

# REINTEGRACIÓN DE DESECHOS TEXTILES como absorbentes acústicos para espacios escolares

*Ignacio Spontón<sup>1</sup>*

*Dr. Arq. Arturo Maristany<sup>2</sup>*

## Resumen

Los desechos productivos requieren un enfoque integral para su gestión mediante la combinación entre reutilización y reciclaje, diseño sostenible y economía circular. En el caso particular del trabajo, se entiende como “reutilización creativa” a la generación de un nuevo producto cuya materia prima se basa principalmente en descartes industriales, medida orientada al manejo de desechos (textiles en este caso). De esta manera, se fomenta así su re inserción en otros sectores, como la producción de dispositivos absorbentes acústicos.

La investigación realizada muestra un posible tratamiento para residuos textiles y su reintegración al sistema productivo como solución de problemas acústicos. A tal fin, se realizaron mediciones de absorción en tubo a muestras provenientes de la industria automotriz, para posteriormente, proponer soluciones en el acondicionamiento acústico de espacios escolares primarios.

## Introducción

### Sobre residuos textiles

La producción industrial de residuos textiles difícilmente encuentra una solución que no sea el desecho permanente o su utilización como combustible. La tendencia actual a nivel mundial en cuestiones ambientales otorga mayor importancia a una planificación previa a la producción basada en economía circular o, en su defecto, la capacidad para tratar los desperdicios, siendo preferible la elaboración de productos útiles sin excesivo tratamiento (Tiscar & Sáez, 2020), (Katz & Williams, 2019).

---

<sup>1</sup> Estudiante de Diseño Industrial FAUD- UNC DI IV.

<sup>2</sup> Secretario General FAUD- UNC 2022-2025.

Entre los recursos no textiles empleados en la elaboración de prendas a escala industrial se encuentran elementos sintéticos que tardan generaciones enteras en descomponerse, por lo que una solución recurrente es la quema de los mismos a cielo abierto en basurales.

De acuerdo a cifras del Foro Económico Mundial (2022), de los 50.000 millones de toneladas de dióxido de carbono emitidas al ambiente por industrias, un 5% es responsabilidad de los textiles, es decir, 2.500 millones de toneladas.

Las telas se pueden clasificar según su procedencia en químicas y naturales, siendo las primeras sintéticas o artificiales y las segundas, animales, minerales o vegetales. Resulta entonces que, en materia de tratamiento residual las telas químicas son prioridad, puesto que las naturales pueden eventualmente descomponerse sin mayores consecuencias. Según el Instituto Hohenstein (2020) para la investigación y pruebas, las fibras de algodón pueden degradarse en alrededor de un año. Sin embargo, las fibras sintéticas como el poliéster, pueden tardar entre 20 y 200 años.

### **Sobre confort acústico**

En paralelo, existen estudios acerca de la relación existente entre la calidad acústica del entorno y el aprendizaje infantil (González & Pérez, 2020). La exposición excesiva en entornos de aprendizaje con altos niveles de ruido constante supone riesgos para la salud auditiva de los niños, existiendo casos de problemas tempranos como la hipoacusia debido a esta situación, pero también dificultades en la comprensión de los conocimientos presentados. Esta clase de situaciones provoca un círculo vicioso cuyos efectos negativos sólo pueden ser prevenidos, o en su defecto, atenuados, con aditamentos absorbentes.

Por lo tanto, se buscan beneficios directos asociados a la reutilización estratégica de residuos textiles en el tratamiento de la realidad acústica en espacios educativos, y otros indirectos como el dispense de importar materias primas. Estos puntos conforman la hipótesis en la cual se enmarca el presente trabajo.

### **Metodología**

La investigación propone una posible solución desde la disciplina del diseño industrial para el problema del acondicionamiento acústico de espacios escolares a partir del análisis de materiales fonoabsorbentes y su posterior tratamiento.

Se abordaron aspectos técnicos, productivos, ergonómicos y sociales que buscan integrar en la comunidad de escolaridad primaria un producto fonoabsorbente realizado con residuos textiles para mejorar el confort acústico en las aulas.

A tal fin, se analizó el rendimiento acústico de las muestras, se produjeron propuestas de solución con sus respectivas maquetas. Se evaluaron opciones de disposición *in situ* y se trataron perspectivas de producción. Los resultados arrojados en la medición de las muestras evidenciaron la viabilidad de aplicación fonoabsorbente de dichos materiales.

La etapa de diseño comenzó con la investigación del entorno, de las personas y aquellas consecuencias que el ruido genera en la vida escolar. Se cotejaron antecedentes similares y posibles organizaciones locales con posibilidad de integrar el equipo productivo para desarrollar el producto.

Se practicaron mediciones de la absorción acústica de los residuos industriales textiles seleccionados mediante la técnica de tubo de impedancia, en tubos de respuesta a la onda estacionaria (ROE) y de función de transferencia (FT), de acuerdo a lo establecido en la ISO. Posteriormente, se compararon los resultados a fin de seleccionar el material conveniente según su desempeño absorbente.

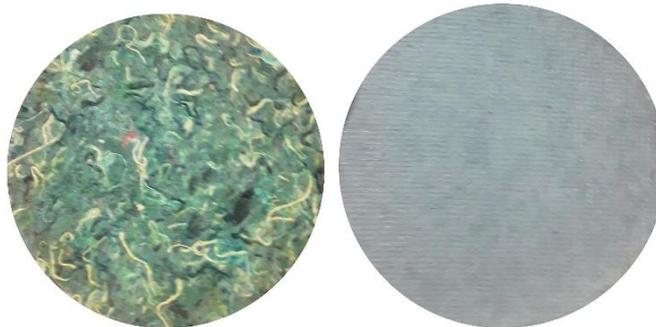
## Desarrollo

### Selección y evaluación de materiales

Para el desarrollo del producto final propiamente dicho, primero se practicaron mediciones en tubos ROE y FT a muestras de textiles reutilizados provenientes la industria automotriz especializada en el tapizado acústico para componentes vehiculares, con el fin de registrar la absorción.

La primera muestra consistía en retazos de dimensiones y formas variables, compuestos por textiles prensados y adheridos con resina al calor. La segunda muestra correspondía a retazos de dimensiones y formas estandarizadas, también compuestos por textiles prensados y adheridos con resina al calor, pero con una compactación notablemente más sólida.

Fig. 2: Muestras utilizadas: compuesto sin prensar (izq.) y compuesto rígido (der.)



Elaboración propia.

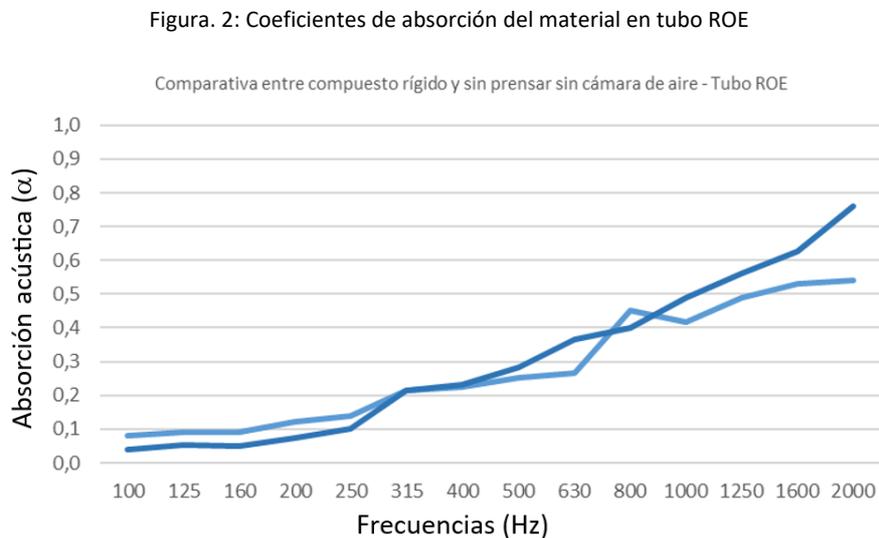
En laboratorio se procedió a medir la absorción acústica de ambos tipos de retazos utilizando las técnicas de medición por tubo de impedancia, primero el Tubo ROE (por onda estacionaria), y posteriormente se compararon los resultados obtenidos con los del Tubo FT (por función de transferencia).

Para las mediciones iniciales, se cortaron cinco muestras de cada material con un diámetro de 100 mm. Estas muestras fueron numeradas para facilitar su identificación y almacenamiento.

Las mediciones se realizaron en un rango de frecuencias que iba desde los 100 Hz a 2000 Hz. Los resultados obtenidos se organizaron de manera ordenada en carpetas diferenciadas según el

título y el número de muestras. Posteriormente, se procedió a ingresar los datos obtenidos en planillas de cálculo para obtener un porcentaje de absorción según la frecuencia resultante. Los gráficos de la figura 2 muestran los resultados de las mediciones de manera comparada.

Se observan los resultados comparados entre las muestras de compuesto rígido (en celeste) y compuesto sin prensar (en azul) sin cámara de aire. Se percibe una creciente mejoría en la absorción por parte del compuesto sin prensar superados los 315 Hz que se mantiene constante hasta los 2000 Hz.



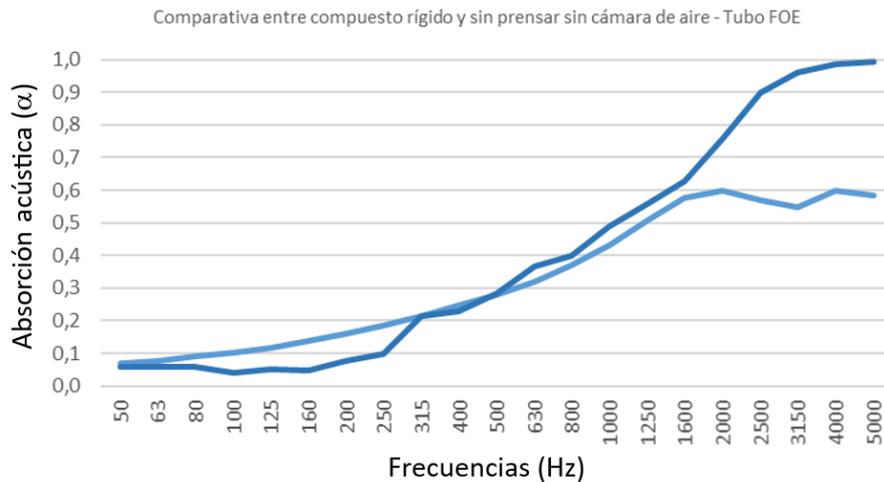
Elaboración propia.

En la figura 3 se presentan las mismas comparativas a partir de los resultados obtenidos en Tubo FT. Sin embargo, en este caso, además de las frecuencias evaluadas en Tubo ROE, se amplió el rango hasta los 5000 Hz.

Las muestras pertenecen a los mismos materiales y su diámetro es de 30mm, a diferencia de los 100mm usados para medir en Tubo ROE.

Se percibe un aumento constante del compuesto sin prensar a partir de los 315 Hz, igual que en la técnica anterior. De la comparación se observa que los resultados sugieren al compuesto sin prensar como la opción más fiable a utilizar. Esto resulta conveniente debido al mayor volumen de residuos que supone, en contraste al volumen del compuesto rígido.

Figura. 3: Coeficientes de absorción del material en tubo FT.



Elaboración propia.

### Acondicionamiento acústico de los espacios escolares

Se determinaron como espacios escolares críticos (más ruidosos) los pasillos y aulas, pero al ser las aulas espacios de permanencia, fueron elegidas como objeto del tratamiento.

La razón para trabajar con escuelas municipales se debe principalmente a patrones arquitectónicos y dinámicas que de alguna manera permiten una estandarización en la información obtenida, la cual posteriormente, repercute en el producto final. Asimismo, la razón para trabajar sobre entornos infantiles se debe a las consecuencias a mediano y largo plazo que un espacio mal tratado acústicamente provoca en niños, entre minusvalías físicas como la pérdida auditiva o las psicológicas, como el déficit de atención y la ansiedad (Pérez & Vargas, 2020), (Organización Mundial de la Salud, 2019).

Una intervención en corrección acústica arquitectónica, para brindar confort acústico, tiene como objetivo disminuir el nivel de ruido interior de un local actuando sobre la reverberación, eliminando a la vez los excesos de sonoridad identificados como ajenos al campo auditivo humano (Abadía et al, 2023). Es por ello que resultó de importancia considerar previamente el comportamiento acústico de los materiales propios del emplazamiento, es decir, la reflexión, absorción y difusión del sonido.

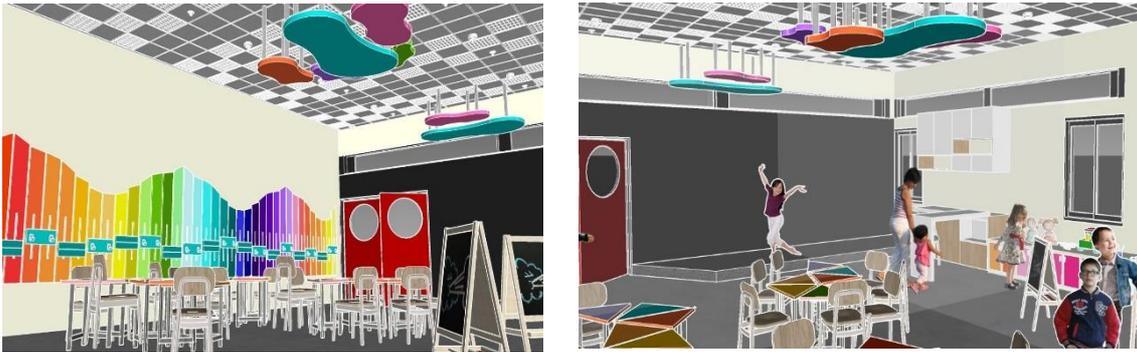
Actualmente, las tecnologías implicadas en la reversión de esta situación se centran en soluciones mayoritariamente arquitectónicas. Sin embargo, se debe tener en cuenta que muchas instalaciones educativas no cuentan con el presupuesto suficiente para costear estas soluciones o estructuralmente, no sería viable.

Desde la disciplina del diseño industrial existen respuestas tan conocidas como los biombos acústicos, los separadores y placas absorbentes de pared, que además de ayudar al tratamiento acústico, aportan estéticamente el espacio y acondicionan con dinámicas *in situ*.

En la imagen de la figura 4 se pueden apreciar nubes de material absorbente suspendidas y revestimientos acústicos instalados en las paredes como parte de un ejercicio de aproximación

al problema del acondicionamiento acústico participativo para jardín de infantes en el marco de un *workshop* con estudiantes de arquitectura y diseño industrial.

Figura. 4: Exploración de acondicionamiento acústico participativo de aulas, Workshop 2022.



Elaboración propia.

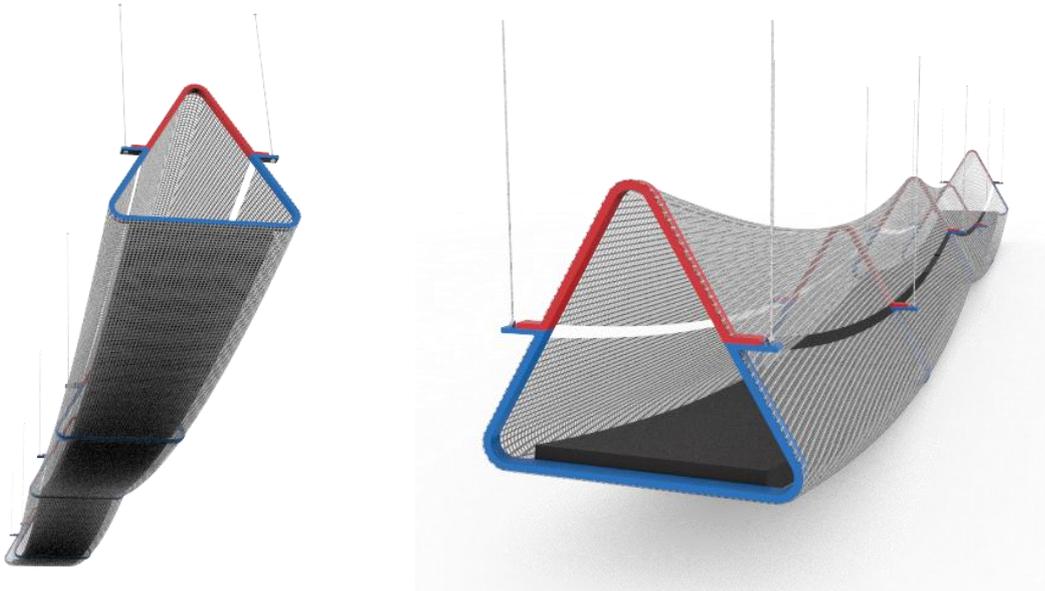
La propuesta desarrollada para el presente trabajo consiste en un cuerpo orgánico diseñado para su empotramiento en techo, cuya locación y configuración exactas serán previamente recomendadas según los resultados de las mediciones de reverberación. El producto está constituido por una consecución de cuerpos plásticos triangulares de iguales dimensiones, proporcionando un esqueleto que mantiene posición un recubrimiento tipo red.

La misma contiene en su interior retazos rescatados del descarte industrial textil vinculados entre ellos de manera artesanal para configurar planchas. La aglomeración de estas cápsulas son las que proporcionarán el confort acústico deseado.

Debido al peso reducido del sistema, este podrá mantenerse flotante en el techo por medio de cables de acero (3mm) estandarizados con la tranquilidad que, de desprenderse y caer, no lastimará a quienes se encuentren debajo. El cuerpo del producto toma como punto de partida las estructuras reticulares que configuran las arañas con sus telas.

Existen antecedentes similares en el ámbito de la instalación artística, con estructuras dispuestas en museos con la posibilidad de ser escalada por visitantes. La figura 5 muestra imágenes realistas del dispositivo. En la vista desde abajo del dispositivo se observa la plancha de textiles reutilizados (rectángulos negros) depositados en el interior de la estructura. Los marcos, alrededor de los cuales se tensan las redes pueden hacerse por inyección de plástico, plegado de chapa o maquinado en madera. En ese sentido, la migración de material es sencilla y ajustable a las intenciones particulares de cada institución.

Figura. 5: Imágenes del dispositivo propuesto para contener material reciclado.



Elaboración propia.

En la figura 6 se observa un despiece del subsistema y a la derecha, dimensiones generales. No se necesitan tornillos ya que el encastre se hace efectivo por medio de un vástago, mitad inferior y un orificio en la mitad superior. La mitad inferior incluye a ambos lados una extensión de la unión hacia afuera con un orificio para ingresar el cable de acero de 3 mm. La intención de constituir el marco en dos partes es, por un lado, facilitar la colocación de la red y por otro, permitir la disposición del absorbente cocido en su interior. La red a utilizar es estándar, de fibra sintética para pesca. Las dimensiones de las planchas cosidas de tela son 1,5 m de largo x 42 cm de ancho. Las mismas podrán ser confeccionadas durante alguna actividad escolar con participación de los mismos alumnos. En caso contrario, podrán elaborarse por personal en un taller de acopio y costura.

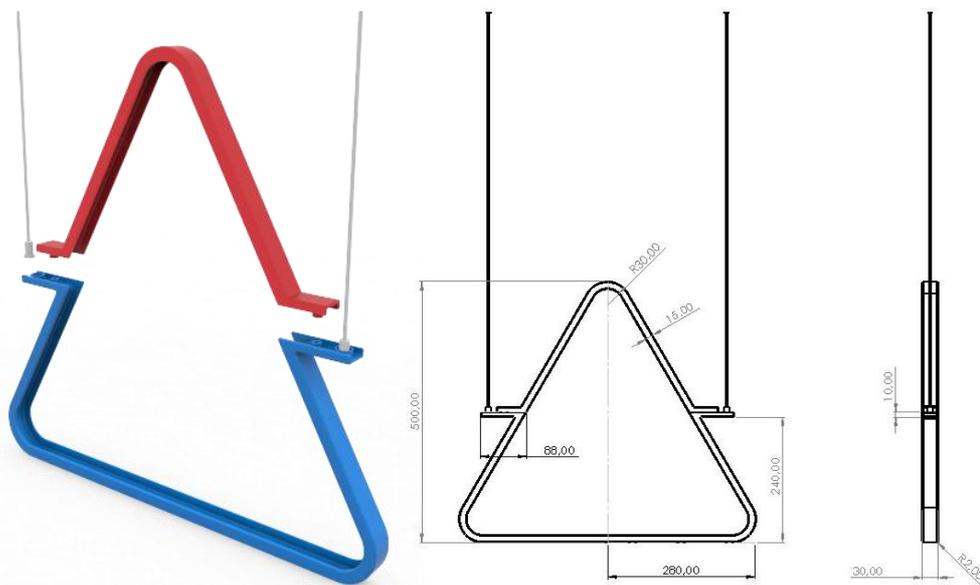
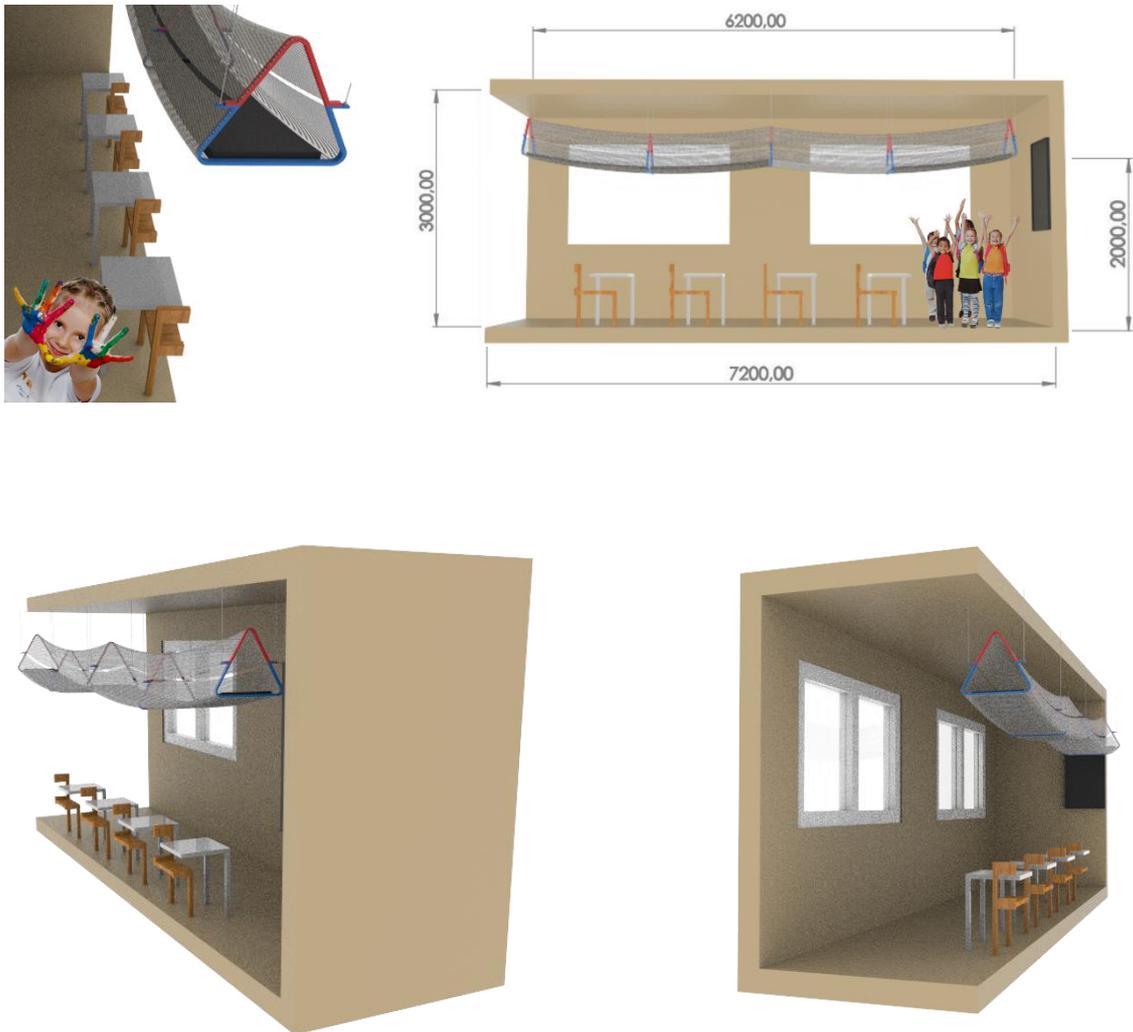


Figura. 6: Imágenes del subsistema de montaje. A la izquierda una perspectiva explotada en su versión plástica y a la derecha, cotas generales.

Para estandarizar resultados se analizó el tiempo de reverberación (TR) con un aula modelo cuyas dimensiones fueron proporcionadas por el estado durante la pandemia para trabajar la disposición de los elementos escolares durante la paulatina normalización de actividades. Las dimensiones estándar son 7,20 m largo x 7,20 m ancho x 3 m de altura, dando como resultado un volumen de 155,52 m. El resto de los elementos que se consideraron para el cálculo fueron ventanas, pizarrón, puerta, mesas y sillas ocupadas, según un supuesto en el que el alumnado fuera conformado por 30 personas.

En las imágenes de la figura 7 se observa un ejemplar del producto dispuesto en el techo de un aula escolar con las dimensiones estándar. Nótese que los cables de acero pueden tensarse de acuerdo a las necesidades particulares, elevando o descendiendo cada segmento.

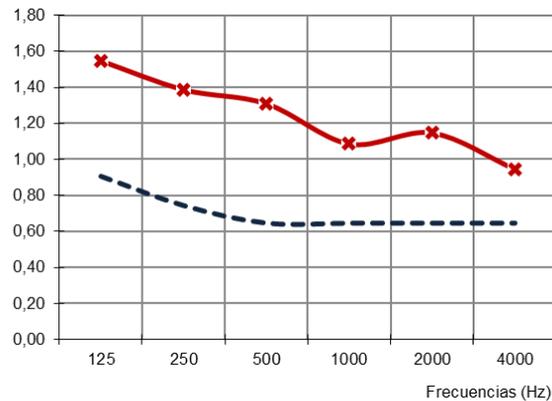
Figura. 7: Vistas de montaje en aula.



Elaboración propia.

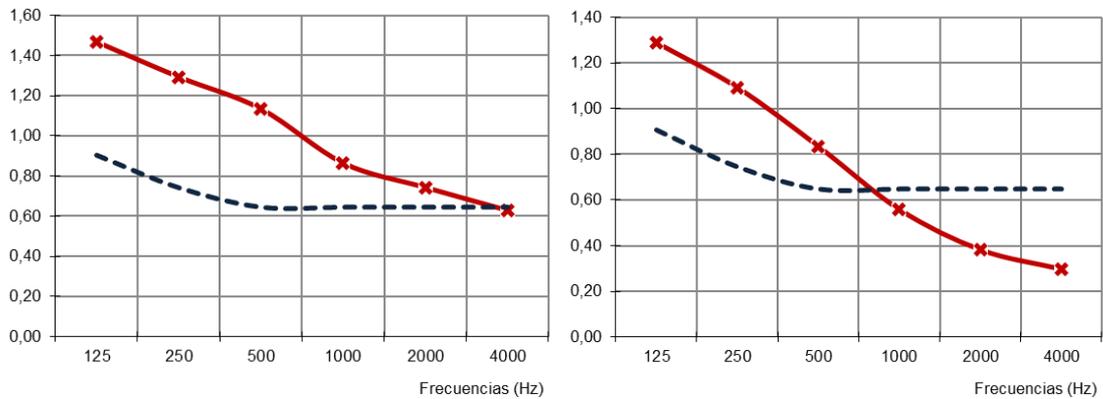
En la figura 8 se muestran los TR (tiempos de reverberación) calculados según frecuencias para un aula sin tratamiento acústico. Como se puede apreciar, el TR es muy superior a la curva óptima (azul), alcanzando los 1,3 s para frecuencias medias (500 Hz).

Figura. 8: Tiempos de reverberación del aula modelo vacía



Elaboración propia

Figura. 9: Tiempos de reverberación del aula acondicionada. (a) con tres dispositivos. (b) con once dispositivos.



Elaboración propia

Se observa en la gráfica de la figura 9 (a) la diferencia con respecto al tiempo de reverberación en aula vacía al agregar tres redes colgantes en el techo, con las correspondientes cuatro planchas de material absorbente por ejemplar. Nótese que, para frecuencias de 4000 Hz, el tiempo de reverberación si bien ya alcanza el valor recomendado, la curva debería ajustarse para 500 Hz. La gráfica de la figura 9 (b) ilustra el decaimiento del tiempo de reverberación en caso de colocarse once ejemplares de la red con las correspondientes cuatro planchas de material absorbente, cuyas dimensiones son 1,5 m de largo x 42 cm de ancho. Nótese la notable disminución de los tiempos de reverberación consecuente.

## Conclusiones

Se concluye que los principales desafíos asociados al producto final se relacionan con la logística de separación y recolección de los residuos, la producción seriada y adaptación personalizada al espacio asignado.

En relación a la recolección del residuo textil, esta dependerá enteramente de la demanda satisfaga la fábrica automotriz. En caso de que se utilice el mismo compuesto para producir otros insumos, el proceso de recolección, almacenamiento y aprovechamiento de los retazos seguirá vigente. En caso contrario, si el compuesto se altera, deberá medirse nuevamente el nivel de absorción para evaluar su adopción en el mismo proyecto. Esta situación se debe exclusivamente a la naturaleza del residuo utilizado, que lejos de ser de uso común, su composición pertenece a una aplicación específica.

Sobre la adaptación del producto al espacio, esta dependerá de las dimensiones del aula. Si bien se tomó como modelo paradigmático un aula estándar, no necesariamente todas cumplen estas características y no solo en dimensiones, sino también en materialidad. Sin embargo, el producto propuesto contempla esta situación y su adaptación es factible bajo previa medición de los tiempos de reverberación. Esta evaluación permitirá determinar cuántos ejemplares se colocan, a qué altura se dispondrán y la cantidad de segmentos que serán precisos para cubrir la longitud del aula.

## Bibliografía

- Abadia, L., Maristany, A., Pacharoni, A., Coca, S., Pavlik, M., Schafer, H., Lucca, M. (2023). Acústica de aulas y su influencia en la salud auditiva. XIII Creta, Córdoba, pp. 882-889.
- Foro Económico Mundial. (2022). *The Fashion Industry and the Environment: A Report on Sustainability*. World Economic Forum.
- González, P., & Martínez, R. (2020). Impacto del entorno acústico en el rendimiento académico de niños en edad escolar. *Revista de Psicopedagogía*, 28(2), 15-30.
- Instituto Hohenstein. (2020). *Fibre Degradation and Environmental Impact*. Hohenstein Institute for Textile Innovation.
- Katz, J., & Williams, R. (2019). Sustainable Textiles: Design, Production, and Consumption. *Journal of Cleaner Production*, 234, 120-135.
- Organización Mundial de la Salud. (2019). *Ruido ambiental y salud: Consecuencias a largo plazo en niños y adolescentes*. OMS.
- Pérez, G., & Vargas, M. (2020). Efectos del ruido ambiental en el desarrollo cognitivo y emocional en niños de edad escolar. *Revista de Psicología Infantil y Educación*, 15(2), 45-62.
- Tíscar, S., & Sáez, P. (2020). Estrategias de economía circular en la industria textil: Un análisis de las alternativas para la gestión de residuos. *Revista de Economía Circular y Sostenibilidad*, 15(2), 45-60.