismo que solo se podrán conocer o apreciar con el transcurso del tiempo, es decir a largo plazo. En el caso de este trabajo, esto ocurre con la durabilidad del material. La palabra durabilidad hace referencia a la calidad de un material o servicio en función de su duración en el tiempo (Real Academia Española, en línea).

Para poder estimar con mayor exactitud la vida útil del material, se contactó al Laboratorio de Bioquímica y Biotecnología, perteneciente al Centro de Investigaciones Nucleares, Facultad de Ciencias. Allí, se consiguió asesoramiento y bibliografía sobre la durabilidad de los bioplásticos y la lana, en general.

A partir de dicha bibliografía recomendada, se buscaron datos que ayudaran a estimar la duración de la lana y el bioplástico a base de almidón por separado. De esta forma, se pudo conocer cuales son los factores que inciden en la durabilidad de cada elemento, pudiéndose así trasladar a la durabilidad del nuevo material generado.

Dado que en el Capítulo 6 ya se expuso información sobre la durabilidad de la lana, en esta sección se profundizará únicamente en la durabilidad del bioplástico a base de almidón, la cual está íntimamente relacionada con las causas de degradación del almidón en sí. Su común utilización para la generación de bioplásticos, se debe a que es un polímero natural, renovable, de fácil transformación y con gran disponibilidad. Puede ser extraído de diversos productos agrícolas como maíz, yuca, papa, los cuales son cultivados en todo el mundo, a un bajo costo (Álvarez et al., 2009, p. 39).

Para poder generar bioplástico a partir del almidón, es necesario agregarle un agente plastificante. Es decir, una sustancia líquida con mayor viscosidad que el agua, la cual le otorgará flexibilidad al bioplástico resultante. A su vez, este agente plastificante tiende a disminuir su punto de fusión (Enríquez et al., 2012, p. 186). En este trabajo se utilizó glicerina vegetal como plastificante.

El almidón es un elemento hidrofílico, es decir, tiende a absorber el agua. Esta característica, se acentúa con la adición de glicerina. La capacidad del material de retener agua, lo hace más propenso al crecimiento de microorganismos en su interior, los cuales, a largo plazo, pueden degradarlo.

Estos microorganismos, como bacterias y hongos, utilizan al almidón como fuente de energía, alimento. Algunos factores que pueden hacer del bioplástico un ambiente biológicamente activo son: las condiciones del medio (pH, temperatura, humedad), las características del propio polímero que lo compone (en este caso las características del almidón), las dimensiones del material y las propias características de los microorganismos que puedan crecer en su interior (Rodríguez, 2012, p. 71). Por lo tanto, se puede suponer que la durabilidad de los paneles y móviles creados, se verá en parte influenciada por las propias características de la habitación en la que sean colocados.

Algunos bioplásticos generados a partir de otros polímeros, como la celulosa, tienden a degradarse por otros motivos, como pueden ser elevadas temperaturas, contacto con el agua, exposición directa a la luz solar, entre otros. Un indicador de degradación en cualquier tipo de bioplástico es la pérdida de peso, de brillo, la generación de grietas, superficie pegajosa, decoloración, etc (Álvarez et al., 2009, p. 40).

Para disminuir la hidrofilia del almidón se puede trabajar en tres aspectos. En primer lugar, se puede modificar la composición química del almidón, lo cual se realiza mediante diferentes reacciones químicas como esterificación (formar un éster con un ácido y un alcohol o un fenol), eterificación (transformar un alcohol o fenol en éter), cationización (tratar con cationes), entre otras (Ceron, 2013, p. 44). En este proyecto, claramente, resulta inviable trabajar este aspecto.

Otra posibilidad, es realizar un tratamiento superficial en el producto final, es decir tratar la superficie del material con una sustancia hidrófuga (Ceron, 2013, p. 44). Esta opción, se podría dejar planteada para trabajar en estudios futuros, siendo necesario tener en cuenta ciertos aspectos a nivel acústico, dado que dicho tratamiento superficial no debería influir en la absorción acústica del material. Es decir, las propiedades que lo convierten al material en buen absorbente acústico no deberían verse afectadas, lo cual podría suceder por ejemplo si la sustancia hidrófuga tiende a tapar los poros del material o si a volver reflectante su superficie.

Por último, se puede asociar el almidón con otros productos o compuestos menos hidrofílicos. Esta alternativa resultó la más viable para continuar trabajando en este proyecto.

A estos productos o compuestos que se agregan a una sustancia para modificar sus propiedades, se les llama aditivos. Los mismos pueden tener diversas finalidades: fungicidas, antiinflamatorios, antioxidantes, etc. En este caso, se buscó un aditivo que ayudara a reducir la absorción de agua por parte del almidón, para mejorar la durabilidad del bioplástico. Algunos ejemplos de los mismos son: talco, mica, dióxido de titanio, óxido de aluminio, carbonato de calcio, carbonato de magnesio, hidróxido de calcio, cerámicas, minerales naturales, etc. Para poder llamar aditivo a un compuesto, el mismo debe de ser utilizado en una relación de 0,05% a 5% del peso total del material (Enríquez et al., 2012, p. 188).

Por este motivo, como se mencionó al comienzo del Capítulo 9, se decidió agregar carbonato de magnesio en la composición de los móviles y paneles con tratamiento superficial. Este componente, se utilizó en una proporción de un 5 %, respecto al peso total de los ingredientes del bioplástico. De esta forma, se procuró disminuir la hidrofilia del material, mejorándose su conservación y durabilidad.

Se optó por emplear carbonato de magnesio, ya que es una sustancia que resulta inocua en la composición del bioplástico. En una proporción menor o igual a un 5 % del peso total del bioplástico, no debería generar cambios en la consistencia o aspecto del mismo.

Paralelamente a estas modificaciones realizadas a partir de la bibliografía recomendada, se pudo someter el material ensayado acústicamente en el Capítulo 8 (sin carbonato de magnesio), a dos ensayos que permitieron conocer mejor algunos aspectos que influyen en su durabilidad. Los mismos, fueron realizados en el Centro de Investigaciones Nucleares, Facultad de Ciencias.

En el primero, se sometió una muestra del material creado a algunos de los hongos más frecuentes en paredes y cielorrasos. El ensayo consistió en colocar hongos en una zona del material y ubicarlo dentro de una placa de Petri, recipiente transparente de plástico o vidrio que puede cerrarse herméticamente. Con el pasaje del tiempo podían ocurrir dos cosas: los hongos podían esparcirse rápidamente por todo el material, o mantenerse en la zona donde fueron aplicados, presentando una lenta reproducción. Si ocurría lo primero, el ensayo indicaría que el material era propicio para el crecimiento de hongos y, por lo tanto, denotaría que no tendría una larga vida útil.

Por otra parte, el segundo ensayo realizado, consistió en colocar una muestra del material en una estufa de incubación. Estas incubadoras, permiten realizar ensayos de cultivos microbiológicos o cultivos celulares. Una estufa de incubación, consiste en una cámara, donde pueden regularse diferentes factores que influyen en el crecimiento de estos cultivos, como la temperatura, humedad, ventilación, etc.

En el caso de este ensayo, fue necesario pesar el material antes de introducirlo en la incubadora y al retirarlo. De esta forma, ante una disminución en el peso, se podría detectar si el material fue atacado por microorganismos.



*Figura CCXIV. Ejemplo de placa de Petri* *Figura CCXV. Ejemplo de estufa de incubación*

Ambos ensayos tuvieron una duración de tres meses. Es importante destacar que, muchas veces para obtener resultados más certeros, estos ensayos son realizados durante una mayor cantidad de tiempo, generalmente seis meses.

Al finalizar ambos ensayos, se pudieron evaluar los resultados obtenidos. En el primero, se apreció un escaso crecimiento de hongos sobre la superficie del material. Si bien crecieron, lo cual comprueba la teoría de que el bioplástico podría ser un medio propicio para el crecimiento de microorganismos, lo hicieron en bajas cantidades, considerándose un resultado satisfactorio.

Por otra parte, en el segundo ensayo se produjo una disminución prácticamente imperceptible en el peso final del material. Esto permite deducir que el material compuesto por bioplástico e hilados de lana es microbiológicamente resistente.

Si bien se mantiene la teoría de que el material creado puede ser atacado por microorganismos, se comprobó que esto sucede de manera lenta, y en menor medida de lo esperado. A su vez, las muestras ensayadas no poseían carbonato de calcio. Se estima que con este aditivo se disminuiría aún más el crecimiento de hongos y otros microorganismos.

También, es importante destacar que las primeras muestras, de bioplástico y lana, realizadas para este trabajo, poseen un año desde su fabricación a Junio del 2017. En las mismas, no se notaron cambios a nivel visual ni al tacto, y tampoco se apreció una disminución en su peso. Estas muestras se encontraron expuestas a la humedad y temperatura ambiente de la habitación en la que se hallaban. Es así que, si bien continúa sin conocerse con exactitud la vida útil del material y aunque se mantenga la hipótesis de que será corta, es posible determinar que podría ser mayor a un año.

Si bien la hipótesis de una baja durabilidad del material podría verse como un aspecto negativo, se entiende que esta característica podría ser explotada a nivel de diseño. En primer lugar, implicaría el evaluar qué lugares son propicios para la aplicación de estos paneles o móviles, y, a su vez, determinar sus posibles situaciones de uso.

Entendiéndose que el material deberá ser cambiado cada períodos de tiempo relativamente cortos, se estima que podría ser cada 1,5 a 2 años, se puede aprovechar esta necesidad de cambio, aplicándolo en edificaciones donde por diferente motivos, como higiene, este cambio del material sería completamente favorable.

Es así que se plantea su posible aplicación en: salones de clase (escuelas, liceos, universidades), guarderías, comedores estudiantiles, oficinas, instalaciones o stands transitorios (que serán desarmados en cierta cantidad de tiempo).

Por último, se deja abierta la posibilidad de diseñar una solución que permita realizar este cambio de paneles fácilmente. Una propuesta podría ser mediante la generación de marcos en otro material de mayor duración, que puedan permanecer adosado a la pared o cielorraso, cambiándose únicamente la placa de bioplástico y lana, de manera rápida y sencilla.

### 9.5.2 Reacción al fuego

Por tratarse de un material que se utilizará dentro de edificaciones, ya sea revistiendo paredes o colocado en cielorrasos, podría entrar en la categoría de materiales constructivos. Por este motivo se vuelve necesario conocer cuál es su reacción al fuego para, de esta forma, saber como se comportará en caso de un incendio.

Existen diferentes normas a nivel mundial que sirven para clasificar la reacción al fuego de un material así como también su resistencia al fuego. Las mismas pueden evaluar diferentes factores como su punto de inflamabilidad, el tiempo que demora en arder, el grado de toxicidad del humo que emana, entre otros.

Es importante destacar la diferencia entre reacción y resistencia. Se entiende por reacción al comportamiento de alguien o algo ante un estímulo externo. Mientras que la resistencia, refiere a la acción y efecto de resistir o durar, de un objeto (Real Academia Española, en línea). Los ensayos de resistencia al fuego generalmente se aplican a materiales constructivos de tipo estructural (vigas, columnas, etc.). En este caso, el material realizado no pertenece a dicha categoría, por lo cual bastaría con ensayar su reacción al fuego.

En el relevamiento de mercado, realizado en el Capítulo 7, se pudo apreciar que los manuales de algunos productos y materiales, brindan información respecto a su reacción ante el fuego. Por tratarse de productos importados, las evaluaciones de los mismos se encuentran realizadas según normativas extranjeras, variando en función del país de origen. Algunos ejemplos de estas normas son: la normativa brasilera NBR 9442, utilizada por la marca relevada ISOVER para conocer el índice de propagación de llama sobre la superficie de un material, la norma estadounidense FMVSS 302, utilizada por Acustec, la norma europea UNE-EN 13501-1, que también permite clasificar la reacción al fuego de materiales constructivos y es utilizada por marcas como Heradesign, entre otras.

En el caso de Uruguay, el país no cuenta con normativas propias respecto a la reacción al fuego de materiales constructivos. Por este motivo, se decidió estudiar la norma europea UNE-EN 13501-1: 2007 +A1: 2009, "Clasificación en función del comportamiento frente al fuego de los productos de construcción y elementos para la edificación - Parte 1: Clasificación a partir de datos obtenidos en ensayos de reacción al fuego", para evaluar el material creado.

Esta norma, determina su aplicación a tres tipos productos: de construcción excepto revestimientos de suelos y productos de aislamiento térmico para tubos lineales, revestimientos de suelos y, por último, productos de aislamiento térmico para tubos lineales. En el caso de este trabajo, solo se tomó en cuenta la primer categoría.

En las tres categorías se clasifican los materiales según tres factores: su reacción al fuego, el humo que emiten y las partículas o gotas inflamadas que desprenden. A continuación, se encuentra una tabla con las diferentes clases según el factor ensayado, únicamente para la categoría productos de construcción, excepto revestimientos de suelos y productos de aislamiento térmico para tubos lineales (CEN/TC 127, 2010, p. 14).

clases según factor ensayado para productos de construcción, excepto revestimientos de suelos y productos de aislamiento térmico para tubos lineales		
reacción al fuego	humo emitido	desprendimiento de gotas
A <sub>1</sub> -material no combustible sin contribución en grado máximo al fuego	S <sub>1</sub> -velocidad y cantidad de emisión bajas	d <sub>0</sub> -el material no desprende gotas
A <sub>2</sub> -material no combustible sin contribución en grado mínimo al fuego	S <sub>2</sub> -velocidad y cantidad de emisión medias	d <sub>1</sub> -hay un desprendimiento medio de gotas
B-material combustible con contribución muy limitada al fuego	S <sub>3</sub> -velocidad y cantidad de emisión elevadas	d <sub>2</sub> -gran desprendimiento de gotas o partículas inflamadas
C-material combustible con contribución limitada al fuego		
D-material combustible con contribución media al fuego		
E-combustible con contribución alta al fuego		
F-material sin calificar		

Tabla XV. Clases según factor ensayado para productos de construcción

Cuando se menciona gotas o partículas en llamas, se hace referencia al material inflamado que puede desprender una muestra mientras se le realiza un ensayo al fuego.

Por otra parte, esta norma distingue entre productos homogéneos y heterogéneos. Un producto homogéneo, es aquel material que posee una densidad y composición uniforme. Mientras que uno heterogéneo, no poseerá dicha uniformidad dado que esta compuesto por más de una sustancia (CEN/TC 127, 2010, p. 10).

Para evaluar los distintos factores anteriormente mencionados, la norma se basa en diferentes métodos de ensayo, los cuales, a su vez, se encuentran determinados y regulados por otras normas. En el caso de este trabajo, únicamente se profundizó en los ensayos de reacción al fuego de un producto o material. A continuación, se mencionan los diferentes ensayos que permiten evaluar dicho factor y la o las normas que los regulan.

En primer lugar, dentro de los ensayos de reacción al fuego, se encuentra el ensayo de no combustibilidad, según la norma EN-ISO 1182. La misma permite identificar aquellos productos o materiales que no contribuyen a un incendio o, que si lo hacen, será de manera despreciable (CEN/TC 127, 2010, p. 15). Este ensayo, permite identificar a los productos que pertenecen a las categorías A<sub>1</sub> y A<sub>2</sub>.

Luego, se especifica el ensayo de calor de combustión, de acuerdo con la norma EN-ISO 1726. El mismo evalúa edesprendimiento de calor de un producto o material al quemarse. El ensayo también puede aplicarse a las categorías A<sub>1</sub> y A<sub>2</sub> (CEN/TC 127, 2010, p. 15).

Posteriormente, la norma especifica otro ensayo que es el de un único objeto ardiendo, según la norma EN 13823. Mediante este ensayo, se evalúa si un producto contribuye en el desarrollo de un fuego, iniciado por un único objeto ardiendo en una esquina de una habitación, cerca de dicho producto. Es aplicable a los productos en las categorías

A<sub>2</sub>, B, C y D (CEN/TC 127, 2010, p. 15).

Este ensayo, debe realizarse en una habitación especialmente diseñada, empleándose el material en dimensiones reales, para así poder simular la situación de incendio. En este caso, también debe utilizar un sistema de extracción de humo, un aparato de ensayo que permita sostener el material en dimensiones reales, y además, lógicamente, equipos de medición (CEN/TC 127, 2007).



*Figura CCXVI. Ejemplos de ensayo de un único objeto ardiendo*

Por último, se puede evaluar un producto de acuerdo al ensayo de inflamabilidad determinado por la norma EN-ISO 11925-2. La misma evalúa la inflamabilidad de un producto al ser expuesto a una llama de tamaño pequeño. Se puede aplicar a materiales pertenecientes a las categorías B, C, D y E (CEN/TC 127, 2010, p. 15).

Para estos dos últimos ensayos, ensayo de un único objeto ardiendo y de inflamabilidad, es necesario tener en cuenta que la contribución de un material o producto a un fuego, no se da únicamente por las características propias del material o del fuego, sino que también influye la aplicación final del material, su posición (vertical u horizontal), y su cercanía a otros productos dentro de la construcción. Por este motivo, es necesario ensayar el material simulando de la mejor manera posible, la aplicación final.

Teniendo en cuenta lo explicado anteriormente, se puede concluir, que para cada clase estipulada respecto a la reacción al fuego de un producto de construcción, competen ensayos que evalúan diferentes aspectos y son determinados por distintas normas. A continuación, se explican los ensayos que se deben realizar para cada clase.

Un material o producto que se cree que pertenecerá a la clase E, debe ensayarse de acuerdo a la norma EN-ISO 11925-2 (inflamabilidad de un producto al ser expuesto a una llama de tamaño pequeño), con un tiempo de exposición a la llama de 15 segundos.

En el caso de un producto o material que se considere perteneciente a la clase D, C o B, también se ensayara según la norma EN-ISO 11925-2, pero esta vez con un tiempo de exposición de 30 segundos. Si los resultados son satisfactorios, y realmente pertenece a una de estas categorías, se lo debe de volver a ensayar, pero esta vez según la norma EN 13823 (ensayo de un único objeto ardiendo).

Para un material o producto posiblemente perteneciente a la clase A<sub>2</sub> o A<sub>1</sub>, los ensayos variarán en función de si el es homogéneo o heterogéneo.

En el caso de tratarse de un producto homogéneo que podría pertenecer a la categoría A<sub>1</sub> o A<sub>2</sub>, se lo ensayará según las normas EN-ISO 1182 (no combustión) y EN-ISO 1716 (calor de combustión).

Si se trata de un producto heterogéneo, que posiblemente clasifique como A1, también se lo ensayará según las normas ISO 1182 y EN-ISO 1716. Sus componentes externos no sustanciales, se deberán ensayar de acuerdo a la norma EN 13823 (único objeto ardiendo).

De ser un producto heterogéneo candidato a la clase A2, se debe ensayar por separado cada uno de sus componentes sustanciales, según la norma EN-ISO 1182 o EN-ISO 1716. Sus componentes externos no sustanciales, deberán ensayarse con la norma EN-ISO 1716.

En la tabla a continuación, pueden apreciarse los ensayos requeridos por clase con sus especificaciones correspondientes.

ensayos según clase				
clase	Norma de ensayo	especificaciones	Norma 2º ensayo	especificaciones
E	EN-ISO 11925-2	tiempo de exposición a llama - 15 segundos	-	-
D, C o B	EN-ISO 11925-2	tiempo de exposición a llama - 30 segundos	EN 13823	-
A1 homogéneo A2 homogéneo	EN-ISO 1182	-	EN-ISO 1716	-
A1 heterogéneo	EN-ISO 1182	-	EN-ISO 1716	componentes no sustanciales ensayar con EN 13823
A2 heterogéneo	EN-ISO 1182	-	EN-ISO 1716	componentes no sustanciales ensayar con EN-ISO 1716

Tabla XVI. Ensayos según clase

Teniendo en cuenta entonces la Norma UNE-EN 13501-1, la clasificación que permite realizar la misma, y habiendo consultado las diferentes normas que se deben utilizar para los ensayos, se prosiguió a contactar al Laboratorio Tecnológico del Uruguay (LATU), más específicamente al Departamento de Plásticos.

Allí, se consiguió asesoramiento respecto a la viabilidad de evaluar el material de acuerdo a la norma UNE-EN 13501-1. De todos los ensayos especificados anteriormente, únicamente fue posible realizar el ensayo de inflamabilidad, según la norma UNE-EN ISO 11925-2: 2011, "Ensayos de reacción al fuego de los materiales de construcción". Esto se debió a los equipos que tienen disponibles para realizar ensayos de combustión.

Por este motivo, se profundizó en sus especificaciones y en cómo evaluar los resultados según la norma UNE-EN 13501-1. De esta manera, solo se podrían ensayar aquellos materiales candidatos a las categorías E a B. En las categorías de D a B, faltaría realizar el ensayo de un único objeto ardiendo, para determinar con mayor precisión la clase, pero su realización no resultó viable.

La norma UNE-EN ISO 11925-2: 2011, determina un tipo de ensayo de reacción al fuego de un material constructivo. El mismo debe ser realizado en una cámara de combustión, pequeño compartimiento cerrado de acero inoxidable, con una puerta de cristal resistente al calor que permite observar la muestra durante el ensayo.

Allí se coloca en un porta muestras con forma de U, una muestra del material. La misma debe ser de 250 mm x 90 mm, con un espesor máximo de 60 mm.

El ensayo consiste en exponer la muestra a una llama directa, durante un tiempo de 15 segundos o de 30 segundos, dependiendo de los requerimientos (los cuales en este caso estarían determinados por la norma UNE-EN 13501-1). Se considera el momento de inicio del ensayo, cuando se comienza a aplicar la llama sobre el material (CEN/TC 127, 2011).

La altura de la llama aplicada debe de ser de 20 mm, y el quemador que la genera debe estar en un ángulo de 45° respecto a su eje vertical. Para aplicar la llama, debe hacerse avanzar horizontalmente el quemador, hasta que alcance el punto de aplicación determinado sobre la muestra de ensayo. El mismo puede ser sobre la superficie expuesta, sobre el borde expuesto o ambos (CEN/TC 127, 2011).

En caso de aplicarse la llama sobre la superficie expuesta, esto significa que se ubicará en el centro de la muestra a 40 mm del borde inferior. Si se aplica sobre el borde expuesto, se hace en el centro del ancho del borde inferior de la muestra, 1,5 mm detrás de su superficie expuesta (CEN/TC 127, 2011).



*Figura CCXVII. Ejemplo cámara de combustión*



*Figura CCXVIII. Ejemplo de quemador*

Respecto al tiempo de duración total del ensayo, el mismo varía en función del tiempo de aplicación de la llama. En el caso de ser aplicada 15 segundos, el ensayo durará en su totalidad 20 segundos, siendo el inicio del mismo el instante en el que comienza a colocarse la llama sobre la muestra. Si el material es expuesto a la llama durante 30 segundos, la totalidad del ensayo sera de 60 segundos (CEN/TC 127, 2011).

En los resultados del ensayo, debe de quedar registrado si el material fue combustible o no, si el fuego llega a expandirse 150 mm por encima del punto de aplicación, si el material desprende partículas o gotas en llamas y si ocurre un desplazamiento lateral de la llama hasta el borde la muestra (CEN/TC 127, 2011).

De acuerdo con las especificaciones de esta norma, se determinó que se ensayaría el material realizado, primeramente exponiéndolo a una llama directa durante 15 segundos y luego durante 30 segundos. En ambos casos se realizarían dos ensayos, uno sobre la superficie expuesta del material y otro sobre el borde expuesto del mismo.

Así, se podría obtener un acercamiento de a qué categoría podría corresponder, de A a F, de acuerdo con la norma UNE-EN 13501-1, pero, claramente, no sería algo completamente certero, ya que en la mayoría de las categorías se requiere la realización de al menos un ensayo más, diferente al de exposición directa a una llama pequeña.

Para las pruebas realizadas se utilizaron muestras de bioplástico y lana, con la misma composición ensayada

acústicamente (con carbonato de magnesio), de un tamaño de 250 mm x 90 mm, con un espesor de 15 mm. Cada muestra fue colocada verticalmente en un porta muestras de acero inoxidable con forma de U. Si bien la norma UNE-EN ISO 11925-2: 2011 determina la realización del ensayo en una cámara de combustión, a causa de los equipos disponibles al momento en el laboratorio, el ensayo se realizó bajo una campana apropiada.

Primeramente, se expuso una muestra durante 15 segundos a la llama directa sobre la superficie expuesta. Una vez retirado el quemador, se aguardó 5 segundos más para finalizar el ensayo. Así, se pudo observar como el material, si bien quedaba quemado en la zona de aplicación de la llama, no continuaba ardiendo. La llama no llegó a expandirse 150 mm sobre el punto de aplicación y tampoco hubo desprendimiento de partículas o gotas en llamas. El humo emanado fue escaso.

Luego, se repitió el ensayo pero aplicando la llama durante 30 segundos sobre la superficie expuesta, siendo la duración total del ensayo 60 segundos. Nuevamente, no hubo un desplazamiento de la llama superior a 150 mm sobre el punto de aplicación. Tampoco continuó ardiendo una vez quitado el quemador. No se observó desprendimiento de partículas o gotas de material inflamado y el humo emanado fue escaso.

Ambos ensayos fueron repetidos, pero aplicando la llama sobre el borde expuesto. Los resultados fueron los mismos.

A continuación se plasma en imágenes uno de los ensayos realizados sobre el borde expuesto de la muestra.

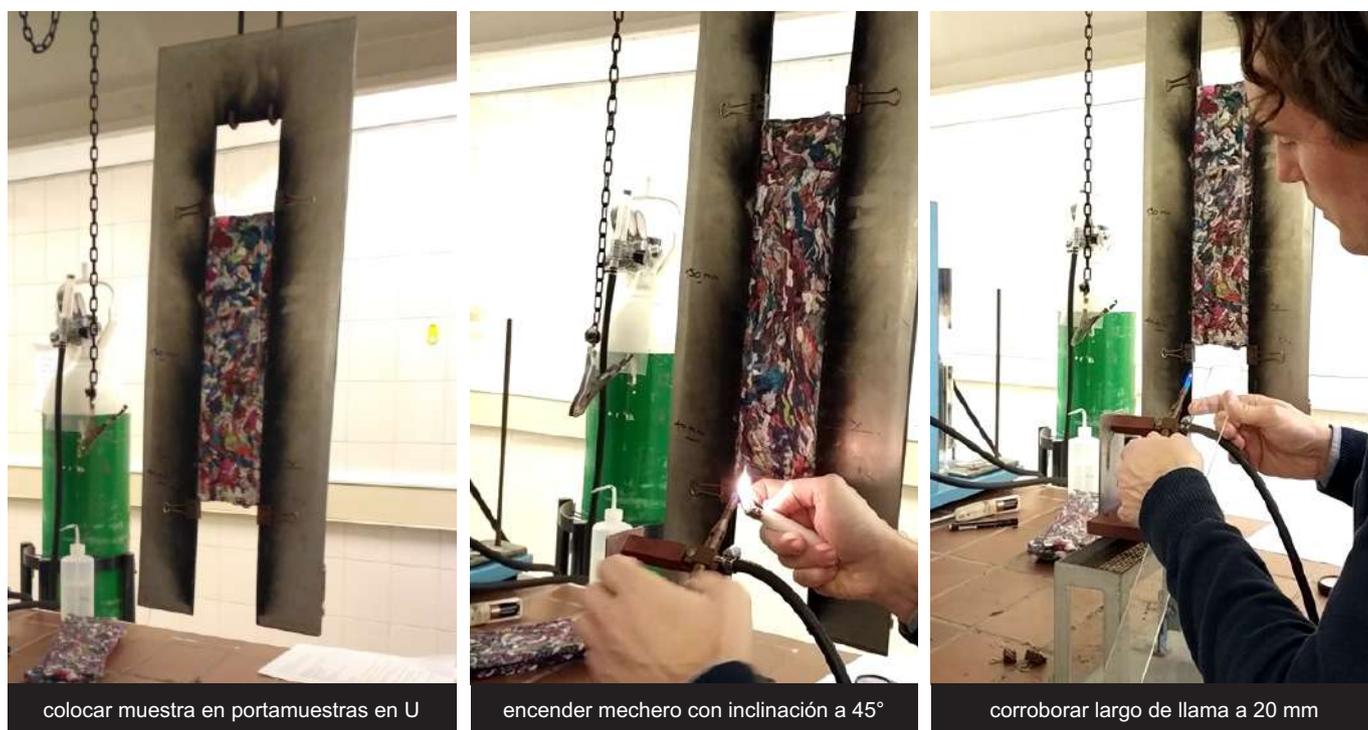


Figura CCXIX. Ensayo de reacción al fuego sobre borde expuesto

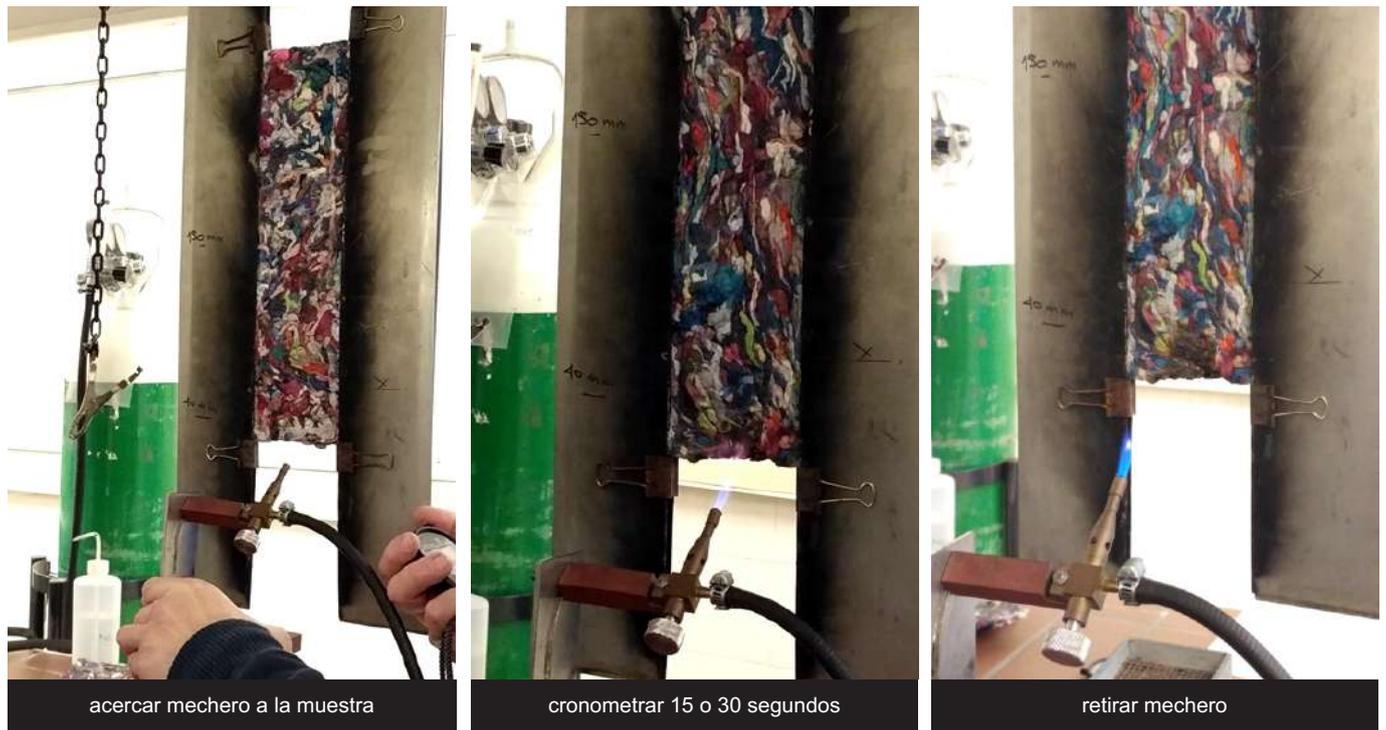


Figura CCXX. Ensayo de reacción al fuego sobre borde expuesto II

resultados ensayo de reacción al fuego con exposición directa a pequeña llama

ensayo	material combustible	llama supera 150 mm del pto. de aplicación	desprende gotas en llamas	desplazamiento lateral de llama
llama 15 s - sobre superficie expuesta	si	no	no	no
llama 30 s - sobre superficie expuesta	si	no	no	no
llama 15 s - sobre borde expuesto	si	no	no	no
llama 30 s - sobre borde expuesto	si	no	no	no

Tabla XVII. Resultados del ensayo de reacción al fuego

Los resultados obtenidos a través de estos cuatro ensayos fueron sumamente satisfactorios. Se pudo comprobar que se trata de un material combustible, pero de gran resistencia a la ignición en las condiciones de la norma testada. Esto podría ser debido a su conformación y estructura, ya que el aglomerado que se logró en la fabricación, le otorga al oxígeno poca superficie de acción. Otro aspecto sumamente positivo fue que en ninguno de los ensayos hubo desprendimiento de partículas en llamas. Por otra parte, se pudo apreciar, posteriormente a los ensayos realizados sobre la superficie expuesta, un ablandamiento del material. Es posible que el calor de la llama aplicada haya debilitado el bioplástico que lo compone.

Si bien no se puede determinar por completo a qué clase pertenecería el material, dado que no se realizaron todos los ensayos pertinentes, se puede estimar que pertenecería a la clase B o C. Se trata de un material combustible, pero con una contribución al fuego muy limitada, ya que no continúa ardiendo al retirarse la llama. Para definirlo con exactitud, se debería ensayar el desprendimiento de calor del material ardiendo. Por otra parte, si se pudo determinar que el material clasificaría como d0, ya que no desprende partículas o gotas en llamas. Respecto al humo emitido, si bien no fue una característica evaluada, se apreció un muy bajo desprendimiento de humo.

En las fotos a continuación, se puede apreciar el resultados de las muestras una vez finalizados los ensayos. En el Anexo 17, pueden encontrarse los resultados brindados por el ingeniero a cargo de los mismos.



*Figura CCXXI. Resultados ensayo sobre superficie expuesta*



*Figura CCXXII. Resultados ensayo sobre borde expuesto*

### 9.5.3 Consumo de materiales

En esta sección del capítulo, se procuró calcular el consumo de materiales necesario, para la realización de un panel de 30 x 35 x 1,5 cm, con trabajo superficial y para un móvil circular de 9,8 cm de diámetro x 2 cm de espesor. El consumo de materiales incluye los componentes necesarios para generar el bioplástico, los hilados y los insumos utilizados para lavar los hilados. A continuación se encuentra la tabla realizada, donde se detallan los proveedores de los diferentes materiales, los precios y la cantidad específicamente utilizada.

**consumo de materiales para panel con trabajo superficial de 30 x 35 x 1,5 cm**

material	proveedor	consumo	precio
almidón de maíz	supermercado co.trans.	246 grs	\$46 / 1 kg
glicerina vegetal	droguería industrial uruguaya	154 grs	\$112,9 / 1 lt
carbonato de magnesio	droguería Paysandú	63 grs	\$238,16 / 1 kg
vinagre	supermercado co.trans.	0,092 lt	\$55 / 1 lt
agua bioplástico	OSE	0,768 lt	\$ 0,02 / 1 lt *
recortes de hilados	Manos del Uruguay	315 grs	donación
detergente neutro	droguería Paysandú	0,015 lt	\$44,71 / 1 lt
agua lavado	OSE	7,8 lt	\$ 0,02 / 1 lt *

\*cotización de OSE a enero del 2017 / consumo mensual de 5 a 10 m<sup>3</sup> - \$U 196,76 por mes  
1 m<sup>3</sup> = 1000 lt

Tabla XVIII. Consumo de materiales para panel con trabajo superficial de 30 x 35 x 1,5 cm

**consumo de materiales para móvil circular de 9,8 x 2 cm**

material	proveedor	consumo	precio
almidón de maíz	supermercado co.trans.	27,3 grs	\$46 / 1 kg
glicerina vegetal	droguería industrial uruguaya	17,1 grs	\$112,9 / 1 lt
carbonato de magnesio	droguería Paysandú	7 grs	\$238,16 / 1 kg
vinagre	supermercado co.trans.	0,010 lt	\$55 / 1 lt
agua bioplástico	OSE	0,085 lt	\$ 0,02 / 1 lt *
recortes de hilados	Manos del Uruguay	35 grs	donación
detergente neutro	droguería Paysandú	0,002 lt	\$44,71 / 1 lt
agua lavado	OSE	0,86 lt	\$ 0,02 / 1 lt *

\*cotización de OSE a enero del 2017 / consumo mensual de 5 a 10 m<sup>3</sup> - \$U 196,76 por mes  
1 m<sup>3</sup> = 1000 lt

Tabla XIX. Consumo de materiales para móvil circular de 9,8 x 2 cm

9.5.4 Costos de producción

Teniendo en cuenta las tablas de consumo de materiales, se prosiguió a calcular los costos de producción por panel y por móvil. El costo total de cada uno, se realizó sumando el costo total de materiales más el costo total de mano de obra, según los precios a Junio del 2017. No se tuvo en cuenta el costo de herramientas (moldes, marcos, tejido mosquitero, palo de amasar, etc) ya que se entienden como la inversión inicial que debería hacer la persona o empresa, así como tampoco se tuvieron en cuenta los gastos fijos que se tendrían (aportes sociales, luz, alquiler, etc). A continuación se encuentran las tablas con el desglose de costos de materiales y mano de obra.

En este caso, se mantuvo a los hilados utilizados como una donación. En caso de que se compraran a la empresa proveedora, debería agregarse su costo.

**costos de materiales para panel con trabajo superficial de 30 x 35 x 1,5 cm**

material	precio	consumo	costo
almidón de maíz	\$U 46 / 1 kg	0,246 kg	\$U 11,32
glicerina vegetal	\$U 112,9 / 1 lt	0,154 kg	\$U 17,38
carbonato de magnesio	\$U 238,16 / 1 kg	0,063 kg	\$U 15
vinagre	\$U 55 / 1 lt	0,092 lt	\$U 5,06
agua	\$U 0,02 / 1 lt *	8,6 lt	\$U 0,12
detergente neutro	\$U 44,71 / 1 lt	0,015 lt	\$U 0,67

**costo total materiales: UYU \$49,55**

\*cotización de OSE a enero del 2017  
consumo mensual de 5 a 10 m<sup>3</sup> - \$U 196,76 por mes  
1 m<sup>3</sup> = 1000 lt

Tabla XX. Costos de materiales para panel con trabajo superficial de 30 x 35 x 1,5 cm

Los costos de mano de obra fueron calculados teniendo en cuenta un jornal dentro del sector textil de \$U 90,31 por hora.

**costos de mano de obra para panel con trabajo superficial de 30 x 35 x 1,5 cm**

tarea	tiempo (horas)	costo
lavado	00:08:20	\$U 12,34
aprontar secado de hilados	00:02:00	\$U 3,01
cortado	00:19:45	\$U 29,27
realización bioplástico	00:26:30	\$U 39,58
armado panel	00:7:36	\$U 11,08

**costo total mano de obra: UYU \$95,28**

Tabla XXI. Costos de mano de obra para panel con trabajo superficial de 30 x 35 x 1,5 cm

## 9 | PANELES Y MÓVILES DE BIOPLÁSTICO E HILADOS

A partir del costo de materiales y de mano de obra por panel, se calculó el costo total, siendo el mismo de \$U 150,85.

costo total materiales: UYU \$49,55
+
costo total mano de obra: UYU \$101,3
<b>costo total de un panel de 30 x 35 x 1,5 cm: UYU \$150,85</b>

A continuación, se realizó el mismo procedimiento para calcular el costo por móvil.

costos de materiales para móvil circular de 9,8 x 2 cm			
material	precio	consumo	costo
almidón de maíz	\$U 46 / 1 kg	0,027 kg	\$U 1,42
glicerina vegetal	\$U 112,9 / 1 lt	0,017 kg	\$U 1,92
carbonato de magnesio	\$U 238,16 / 1 kg	0,007 kg	\$U 1,67
vinagre	\$U 55 / 1 lt	0,010 lt	\$U 0,55
agua	\$U 0,02 / 1 lt *	0,945 lt	\$U 0,012
detergente neutro	\$U 44,71 / 1 lt	0,002 lt	\$U 0,09
<b>costo total materiales: UYU \$5,66</b>		*cotización de OSE a enero del 2017 consumo mensual de 5 a 10 m <sup>3</sup> - \$U 196,76 por mes 1 m <sup>3</sup> = 1000 lt	

Tabla XXII. Costo de materiales para móvil circular de 9,8 x 2 cm

Una vez más, para calcular los costos de mano de obra, se tuvo en cuenta un jornal dentro del sector textil de \$U 90,31 por hora.

costos de mano de obra para móvil circular de 9,8 x 2 cm		
tarea	tiempo (horas)	costo
lavado	00:08:20	\$U 1,40
aprontar secado de hilados	00:01:00	\$U 1,50
cortado	00:02:30	\$U 3,45
realización bioplástico	00:3:00	\$U 4,50
armado móvil	00:2:00	\$U 3,01
<b>costo total mano de obra: UYU \$13,86</b>		

Tabla XXIII. Costo de mano de obra para móvil circular de 9,8 x 2 cm

Teniendo en cuenta el costo de materiales y de mano de obra por móvil, se pudo calcular su costo total, siendo el mismo de \$U 19,52.

costo total materiales: UYU \$5,66
+
costo total mano de obra: UYU \$13,86
<b>costo total de un móvil de 9,8 x 2 cm: UYU \$19,52</b>

Según los costos estimados, se entiende que el material generado, tanto en su presentación como panel o móvil, es sumamente económico. Esto permitiría desarrollar un producto sumamente competitivo en función de su precio, dado que, si se lo compara con el de los productos y materiales relevados en el Capítulo 7, es sumamente inferior.

### 9.5.5 Estimación de producción anual

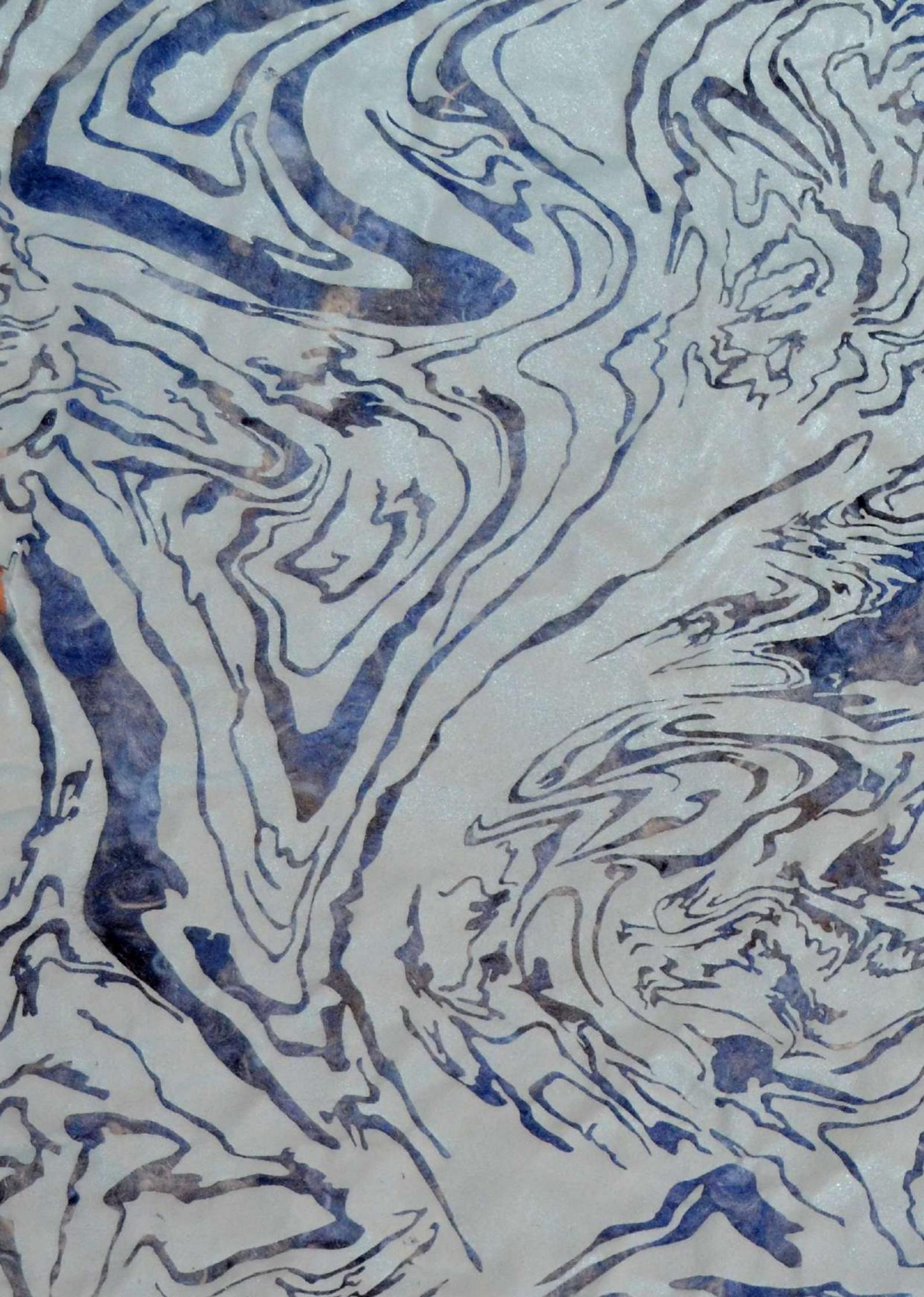
Para finalizar este capítulo, se decidió realizar un cálculo estimativo de cuántos paneles o móviles sería posible producir anualmente, a partir de los restos de hilados de lana desechados por Manos del Uruguay. Para esto, fue necesario tener en cuenta los datos expresados en el Capítulo 6, respecto a la cantidad anual de desechos que posee la empresa aproximadamente. A su vez, se debió utilizar el consumo de recortes de hilados que implicaba un panel con trabajo superficial o un móvil.

Como se explicó en el Capítulo 6, se podría estimar un mínimo de 84 kg de refugo producidos anualmente por Manos del Uruguay. Esta cantidad es aproximada, ya que depende de la cantidad y el tipo de prendas producidas por temporada.

Teniendo en cuenta que un panel con trabajo superficial, de 30 x 35 x 1,5 cm, tiene un consumo de recortes de hilados correspondiente a 0,315 kg, con 84 kg de refugo se podrían producir 266 paneles por año. En el caso de los móviles, los mismos requieren un consumo de 0,035 kg recortes de hilados por unidad, lo cual permitiría realizar 2400 móviles anualmente, a partir de 84 kg de refugo.



De esta forma, se puede concluir que únicamente empleando a Manos del Uruguay como fuente de materia prima, se podría realizar una escasa producción ya sea de paneles como de móviles.





10

---

conclusiones

# 10. CONCLUSIONES

A modo de conclusión, se entiende que se logró cumplir con los objetivos planteados al comienzo de la tesis. Teniendo en cuenta el objetivo general de la misma, contribuir en la búsqueda de nuevas soluciones referentes a la absorción acústica, se cree que se lograron aportes específicos y a su vez se dejaron planteadas varias líneas de trabajo por las cuales se podría continuar profundizando aún más.

Por otra parte, se logró generar una gran variedad de materiales, si bien algunos propicios para la absorción acústica y otros no, todos fueron elaborados a partir del mismo desecho textil, alcanzándose otro de los objetivos que consistía en reciclar desechos de la industria textil.

Dado que muchos de los materiales creados no tuvieron utilidad para esta tesis, pero si podrían tenerlo para otros proyectos, y pudiendo apreciar la gran cantidad de trabajos que se realizan en la EUCD referentes al desarrollo de materiales, se considera interesante sugerir la posibilidad de crear una biblioteca de materiales dentro de la Escuela Universitaria Centro de Diseño, donde puedan almacenarse trabajos de estudiantes y docentes, por categoría y con las especificaciones pertinentes, ya sea de su elaboración o sus propiedades.

A nivel personal, tuve la oportunidad hace unos años de poder estar en la Central Saint Martins - University of the Arts London, allí pude apreciar un espacio dedicado a esta función específicamente. Esta biblioteca de materiales, permite a los estudiantes a la hora de comenzar un trabajo, poder consultar qué es lo que ya se ha hecho y cómo se puede continuar avanzando, profundizando y generando cosas realmente nuevas.

En lo que respecta particularmente a este trabajo, se pudo crear un material para disminuir los tiempos de reverberación en una edificación, con bajos costos de producción, cumpliéndose así otro de los objetivos específicos.

El material obtenido resultó con una estética sumamente interesante y diferente a los ofrecidos en el mercado nacional e internacional. Esto se debió, en parte, a la propia textura visual del refugo utilizado. La mezcla de colores, espesores y texturas de los hilados, le brindan al material una impronta propia muy particular. Por otra parte, el trabajo superficial que se le realizó a través del uso de moldes, ayudó a modificar la estética inicialmente planteada.

Con respecto a dicho trabajo superficial, se entiende como una línea de investigación a través de la cual se podría continuar profundizando. Lo interesante, en este caso, fue plantearse la posibilidad de diseñar patrones para generar en la superficie del material que no solo se vieran atractivos a nivel estético, sino que también tuvieran una contribución en lo que refiere a la absorción acústica. Si bien de esta manera se logró aumentar el coeficiente de absorción, principalmente en los móviles realizados, se entiende que se podría continuar re diseñando y modificando dichos patrones, sus formas y tamaños, para lograr aún mejores resultados.

Otro camino de trabajo que se deja planteado, es la posibilidad de mejorar la durabilidad del material, tratando su superficie con alguna sustancia hidrófuga. Claramente, se debería trabajar en este aspecto sin modificar los coeficientes de absorción acústica del material, ni sus propiedades de reacción al fuego.

A su vez, se propone la posibilidad de trabajar en la reacción al fuego del mismo. Si bien en los ensayos realizados se obtuvieron muy buenos resultados en este aspecto, se podría incluir en la composición del material algún producto o sustancia retardante de llama. Una vez más, esta línea de trabajo debería realizarse teniendo en cuenta la no modificación de la absorción acústica.

Dado el alcance de una tesis de grado y las limitantes de tiempos, no se llegó a concluir en un producto específico. Si

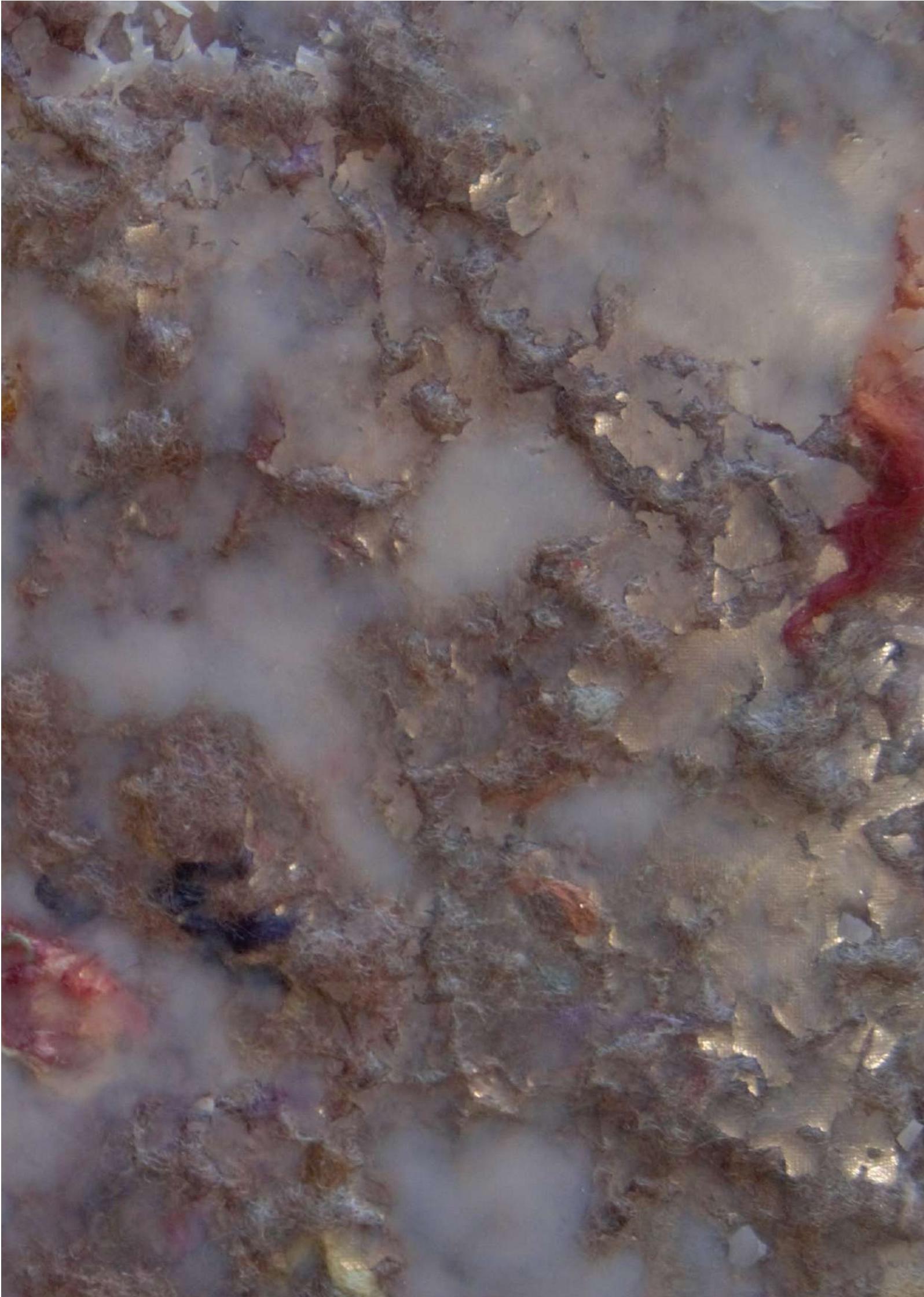
bien se logró generar un material que cumple con los objetivos planteados, y a su vez se pudo crear dos presentaciones del mismo (móviles y paneles), existen resoluciones a nivel de cómo se colocarían sobre paredes y techos que no fueron planteadas. Por lo tanto, se entiende que se podrían desarrollar trabajos futuros que se enfoquen en la elaboración de productos específicos, utilizando como punto de partida el material creado.

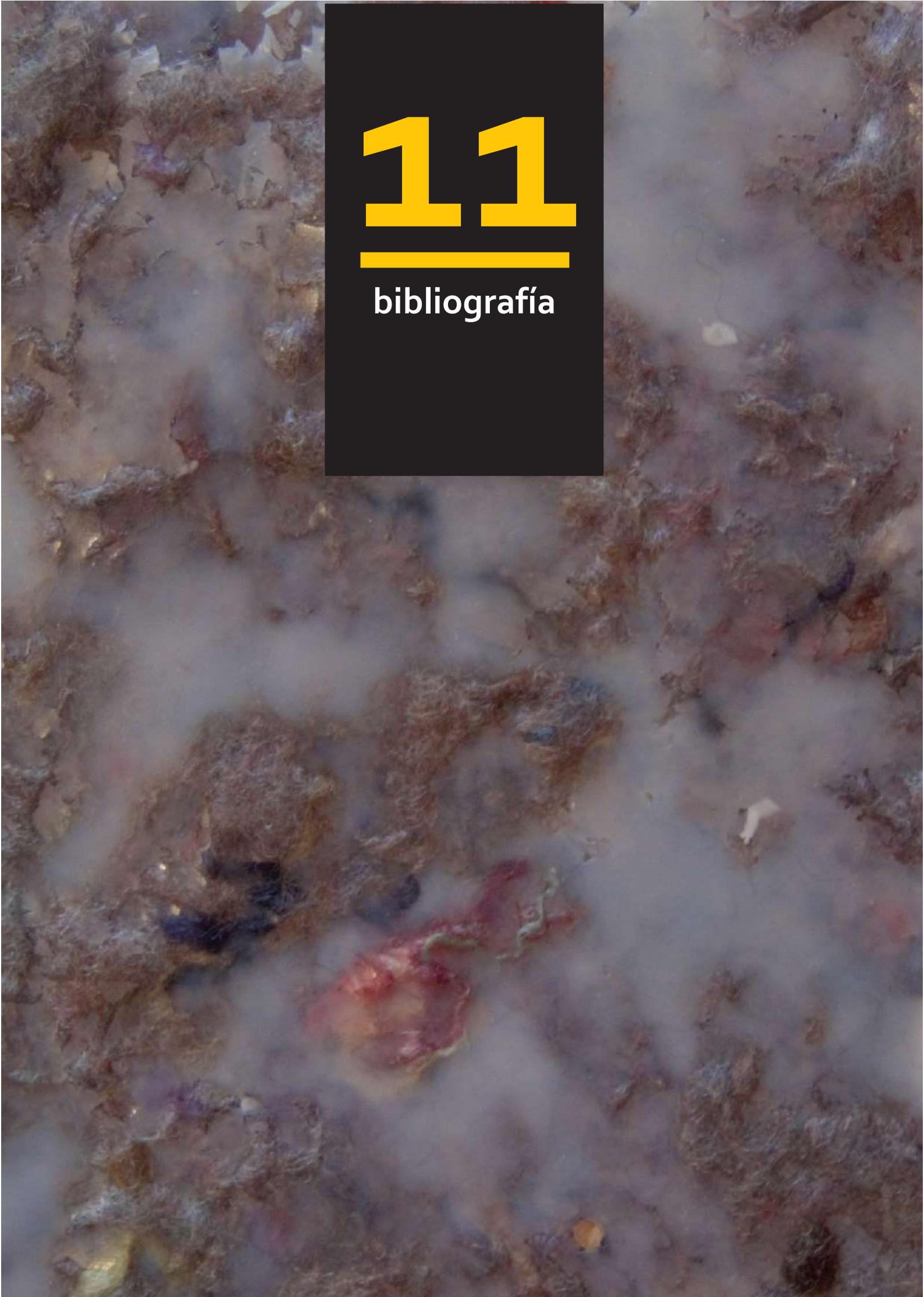
Por último, se proyecta la posibilidad de darle a este trabajo un carácter de tipo social, el cual podría ser trabajado por diferentes vías. Por un lado, dado que una de las ventajas del material desarrollado fue su fácil y rápida realización, se entiende que se podría generar algún tipo de proyecto en el cual se enseñe la técnica a personas en situación de desempleo, privadas de libertad, u otra situación de marginación o vulnerabilidad. De esta forma, se les brindaría una herramienta que les podría servir como salida laboral.

Otra posibilidad sería, aprovechando los bajos costos del material, trabajar en el acondicionamiento de escuelas públicas, donde exista poco presupuesto para el acondicionamiento edilicio. Se podría trabajar en jornadas en conjunto con padres y voluntarios, enseñándoles a elaborar el material y de esta forma crear los paneles o móviles a colocar en las aulas de los niños u otros espacios de las instituciones.

Por último, lográndose aplicar en escala real el material se podrían apreciar otros aspectos del mismo, como por ejemplo su durabilidad real. Claramente la misma podría variar en función de las características del ambiente en el que se coloque (humedad, temperatura, luz solar directa, etc.), pero de todas formas permitiría evaluar el material acústicamente a medida que el tiempo transcurre, para determinar exactamente si en algún momento comienza a perder sus propiedades como absorbente acústico, y, en caso de que así sea, cuándo ocurre esto.

Desde lo personal, fue un trabajo que me permitió comenzar a introducirme en el tema de desarrollo de materiales y en lo que es el ámbito de acondicionamiento acústico, resultándome ambas temáticas sumamente interesantes, y dejándome motivada a la posibilidad de continuar trabajando en dichos campos. A su vez, el poder trabajar en conjunto con otras disciplinas ajenas al diseño textil, fue sumamente interesante y enriquecedor a nivel personal y profesional.





11

bibliografía

ACCOLTI, Ernesto; Miechi, Pablo; Miyara, Federico; Pasch, Vivian. *Acoustic absorbers based on recycled materials*. En: X Congreso FIA, Buenos Aires, Argentina, Setiembre 2016. Sustainable Materials for Sound Absorption and Insulation: Paper ICA2016-852.

ACETATO DE POLIVINILO [online] Disponible en: <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com.uy/2012/02/el-poliacetato-de-vinilo-acetato-de.html> [acceso 12/11/2016]

ALBA FERNÁNDEZ, Jesús; J.A. Martínez Mora; Ramis Soriano, Jaime; Uris Martínez, Antonio. *Curso experimental de acústica en salas*. Valencia: Universidad politécnica de Valencia, 1998.

ÁLVAREZ, Oscar; Medina, Jorge; Jiménez, Isabel; Balledteros, Diego; Merchán, Julie. Estudio de la biodegradación aerobia de almidón termoplástico (TPS). *Suplemento de la Revista Latinoamericana de Metalurgia y Materiales*, 2009, s.1, p. 39-44.

ANNE KYÖ QUINN. *Proyectos* [online] Disponible en: <http://www.annekyroquinn.com/> [acceso 25/07/2016]

ARMAS, Alejandro; Iasi, Federico; Marcovich, Norma; Moseiewicki, Mirna; Soto, Guillermo. *Biobased porous acoustical absorber made from polyurethane and waste tires particles*. En: X Congreso FIA, Buenos Aires, Argentina, Setiembre 2016. Sustainable Materials for Sound Absorption and Insulation: Paper ICA2016-865.

ATSDR. Peróxido de hidrógeno [online] Disponible en: [https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es\\_tfacts174.html](https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts174.html) [acceso 12/11/2016]

BAJPAI, Pratima. *Durable bioplastics*. Maine: Intertech Pita Ltd., 2011.

BALLARÍN, Leopoldo; Delgado, Ana. *Glosario de términos acústicos*. Madrid: Sociedad Española de Acústica, 2012.

BERGLUND, Birgitta; Lindvall, Thomas; Schwela, Dietrich. *Guidelines for community noise*. World Health Organization [online] Disponible en: <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/a68672.pdf> [acceso 10/07/2017]

BERTOLINI, Andrea. *Starches – Characterization, properties and applications*. Nueva York: Taylor and Francis Group, LLC, 2010.

BIDONDO, Alejandro; Botto, Gonzalo; Loria, Juan Manuel; Magliolo, Leonardo; Mansilla, Joaquín; Rosanigo, Gabriel; Urquiza, Nicolás. *Acoustic properties of recycled textile materials*. En: X Congreso FIA, Buenos Aires, Argentina, Setiembre 2016. Noise: Sources and control: FIA2016-116.

CASTRO, Joseph. *Ruido rosa* [online] Disponible en: <https://www.livescience.com/38464-what-is-pink-noise.html> [acceso 18/06/2017]

CERON, Alcy Rene. El problema de la hidrofiliidad en materiales plásticos derivados del almidón. *Biotecnología en el sector Agropecuario y Agroindustrial*, 2012, n. 2, p. 41-48.

CHEN, Jian; Du, Guocheng; Liu, Baihong; Zhang, Juan; Fang, Zhen. Biodegradation of wool waste and keratine production in scale-up fermenter with different strategies by *Stenotrophomonas maltophilia* BBE 11-1. *Bioresource Technology*, Marzo 2013, p. 286-291.

COPPENS, Thomas; de Decker, Jonathan; Debruycker, Vincent; Guissart, Céline; Lavendomme, Roy; Ozkan, Alp; Van Overmeir, Laureline; Verhaegen, François. Les polymères. *Printemps des sciences (ULB)*, 2010, s.1, p. 1. [online] Disponible en: <http://infosciences8.ulb.ac.be/videos/pds2010/files/expo/sciences/chimie/polymere1.pdf> [acceso 18/06/2017]

COTTLE, D.J.. *International sheep and wool handbook*. Nottingham: Nottingham University Press, 2010.

ENRÍQUEZ, Mario; Velasco, Reinaldo; Ortiz, Vicente. Composición y procesamiento de películas biodegradables basadas en almidón. *Biotecnología en el sector Agropecuario y Agroindustrial*, 2012, vol. 10, n. 1, p. 182-192.

GAJADÍAZ, Esteban. *Ingeniería acústica ambiental*. Valencia: Universidad politécnica de Valencia, 1996.

GONZÁLEZ, Alice Elizabeth. *Acústica Urbana*. Montevideo: MVOTMA, 2008.

GONZÁLEZ, Alice Elizabeth. *Contaminación Sonora y Derechos Humanos - Serie Investigaciones: Derechos humanos y políticas públicas N°2*. Montevideo: Defensoría del Vecino, 2012. [online] Disponible en: <http://www.defensordelvecino.gub.uy/IMAGENES/Foro%20Defensor%20C3%ADAs%20Locales/DDHHA.pdf> [acceso 15/03/2017]

HOLLEN, Norma; Langford, Anna L.; Saddler, Jame. *Introducción a los textiles*. México: Editorial Limusa S.A. de C.V. Noriega Editores, 1992.

IES VILLABA HERVÁS. *Procedimientos de fabricación* [online] Disponible en: [https://iesvillalbahervastecnologia.files.wordpress.com/2012/02/introduccion\\_y\\_sin\\_perdida\\_material.pdf](https://iesvillalbahervastecnologia.files.wordpress.com/2012/02/introduccion_y_sin_perdida_material.pdf) [acceso 25/04/2017]

IES VILLABA HERVÁS. *Procedimientos de fabricación - Bolque II* [online] Disponible en: <https://iesvillalbahervastecnologia.files.wordpress.com/2009/03/tecnicas-de-moldeo.pdf> [acceso 25/04/2017]

JOSSE, Rober. *La acústica en la construcción*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, S.A., 1975.

KOTTAS, Dimitris. *Materiales – Innovación y diseño*. Barcelona: Linksbooks, 2010.

KULA, Daniel; Ternaux, Elodie. *Materiology – The creative's guide to materials and technologies*. Amsterdam: Frame Publishers, 2009.

L A S E D A . *Polietileno tereftalato* [online] Disponible en: [http://laseda.es/index2.php?lang=es&ID\\_cat=&PID\\_cat=&SID\\_cat=338&SSID\\_cat=343](http://laseda.es/index2.php?lang=es&ID_cat=&PID_cat=&SID_cat=338&SSID_cat=343) [acceso 19/12/2016]

LEY DE SNELL [online] Disponible en: <https://www.math.ubc.ca/~cass/courses/m309-01a/chu/Fundamentals/snell.htm> [acceso 18/06/2017]

LEWIS, David; Rippon, John A.. *The coloration of wool and other keratin fibres*. West Yorkshire: SDC (Society of Dyers and Colourists), 2013.

MUNARI, Bruno. *¿Cómo nacen los objetos?*. Barcelona: Editorial Gustavo Gilí, S.A., 2010.

O EFA. *La contaminación sonora en Lima y Callao* [online] Disponible en: [https://www.oefa.gob.pe/?wpfb\\_dl=19087](https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=19087) [acceso 02/05/2017]

OFFECCT. *Soundwave Village, Acoustic panel* [online] Disponible en: <http://www.offecct.se/en/products/acoustic-panels/soundwaver-village> [acceso 04/03/2017]

OJER, Leire. *Absorbentes acústicos* [online] Disponible en: <http://www.ingenieriaacusticafacil.com/ingenieria-acustica-los-resonadores-como-absorbentes-acusticos/> [acceso 19/06/2017]

OPYPA. *Anuario 2015* [online] Disponible en: <http://www.mgap.gub.uy/unidad-ejecutora/oficina-de-programacion-y-politicas-agropecuarias/publicaciones/anuarios-opypa/2015> [acceso 16/10/2016]

PAOT. *Contaminación por ruido y vibraciones: Implicaciones en la salud y calidad de vida de la población urbana* [online] Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd65/ruidoo2.pdf> [acceso 02/05/2017]

PARRO. *Definición de pliten y conceptos relacionados* [online] Disponible en: <http://www.parro.com.ar/definicion-de-politeno> [acceso 19/12/2016]

PESOK, Juan Carlos. *Introducción a la tecnología textil* [online] Disponible en: <https://sites.google.com/site/introtecnotextil/home> [acceso 25/11/2016]

PLASTISOL [online] Disponible en: <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com.uy/2011/11/plastisol.html> [acceso 16/1/2017]

QUIMINET. *PET* [online] Disponible en: <https://www.quiminet.com/articulos/todo-lo-que-queria-saber-del-pet-2806.htm> [acceso 03/11/2016]

RAE [online] Disponible en: <http://dle.rae.es/>

RECUERO, Manuel. *Acústica arquitectónica – Soluciones prácticas*. Madrid: Editorial Paraninfo S.A., 1992.

RODRÍGUEZ, Ariel. Biodegradabilidad de materiales bioplásticos. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 2012, vol. 22, n. 3, p. 69 - 72.

STOREY, Joyce. *Manual de tintes y tejidos*. Madrid: Hermann Blume Central de Distribuciones S.A., 1989.

TECHNOLOGY ECONOMICS: SODIUM HYPOCHLORITE CHEMICAL PRODUCTION [online] Disponible en: <https://www.slideshare.net/intratec/sodium-hypochlorite-chemical-production> [acceso 12/11/2016]

THOMPSON, Rob. *Manufacturing processes for design professionals*. Nueva York: Thames & Hudson Inc., 2007.

VADEQUIMICA [online] Disponible en: <https://www.vadequimica.com/blog/2015/09/agua-oxigenada-equivalencia-entre-volumenes-y-porcentaje/> [acceso 06/10/2016]

VILCHIS, Luz del Carmen. *Metodología del diseño: Fundamentos teóricos*. México: Claves Latinoamericanas, S.A. de C.V., 1995.

WINGATE, Isabel B.. *Los géneros textiles y su selección*. México: Editorial Continental, 1973.

WOBEDO. *Catálogo* [online] Disponible en: <http://eng.wobedo.com/woolbubbles> [acceso 20/07/2016]

### 11.1 Videos consultados

MITK12VIDEOS. *Bioplastics*. [online] Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=ilPJkoyl5vQ&t=3175> [acceso 08/06/2016]

### 11.2 Índice de imágenes

Figura I. Onda sonora: características y partes. Imagen de autoría propia.

Figura II. Frecuencias audibles y no audibles por el hombre. Imagen de autoría propia.

Figura III. Fenómeno de reflexión y refracción. Imagen de autoría propia.

Figura IV. Fenómeno de absorción y transmisión de energía. Imagen de autoría propia.

Figura V. Campo acústico directo y reverberado. Imagen de autoría propia.

Figura VI. Mediciones con señal continua e interrumpida. Imagen de autoría propia.

Figura VII. Diagrama material poco aislante. Imagen de autoría propia.

Figura VIII. Diagrama material buen aislante. Imagen de autoría propia.

Figura IX. Diagrama material poco absorbente. Imagen de autoría propia.

Figura X. Diagrama material buen absorbente. Imagen de autoría propia.

Figura XI. Diagrama material absorbente poroso. Imagen de autoría propia.

Figura XII. Materiales absorbentes acústicos. Imagen de autoría propia generada a partir de fotos online. Fieltro [online]. Disponible en: <https://artama.es/es/fieltro-lana-20x80cm/646-fieltro-fino-lana-gris-oscurito-jaspeado-20x90cm.html> [acceso 08/03/2017]. Lana de roca [online]. Disponible en: <http://materialestermicosntic.blogspot.com uy/> [acceso 21/08/2017]. Yeso [online]. Disponible en: [http://www.texturise.club/2013/09/tileable-stucco-plaster-wall-maps\\_15.html](http://www.texturise.club/2013/09/tileable-stucco-plaster-wall-maps_15.html) [acceso 08/03/2017]. Corcho [online]. Disponible en: [http://www.eurovensa.com/industrial\\_y\\_multiusos.html](http://www.eurovensa.com/industrial_y_multiusos.html) [acceso 08/03/2017]. Lana de vidrio [online]. Disponible en: <http://www.rebarcouplermachine.com/sale-8632752-common-acoustic-fiber-glass-wool-insulation-materials-with-aluminum-foil-facing.html> [acceso 21/08/2017].

Figura XIII. Diagrama de absorbente de membrana o placa. Imagen de autoría propia generada a partir de foto online. Absorbente de membrana o placa [online] Disponible en: <http://www.ingenieriaacusticafacil.com/ingenieria-acustica-los-resonadores-como-absorbentes-acusticos/> [acceso 25/03/2017].

Figura XIV. Ejemplo de resonador [online]. Disponible en: [https://www.google.com.uy/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&ved=oahUKEwiVwsO9pqLVAhXDHZAKHWHSDLcQjxwIAw&url=https%3A%2F%2Fes.wikipedia.org%2Fwiki%2FAbsorbente\\_Helmholtz&psig=AFQjCNGCpyXXMh2d22oZeZ\\_kiOtY\\_Dp3QQ&ust=1500998813614036](https://www.google.com.uy/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&ved=oahUKEwiVwsO9pqLVAhXDHZAKHWHSDLcQjxwIAw&url=https%3A%2F%2Fes.wikipedia.org%2Fwiki%2FAbsorbente_Helmholtz&psig=AFQjCNGCpyXXMh2d22oZeZ_kiOtY_Dp3QQ&ust=1500998813614036) [acceso 25/03/2017].

Figura XV. Diagrama de absorbente resonador. Imagen de autoría propia generada a partir de foto online. Absorbente resonador [online] Disponible en: <http://www.ingenieriaacusticafacil.com/ingenieria-acustica-los-resonadores-como-absorbentes-acusticos/> [acceso 25/03/2017].

Figura XVI. Intensidades sonoras audibles por el hombre. Imagen de autoría propia.

Figura XVII. Exposición ocupacional. Imagen generada a partir de fotos online. Hombre con herramientas [online] Disponible en: <http://www.cenea.eu/cursos-de-ergonomia-y-libros/experto-en-evaluacion-y-gestion-del-ruido-ocupacional/> [acceso 03/05/2017] Oficina [online] Disponible en: <http://www.20minutos.es/noticia/1072381/0/ruido/productividad/estres/> [acceso 03/05/2017]

Figura XVIII. Exposición social. Imagen generada a partir de fotos online. Mujer escuchando música [online] Disponible en: <https://nl.pinterest.com/pin/308355905724556968/> [acceso 03/05/2017] Concierto [online] Disponible en: <http://durango.com.mx/evento/conciertos-en-durango-musica-local-y-nacional/> [acceso 03/05/2017]

Figura XIX. Exposición ambiental [online] Disponible en: <http://passionindesign.com/2014/11/17/masashi-wakui-photographer-japan/#jp-carousel-7685> [acceso 03/05/2017]

Figura XX. Persona molesta por ruido [online] Disponible en: <http://jonathanjaeger.com/?page=3> [acceso 03/05/2017]

Figura XXI. Madre con bebé llorando [online] Disponible en: <https://www.bebesymas.com/desarrollo/los-bebes-se-despiertan-por-la-noche-para-evitar-que-la-madre-se-quede-de-nuevo-embarazada-entre-otras-cosas> [acceso 03/05/2017]

Figura XXII. Disminución auditiva en niños [online] Disponible en: <http://embarazoactual.com/salud/trastornos-del-lenguaje-receptivo-en-ninos/> [acceso 03/05/2017]

Figura XXIII. Control auditivo [online] Disponible en: <https://cuponidad.pe/Default.aspx?OfferID=15118> [acceso 03/05/2017]

Figura XXIV. Reacción del Sistema Nervioso Central ante amenazas como el ruido. Imagen de autoría propia generada a partir de imagen online Disponible en: <http://writing.chrisvotey.com/blog/2015/04/01/amygdala-hijack-new-age-literary-term/> [acceso 03/05/2017]

Figura XXV. Trastorno de sueño en niños [online] Disponible en: [http://www.huffingtonpost.ca/2016/01/22/sleep-deprivation\\_n\\_9057448.html](http://www.huffingtonpost.ca/2016/01/22/sleep-deprivation_n_9057448.html) [acceso 03/05/2017]

Figura XXVI. Persona fatigada [online] Disponible en: <http://returntonow.net/2016/09/22/the-real-reason-you-get-sick-its-not-germs/> [acceso 03/05/2017]

Figura XXVII. Persona con trastorno del sueño [online] Disponible en: <https://ar.cienradios.com/que-problema-puede-traernos-dormir-con-el-celular-prendido/> [acceso 03/05/2017]

Figura XXVIII . Fotografía de restaurante [online] Disponible en: <http://diariodegastronomia.com/claves-para-lograr-un-restaurante-acusticamente-confortable/> [acceso 03/05/2017]

Figura XXIX. Medición de niveles sonoros en restaurante [online] Disponible en: <http://www.laverdad.es/murcia/v/20140120/murcia/nueva-ordenanza-ruidos-pondra-20140120.html> [acceso 03/05/2017]

Figura XXX. Ruido ambiente en el hogar y aprendizaje [online] Disponible en: <http://www.telemundo.com/el-poder-enti/2016/05/09/apaga-la-tv-el-ruido-de-fondo-podria-traerles-problemas-de-aprendizaje-tus> [acceso 03/05/2017]

- Figura XXXI. Pérdida de concentración [online] Disponible en: <http://www.diagramconsultores.com/noticias/salud/38758-un-chip-para-diagnosticar-el-trastorno-por-deficit-de-atencion-e-hiperactividad> [acceso 03/05/2017]
- Figura XXXII. Fotografía de oveja [online] Disponible en: <https://www.pinterest.com/pin/255227503853840164/> [acceso 13/03/2017]
- Figura XXXIII. Acercamiento de lana [online] Disponible en: <http://www.stonehavenfarm.com/page3/wool.html> [acceso 13/03/2017]
- Figura XXXIV. Gustave Courbet -"La hilandera dormida" (1853, óleo sobre lienzo) [online] Disponible en: <http://www.elcuadrodeldia.com/page/40> [acceso 13/03/2017]
- Figura XXXV. Hilatura artesanal con rueca en la actualidad [online] Disponible en: <https://www.pinterest.com/pin/416583034251297170/> [acceso 13/03/2017]
- Figura XXXVI. Ondulación natural de la lana [online] Disponible en: <https://www.pinterest.com/pin/505036545694153267/> [acceso 13/03/2017]
- Figura XXXVII. Fibras en el microscopio [online] Disponible en: <http://esencianimal.com/fibra-de-alpaca/> [acceso 13/03/2017]
- Figura XXXVIII. Corte transversal de fibra de lana [online] Disponible en: <http://1.bp.blogspot.com/RqE5owQlsEk/VJnsmOvUYI/AAAAAAAAARWk/picOw3ob2CE/s1600/Text%2Boo.jpg> [acceso 13/03/2017]
- Figura XXXIX. Fibra de lana en el microscopio [online] Disponible en: <http://brownsheepco.blogspot.com.uy/2015/04/all-about-wool.html> [acceso 13/03/2017]
- Figura XL. Región de América Latina con mayor producción ovina [online] Disponible en: <http://www.conceptdraw.com/examples/americanmap> [acceso 27/03/2017]
- Figura XLI. Zonas de Uruguay con producción ovina como principal recurso. Cottle, D.J.. International sheep and wool handbook. Nottingham: Nottingham University Press, 2010. P. 87, figura 4.2.
- Figura XLI. Hilados del catálogo de Manos del Uruguay presentes en el refugio utilizado. Imagen de autoría propia creada a partir del catálogo online de Manos del Uruguay [online]. Disponible en: <http://www.manosyarns.com/hilados/> [acceso 25/06/2017]
- Figura XLIII. Lana de vidrio con aluminio [online] Disponible en: [http://inverprimos.com/fibra-de-vidrio---duct-wrap---fiberglass\\_3\\_58\\_375\\_1544\\_\\_\\_](http://inverprimos.com/fibra-de-vidrio---duct-wrap---fiberglass_3_58_375_1544___) [acceso 08/03/2017]
- Figura XLIV. Planchas de lana de vidrio [online] Disponible en: <http://www.volcan.cl/hogar/producto.php?Producto=37> [acceso 08/03/2017]
- Figura XLV. Lana de roca con aluminio [online] Disponible en: [http://www.astis.com.ar/productos/aislacion\\_termica\\_lana\\_fieltro.php](http://www.astis.com.ar/productos/aislacion_termica_lana_fieltro.php) [acceso 08/03/2017]
- Figura XLVI. Planchas de lana de roca [online] Disponible en: <http://www.hynempaquetaduras.com/lana-de-roca.html#thumb> [acceso 08/03/2017]
- Figura XLVII. Paneles Acústicos Prats cuadrados [online] Disponible en: <https://www.facebook.com/AcusticosPrats/photos/a.1660094177561266.1073741828.1659822687588415/1669383643298986/?type=3&theater> [acceso 08/03/2017]

Figura XLVIII. Paneles Acústicos Prats rectangulares [online] Disponible en: <https://www.facebook.com/AcusticosPrats/photos/a.1660094177561266.1073741828.1659822687588415/1692163834354300/?type=3&theater> [acceso 08/03/2017]

Figura XLIX. Paneles Acústicos Prats en salón de clases [online] Disponible en: <https://www.facebook.com/AcusticosPrats/photos/a.1762836313953718.1073741836.1659822687588415/1762836357287047/?type=3&theater> [acceso 08/03/2017]

Figura L. Panel Ultimate Acoustic con cuñas [online] Disponible en: <http://www.ultimatesupport.com/products/ultimate-acoustics/ua-wpw-24.html> [acceso 08/03/2017]

Figura LI. Panel Ultimate Acoustic liso [online] Disponible en: <http://www.ultimatesupport.com/products/ultimate-acoustics/ua-wpb-12.html> [acceso 08/03/2017]

Figura LII. Panel Sonex Nueva Fórmula [online] Disponible en: <http://www.liraluzdecor.com.br/forros/removivel/illbruck.php> [acceso 08/03/2017]

Figura LIII. Paneles Sonex [online] Disponible en: <http://www.liraluzdecor.com.br/forros/removivel/illbruck.php> [acceso 08/03/2017]

Figura LIV. Panel Sonex Roc [online] Disponible en: <http://www.isocenter.com.uy/productos.htm> [acceso 08/03/2017]

Figura LV. Paneles Sonare revestidos en tela [online] Disponible en: [http://www.cibulis.com.uy/revestimientos\\_de\\_paredes\\_y\\_absorventes\\_acusticos.htm#sonare](http://www.cibulis.com.uy/revestimientos_de_paredes_y_absorventes_acusticos.htm#sonare) [acceso 08/03/2017]

Figura LVI. Panel Sonare [online] Disponible en: <https://www.madeiramadeira.com.br/revestimento-acustico-isover-isosound-glass-50mm-x-1-00m-x-2-40m-m2-50mm-x-1000mm-x-2400mm-16184.html> [acceso 08/03/2017]

Figura LVII. Paneles Isosound [online] Disponible en: <http://www.isopipe.eu/en/isosound.asp> [acceso 08/03/2017]

Figura LVIII. Loseta acústica Boreal [online] Disponible en: <http://hometeck.com.br/forros/forro-la-de-vidro/203-forrovid-boreal> [acceso 08/03/2017]

Figura LIX. Loseta acústica OMI [online] Disponible en: <http://hometeck.com.br/forros/forro-la-de-vidro/204-forrovid-omni> [acceso 08/03/2017]

Figura LX. Loseta Prisma velo negro [online] Disponible en: <https://www.construindoaseco.com.br/projetos/isosound/> [acceso 08/03/2017]

Figura LXI. Paneles con diferentes espesores de viruta [online] Disponible en: [http://pdf.archiexpo.es/pdf/knauf-amf/catalogo-productos/59162-212509-\\_25.html](http://pdf.archiexpo.es/pdf/knauf-amf/catalogo-productos/59162-212509-_25.html) [acceso 08/03/2017]

Figura LXII. Vista lateral de paneles Heradesign [online] Disponible en: [http://sztuka-architektury.pl/pub/magazyn\\_amf/artykuly/sport\\_bez\\_poglosu.html](http://sztuka-architektury.pl/pub/magazyn_amf/artykuly/sport_bez_poglosu.html) [acceso 08/03/2017]

Figura LXIII. Aplicación de Heradesign [online] Disponible en: <http://www.doneo.com.mt/Product.aspx?prodID=2884> [acceso 08/03/2017]

Figura LXIV. Aplicación de modelo Tulip con espuma [online] Disponible en: <https://www.pinterest.com/pin/344455071474442045/> [acceso 08/03/2017]

Figura LXV. Acercamiento modelo Tulip [online] Disponible en: <https://www.pinterest.com/pin/490188740673029192/> [acceso 08/03/2017]

Figura LXVI. Acercamiento panel de Anne Kyyro Quinn [online] Disponible en: <https://noticiasdecoramialab.wordpress.com/tag/bath/> [acceso 08/03/2017]

Figura LXVII. Aplicación panel de Anne Kyyro Quinn [online] Disponible en: <https://www.pinterest.com/pin/306667055860684933/> [acceso 08/03/2017]

Figura LXVIII. Acercamiento panel de Anne Kyyro Quinn [online] Disponible en: <http://www.designrulz.com/product-design/2012/09/reduce-noise-with-sound-insulation-wool-panels/> [acceso 08/03/2017]

Figura LXIX. Aplicación WoolBubbles [online] Disponible en: <https://decoracion2.com/opendeco/wobedo-insonorizacion-de-diseo/> [acceso 08/03/2017]

Figura LXX. Aplicación WoolBubbles [online] Disponible en: <http://www.wobedo.com/woolbubbles/> [acceso 08/03/2017]

Figura LXXI. Aplicación WoolBubbles [online] Disponible en: <http://eng.wobedo.com/inspiration/> [acceso 08/03/2017]

Figura LXXII. Soundwave village gris [online] Disponible en: <https://www.architonic.com/en/product/offecct-soundwave-village/1073971> [acceso 12/03/2017]

Figura LXXIII. Aplicación de Soundwave village [online] Disponible en: <http://www.offecct.se/en/products/acoustic-panels/soundwaver-village> [acceso 12/03/2017]

Figura LXXIV. Soundwave village gris oscuro [online] Disponible en: <https://www.architonic.com/en/product/offecct-soundwave-village/1073971> [acceso 12/03/2017]

Figura LXXV. Paneles Natural Acoustics, fieltro de lana [online] Disponible en: <http://www.woollyshepherd.co.uk/acoustic-clouds/> [acceso 13/03/2017]

Figura LXXVI. Paneles Leaves, fieltro [online] Disponible en: <http://johansondesign.com/products/sound-absorbers/leaves> [acceso 13/03/2017]

Figura LXXVII. Paneles Clouds, tela [online] Disponible en: <https://www.dezeen.com/2009/01/16/clouds-by-ronan-and-erwan-bouroullec/> [acceso 13/03/2017]

Figura LXXVIII. Paneles acústicos Ginkgo, fieltro poliéster [online] Disponible en: <http://www.blastation.com/products/product-families/ginkgo/ginkgo> [acceso 13/03/2017]

Figura LXXIX. Paneles acústicos Baux, viruta de madera [online] Disponible en: <http://www.baux.se/acoustic-wood-wool-panels/> [acceso 13/03/2017]

Figura LXXX. Paneles Aircone, fieltro y rieles de aluminio [online] Disponible en: <https://abstracta.se/product/aircone/> [acceso 13/03/2017]

Figura LXXXI. Paneles Fort, PET de botellas recicladas [online] Disponible en: <http://planarq.blogspot.com.uy/2009/07/sistema-de-paneles-acusticos-partir-de.html> [acceso 13/03/2017]

Figura LXXXII. Paneles Soundwave Flo, fibras de poliéster recicladas [online] Disponible en: [http://luxurylaunches.com/decor/the\\_soundwave\\_flo\\_wall\\_panels\\_for\\_a\\_clam\\_yet\\_stylish\\_environment.php](http://luxurylaunches.com/decor/the_soundwave_flo_wall_panels_for_a_clam_yet_stylish_environment.php) [acceso 13/03/2017]

Figura LXXXIII. Paneles móviles Pannelo Paraventi, fieltro de lana [online] Disponible en: <https://www.filzfelt.com/index.php?/shop/product/pannelo-paravent> [acceso 13/03/2017]

Figura LXXXIV. Paneles Ecooustic Foliar, PET y policarbonato [online] Disponible en: <https://unikavaev.com/products/acoustic-products/ecoustic-foliar/> [acceso 13/03/2017]

Figura LXXXV. Paneles acústicos Aleksandra Gaca, lana, mohair y fibras metálicas [online] Disponible en: <http://www.aleksandrakaca.nl/news.htm> [acceso 13/03/2017]

Figura LXXXVI. Paneles Polarmoss, musgo y corcho [online] Disponible en: <http://www.contemporist.com/see-how-people-are-using-moss-to-bring-a-touch-of-nature-indoors/> [acceso 13/03/2017]

Figura LXXXVII. Pared acústica por Caty Palmer, fieltro de lana [online] Disponible en: <https://www.pinterest.com/pin/555420566517813403/> [acceso 13/03/2017]

Figura LXXXVIII. Paneles móviles Wave, fieltro y marco de aluminio [online] Disponible en: <http://archiproducts.tumblr.com/post/110366140433/more-than-50-ideas-to-divide-your-spaces-on> [acceso 13/03/2017]

Figura LXXXIX. Paneles North Tiles, tela y espuma de poliuretano [online] Disponible en: <http://davidreport.com/200707/north-tiles-in-paris-2007/> [acceso 13/03/2017]

Figura XC. Paneles Indigo, esponja vegetal [online] Disponible en: <http://hellothisisnotjoe.tumblr.com/> [acceso 13/03/2017]

Figura XCI. Materia prima en estado inicial. Imagen de autoría propia.

Figura XCII. Clasificación de materia prima. Imagen de autoría propia.

Figura XCIII. Proceso de lavado. Imagen de autoría propia.

Figura XCIV. Enjuague de hilados. Imagen de autoría propia.

Figura XCV. Secado de hilados. Imagen de autoría propia.

Figura XCVI. Tipos de procesamiento de hilados. Imagen de autoría propia.

Figura XCVII. Proceso de cortado. Imagen de autoría propia.

Figura XCVIII. Proceso de trituración. Imagen de autoría propia.

Figura XCIX. Segundo proceso de trituración. Imagen de autoría propia.

Figura C. Desenredando fibras en ambos procesos de trituración. Imagen de autoría propia.

Figura CI. Primera prueba con hipoclorito de sodio. Imagen de autoría propia.

Figura CII. Segunda prueba con hipoclorito de sodio. Imagen de autoría propia.

Figura CIII. Pruebas de decolorado con agua oxigenada 200 volúmenes. Imagen de autoría propia.

Figura CIV. Muestras de hilados utilizadas. Imagen de autoría propia.

Figura CV. Pruebas de decolorado con hilados de grosor medio en tonos azulados. Imagen de autoría propia.

Figura CVI. Pruebas de decolorado con hilados tipo mecha en tonos rojizos. Imagen de autoría propia.

Figura CVII. Pruebas de decolorado con hilados tipo mecha en tonos azulados. Imagen de autoría propia.

Figura CVIII. Pruebas de decolorado con hilados de grosor medio en tonos rojizos y grises. Imagen de autoría propia.

Figura CIX. Monómero de glucosa [online] Disponible en: <http://www.iqb.es/nutricion/indices%20glucemicos/indice01.htm> [acceso 23/03/2017]

Figura CX. Polímero de celulosa [online] Disponible en: <https://www.eii.uva.es/organica/qoi/tema-03.php> [acceso 23/03/2017]

Figura CXI. Polímero de almidón [online] Disponible en: <http://www.quimitube.com/como-se-detecta-almidon-muestra-de-alimento> [acceso 23/03/2017]

Figura CXII. Preparación bioplástico. Imagen de autoría propia.

Figura CXIII. Mezclado hilados con bioplástico. Imagen de autoría propia.

Figura CXIV. Colocación del material en molde y amasado. Imagen de autoría propia.

Figura CXV. Foto muestra #1. Imagen de autoría propia.

Figura CXVI. Foto muestra #2. Imagen de autoría propia.

Figura CXVII. Foto muestra #3. Imagen de autoría propia.

Figura CXVIII. Foto muestra #4. Imagen de autoría propia.

Figura CXIX. Foto muestra #5. Imagen de autoría propia.

Figura CXX. Foto muestra #6. Imagen de autoría propia.

Figura CXXI. Foto muestra #7. Imagen de autoría propia.

Figura CXXII. Foto muestra #8. Imagen de autoría propia.

Figura CXXIII. Foto muestra #6 B. Imagen de autoría propia.

Figura CXXIV. Mezclado de hilados con cola vinílica y agua. Imagen de autoría propia.

Figura CXXV. Colocación del material en el molde. Imagen de autoría propia.

Figura CXXVI. Preparación de hilados. Imagen de autoría propia.

Figura CXXVII. Incorporación de cola vinílica y agua. Imagen de autoría propia.

Figura CXXVIII. Foto muestra #9. Imagen de autoría propia.

Figura CXIX. Foto muestra #10. Imagen de autoría propia.

Figura CXXX. Foto muestra #11. Imagen de autoría propia.

Figura CXXXI. Proceso industrial de elaboración de papel. KULA, Daniel; Ternaux, Elodie. *Materiology – The creative's guide to materials and technologies*. Amsterdam: Frame Publishers, 2009, p. 29, figura 1.

Figura CXXXII. Distintos usos del papel [online] Disponible en: <http://fabricaciondepulpaypapel1930175.blogspot.com.uy/2015/03/proceso-de-fabricacion-de-pulpa-y-papel.html> [acceso 27/03/2017]

Figura CXXXIII. Papel de diario [online] Disponible en: <http://www.360degreemarketing.com.au/Blog/bid/407637/The-Top-Newspaper-Advertising-Tips> [acceso 27/03/2017]

Figura CXXXIV. Papel de impresión [online] Disponible en: <http://www.triperinas.gr/product/xapti-koy%CF%83e-50x70-40ogr-principado/> [acceso 27/03/2017]

Figura CXXXV. Reciclaje industrial de papel [online] Disponible en: <http://reciclajesavi.es/como-se-produce-el-papel-reciclado-industrial/> [acceso 27/03/2017]

Figura CXXXVI. Reciclaje artesanal de papel [online] Disponible en: <http://miprimerpapelreciclado.blogspot.com.uy/> [acceso 27/03/2017]

Figura CXXXVII. Papel utilizado. Imagen de autoría propia.

Figura CXXXVIII. Preparación de la pulpa de papel. Imagen de autoría propia.

Figura CXXXIX. Preparación de pulpa de papel e hilados triturados. Imagen de autoría propia.

Figura CXL. Drenado de la mezcla. Imagen de autoría propia.

Figura CXLI. Armado de la muestra. Imagen de autoría propia.

Figura CXLII. Foto muestra #12. Imagen de autoría propia.

Figura CXLIII. Foto muestra #13. Imagen de autoría propia.

Figura CXLIV. Foto muestra #14. Imagen de autoría propia.

Figura CXLV. Foto muestra #15. Imagen de autoría propia.

Figura CXLVI. Derecho muestra #16. Imagen de autoría propia.

Figura CXLVII. Revés muestra #16. Imagen de autoría propia.

Figura CXLVIII. Foto muestra #17. Imagen de autoría propia.

- Figura CXLIX. Plástico virgen [online] Disponible en: <http://www.enerplastics.com/productoverview.htm> [acceso 27/03/2017]
- Figura CL. Distintos usos del plástico [online] Disponible en: <http://tecnologia1-chaconperalta.blogspot.com.uy/> [acceso 27/03/2017]
- Figura CLI. Polimerización. KULA, Daniel; Ternaux, Elodie. *Materiology – The creative's guide to materials and technologies*. Amsterdam: Frame Publishers, 2009, p. 67, figura 1.
- Figura CLII. Comparación estructural de termoplástico y plástico termoestable. KULA, Daniel; Ternaux, Elodie. *Materiology – The creative's guide to materials and technologies*. Amsterdam: Frame Publishers, 2009, p. 67, figura 3.
- Figura CLIII. Formas de organización de las cadenas moleculares. KULA, Daniel; Ternaux, Elodie. *Materiology – The creative's guide to materials and technologies*. Amsterdam: Frame Publishers, 2009, p. 67, figura 2.
- Figura CLIV. Armado de muestra con PET. Imagen de autoría propia.
- Figura CLV. Armado de la muestra. Imagen de autoría propia.
- Figura CLVI. Armado de la muestra. Imagen de autoría propia.
- Figura CLVII. Armado de la muestra. Imagen de autoría propia.
- Figura CLVIII. Foto muestra #18. Imagen de autoría propia.
- Figura CLIX. Foto muestra #19. Imagen de autoría propia.
- Figura CLX. Foto muestra #20. Imagen de autoría propia.
- Figura CLXI. Foto muestra #21. Imagen de autoría propia.
- Figura CLXII. Foto muestra #22. Imagen de autoría propia.
- Figura CLXIII. Foto muestra #23. Imagen de autoría propia.
- Figura CLXIV. Plastisol [online] Disponible en: <http://www.muyclothing.com/tintas-para-serigrafia.php> [acceso 27/03/2017]
- Figura CLXV. Estampación con serigrafía [online] Disponible en: <http://www.impresoscancun.com/wp/serigrafia/> [acceso 26/03/2017]
- Figura CLXVI. Proceso de estampación. Imagen de autoría propia.
- Figura CLXVII. Proceso de estampación. Imagen de autoría propia.
- Figura CLXVIII. Costura de hilados. Imagen de autoría propia.
- Figura CLXIX. Disolución de la entretela en agua. Imagen de autoría propia.
- Figura CLXX. Afieltrado con aguja. Imagen de autoría propia.
- Figura CLXXI. Foto muestra #24. Imagen de autoría propia.

Figura CLXXII. Foto muestra #25. Imagen de autoría propia.

Figura CLXXIII. Derecho muestra #26. Imagen de autoría propia.

Figura CLXXIV. Revés muestra #26. Imagen de autoría propia.

Figura CLXXV. Derecho muestra #27. Imagen de autoría propia.

Figura CLXXVI. Revés muestra #27. Imagen de autoría propia.

Figura CLXXVII. Diagrama de tela no tejida KULA, Daniel; Ternaux, Elodie. *Materiology – The creative's guide to materials and technologies*. Amsterdam: Frame Publishers, 2009, p. 87, figura 5.

Figura CLXXVIII. Proceso de afieltrado artesanal [online] Disponible en: <https://www.guioteca.com/manualidades-y-artesania/fieltro-como-crear-una-tela-con-tus-propias-manos/> [acceso 26/03/2017]

Figura CLXXIX. Foto muestra #28. Imagen de autoría propia.

Figura CLXXX. Foto muestra #29. Imagen de autoría propia.

Figura CLXXXI. Foto muestra #30. Imagen de autoría propia.

Figura CLXXXII. Paneles en bioplástico y lana. Imagen de autoría propia.

Figura CLXXXIII. Panel en fieltro agujado estampado con plastisol. Imagen de autoría propia.

Figura CLXXXIV. Panel en papel y lana. Imagen de autoría propia.

Figura CLXXXV. Fieltro agujado sin estampar. Imagen de autoría propia.

Figura CLXXXVI. Fieltro agujado estampado. Imagen de autoría propia.

Figura CLXXXVII. Vista lateral del material. Imagen de autoría propia.

Figura CLXXXVIII. Panel en proceso de secado. Imagen de autoría propia.

Figura CLXXXIX. Panel lana y papel. Imagen de autoría propia.

Figura CXC. Vista lateral del panel. Imagen de autoría propia.

Figura CXCI. Paneles en proceso de secado. Imagen de autoría propia.

Figura CXCII. Paneles bioplástico y lana. Imagen de autoría propia.

Figura CXCIII. Vista lateral de los tres paneles. Imagen de autoría propia.

Figura CX CIV. Montaje en proceso de los paneles en fieltro estampado. Imagen de autoría propia.

Figura CX CV. Montaje de paneles de papel y lana. Imagen de autoría propia.

Figura CXCVI. Montaje de paneles de bioplástico y lana sobre mdf. Imagen de autoría propia.

Figura CXCVII. Muestra en bioplástico y lana de 30 x 35 x 1,5 cm. Imagen de autoría propia.

Figura CXCVIII. Moldeo por compresión. Imagen de autoría propia generada a partir de foto online [online] Disponible en: <http://www.switchboots.com/CompressionMolding.asp> [acceso 05/07/2017]

Figura CXCIX. Filamento PLA [online] Disponible en: <https://www.google.com.uy/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=imgres&cd=&ved=oahUKEwiryLr1uYnVAhUDf5AKHTJaB3MQjxwIAw&url=http%3A%2F%2Fwww.3ders.org%2Farticles%2F20170530-z-suite-update-zortrax-3d-printers-support-external-print-materials.html&psig=AFQjCNFpEaJp1GkCKZG9stGC77LWTEZ3Mg&ust=1500145044629865> [acceso 05/07/2017]

Figura CC. Impresora 3D [online] Disponible en: [https://www.google.com.uy/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&ved=oahUKEwijo4aoi4rVAhWFFpAKHarZAXoQjxwIAw&url=https%3A%2F%2Fwww.extremetech.com%2Ftag%2F3d-printing&psig=AFQjCNEJRF1WE6GRIYkCznJLj\\_ZHj\\_BERg&ust=1500145059129902](https://www.google.com.uy/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&ved=oahUKEwijo4aoi4rVAhWFFpAKHarZAXoQjxwIAw&url=https%3A%2F%2Fwww.extremetech.com%2Ftag%2F3d-printing&psig=AFQjCNEJRF1WE6GRIYkCznJLj_ZHj_BERg&ust=1500145059129902) [acceso 05/07/2017]

Figura CCI. Ejemplo de impresión 3D [online] Disponible en: <https://www.google.com.uy/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&ved=&url=https%3A%2F%2Fwww.economist.com%2Fnews%2Ftechnology-quarterly%2F21584449-how-3d-printers-work&psig=AFQjCNGOLn1CgEsTF7V24X4oboYffhiLg&ust=1500144712503130> [acceso 05/07/2017]

Figura CCII. Dibujo y modelado 3D pieza círculos concéntricos. Imagen de autoría propia.

Figura CCIII. Pieza impresa. Imagen de autoría propia.

Figura CCIV. Dibujo y modelado 3D pieza con textura facetada. Imagen de autoría propia.

Figura CCV. Pieza impresa. Imagen de autoría propia.

Figura CCVI. Pegado de las piezas. Imagen de autoría propia.

Figura CCVII. Molde para paneles de 30 x 35 x 1,5 cm terminado. Imagen de autoría propia.

Figura CCVIII. Proceso de armado de panel con molde. Imagen de autoría propia.

Figura CCIX. Proceso de desmolde del panel. Imagen de autoría propia.

Figura CCX. Panel con trabajo superficial frente y acercamiento. Imagen de autoría propia.

Figura CCXI. Panel con trabajo superficial dorso. Imagen de autoría propia.

Figura CCXII. Proceso de armado del móvil. Imagen de autoría propia.

Figura CCXIII. Proceso de desmolde del móvil. Imagen de autoría propia.

Figura CCXIV. Corte de móviles. Imagen de autoría propia.

Figura CCXV. Móviles. Imagen de autoría propia.

Figura CCXV. Móviles con círculos concéntricos. Imagen de autoría propia.

Figura CCXVI. Móviles con textura facetada. Imagen de autoría propia.

Figura CCXVII. Ensayos acústicos de paneles con trabajo superficial. Imagen de autoría propia.

Figura CCXVIII. Ensayos acústicos de móviles. Imagen de autoría propia.

Figura CCXIV. Ejemplo de placa de Petri [online] Disponible en: <https://www.tplaboratorioquimico.com/laboratorio-quimico/materiales-e-instrumentos-de-un-laboratorio-quimico/placa-de-petri.html> [acceso 26/07/2017]

Figura CCXV. Ejemplo de estufa de incubación [online] Disponible en: <http://www.galiza-analitica.com/microbiologia/instrumentacion-microbiologica/estufas-e-incubadores/> [acceso 26/07/2017]

Figura CCXVI. Ejemplos de ensayo de un único objeto ardiendo. Imagen generada a partir de fotos online [online] Disponibles en: [http://www.ipt.br/solucoes/complementos/23/316-reacao\\_ao\\_fogo\\_dos\\_materiais.htm](http://www.ipt.br/solucoes/complementos/23/316-reacao_ao_fogo_dos_materiais.htm) [acceso 17/07/2017] [http://www.vttexpertservices.com/services/testing-and-inspection/fire-safety-services/products-and-materials/fire-safety-of-construction-products/fire-testing-with-sbi-\(single-burning-item\)-en-13823](http://www.vttexpertservices.com/services/testing-and-inspection/fire-safety-services/products-and-materials/fire-safety-of-construction-products/fire-testing-with-sbi-(single-burning-item)-en-13823) [acceso 17/07/2017]

Figura CCXVII. Ejemplo cámara de combustión [online] Disponible en: <http://plastanalisi.it/instruments/reaction-to-fire-testing-ulg4-glow-wire-test> [acceso 26/07/2017]

Figura CCXVIII. Ejemplo de quemador [online] Disponible en: <http://www.emctech.com.au/safety-testing/> [acceso 26/07/2017]

Figura CCXIX. Ensayo de reacción al fuego sobre borde expuesto. Imagen de autoría propia.

Figura CCXX. Ensayo de reacción al fuego sobre borde expuesto II. Imagen de autoría propia.

Figura CCXXI. Resultados ensayo sobre superficie expuesta. Imagen de autoría propia.

Figura CCXXII. Resultados ensayo sobre borde expuesto. Imagen de autoría propia.

### 11.3 Índice de gráficos

Gráfico I. Participación de los principales exportadores en el mercado internacional de lana. OPYPA. Anuario 2015 [online] Disponible en: <http://www.mgap.gub.uy/unidad-ejecutora/oficina-de-programacion-y-politicas-agropecuarias/publicaciones/anuarios-opypa/2015> [acceso 16/10/2016] p. 65, cuadro 1.

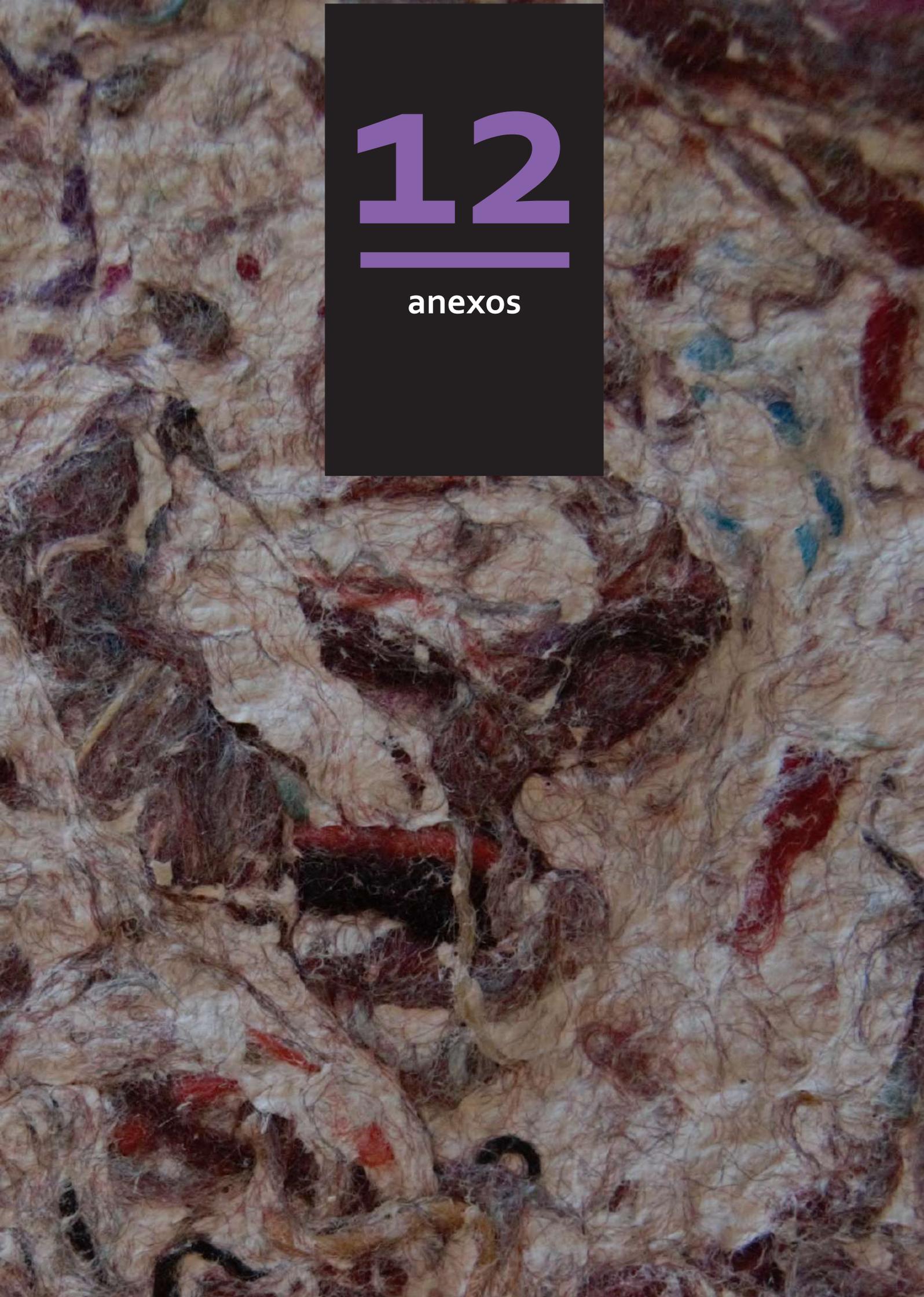
Gráfico II. Participación de los principales importadores en el mercado internacional de lana. OPYPA. Anuario 2015 [online] Disponible en: <http://www.mgap.gub.uy/unidad-ejecutora/oficina-de-programacion-y-politicas-agropecuarias/publicaciones/anuarios-opypa/2015> [acceso 16/10/2016] p. 66, cuadro 2.

### 11.4 Índice de tablas

Tabla I. División de frecuencias por banda de octavas y bandas de tercio de octava. Tabla de autoría propia basada en documento online [online] Disponible en: <http://www.eumus.edu.uy/docentes/maggiolo/acuapu/bcr.html> [acceso 08/03/2017]

- Tabla II. Comparación de productos según precio y coeficiente de absorción. Tabla de autoría propia.
- Tabla III. Coeficientes de absorción modelo Tulip. Tabla de autoría propia.
- Tabla IV. Decolorado con agua oxigenada 200 volúmenes. Tabla de autoría propia.
- Tabla V. Decolorado hilados de grosor medio en tonos azulados. Tabla de autoría propia.
- Tabla VI. Decolorado hilados de grosor medio en tonos rojizos y grises. Tabla de autoría propia.
- Tabla VII. Decolorado hilados tipo mecha en tonos azulados. Tabla de autoría propia.
- Tabla VIII. Decolorado hilados tipo mecha en tonos rojizos. Tabla de autoría propia.
- Tabla IX. Coeficientes de absorción para bandas de octava de 500 y 1000 Hz. Tabla de autoría propia.
- Tabla X. Coeficientes de absorción para diferentes bandas de octava. Tabla de autoría propia.
- Tabla XI. Coeficientes de absorción promedio. Tabla de autoría propia.
- Tabla XII. Coeficientes de absorción de paneles para diferentes bandas de octava. Tabla de autoría propia.
- Tabla XIII. Coeficientes de absorción de móviles para diferentes bandas de octava. Tabla de autoría propia.
- Tabla XIV. Coeficientes de absorción para diferentes bandas de octava. Tabla de autoría propia.
- Tabla XV. Clases según factor ensayado para productos de construcción. Tabla de autoría propia.
- Tabla XVI. Ensayos según clase. Tabla de autoría propia.
- Tabla XVII. Resultados del ensayo de reacción al fuego. Tabla de autoría propia.
- Tabla XVIII. Consumo de materiales para panel con trabajo superficial de 30 x 35 x 1,5 cm. Tabla de autoría propia.
- Tabla XIX. Consumo de materiales para móvil circular de 9,8 x 2 cm. Tabla de autoría propia.
- Tabla XX. Costos de materiales para panel con trabajo superficial de 30 x 35 x 1,5 cm. Tabla de autoría propia.
- Tabla XXI. Costos de mano de obra para panel con trabajo superficial de 30 x 35 x 1,5 cm. Tabla de autoría propia.
- Tabla XXII. Costo de materiales para móvil circular de 9,8 x 2 cm. Tabla de autoría propia.
- Tabla XXIII. Costo de mano de obra para móvil circular de 9,8 x 2 cm. Tabla de autoría propia.





12

anexos

## Fichas técnicas de materiales

### Muestra #1: Hilados enteros & Bioplástico

Composición: 23% hilados enteros (sin cortar) & 77% bioplástico

Dimensiones: 15 cm de lado / 0,70 cm de alto

Secado: 5 días en exterior al sol (condicionado al clima)

\*Proceso de realización con receta de bioplástico #1, explicado en el Capítulo 8



Foto muestra #1

### Muestra #2: Hilados cortados & Bioplástico

Composición: 20% hilados cortados & 80% bioplástico

Dimensiones: 15 cm de lado / 1 cm de alto

Secado: 5 días en exterior al sol (condicionado al clima)

\*Proceso de realización con receta de bioplástico #1, explicado en el Capítulo 8



Foto muestra #2

### Muestra #3: Hilados triturados & Bioplástico

Composición: 10% hilados triturados & 90% bioplástico

Dimensiones: 15 cm de lado / 0,4 cm de alto

Secado: 6 días en exterior al sol (condicionado al clima)

Observaciones: Cuesta lograr un completo secado, permaneciendo con cierta humedad.

\*Proceso de realización con receta de bioplástico #1, explicado en el Capítulo 8



Foto muestra #3

### Muestra #4: Hilados triturados dos veces & Bioplástico

Composición: 20% hilados triturados dos veces & 80% bioplástico

Dimensiones: 15 cm de lado / 0,5 cm de alto

Secado: 5 días en exterior al sol (condicionado al clima)

Observaciones: Cuesta lograr un completo secado, permaneciendo con cierta humedad.

\*Proceso de realización con receta de bioplástico #1, explicado en el Capítulo 8



Foto muestra #4

### Muestra #5: Hilados enteros & Bioplástico

Composición: 20% hilados enteros (sin cortar) & 80% bioplástico

Dimensiones: 15 cm de lado /1 cm de alto

Secado: 5 días en exterior al sol (condicionado al clima)

\*Proceso de realización con receta de bioplástico #2, explicado en el Capítulo 8



Foto muestra #5

### Muestra #6: Hilados cortados & Bioplástico

Composición: 20% hilados cortados & 80% bioplástico

Dimensiones: 15 cm de lado /1 cm de alto

Secado: 5 días en exterior al sol (condicionado al clima)

\*Proceso de realización con receta de bioplástico #2, explicado en el Capítulo 8



Foto muestra #6

### Muestra #6 B: Hilados cortados decolorados & Bioplástico

Composición: 20% hilados cortados decolorados & 80% bioplástico

Dimensiones: 15 cm de lado /1 cm de alto

Secado: 5 días en exterior al sol (condicionado al clima)

\*Proceso de realización con receta de bioplástico #2, explicado en el Capítulo 8

\*Los hilados se decoloraron con el decolorante para tejidos Colibrí, según el procedimiento detallado en el Capítulo 8. La proporción utilizada corresponde a la prueba 2 del decolorado de hilados de grosor medio en tonos rojizos y grises: 900 ml de agua + 18 gr de decolorante, cada 50 gr de hilados, durante 10 minutos.

Se utilizó esta proporción ya que se consideró la de mejores resultados.

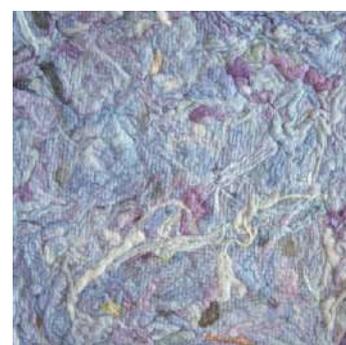


Foto muestra #6 B

### Muestra #7: Hilados triturado & Bioplástico

Composición: 20% hilados triturados & 80% bioplástico

Dimensiones: 15 cm de lado / 1 cm de alto

Secado: 4 días en exterior al sol (condicionado al clima)

\*Proceso de realización con receta de bioplástico #2, explicado en el Capítulo 8



Foto muestra #7

### Muestra #8: Hilados triturado dos veces & Bioplástico

Composición: 15% hilados triturados dos veces & 85% bioplástico

Dimensiones: 15 cm de lado / 0,9 cm de alto

Secado: 4 días en exterior al sol (condicionado al clima)

\*Proceso de realización con receta de bioplástico #2, explicado en el Capítulo 8



Foto muestra #8

**Muestra #9: Hilados triturados dos veces & cola vinílica con agua**

Composición: 11% hilados triturados, 18% cola vinílica & 71% agua  
1 medida de cola vinílica + 4 medidas de agua

Dimensiones: 15 cm de lado /1 cm de alto previo al secado - 0,2 cm de alto al secarse

Secado: Plancha de sublimación a 210° durante 5 minutos (en períodos de 30 segundos alternando de lado)

\*Proceso de realización #1, explicado en el Capítulo 8



Foto muestra #9

**Muestra #10: Hilados triturados dos veces, hilados cortados****& cola vinílica con agua**

Composición: 18% hilados triturados dos veces e hilados cortados, 27% cola vinílica & 55% agua  
1 medida de cola vinílica + 3 medidas de agua

Dimensiones: 15 cm de lado /1 cm de alto previo al secado - 0,4 cm de alto al secarse

Secado: Plancha de sublimación a 210° durante 5 minutos (en períodos de 30 segundos alternando de lado)

\*Proceso de realización #1, explicado en el Capítulo 8



Foto muestra #10

**Muestra #11: Hilados triturados dos veces & cola vinílica con agua**

Composición: 15% hilados triturados dos, 20% cola vinílica & 65% agua  
1 medida de cola vinílica + 3 medidas de agua

Dimensiones: 15 cm de lado /1 cm de alto previo al secado - 0,3 cm de alto al secarse

Secado: Plancha de sublimación a 210° durante 5 minutos (en períodos de 30 segundos alternando de lado)

\*Proceso de realización #2, explicado en el Capítulo 8



Foto muestra #11

Observaciones generales: Dificultades para alcanzar grandes espesores en materiales con cola vinílica.

## Muestra #12: Hilados triturado & pulpa de papel

Composición: 25% hilados triturados (peso en seco) & 75% papel (peso mojado)

Dimensiones: 15 cm de lado / 0,7 cm de alto

Secado: 3 días en exterior al sol (condicionado al clima)

\*Proceso de realización #1, explicado en el Capítulo 8



Foto muestra #12

## Muestra #13: Hilados triturados dos veces & pulpa de papel

Composición: 25% hilados triturados dos veces (peso en seco) & 75% papel (peso mojado)

Dimensiones: 15 cm de lado / 0,4 cm de alto

Secado: 3 días en exterior al sol (condicionado al clima)

\*Proceso de realización #1, explicado en el Capítulo 8

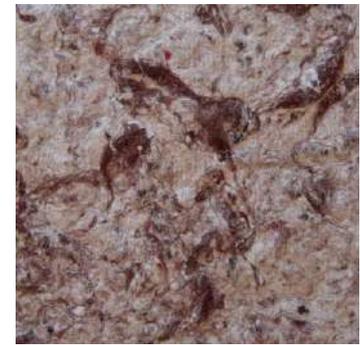


Foto muestra #13

## Muestra #14: Hilados triturados, hilados cortados & pulpa de papel

Composición: 14% hilados cortados (peso en seco), 36% hilados triturados (peso en seco) & 50% papel (peso en seco)

Dimensiones: 15 cm de lado / 0,8 cm de alto

Secado: 3 días en exterior al sol (condicionado al clima)

\*Proceso de realización #1, explicado en el Capítulo 8



Foto muestra #14

## Muestra #15: Hilados triturados, hilados cortados & pulpa de papel

Composición: 27% hilados triturados (peso en seco), 33% papel (peso en seco) & 40% hilados cortados (peso en seco)

Dimensiones: 15 cm de lado / 0,9 cm de alto

Secado: 3 días en exterior al sol (condicionado al clima)

\*Proceso de realización #1, explicado en el Capítulo 8



Foto muestra #15

Observaciones generales: La incorporación de hilados cortados (muestra #14 y #15) ayuda a obtener más fácilmente materiales de mayor espesor.

**Muestra #16: Hilados triturados & pulpa de papel**

Composición: 9% hilados triturados (peso en seco) & 91% papel (peso en seco)

Dimensiones: 15 cm de lado / 0,3 cm de alto

Secado: 4 días en exterior al sol (condicionado al clima)

\*Proceso de realización #2, explicado en el Capítulo 8

Observaciones: Material frágil. Los componentes presentan dificultades para unirse.



*Derecho muestra #16*



*Revés muestra #16*

**Muestra #17: Hilados triturados & pulpa de papel**

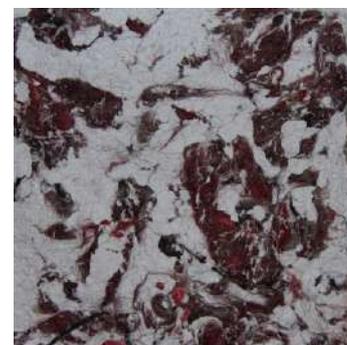
Composición: 50% hilados triturados (peso en seco) & 50% papel (peso mojado)

Dimensiones: 15 cm de lado / 0,5 cm de alto

Secado: 4 días en exterior al sol (condicionado al clima)

\*Proceso de realización #3, explicado en el Capítulo 8

Observaciones: Material frágil y poco homogéneo en comparación con las muestras #12 a #15.



*Derecho muestra #17*

## Muestra #18: Hilados triturados & PET

Composición: 50% hilados triturados & 50% PET (scrap)

Dimensiones: 15 cm de lado / 1,5 cm de alto,

\*Proceso de realización con PET, explicado en el Capítulo 8

Observaciones: Material frágil. La fundición de PET resulta dificultosa, por lo tanto los componentes no logran unirse completamente.

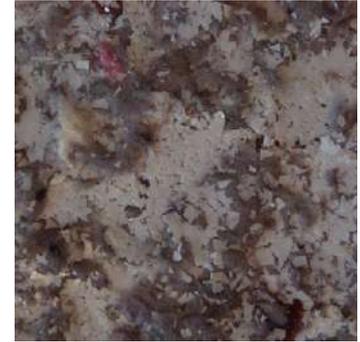


Foto muestra #18

## Muestra #19: Hilados triturados dos veces & polietileno baja y alta densidad

Composición: 40% hilados triturados dos veces & 60% PE (scrap)

Dimensiones: 15 cm de lado / 0,6 cm de alto

\*Proceso de realización con PE de baja y alta densidad, explicado en el Capítulo 8

Observaciones: El material se curva al enfriarse



Foto muestra #19

## Muestra #20: Hilados triturados & poliestireno

Composición: 50% hilados triturados dos veces & 50% poliestireno

Dimensiones: 15 cm de lado / 0,25 cm de alto

\*Proceso de realización con poliestireno, explicado en el Capítulo 8

Observaciones: Posee cierta flexibilidad



Foto muestra #20

## Muestra #21: Hilados triturados & polietileno virgen de baja densidad

Composición: 50% hilados triturados dos veces & 50% PE de baja densidad (virgen)

Dimensiones: 15 cm de lado / 0,5 cm de alto

\*Proceso de realización con PE de baja densidad virgen, explicado en el Capítulo 8



Foto muestra #21

**Muestra #22: Hilados triturados & bolsas de nylon**

Composición: 50% hilados triturados & 50% bolsas de nylon

Dimensiones: 15 cm de lado / 0,5 cm de alto

\*Proceso de realización con bolsas de nylon, explicado en el Capítulo 8



*Foto muestra #22*

**Muestra #23: Hilados triturados & tejido mosquitero plástico**

Composición: 35% hilados triturados & 65% tejido mosquitero

Dimensiones: 15 cm de lado / 0,6 cm de alto

\*Proceso de realización con tejido mosquitero, explicado en el Capítulo 8

Observaciones: Material no resulta bien aglomerado



*Foto muestra #23*

## Muestra #24: Hilados triturados & Plastisol

Composición: hilados triturados & plastisol

Dimensiones: 15 cm de lado / 0,8 cm de alto

Curado: Plancha de sublimación a 190°, durante 24 segundos

\*Proceso de realización #1, explicado en el Capítulo 8

Observaciones: Material no resulta bien aglomerado. Las fibras sin contacto con plastisol tienden a separarse.



Foto muestra #24

## Muestra #25: Hilados triturados dos veces & Plastisol

Composición: hilados triturados dos veces & plastisol

Dimensiones: 15 cm de lado / 0,4 cm de alto

Curado: Plancha de sublimación a 190°, durante 24 segundos

\*Proceso de realización #1, explicado en el Capítulo 8

Observaciones: Material no resulta bien aglomerado. Las fibras sin contacto con plastisol tienden a separarse. Cuesta más alcanzar espesores con los hilados triturados dos veces.



Foto muestra #25

## Muestra #26: Hilados triturados cosidos & Plastisol

Composición: hilados triturados, hilo de coser poliéster & plastisol

Dimensiones: 15 cm de lado / 0,8 cm de alto

\*Proceso de realización #2, explicado en el Capítulo 8

Observaciones: Mayor estabilidad que muestras #24 y #25



Derecho muestra #26



Revés muestra #26

**Muestra #27: Hilados triturados afieltrados & Plastisol**

Composición: hilados triturados & plastisol

Dimensiones: 15 cm de lado / 0,8 cm de alto

\*Proceso de realización #3, explicado en el Capítulo 8

Observaciones: Mayor estabilidad que muestras #24 y #25



*Derecho muestra #27*

## Muestra #28: Hilados triturados afieltrados

Composición: hilados triturados

Dimensiones: 15 cm de lado / 0,5 cm de alto

\*Proceso de realización mediante fieltro artesanal, explicado en el Capítulo 8

Observaciones: Fieltro de baja calidad. Algunas fibras cortas tienden a desprenderse del fieltro.

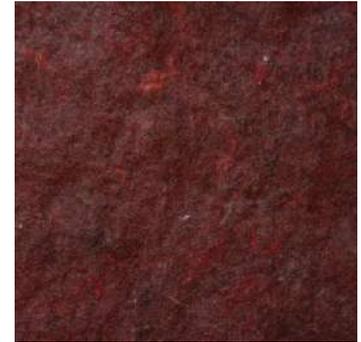


Foto muestra #28

## Muestra #29: Hilados triturados & liencillo - fieltro nuno

Composición: hilados triturados & liencillo

Dimensiones: 15 cm de lado / 0,4 cm de alto

\*Proceso de realización mediante fieltro artesanal, explicado en el Capítulo 8

Observaciones: Fieltro de baja calidad. Algunas fibras cortas tienden a desprenderse del fieltro. Posee más estabilidad que la muestra #28



Foto muestra #29

## Muestra #30: Hilados peinados afieltrados

Composición: hilados peinados

Dimensiones: 15 cm de lado / 0,5 cm de alto

\*Proceso de realización mediante fieltro artesanal, explicado en el Capítulo 8

Observaciones: Dificultades para separar las fibras del hilado. Proceso muy lento para poder preparar la materia prima, por este motivo se utilizó únicamente en esta muestra



Foto muestra #30

### Ficha técnica de paneles con hilados triturados afieltrados y plastisol

Composición: hilados triturados & plastisol

Dimensiones: 35 cm x 30 cm / 1 cm de alto

Peso: 100 gr

Observaciones: El proceso de realización del fieltro agujado resulta sumamente artesanal, consumiendo mucho tiempo de mano de obra.

#### **Materiales necesarios:**

Papel siliconado

Hoja de teflón

Plancha de sublimación

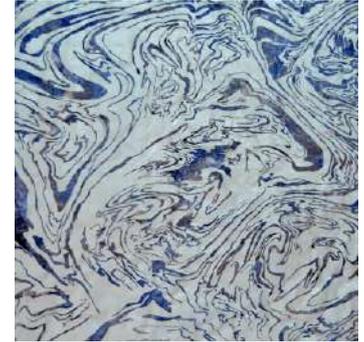
Schablon

Plastisol

Aguja de afieltrar y espuma de poliuretano

#### **Proceso de realización**

Afieltrar con aguja 100 gr de hilados triturados. Para facilitar el proceso, colocar los hilados triturados sobre un trozo de espuma de poliuretano, y comenzar a pinchar reiteradamente los hilados con una aguja de afieltrar. Se utilizó un molde de las dimensiones del panel, realizado con varillas de madera. El mismo se utilizó como guía a la hora de disponer los hilados triturados.



*Foto paneles con hilados triturados y plastisol*



*Afieltrado con aguja*

Una vez que se alcanzó aproximadamente el tamaño deseado, emparejar los laterales utilizando una escuadra como guía y una tijera para recortar los excedentes.



*Cortado de laterales*

Posteriormente estampar el fieltro mediante transfer. Primero estampar mediante la técnica de serigrafía un papel siliconado con el motivo que se desee. En este caso, el motivo fue generado a partir de un estampado sobre papel realizado con la técnica japonesa suminagashi. El mismo fue posteriormente vectorizado en la computadora.



*Proceso de estampación-serigrafía*

Luego colocar sobre una hoja de teflón el fieltro, y sobre éste el papel siliconado previamente estampado. Introducir en la plancha de sublimación a 190° durante 24 segundos. Repetir el mismo procedimiento sobre la otra cara del fieltro.



*Proceso de estampación-transfer*

### Ficha técnica de paneles con hilados triturados, hilados cortados & pulpa de papel

Composición: 20% hilados cortados, 40% hilados triturados & 40% pulpa de papel

Dimensiones: 35 cm x 30 cm / 2,3 cm de alto

Peso: 450 gr

Observaciones: El proceso de armado del materiales requiere mucho tiempo de mano de obra

#### **Materiales necesarios:**

Recipiente de plástico o metal

Tejido plástico o mosquitero

Palo de amasar o similar

Molde realizado con varillas de madera (espesor 2,5 cm)

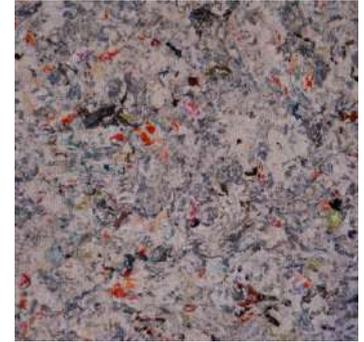
Toalla o tela abosrbente

Licuadaora

#### **Proceso de realización**

Colocar 180 gr de papel cortado en tiras en un recipiente, cubrirlo con 500 ml de agua y dejarlo remojar de 20 a 30 minutos. Cortar las tiras con la mano en trozos más pequeños. Luego quitar el papel picado del agua, para esto puede colarse utilizando un trozo de tejido mosquitero.

Luego colocar la mezcla en una licuadora y agregar 250 ml de agua. Licuarlo en la velocidad número 1, hasta notar que el papel queda completamente desecho.



*Foto paneles con hilados triturados, cortados y pulpa de papel*



*Preparación de la pulpa de papel*

Agregar 180 gr de hilados triturados y 90 gr de hilados cortados, junto con 500 ml de agua (en total se emplearon 1250 ml de agua) y licuar nuevamente. Al retirar la mezcla de la licuadora, se pudo notar como las fibras de lana tienden a enredarse entre sí, generando aglomeraciones de fibras sumamente rígidas, difíciles de separar y manipular. Por este motivo, a medida que se saca el material de la licuadora, es necesario separar las fibras que se hayan entrelazado.



*Preparación de pulpa de papel e hilados*

Luego de retirar la preparación de la licuadora, escurrirla utilizando un bastidor de madera con tejido plástico en una de sus caras. Se debe dejar drenar lentamente la mezcla sobre el bastidor. De esta forma se logra quitar gran parte del agua, la cual puede ser reutilizada para otras muestras. Es importante no quitar totalmente el agua de la mezcla, ya que el papel mojado es lo que funciona como aditivo del material.



*Drenado de la mezcla*

Diluir 50 gr de borax en 500 ml de agua tibia. Colocar la mezcla de papel y lana previamente drenada en un recipiente, y agregarle el agua con borax. Remover con las manos, para lograr que el líquido esté en contacto con la mayor cantidad de material posible.



*Incorporación de borax*

Para el armado de la muestra, colocar sobre una toalla o tela absorbente, un trozo de tejido mosquitero y un molde de madera. Rellenar el molde con la mezcla, procurando que quede dispuesta lo más homogéneamente posible, es decir, evitar que queden zonas con acumulaciones únicamente de fibras de lana dado que no se van a adherir correctamente sin la presencia de papel.

Colocar sobre el material nuevamente un trozo de mosquitero y una tela absorbente. Generar presión con las manos y luego amasar cuidadosamente. De esta forma se quita gran cantidad del agua presente en el material. Además la compresión de la mezcla, es sumamente importante para la obtención de un material compacto y bien amalgamado. Dejar secar en exterior al sol.



*Armado y amasado del panel*

## Ficha técnica de paneles con bioplástico

### e hilados cortados

Composición: 20% hilados cortados & 80% bioplástico

Dimensiones: 10 cm x 30 cm / 1 cm de alto

Peso: 300 gr

Dimensiones: 10 cm x 30 cm / 1,5 cm de alto

Peso: 225 gr

Dimensiones: 10 cm x 30 cm / 2 cm de alto

Peso: 150 gr

Observaciones: Se realizaron paneles con tres espesores diferentes.

El 80% de bioplástico fue calculado con su peso a partir de los componentes empleados en la receta. Un 61% de su peso es agua, el cual se evaporará al secarse el material, disminuyéndose su peso final.

### **Receta de bioplástico:**

80 gr de almidón de maíz (19,5 %)

250 ml de agua (61 %)

50 ml de glicerina vegetal (12,2 %)

30 ml de vinagre (7,3 %)

### **Elaboración de bioplástico:**

Para elaborar el bioplástico, se colocó los ingredientes en una olla y se revolvió hasta disolverlos completamente. Se colocó la olla a fuego moderado, revolviendo constantemente hasta que la mezcla espesara y se generara una pasta. Una vez retirado del fuego se debió utilizar rápidamente, ya que el material va endureciéndose a medida que se enfría.



Foto paneles de bioplástico e hilados cortados



Preparación bioplástico

**Materiales utilizados:**

Recipiente de plástico o metal

Cuchara

Tejido plástico o mosquitero

Palo de amasar o similar

Molde realizado con varillas de madera (espesores 1 cm, 1,5 cm y 2 cm)

**Proceso de realización**

Colocar en un recipiente los hilados cortados y luego agregar el bioplástico caliente. Mezclar ambos materiales con cuchara, hasta lograr una mezcla homogénea. En los paneles de 2 cm de espesor la mezcla se preparó con 120 gr de hilados cortados y 500 gr de bioplástico. Los paneles de 1,5 cm de espesor emplearon 90 gr de hilados cortados y 360 gr de bioplástico. Para los paneles de 1 cm de espesor se utilizaron 60 gr de hilados y 250 gr de bioplástico.



*Mezclado hilados con bioplástico*

Colocar sobre una mesada un trozo de tejido mosquitero, sobre él un molde de madera con las medidas deseadas. Verter la mezcla dentro del molde, y colocándole otro trozo de tejido por encima, amasar hasta generar una superficie medianamente pareja. Dar vuelta el panel y repetir el amasado.



*Colocación del material en molde y amasado*

Una vez terminado, quitar la muestra del molde y colocar en exterior al sol. El tiempo de secado varió dependiendo de los espesores de los paneles. En líneas generales demoraron entre 6 y 7 días en secarse completamente. Claramente el tiempo de secado se vio condicionado por las condiciones climáticas del momento.

## Resultados primeros ensayos acústicos

Nombre del proyecto	Tiempo transcurrido	Posición	Configuración	Tiempo inicio	Pos@T20_500 Hz	Pos@T20_1000 Hz	Pos@T30_500 Hz	Pos@T30_1000 Hz	Pos@EDT_500 Hz	Pos@EDT_1000 Hz
Project 052	00:00:03	F1R1	Línea de base	20/12/2016 19:40	1.34	0.72	1.42	0.74	1.14	0.62
Project 052	00:00:03	F1R2	4 paneles (lana/papel)	20/12/2016 19:43	0.94	0.58	1.03	0.64	0.87	0.47
Project 052	00:00:03	F1R3	4 paneles (lana/papel) v2	20/12/2016 19:49	0.97	0.55	1.03	0.59	0.87	0.53
Project 052	00:00:03	F1R4	4 paneles (fieltro estampado)	20/12/2016 19:52	1.26	0.61	1.30	0.66	1.26	0.60
Project 052	00:00:03	F1R5	4 paneles (fieltro estampado) v2	20/12/2016 19:53	1.20	0.61	1.24	0.64	1.01	0.64
Project 052	00:00:03	F1R6	solamente placa de mdf	20/12/2016 19:55	1.08	0.68	1.13	0.68	0.96	0.60
Project 052	00:00:03	F1R7	mdf con paneles de bioplástico y lana	20/12/2016 20:03	1.10	0.56	1.15	0.58	1.01	0.52

Posición	Configuración	Alfa 500	Alfa 1000
F1R1	Línea de base	0.028	0.054
F1R2	4 paneles (lana/papel)	0.561	0.547
F1R3	4 paneles (lana/papel) v2	0.533	0.758
F1R4	4 paneles (fieltro estampado)	0.132	0.429
F1R5	4 paneles (fieltro estampado) v2	0.202	0.475
F1R6	solamente placa de mdf	0.334	0.224
F1R7	mdf con paneles de bioplástico y lana	0.358	0.781

Superficie interior	19.70
Volumen	5.10
Área de los paneles	0.42

Resultados	
Alfa cero 500	0.03
Alfa cero 1000	0.05
Alfa mdf 500	0.33
Alfa mdf 1000	0.22
Alfa lana/papel 500	0.55
Alfa lana/papel 1000	0.65
Alfa fieltro estampado 500	0.17
Alfa fieltro estampado 1000	0.45
Alfa mdf y bioplástico/lana 500	0.36
Alfa mdf y bioplástico/lana 1000	0.78

Observación:  
En ningún momento se movió el sonómetro de lugar y la explosión del globo se realizó aproximadamente en el mismo lugar

## Resultados segundos ensayos acústicos

Nombre de proyecto	Tiemp. transcurrido	Posición	Configuración	Tiempo de inicio	T20_500Hz	T20_1KHz	T30_500Hz	T30_1KHz	T20_125Hz	T20_250Hz	T30_250Hz	T20_2kHz	T20_4kHz	T30_2kHz	T30_4kHz
Project 052	00:00:03	F1R1	Línea de base	20/12/2016 19:40	1.34	0.72	1.42	0.74							
Project 064	00:00:03	F1R1 b	Línea de base		1.47	0.75	1.54	0.85	1.53	1.53	1.63	1.62	0.53	0.81	0.71
Project 052	00:00:03	F1R2	4 paneles (lana/papel)	20/12/2016 19:43	1.94	0.58	1.03	0.64							
Project 052	00:00:03	F1R3	4 paneles (lana/papel) v2	20/12/2016 19:49	1.97	0.55	1.03	0.59							
Project 064	00:00:03	F1R3 b	4 paneles (lana/papel)		1.19	0.61	1.28	0.71	1.75	1.45	1.52	0.48	0.38	0.47	0.39
Project 052	00:00:03	F1R6	solamente placa de mdf	20/12/2016 19:55	1.08	0.68	1.13	0.68							
Project 064	00:00:03	F1R2 b	solamente placa de mdf		1.14	0.69	1.20	0.67	2.20	1.43	1.48	0.53	0.48	0.53	0.48
Project 052	00:00:03	F1R7	mdf + bioplástico y lana	20/12/2016 20:03	1.10	0.56	1.15	0.58							
Project 064	00:00:03	F1R4 b	mdf + bioplástico y lana		0.98	0.56	1.03	0.62	1.84	1.22	1.25	0.43	0.43	0.46	0.54

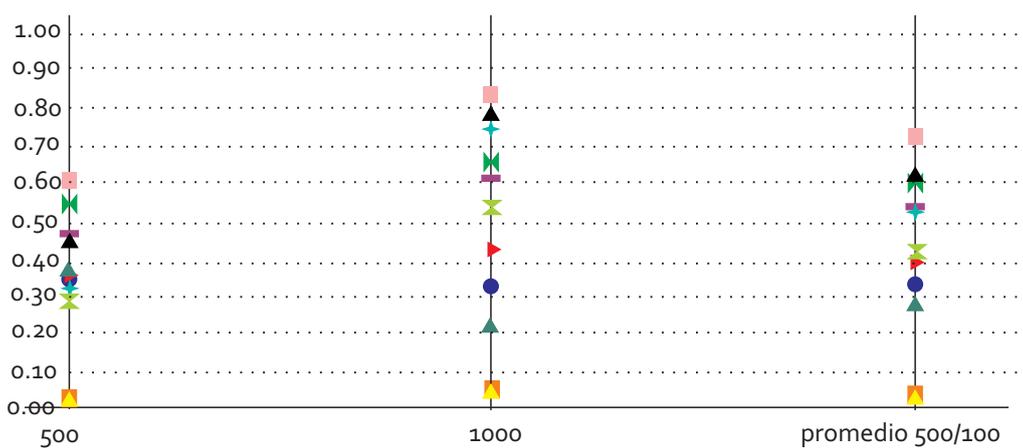
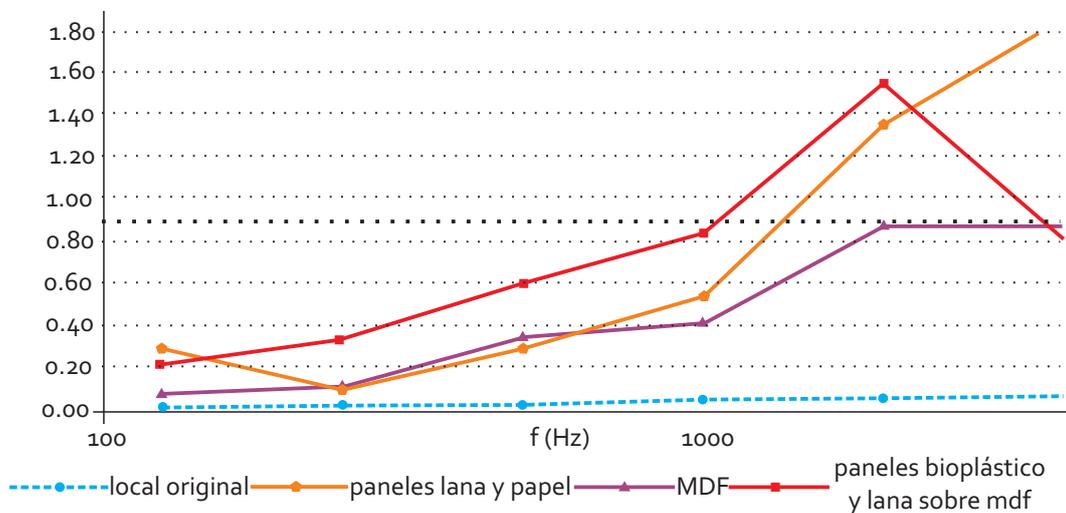
	Posición	Configuración	Alfa 500	Alfa 1000
TANDA 1	F1R1	Línea de base	0.028	0.054
TANDA 2	F1R1 b	Línea de base	0.026	0.049
	F1R2	Paneles de lana y papel	0.561	0.547
TANDA 1	F1R3	Paneles de lana y papel 2	0.533	0.758
TANDA 2	F1R3 b	Paneles de lana y papel	0.292	0.535
TANDA 1	F1R6	MDF	0.334	0.224
TANDA 2	F1R2 b	MDF	0.349	0.423
TANDA 1	F1R6	MDF	0.305	0.745
TANDA 2	F1R2 b	MDF	0.606	0.834

Superficie interior	19.70
Volumen	5.10
Área de los paneles	0.42
Área mdf	0.45

	alfa 125	alfa 250	alfa 500	alfa 1000	alfa 2000	alfa 4000
local origina	125	250	500	1000	2000	4000
Paneles lana/papel	0.02	0.02	0.03	0.05	0.05	0.06
Mdf	0.27	0.10	0.29	0.53	1.35	0.87
Paneles biop.+mdf	0.08	0.12	0.35	0.42	0.88	0.86
	0.23	0.34	0.61	0.83	1.54	0.82

Resultados	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	Promedio T <sub>1</sub> y T <sub>2</sub>
alfa cero 500	0.03	0.03	0.03
alfa cero 1000	0.05	0.05	0.05
alfa mdf 500	0.33	0.35	0.34
alfa mdf 1000	0.22	0.42	0.32
alfa lana/papel 500	0.55	0.29	0.46
alfa lana/papel 1000	0.65	0.53	0.61
alfa mdf+biop. y lana 500	0.30	0.61	0.46
alfa mdf+biop. y lana 1000	0.74	0.83	0.79

Resultados	500	1000	Promedio 500/1000
alfa cero 1	0.03	0.05	0.04
alfa cero 2	0.03	0.05	0.04
alfa cero m	0.03	0.05	0.04
alfa mdf 1	0.33	0.22	0.28
alfa mdf 2	0.35	0.42	0.39
alfa mdf m	0.34	0.32	0.33
alfa lana/papel 1	0.55	0.65	0.60
alfa lana/papel 2	0.29	0.53	0.41
alfa lana/papel m	0.46	0.61	0.54
alfa mdf+biop. y lana 1	0.30	0.74	0.52
alfa mdf+biop. y lana 2	0.61	0.83	0.72
alfa mdf+biop. y lana m	0.46	0.79	0.62



- alfa cero 1
  alfa cero 2
  alfa cero m
- alfa mdf 1
  alfa mdf 2
  alfa mdf m
- alfa lana/papel 1
  alfa lana/papel 2
  alfa lana/papel m
- alfa mdf+biop. y lana 1
  alfa mdf+biop. y lana 2
  alfa mdf+biop. y lana m

## Ficha técnica de muestra de bioplástico e hilados cortados de 30 x 35 x 1,5 cm

Composición: 20% hilados cortados & 80% bioplástico  
Dimensiones: 30 cm x 35 cm / 1,5 cm de alto  
Peso: 800 gr

Observaciones: El 80% de bioplástico fue calculado con su peso a partir de los componentes empleados en la receta. Un 61% de su peso es agua, el cual se evaporará al secarse el material, disminuyéndose su peso final.

Se agregó a la composición del bioplástico carbonato de magnesio, en un 5% del peso total de sus componentes.

### **Receta de bioplástico:**

246 gr de almidón de maíz (19,5 %)  
768 ml de agua (61 %)  
154 ml de glicerina vegetal (12,2 %)  
92 ml de vinagre (7,3 %)  
63 gr carbonato de magnesio (5 % del peso total sin carbonato - 1260 gr)

### **Elaboración de bioplástico:**

Para elaborar el bioplástico, se colocó los ingredientes en una olla y se revolvió hasta disolverlos completamente. Se colocó la olla a fuego moderado, revolviendo constantemente hasta que la mezcla espesara y se generara una pasta. Una vez retirado del fuego se debió utilizar rápidamente, ya que el material va endureciéndose a medida que se enfría.

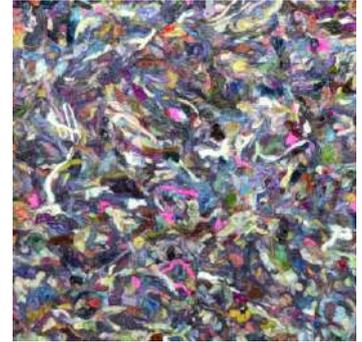


Foto muestra de bioplástico e hilados cortados



Preparación bioplástico

**Materiales utilizados:**

Recipiente de plástico o metal

Cuchara

Tejido plástico o mosquitero

Palo de amasar o similar

Molde realizado con varillas de madera (dimensiones 30 x 35 x 1,5 cm)

**Proceso de realización**

Colocar en un recipiente los hilados cortados y luego agregar el bioplástico caliente. Mezclar ambos materiales con cuchara, hasta lograr una mezcla homogénea. La mezcla se preparó con 1323 gr de bioplástico (incluido el peso del carbonato de magnesio) y 315 gr de hilados de lana cortados.



*Mezclado hilados con bioplástico*

Colocar sobre una mesada un trozo de tejido mosquitero, sobre él un molde de madera con las medidas deseadas. Verter la mezcla dentro del molde, y colocándole otro trozo de tejido por encima, amasar hasta generar una superficie medianamente pareja. Dar vuelta el panel y repetir el amasado.



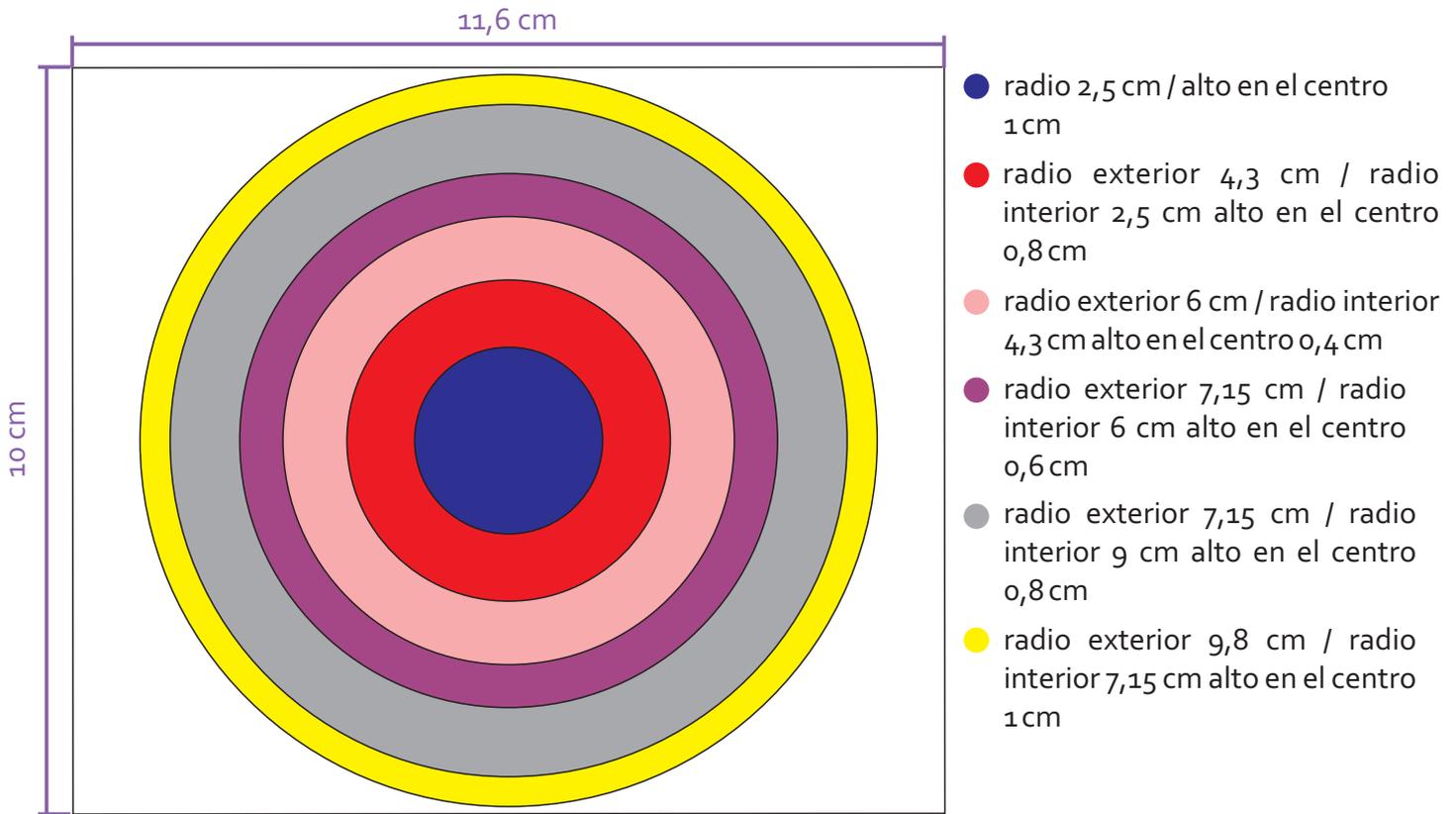
*Colocación del material en molde y amasado*

Una vez terminado, quitar la muestra del molde y colocar en exterior al sol. El tiempo de secado fue de aproximadamente 7 días, el mismo se vio condicionado por las condiciones climáticas del momento.

## Dibujos técnicos con especificaciones para piezas impresas 3D

### Pieza con círculos concéntricos

#### Vista frontal de la pieza impresa 3D



#### Vista lateral de la pieza impresa 3D

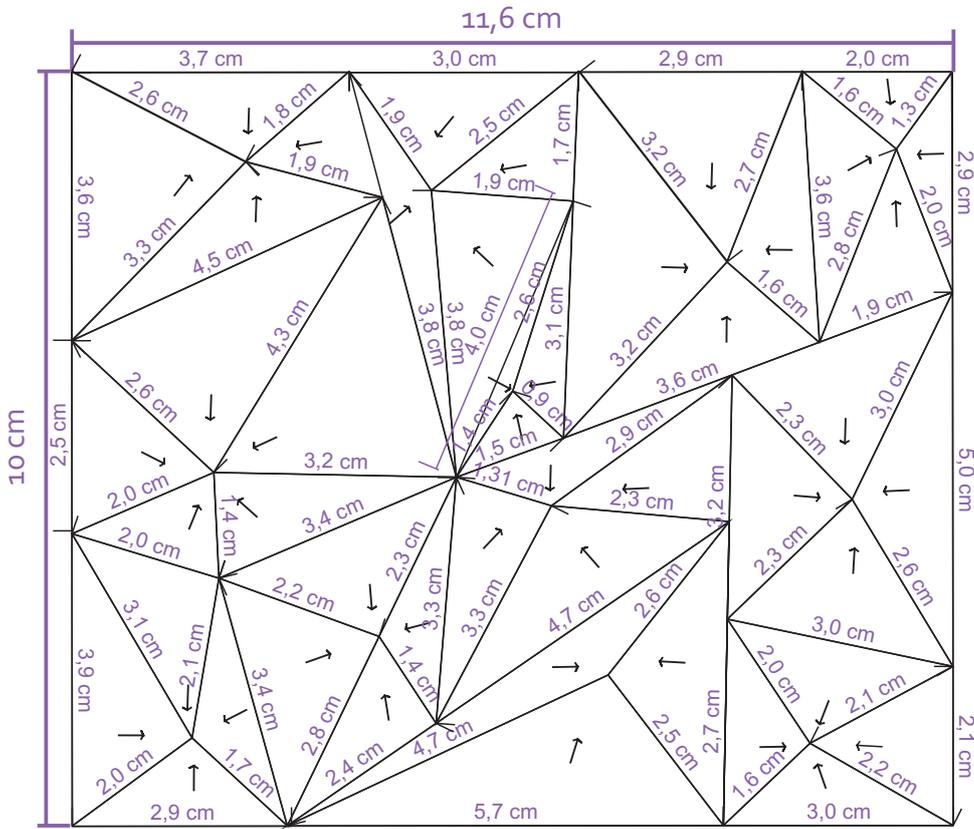


#### Vista lateral de la pieza que se obtendría en bioplástico y lana



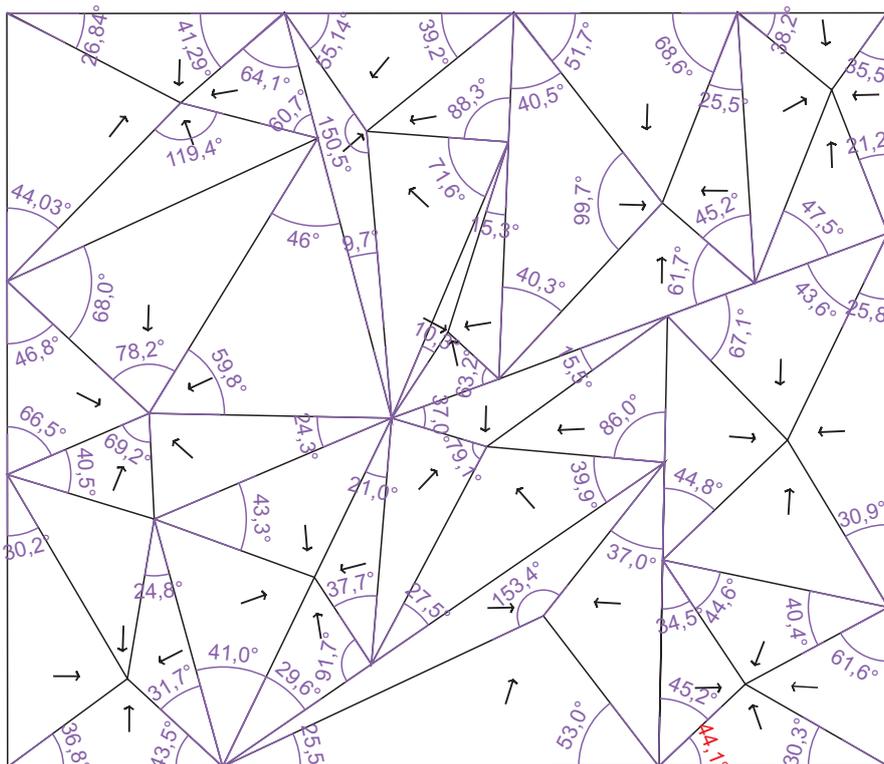
Pieza con textura facetada

Vista frontal de la pieza impresa 3D - con medidas

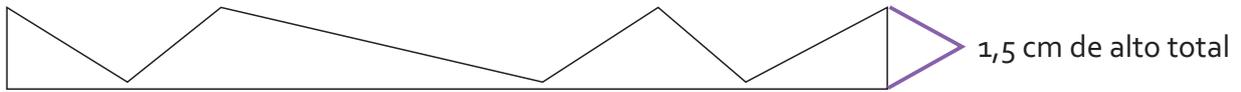


\*Observaciones: Las flechas indican el sentido en el que descienden las caras.

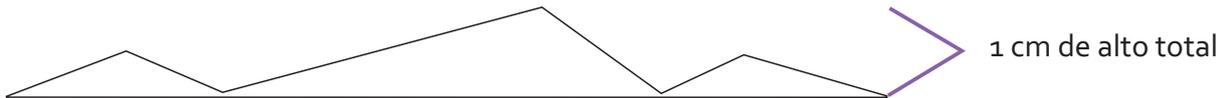
Vista frontal de la pieza impresa 3D - con ángulos



*Vista lateral de la pieza impresa 3D*



*Vista lateral de la pieza que se obtendría en bioplástico y lana*



### Ficha técnica de paneles de bioplástico e hilados cortados con trabajo superficial

Composición: 20% hilados cortados & 80% bioplástico  
 Dimensiones: 30 cm x 35 cm / 1,5 cm de alto  
 Peso: 800 gr

Observaciones: El 80% de bioplástico fue calculado con su peso a partir de los componentes empleados en la receta. Un 61% de su peso es agua, el cual se evaporará al secarse el material, disminuyéndose su peso final.

Se agregó a la composición del bioplástico carbonato de magnesio, en un 5% del peso total de sus componentes.

#### Receta de bioplástico:

246 gr de almidón de maíz (19,5 %)  
 768 ml de agua (61 %)  
 154 ml de glicerina vegetal (12,2 %)  
 92 ml de vinagre (7,3 %)  
 63 gr carbonato de magnesio (5 % del peso total sin carbonato - 1260 gr)

#### Elaboración de bioplástico:

Para elaborar el bioplástico, se colocó los ingredientes en una olla y se revolvió hasta disolverlos completamente. Se colocó la olla a fuego moderado, revolviendo constantemente hasta que la mezcla espesara y se generara una pasta. Una vez retirado del fuego se debió utilizar rápidamente, ya que el material va endureciéndose a medida que se enfría.

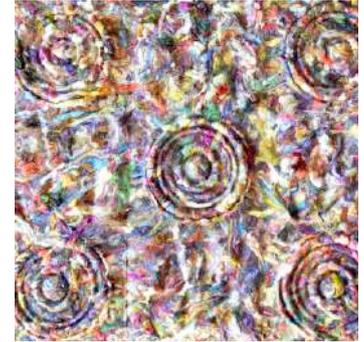


Foto panel de bioplástico e hilados cortados con trabajo superficial



Preparación bioplástico

#### Materiales utilizados:

Recipiente de plástico o metal

Cuchara

Tejido plástico o mosquitero

Palo de amasar o similar

Molde realizado con piezas impresas 3D y varillas de madera (dimensiones 30 x 35 x 1,5 cm)

**Proceso de realización**

Colocar en un recipiente los hilados cortados y luego agregar el bioplástico caliente. Mezclar ambos materiales con cuchara, hasta lograr una mezcla homogénea. La mezcla se preparó con 1323 gr de bioplástico (incluido el peso del carbonato de magnesio) y 315 gr de hilados de lana cortados.



*Mezclado hilados con bioplástico*

Colocar sobre una mesada el molde, apoyado sobre la parte de plástico. Colocar la mezcla y esparcir con las manos logrando una disposición medianamente pareja sobre la superficie del molde. Cubrir con un trozo de tejido mosquitero y amasar hasta lograr una superficie uniforme.



*Colocación del material en molde y amasado*

Una vez terminado, quitar primeramente el tejido mosquitero y el marco de madera. Dar vuelta el panel, y quitar cuidadosamente el molde de plástico. En caso de ser necesario, ayudarse con una espátula metálica. Dejar secar el panel en exterior al sol. El tiempo de secado fue de aproximadamente 7 días, el mismo se vio condicionado por las condiciones climáticas del momento.



*Desmolde del panel con trabajo superficial*

### Ficha técnica de móviles de bioplástico e hilados cortados

Composición: 20% hilados cortados & 80% bioplástico  
 Dimensiones: 9,8 cm diámetro / 2 cm espesor  
 Peso: 55 gr aproximadamente

Observaciones: El 80% de bioplástico fue calculado con su peso a partir de los componentes empleados en la receta. Un 61% de su peso es agua, el cual se evaporará al secarse el material, disminuyéndose su peso final.

Se agregó a la composición del bioplástico carbonato de magnesio, en un 5% del peso total de sus componentes.

#### Receta de bioplástico:

27,3 gr de almidón de maíz (19,5 %)  
 85,4 ml de agua (61 %)  
 17,1 ml de glicerina vegetal (12,2 %)  
 10,2 ml de vinagre (7,3 %)  
 7 gr carbonato de magnesio (5 % del peso total sin carbonato - 140 gr)

#### Elaboración de bioplástico:

Para elaborar el bioplástico, se colocó los ingredientes en una olla y se revolvió hasta disolverlos completamente. Se colocó la olla a fuego moderado, revolviendo constantemente hasta que la mezcla espesara y se generara una pasta. Una vez retirado del fuego se debió utilizar rápidamente, ya que el material va endureciéndose a medida que se enfría.



Foto móvil de bioplástico e hilados cortados



Preparación bioplástico

#### Materiales utilizados:

Recipiente de plástico o metal  
 Cuchara  
 Molde realizado con 2 piezas impresas 3D  
 Espátula metálica  
 Tijera

**Proceso de realización**

Colocar en un recipiente los hilados cortados y luego agregar el bioplástico caliente. Mezclar ambos materiales con cuchara, hasta lograr una mezcla homogénea. La mezcla se preparó con 147 gr de bioplástico (incluido el peso del carbonato de magnesio) y 35 gr de hilados de lana cortados.



*Mezclado hilados con bioplástico*

Colocar la mezcla sobre uno de los moldes impresos 3D. Cubrir con otro molde igual, y realizarle presión, hasta lograr la mayor unión posible de ambos moldes.



*Colocación del material en molde*

Luego, quitar uno de los moldes cuidadosamente. Terminar de desmoldar el móvil con ayuda de una espátula metálica. Dejar secar en exterior al sol durante 4 días. Una vez seco, recortar los excedentes con tijera.



*Desmolde del móvil y corte de excedente*

Resultados ensayos acústicos móviles y facetados

Superficie interior	19.70
Volumen	5.10
Área paneles facetados	0.42
Área móviles	0.170

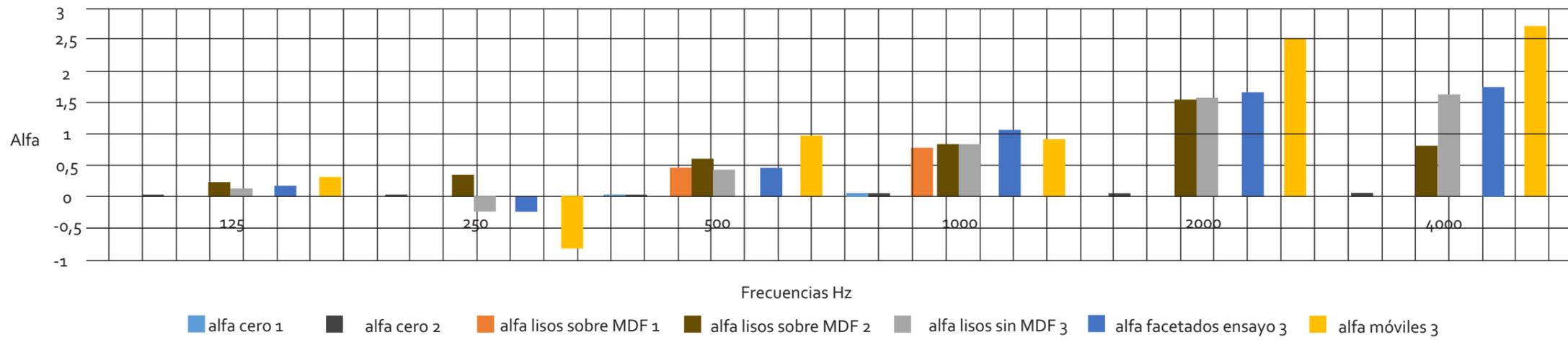
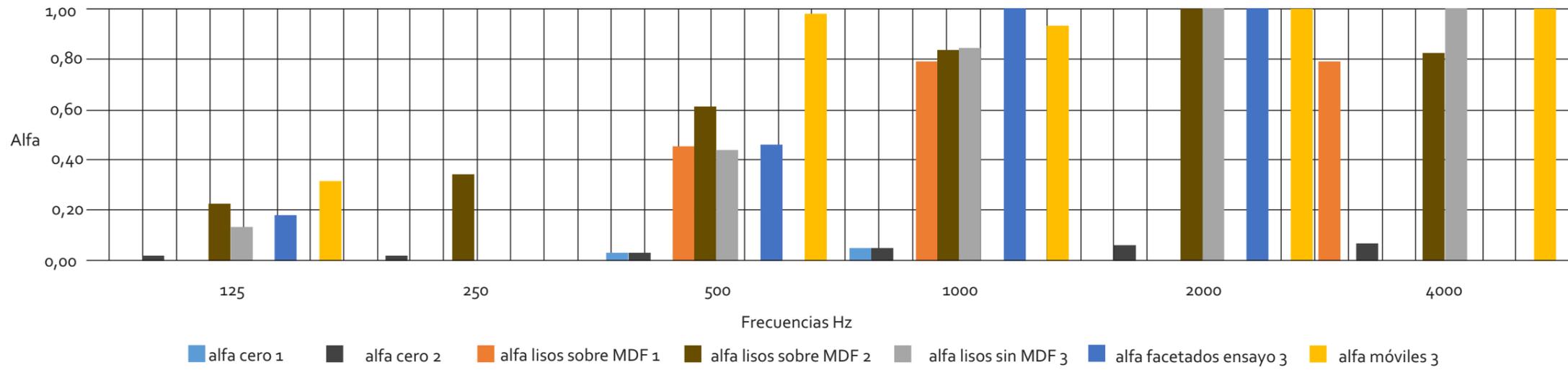
	alfa 125	alfa 250	alfa 500	alfa 1000	alfa 2000	alfa 4000
promedio alfa cero	0.02	0.03	0.03	0.05	0.06	0.07
Trev paneles lisos	2.02	1.99	0.98	0.59	0.42	0.39
Trev móviles	1.99	2.12	0.98	0.69	0.48	0.43
Trev facetados	1.91	1.96	0.97	0.55	0.41	0.38
alfa móviles	0.31	-0.86	0.98	0.93	2.53	2.73
alfa facetados	0.18	-0.23	0.46	1.08	1.67	1.74
alfa lisos	0.13	-0.25	0.44	0.84	1.59	1.65

	T20_125Hz	T20_250Hz	T20_500Hz	T20_1K Hz	T20_2K Hz	T20_4K Hz
paneles lisos	2.06	1.95	0.95	0.59	0.43	0.39
paneles lisos	1.92	1.76	0.97	0.56	0.42	0.38
móviles	1.81	1.92	0.97	0.68	0.45	0.42
móviles	1.96	2.09	0.94	0.67	0.48	0.43
paneles facetados	1.82	0.68	0.96	0.51	0.40	0.38
paneles facetados	1.14	0.69	0.93	0.58	0.42	0.37

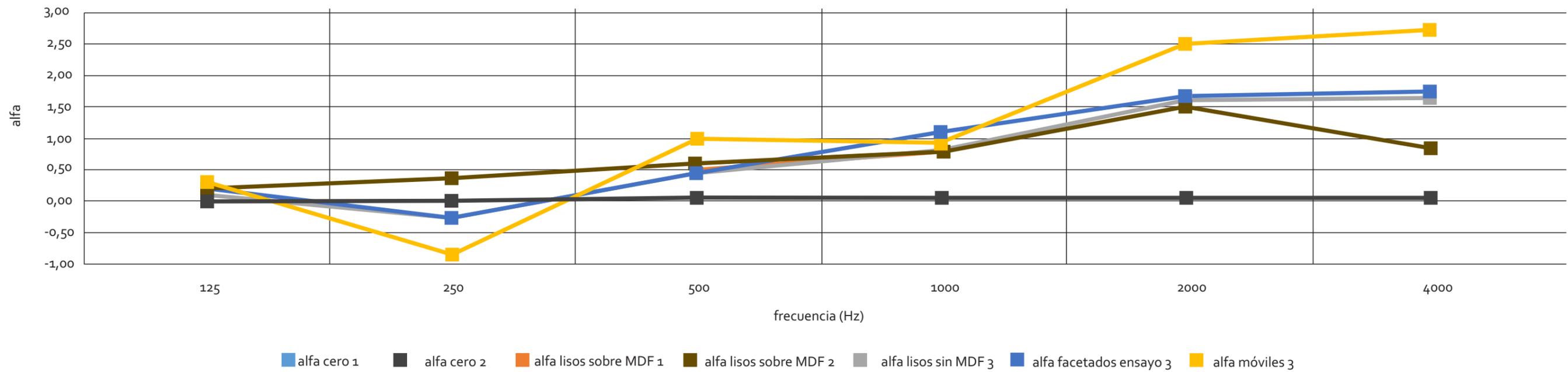
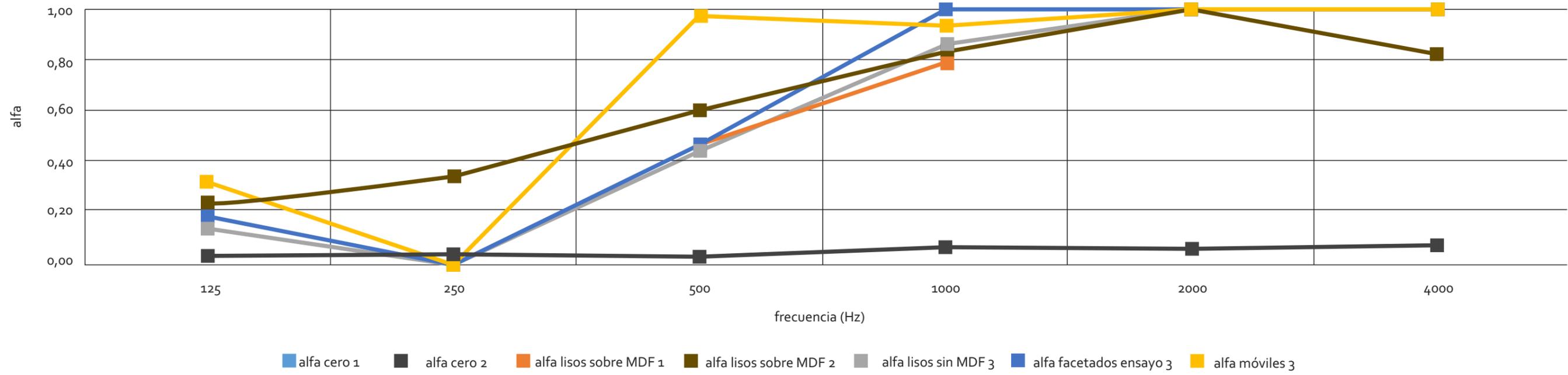
	T30_125Hz	T30_250Hz	T30_500Hz	T30_1K Hz	T30_2K Hz	T30_4K Hz
paneles lisos	2.13	2.17	1.03	0.61	0.42	0.39
paneles lisos	1.97	2.06	0.96	0.61	0.41	0.38
móviles	2.01	2.24	1.02	0.70	0.48	0.43
móviles	2.17	2.24	1.00	0.69	0.48	0.43
paneles facetados	1.98	2.06	1.00	0.54	0.42	0.38
paneles facetados	2.01	2.10	0.97	0.57	0.41	0.38

resultados		125	250	500	1000	2000	4000
ensayo 1	alfa cero 1	0.02	0.02	0.03	0.05	0.05	0.06
ensayo 2	alfa cero 2	0.02	0.03	0.03	0.05	0.07	0.07
ensayo 1	paneles lisos sobre mdf 1			0.46	0.79		
ensayo 2	paneles lisos sobre mdf 2	0.23	0.34	0.61	0.83	1.54	0.82
ensayo 3	paneles lisos SIN mdf 3	0.13	-0.25	0.44	0.84	1.59	1.65
ensayo 3	alfa facetados 3	0.18	-0.23	0.46	1.08	1.67	1.74
ensayo 3	alfa móviles 3	0.31	-0.82	0.98	0.93	2.53	2.73

Valores de alfa calculados en base a ensayos

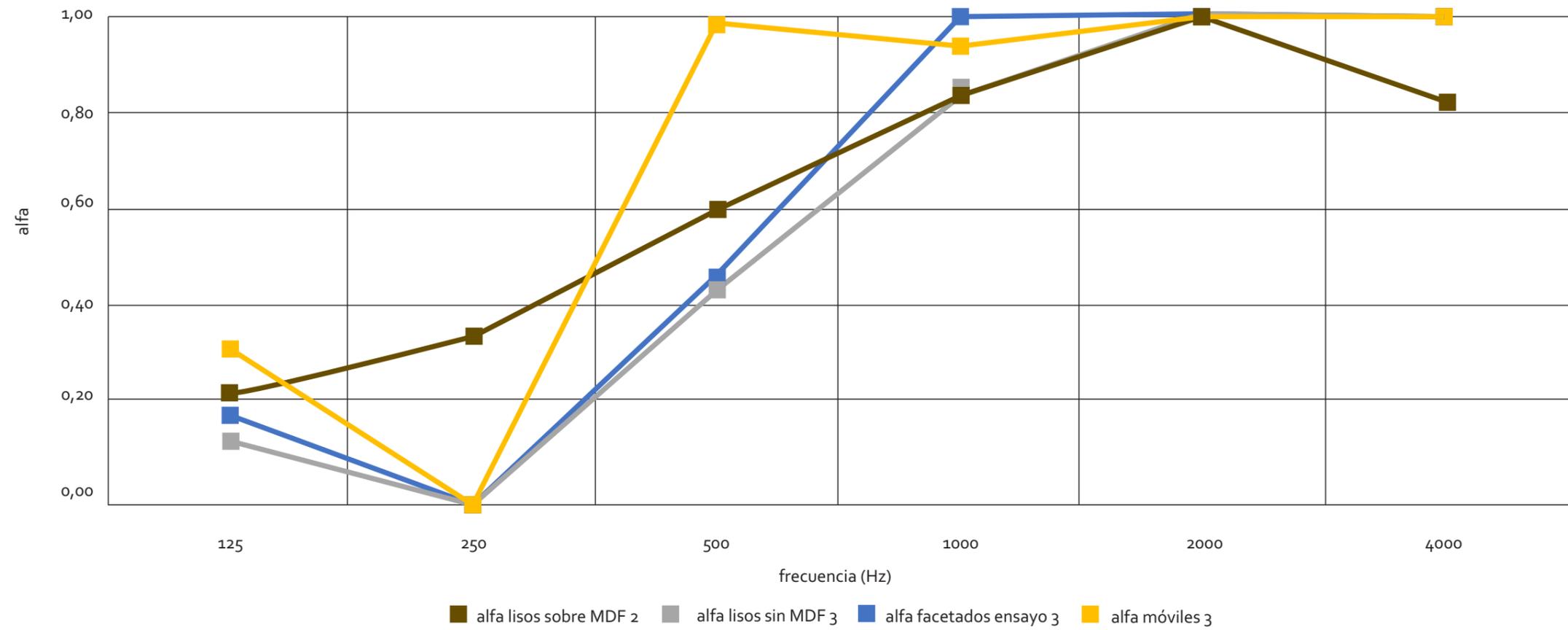


Valores de alfa calculados en base a ensayos



Valores de alfa calculados en base a ensayos

resultados		125	250	500	1000	2000	4000
ensayo 1	alfa cero 1	0.02	0.02	0.03	0.05	0.05	0.06
ensayo 2	alfa cero 2	0.02	0.03	0.03	0.05	0.07	0.07
ensayo 1	paneles lisos sobre mdf 1			0.46	0.79		
ensayo 2	paneles lisos sobre mdf 2	0.23	0.34	0.61	0.83	1.00	0.82
ensayo 3	paneles lisos SIN mdf 3	0.13	0.00	0.44	0.84	1.00	1.00
ensayo 3	alfa facetados 3	0.18	0.00	0.46	1.00	1.00	1.00
ensayo 3	alfa móviles 3	0.31	0.00	0.98	0.93	1.00	1.00



## Ensayos de reacción al fuego - nota documento

Montevideo 27-07-2017

El presente documento tiene como objeto describir la evaluación realizada sobre un material constructivo respecto a sus propiedades inflamables. El material está constituido por fibras textiles y almidón de maíz como aglomerante; su objeto de aplicación es la aislación acústica edilicia.

El trabajo estuvo enmarcado en la colaboración del Laboratorio Tecnológico del Uruguay hacia la Tesis de fin de carrera de Lucia Delgado, estudiante de Diseño Industrial.

### **Test de reacción al fuego de acuerdo a UNE-EN ISO 11925-2:2011**

Los puntos fundamentales de la norma referenciada fueron aportados por la estudiante que consultó a UNIT y se detallan a continuación:

De acuerdo al documento el "Ensayo de inflamabilidad" evalúa la inflamabilidad de un producto expuesto a una llama pequeña.

Se puede aplicar para los productos de construcción de las categorías B, C, D y E.

### **Las consideraciones técnicas del método son:**

#### *-Dimensiones de las muestras:*

Forma rectangular (Largo x ancho x espesor) 250 mm x 90 mm. Espesor máximo 60 mm.

#### *-Acondicionamiento de la muestra:*

23 +- 2°C y Humedad del ambiente de 50+-5 %

#### *-Equipo:*

El detalle y lo ejecutado se describen en cada caso

Cámara de combustión: se utilizó campana adecuada.

Fuente de ignición - quemador: mechero según norma.

Combustible - propano comercial al 95% de pureza mínima: se utilizó gas licuado comercial.

Porta muestras en forma de U, soporte, cronómetro, medidor de altura de llama, papel de filtro y bandeja: fueron utilizados según norma.

#### *-Procedimiento:*

Se debe exponer la muestra a una llama directa durante 15 segundos o 30 segundos, dependiendo de los requerimientos. El inicio del ensayo lo marca la aplicación de la llama. La altura de la llama debe ser 20 mm. El quemador o mechero debe usarse a 45° respecto a su eje vertical. Este avanza horizontalmente hasta que la llama alcance el punto de aplicación establecido con la probeta de ensayo.

El ensayo se puede realizar aplicando la llama sobre la superficie expuesta, sobre el borde expuesto o sobre ambos.

Si es sobre la superficie expuesta: la llama se aplica sobre el eje de la muestra a 40 mm del borde inferior. Se ensaya toda la superficie que pueda quedar expuesta en la práctica.

Si es sobre el borde expuesto: en productos monocapa o multicapa con espesores mayores a 3 mm se aplica la llama en el centro del ancho del borde inferior, 1,5 mm tras la superficie expuesta del material.

La duración del ensayo depende de si la llama es aplicada durante 15 segundos o 30 segundos. En el primer caso la duración total del ensayo será de 20 segundos (contando desde el comienzo de aplicación de la llama). En el segundo caso la duración total del ensayo será de 60 segundos (contando desde el comienzo de aplicación de la llama).

*-Expresión de los resultados:*

Los resultados deben registrar:

- si se produce ignición
- si la parte superior de la llama alcanza 150 mm sobre el punto de aplicación y el instante en que se produce.
- presencia de partículas o gotas en llamas.
- observaciones del comportamiento físico de la muestra de ensayo.

### **Resultados sobre el material ensayado:**

Ensayo sobre superficie expuesta:

La muestra no presenta ignición luego de la exposición 15 y 30 segundos a la llama.

Ensayo sobre borde:

La muestra no presenta ignición luego de la exposición 15 y 30 segundos a la llama.

La fotografía debajo muestra quemador, soporte, muestra y lugar de ensayo.



Ing. Quim. Luis Latrónica  
Departamento de Materiales-LATU