



ADAPTACIÓN TECNOLÓGICA PARA IDENTIFICAR PROPIEDADES ACÚSTICAS DEL MATERIAL RESIDUAL GENERADO EN LA INDUSTRIA DE TRANSFORMACIÓN DEL BAMBÚ GUADUA*

*Technology adaptation to identify acoustic properties
of the waste material generated in the bamboo guadua processing industry*

*Gustavo Adolfo Peña Marín***

*Carlos Andrés Quintero Díaztagle****

*Juan Felipe Ramírez Arango*****

* Artículo elaborado como parte de la investigación en curso, denominada: “Identificación de propiedades acústicas del material residual generado en los procesos de corte de la guadua para su aplicación desde el diseño industrial”. UCP, 2015-2016.

** Magíster en Comunicación Educativa, Universidad Tecnológica de Pereira. Contacto: gustavo.pena@ucp.edu.co

*** Especialista en Gestión de proyectos de diseño e innovación. Contacto: carlos.quintero@ucp.edu.co

****Estudiante de (VIII semestre de Diseño industrial, I-2016) Universidad Católica de Pereira, integrante del semillero de investigación SeDisTec. Contacto: juanfe.ramirez@ucp.edu.co

RESUMEN:

En este artículo se presentan avances de una investigación sobre las propiedades acústicas del material residual generado en los procesos de industrialización del bambú guadua. Se requiere un instrumento de medición, como apoyo para la caracterización de las propiedades de impedancia acústica de las diversas probetas del material analizado. La metodología es la “investigación empírica a través del diseño”, que permite la generación de conocimiento por medio del desarrollo de prototipos. Durante la construcción del marco teórico, se evidencia la necesidad de infraestructura física e instrumentación que puedan ser utilizados para otras experiencias investigativas relacionadas con estos temas y que desde el diseño industrial se pueden desarrollar a partir de la tecnología apropiada y la disponibilidad de recursos.

PALABRAS CLAVES:

Tubo de impedancia acústica, medición acústica, diseño instrumental, diseño industrial, residuos de guadua.

ABSTRACT:

This article describes the first steps of an investigation (ongoing to 2015), aimed at elucidating the acoustic properties of the waste material generated in the bamboo guadua industrialization process, for which it requires a measuring instrument developed with the research harvester SeDisTec, as support for the characterization of acoustic impedance properties of the various analyzed material samples; as part of the outlined goals in the project. The proposed methodology is Empirical Research Through Design Method -ERTDM- which allows the knowledge generation through prototypes development. During theoretical framework construction, Is evident the need for physical infrastructure and instrumentation that can be used for other research experiences related to these issues and from industrial design can be developed from the appropriate technology and resources availability.

KEYWORDS:

Acoustic impedance tube, acoustic measurement, instrumental design, industrial design, guadua wasted.

ADAPTACIÓN TECNOLÓGICA PARA IDENTIFICAR PROPIEDADES ACÚSTICAS DEL MATERIAL RESIDUAL GENERADO EN LA INDUSTRIA DE TRANSFORMACIÓN DEL BAMBÚ GUADUA

Para citar este artículo: Peña Marín, Gustavo A., Quintero Díaztagle, Carlos A., Ramírez Arango, Juan F. (2016). "Adaptación tecnológica para identificar propiedades acústicas del material residual generado en la industria de transformación del bambú guadua". En: Revista Académica e Institucional Páginas de la UCP N° 99 (Enero-Junio de 2016); pp. 67-84

Primera versión recibida el 17 de Marzo de 2016. Versión final aprobada el 29 de noviembre de 2016.

Dentro del Diseño, con mucha frecuencia surgen dudas acerca de cómo enmarcarse de manera precisa dentro de los paradigmas de investigación desarrollados por las ciencias exactas y las humanidades.

Este hecho se da justamente por no poder establecer una clasificación clara de cuáles son los límites de la investigación cualitativa y cuantitativa, en relación con una disciplina que trabaja tanto con la exactitud que requiere el dominio técnico para el planteamiento de una solución tangible, como con los imaginarios que estos desarrollos suscitan en las personas que hacen uso de las mismas. Por tanto, el diseño es una disciplina que requiere una constante revisión de los más variados métodos de investigación, con el fin de indicar una ruta clara de intervención en la cual se pretenda indagar sobre temas puntuales.

Teniendo en cuenta que el diseño se caracteriza por una constante aplicación de conocimientos de múltiples disciplinas, resulta claro que es posible realizar investigaciones que van más allá de la discusión teórica sobre la configuración de la forma o sobre sus manifestaciones sociales. También resulta posible, siguiendo el marco de la transdisciplina, realizar indagaciones que puedan servir de apoyo a la construcción

de marcos teóricos que alimenten otros campos del saber. Tal es el caso del proyecto que se explica a continuación, en el cual se proponen alternativas que den solución a problemas particulares a partir de la aplicación de conceptos disciplinares de la actividad proyectual e integrándolos con nociones de las ciencias básicas, tarea que es considerada fundamental para el quehacer del diseñador.

Desarrollo del proceso metodológico en el proyecto, previo a la identificación de propiedades acústicas del bambú guadua

Este proyecto fue formulado desde la línea Técnica y Tecnología (TT) del grupo de investigación Arquitectura y Diseño (GAD) de la Universidad Católica de Pereira (UCP). La investigación busca identificar las propiedades acústicas del material residual de los múltiples procesos de transformación del Bambú Guadua, para aprovechar este subproducto de manera innovadora, ampliando su ciclo de vida en soluciones tangibles y ofertando aplicaciones de valor y utilidad desde otras características no identificadas ni aprovechadas hasta el momento.

Con el fin de ejecutar un proceso metodológico ordenado, se plantea su desarrollo por etapas: desde el mapeo del contexto y la indagación del

marco teórico, hasta el diseño de probetas para la realización de pruebas acústicas, pasando por la construcción del instrumento de medición para tal fin.

En la primera etapa, el mapeo del contexto se realiza a través del reconocimiento del sector productivo de transformación de la guadua, en el que se halla variedad de intervenciones tecnológicas en diferentes niveles de complejidad instrumental. Estas van desde herramientas manuales para transformarla en esterilla (machetes, pácoras, formones, entre otros), hasta máquinas-herramientas que permiten volúmenes mayores de fabricación de estos formatos comerciales (tableros, contrachapados, páneles).

Este proceso favorece la recolección de datos secundarios y la construcción del marco teórico, con lo cual se establecen límites de innovación a partir de procesos de vigilancia tecnológica. A partir de allí, se identifican los instrumentos adecuados para medición de comportamiento acústico en el material estudiado para generar patrones característicos que pueden ser usados dentro de posibles aplicaciones a futuro.

Luego, durante la segunda etapa, se seleccionan los procesos y tecnologías para intervenir el material, y así dar paso a la recolección de cantidades suficientes de los residuos para el desarrollo de probetas durante las mediciones (a partir de la infraestructura de la empresa Ecoguadua). Como acción concluyente en esta etapa, se diseñan las probetas (clasificadas por granulometría, densidad y peso del material).

Desarrollo del proyecto y sus avances en el cronograma planteado

La pertinencia del tema de investigación se fundamenta en la lectura de los elementos

característicos de la cadena de valor de los agentes implicados en el desarrollo de la industria alrededor del bambú guadua, pues resulta ser de suma importancia a la hora de ampliar las posibilidades de indagación, al contar con datos extraídos directamente de las realidades productivas que se desarrollan a partir del material de estudio a nivel local.

Etapa 1

En un primer momento se realizó un mapeo del contexto donde se desarrolla el proyecto, facilitando la identificación de los actores involucrados en la industrialización. El objetivo es aumentar su valor como producto y ampliar la oferta desde la innovación, para generar posibilidades del material en nuevas aplicaciones, tanto para los sectores tradicionales de la arquitectura y la construcción, como en otros escenarios en los que se pueda aprovechar al máximo todas sus propiedades, incluso las no exploradas hasta el momento.

Al reconocer las empresas que se benefician del bambú guadua a través de su transformación, es posible tener un panorama claro de los procesos y tecnologías que poseen. De esta manera se logra identificar el potencial que algunos empresarios tienen en volumen productivo y en capacidad física instalada para proveer un mercado que solicita normalmente la guadua rolliza o en estado natural (en cuanto a su geometría y dimensionalidad). A partir de esto se inician las intervenciones más tradicionales, como el caso de la fabricación de “esterilla”, y a un nivel más elaborado “laminados”, de acuerdo con las necesidades de los clientes (nacionales e internacionales) para el uso del material en diversos productos, particularmente pisos y tableros contrachapados.

Dos de las empresas más representativas en la región son “Ecoguadua” y “Vélez y Villegas: Laminados de guadua”, en las que su cultivo, extracción y preservación del bambú, cumplen con normas y requisitos ambientales. A partir del uso de infraestructura especializada, superan a otras empresas de menor escala, tanto en volúmenes productivos como en las tecnologías apropiadas y desarrolladas para sumar al beneficio del material, llevándolo a los formatos de aplicación nombrados anteriormente.

En estas empresas se reconocen procesos industriales que van desde un manejo silvicultural adecuado, hasta un montaje de maquinaria con niveles de automatización y mecanización que facilitan tamaños y volúmenes de los laminados en mayor escala, pero que además generan una cantidad de residuos importantes, que alcanzan entre el 60% y el 80% del volumen de la materia prima necesaria para el desarrollo de su oferta productiva. Este subproducto aún no es aprovechado de manera sostenible, lo que podría estar desvirtuando la viabilidad del negocio desde la perspectiva medioambiental.

Por otro lado, dentro del desarrollo del marco teórico y a partir de la revisión de múltiples fuentes secundarias, fue posible identificar que la gran mayoría de desarrollos alrededor del tema del aprovechamiento de las propiedades del Bambú Guadua, están enfocadas en las características de resistencia físico-mecánica en relación con las aplicaciones al sector de la construcción y la artesanía. Sin embargo, teniendo en cuenta la producción de residuos se observa que este sobrante no ha sido investigado de modo que se indaguen y vislumbren otras de sus características menos evidentes.

Es allí donde se plantea un enfoque más preciso orientado hacia la identificación de propiedades

acústicas de este subproducto, con el fin de continuar con los procesos previos de la línea de investigación técnica y tecnológica, dándole un propósito de solución a problemas identificados en este importante sector regional.

Este interés se vio reafirmado al constatar la poca información con la que cuenta el tema, a pesar de algunos referentes que dan cuenta de estudios de propiedades acústicas en contextos al aire libre o en espacios cerrados fabricados con diversos materiales, utilizando instrumentos de medición como sonómetros, implementados para identificar los niveles de reducción de decibelaje.

Uno de estos trabajos corresponde a la medición acústica realizada dentro de viviendas construidas con materiales poliméricos reciclados; denominada “Desarrollo de un módulo habitacional a partir de materiales reciclados” (Salazar, Arroyave y Yepes, 2013) en donde se logró detectar un porcentaje de reducción del ruido con respecto al sonido ambiente, es decir, en cuanto a la intensidad sonora generada desde el exterior de la casa fabricada con estos bloques.

Sin embargo, estos procesos investigativos no corresponden a exploraciones que aporten a los conocimientos desde y para el diseño propiamente dicho. Tampoco dan cuenta de posibles aplicaciones que permitan, por un lado, evitar la dependencia de este sector a las dinámicas de extracción o recuperación y, por otro lado, evidenciar usos directos de este material para múltiples contextos en otras disciplinas.

Adicionalmente, se identificaron algunos textos que sirven de base para la construcción del marco teórico de la investigación, considerando no necesariamente las propiedades acústicas en

el Bambú Guadua, sino procesos de medición desde facultades de ingeniería, a partir de un instrumento conocido como el tubo de impedancia acústica¹ o tubo de Kundt, de manera experimental y con desarrollos básicos con las respectivas imprecisiones que pueden ofrecer frente a las normas internacionales.

Algunas experiencias internacionales en las que se construyeron tubos de impedancia muestran diferentes configuraciones del instrumento, particularmente en las dimensiones utilizadas, de acuerdo con los elementos tecnológicos que lo constituyen (bocina-parlante, material para fabricar el tubo, tipo de micrófonos, cableado, amplificador y generador de tonos y frecuencias, interfaz de audio-tarjeta de sonido, entre otros). Una de estas experiencias, realizada en Zagreb, Croacia por estudiantes de ingeniería eléctrica de la Universidad de Zagreb y publicado como ponencia para el evento *acoustics 08* en París, muestra un tubo de impedancia construido con materiales económicos y en el que afirman que:

[...]el tubo fue hecho de acero inoxidable usando un torno y los agujeros para los micrófonos fueron perforados con un taladro fresador, debido a la tolerancia requerida de solo ± 0.2 milímetros [...] El sello de espuma fue insertado en los agujeros para micrófonos, siguiendo la exigencia que los micrófonos tienen de ser herméticamente sellados. El pistón duro reflectivo fue también sellado ya que actúa como soporte del material de muestra. Este se desliza en contra de la pared interior del tubo de extensión,

que está montado a continuación del tubo de función de transferencia. Una vez insertado el material de muestra a ser medido, se fija firmemente en su posición referente, presionado en contra de una parrilla ubicada a una distancia fija calculada desde los micrófonos (Suhaneck, 2008, p.4480)

Lo anterior muestra un ejemplo de construcción ideal en cuanto a ensamblajes sencillos para el montaje de las piezas y accesorios de baja complejidad constructiva con niveles de precisión suficientes para su fabricación con tecnología local y costos relativamente asequibles.

Es en este punto donde se hizo necesaria la indagación teórica de conceptos básicos de acústica, tales como la impedancia, tipos de ondas, reflexión, refracción, difracción, entre otros, dando como resultado la apropiación de metodologías claras que apuntan hacia la identificación de estas propiedades en diversos materiales.

Este proceso se dio de manera simultánea con la identificación de las características del material secundario como resultado de la transformación de la Guadua, con lo cual fue necesario el inicio de una búsqueda de referentes para la construcción del tubo de impedancia acústica que fue apoyado por el semillero de investigación en diseño y tecnología –SeDisTec²– del programa de Diseño Industrial, Facultad de Arquitectura y Diseño de la Universidad Católica de Pereira.

Algunos de los referentes más apropiados y viables para replicar como experiencia de

1 Impedancia acústica es la propiedad que tiene un determinado medio (sólido, líquido o gaseoso) para resistir el paso o propagación de una onda sonora.
2 (Semillero de Diseño y Tecnología), adscrito a la línea de investigación Técnica y Tecnología, Grupo de investigación Arquitectura y Diseño UCP, integrado por: Andrés Felipe Arcila Pérez, Catalina Londoño Murcia, Juan Felipe Ramírez, Andrés Felipe Valencia Duque, Jaime Andrés Quintero.

investigación formativa con SeDisTec que aportará al proyecto marco de investigación, fueron encontrados en diversos artículos en los que se requirió de la construcción de un tubo de impedancia para hacer las mediciones correspondientes de los materiales analizados. En ese sentido, se encontró el artículo “Sistema de medición para la caracterización acústica de materiales a incidencia normal del sonido”, por parte del Semillero de Investigación en Robótica Móvil, Grupo de Investigación en Modelamiento y Simulación Computacional de la Universidad de San Buenaventura en la ciudad de Medellín, en el que se construyó

[...]un sistema de medición acústica de materiales y cómo obtener el factor complejo de reflexión sonora a incidencia normal del sonido, con base en el método del tubo de impedancia y el desarrollo de un algoritmo de procesamiento en MATLAB que relaciona las señales de dos micrófonos en el sistema (Gil, Giraldo, Córdoba y Cárdenas, 2011, p.1)

De esta manera, fue posible constatar una carencia de este tipo de equipos en el contexto regional, lo cual abrió un interés por desarrollar este dispositivo aportando las consideraciones pertinentes que desde el diseño se pueden identificar.

Este desarrollo fue formulado con el nombre de “Proyecto Antara”, para ser construido por los estudiantes de semillero en conjunto con los docentes del proyecto marco alrededor de las propiedades acústicas del Bambú Guadua, el cual será ampliado en párrafos posteriores.

Antecedentes sobre las posibilidades tecnológicas del sector Bambú Guadua

El Bambú Guadua ha sido un material de vital importancia para la construcción de la identidad del paisaje cultural cafetero. En su gran mayoría, sirve como materia prima de construcción arquitectónica, así como para la elaboración de objetos de uso de variados tipos, enmarcados en procesos de manufactura artesanal.

De manera particular, la región cafetera ha podido convertirse en un importante productor de este material con fines de exportación, favoreciendo el surgimiento de una industria dedicada exclusivamente a la silvicultura. Sin embargo, el proceso de corte y preparación de la guadua para su comercialización, al igual que el desarrollo de laminados mencionados anteriormente, generan efectos colaterales representados en la producción de un alto desperdicio de partículas residuales de distintas características, granulometría, porcentajes de humedad, etc., principalmente a causa del uso de herramientas de corte tanto industriales como manuales, como lo son las sierras, cepilladoras, lijadoras, entre otras herramientas para manufactura sustractiva.

A partir de allí se han podido identificar y categorizar algunas presentaciones del residuo, diferenciado principalmente de acuerdo con su geometría y dimensionalidad, y que serán clasificadas en detalle en la siguiente etapa. Esta consiste en el proceso de definición de las probetas definitivas, sus volúmenes ideales, espesores y utilización de adhesivos y/o aglomerantes para darles tridimensionalidad y estructura durante las mediciones programadas para el segundo semestre de 2015.

Una experiencia investigativa similar, haciendo la medición del material residual del bambú, se llevó a cabo por parte de investigadores del Departamento de Productos Forestales, del Bogor Agricultural University –Institut Pertanian Bogor, IPB- en Indonesia, quienes publicaron el artículo denominado *Acoustical properties of particleboards made from betung bamboo (dendrocalamus asper) as building construction materials*, en el que afirman lo siguiente: “Como materia prima, los culmos de bambú fueron cortados en piezas de 40 cm de longitud, cortados en mitades y picados manualmente. Hubo tres tipos de medida de partículas utilizadas: finas, medias y gruesas”³ (Karlinasari et al., 2012, p.5701). Sin embargo, en este caso la especie de bambú analizado fue el *dendrocalamus asper*, que en relación de la *guadua angustifolia kunth* posee diferente densidad y características morfológicas en sus fibras, lo que podría marcar la diferencia en el comportamiento acústico al momento de fabricar las probetas y posterior diseño para su utilización, ya que en esa investigación, las partículas fueron elaboradas manualmente y fraccionadas de manera controlada en los tres tamaños propuestos para medición en el tubo de impedancia.

Es bien sabido que la especie *Asper* ha sido implementada en varios países (China, Indonesia, Tailandia, entre otros) como un interesante material para desarrollo de productos artesanales, laminados para pisos y acabados arquitectónicos. Sin embargo, sus propiedades físico mecánicas no han tenido tanta relevancia aplicativa como la *guadua angustifolia kunth*, en tanto material estructural y constructivo en obras civiles y arquitectónicas. No obstante, los resultados de la *Asper* como material acústico arrojan importantes datos para contrastar posteriormente con la investigación de residuos de *Guadua angustifolia*.

Etapa 2

A partir de la búsqueda de fuentes primarias se identificaron algunas tecnologías usadas para el proceso de transformación de la guadua en proceso de *Laminado* principalmente, recopilados a partir de la visita a la empresa *Laminados de guadua Vélez y Villegas* en donde la infraestructura tecnológica les ha permitido intervenir el material y llevarlos a una presentación comercial de alta calidad.

La maquinaria usada durante estos procesos se enuncia en la Tabla 1:

3 Párrafo traducido del artículo original en inglés: acoustical properties of particleboards made from betung bamboo (*dendrocalamus asper*) as building construction materials. Bioresources, 00-09.

MAQUINARIA	USO
<p style="text-align: center;">TROZADORA-MARTILLADORA</p>  <p>Fuente: http://img.directindustry.es/images_di/photo-mg/24061-3011505.jpg</p>	<p>Prensa y genera canales de abertura a la Guadua Rolliza para su transformación en láminas de esterilla de tamaños regulados.</p>
<p style="text-align: center;">CEPILLADORA</p>  <p>Fuente: http://img.directindustry.es/images_di/photo-g/21854-2605747.jpg</p>	<p>Realiza el proceso de corte y sustracción de la curvatura de la esterilla, eliminando el mayor porcentaje de sílice de la superficie.</p>
<p style="text-align: center;">ENCOLADORA DE ESTERILLAS</p>  <p>Fuente: http://img.directindustry.es/images_di/photo-g/66208-2713483.jpg</p>	<p>Aplica pegamento a las esterillas después de su paso por la Cepilladora.</p>

<p style="text-align: center;">PRENSA</p>  <p>Fuente: https://i.ytimg.com/vi/e4B7Njwy10s/hqdefault.jpg</p>	<p>Agrupar las láminas en líneas de 6 esterillas.</p>
<p style="text-align: center;">AUTOCLAVE</p>  <p>Fuente: http://img.interempresas.net/fotos/358364.jpeg</p>	<p>Elimina los restos de humedad de la esterilla y permite el secado del pegamento.</p>
<p style="text-align: center;">HILADORA DE ALGODÓN</p> <p>(No se comparte imagen debido a que son equipos desarrollados en las mismas empresas regionales y son propiedad industrial expresada por los empresarios como confidencial).</p>	<p>Realiza un tejido de las láminas para evitar posibles desprendimientos y mejorar su adhesión.</p>
<p style="text-align: center;">SIERRA DE BANDA TRANSPORTADORA</p> <p>(No se comparte imagen debido a que son equipos desarrollados en las mismas empresas regionales y son propiedad industrial expresada por los empresarios como confidencial).</p>	<p>Corta las láminas para dar los correspondientes formatos de presentación y venta del material, de acuerdo con las longitudes promedio de cada lámina.</p>
<p style="text-align: center;">ENCOLADORA</p> <p>(No se comparte imagen debido a que son equipos desarrollados en las mismas empresas regionales y son propiedad industrial expresada por los empresarios como confidencial).</p>	<p>Prensa y aplica pegamento a través de un sistema térmico por aceite, para generar tejidos transversales de las láminas, con el fin de dar mayor calibre a las láminas que serán comercializadas.</p>

Tabla 1. Maquinaria implementada en los procesos industriales de transformación de la guadua

De igual manera, por medio de la visita a la planta de producción de la empresa Ecoguadua fue posible realizar un comparativo con los procedimientos de la empresa Vélez y Villegas

de las posibilidades de transformación del material en dos de sus fases principales, las cuales corresponden con la mayoría de procesos llevados a cabo en la región.

Por un lado, el proceso de preparación del Bambú Guadua, para su posterior comercialización nacional e internacional en su forma cónica (Guadua Rolliza), representa un alto porcentaje de desperdicio que corresponde con la sustracción de los extremos de la misma. Estos procedimientos son realizados a partir de la utilización de cierras circulares, las cuales generan en su mayoría polvo de serrín de una baja granulometría como consecuencia del desprendimiento de partículas al contacto con la herramienta de corte.

También es posible evidenciar en este proceso el desprendimiento de partículas más grandes que corresponden a piezas de corteza que se desprenden de manera longitudinal a las fibras del material.

Sin embargo, en la transformación de Guadua Rolliza en esterilla y posteriormente en laminados, se observa un mayor desperdicio de material, al ser requeridos una serie de procesos sustractivos con el fin de eliminar las concavidades y convexidades del corte del cilindro de guadua, lo que deja en evidencia un desaprovechamiento de este sobrante que tiene como fin servir de combustible de otras industrias, así como material de uso para pequeños artesanos.

Un análisis detallado de los procesos de industrialización de la guadua, particularmente en la fabricación de laminados, se encuentra reseñada en el libro “Guadua (Lambú)”, en el que se reconocen al menos “[...] doce (12) tipos diferentes de laminado determinados por el tipo de adhesivo utilizado, el tipo de acabado y el modo de laminado.” (Castellanos y Godoy, 2007, p. 133). Esa investigación identificó los procesos, las máquinas y los

tipos de herramientas utilizados para el corte y/o generación del material sobrante, el cual se manifestó principalmente en un tipo de residuo como la viruta en los procesos de corte, torneado, mecanizado, moldurado, lijado y cepillado; mientras que el residuo tipo trozos se dio en el corte y el mecanizado, además de unas partículas pequeñas en el proceso de acabados. Todos los anteriores a partir de laminados y bloques de guadua aglomerada (p. 60).

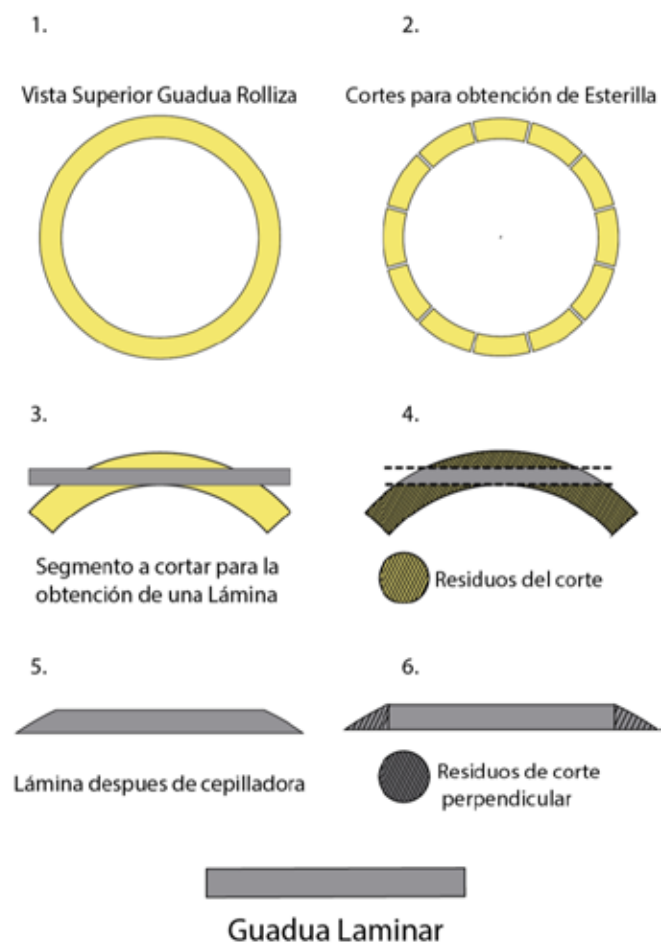


Figura 5. Semillero SeDisTec fabricando el tubo de impedancia acústica Antara. Fuente: Juan Felipe Ramírez.

Antara, desarrollo de tubo de impedancia para medición de ondas sonoras⁴

En cualquier proyecto de investigación, los sentidos de curiosidad, inquietud, búsqueda y pregunta de los involucrados -tanto investigadores como estudiantes de semilleros-, terminan siendo esenciales y trascendentales en el progreso, éxito y legado del proyecto. Al establecer cuestionamientos a raíz de una pequeña propuesta de exploración, se favorece la generación y abordaje de múltiples caminos para el desarrollo y crecimiento, tanto del conocimiento como de la investigación formativa.

En ese sentido, los siguientes apartes brindarán las experiencias y expectativas generadas a través del proyecto Antara⁵, llevado a cabo por SeDisTec, haciendo parte de un conjunto de hallazgos investigativos, que tienen su génesis conceptual y experiencial desde el trabajo adelantado por este semillero desde 2013, en el ejercicio denominado “Artefactos sonoros: De lo vernáculo a lo tecnológico” (Valencia y Quintero, 2013), presentado como ponencia durante los días 8 y 9 de octubre de ese año, en el 5° seminario de investigación en innovación con impacto social” y el 3° encuentro nacional de semilleros en la UPTC en Bogotá.

Ese último producto nace desde una iniciativa relacionada en intereses personales y visiones profesionales de los integrantes, particularmente en la afinidad musical como gusto y actividad, integrado a los enfoques

del anterior grupo de investigación Diseño y Tecnología, vigente hasta 2014 en el Programa de Diseño Industrial de la UCP.

En este programa fueron incluidas temáticas relacionadas con el desarrollo de artefactos desde una perspectiva tecnológica, explorando materiales y técnicas vernáculos con la expectativa de conocer los recursos de la región en profundidad. Así mismo, para observar de manera directa el aporte que desde el diseño industrial puede realizarse a asuntos que trascienden la configuración formal de los objetos de uso, llegando a cuestionarse por aspectos técnicos que puede favorecer e intervenir en otros campos del conocimiento aplicado en favor de lo social para comunidades juveniles.

Esta primera iniciativa del semillero y sus integrantes estaba enmarcada en el proyecto de investigación DiTecMu⁶, que fue desarrollado como una primera mirada de identificación del potencial de los materiales y tecnologías vernáculos en el contexto regional, tratando de dilucidar los conocimientos que se tienen con respecto a la guadua.

Dicho proyecto le dio las pautas al semillero SeDisTec, para abordar la construcción de un artefacto sonoro llamado *Palo de agua*, un elemento que permite una conexión de experiencia sonora natural desde su semejanza a la caída de la lluvia.

Su funcionamiento es dado a partir de un tubo contenedor de numerosos granos y/o

4 Apartes y antecedentes del proceso de investigación formativa con el semillero SeDisTec como apoyo al proyecto marco de investigación.

5 Antara es una actividad proyectual de investigación formativa iniciada en el semillero de investigación SeDisTec, dentro de la investigación marco denominada “Identificación de propiedades acústicas del material residual generado en los procesos de corte de la guadua para su aplicación desde el Diseño Industrial” adelantada por el investigador principal MCE DI Gustavo Peña y el co-investigador Esp. DI Carlos Quintero.

6 Proyecto de investigación DiTecMu: Tecnologías aplicadas al Diseño de artefactos sonoros como actividad vocacional y ocupacional en comunidades juveniles”. UCP, 2013.

semillas y varas pequeñas puestas de manera transversal y habitualmente en distribución espiral al interior de todo el cuerpo del tubo. A raíz de la inclinación del tubo contenedor, la caída y el golpeteo de los granos con las varas transversales permite la generación de un sonido similar a la lluvia, y a partir de esta experiencia, pueden suscitarse reacciones por parte del usuario, desde un estado de relajación o simplemente la acción interactiva a través de la experiencia sonora, pensado desde la teoría del “Diseño Emocional” (Norman, 2005).

Si bien sus características permiten ser ideales para ser empleados en sonidos de ambiente y en una que otra pieza musical como elemento de percusión, se planteó la siguiente pregunta: ¿De qué otras maneras esta posibilidad puede migrar a otros campos y por qué no, a otros elementos de aplicación sonora?

Así pues, a partir de este interrogante implícito, se idearon las posibilidades de innovación para el instrumento, tales como:

1. La utilización de uno o varios micrófonos que capturan el sonido en los diferentes momentos de caída de los granos y que permitiera tanto su amplificación sonora como su intervención digital desde un *software*.
2. Implementación de un material tradicional abundante en la región cafetera como la guadua angustifolia para ser utilizado en su construcción.
3. La posibilidad de variación de grano/semilla para diferentes tipos de sonido desde cartuchos intercambiables.

Desarrollo del proyecto Antara

El semillero de Investigación SeDisTec ha propuesto a partir del proyecto antes mencionado, una línea clara de interés sobre las temáticas relacionadas con el estudio del sonido desde múltiples enfoques. Es así como orientados por esta secuencia lógica, se busca complementar el saber disciplinar con estudios de rigor técnico hacia la construcción de nuevos conocimientos.

Al ser el concepto “un discurso ideológico comprendido como un conjunto de ideas articuladas y entrelazadas con un sentido” (Atuesta, 2013, p.7), la investigación se favorece desde un código teórico y un sustento para la generación de ideas; así pues, Antara empieza a emerger desde esta fuente informativa y experiencial como ejercicio de investigación formativa.

Este proyecto responde a la necesidad de medir propiedades acústicas de algunos materiales particulares. Este propósito general se conecta y confluye estrechamente en el proyecto marco de investigación “identificación de propiedades acústicas del material residual generado en los procesos de corte de la guadua para su aplicación desde el diseño industrial”.

Como respuesta a estas iniciativas de la línea de investigación Técnica y Tecnología del grupo Arquitectura y Diseño (GAD) de la UCP y en aprovechamiento de los enfoques obtenidos en el semillero SeDisTec, se desarrolla entonces el objetivo principal de Antara: fabricar un instrumento de medición de ondas sonoras a partir de la revisión de fuentes secundarias para la caracterización de materiales aprovechables en el diseño industrial. El residuo del Bambú Guadua es el material de estudio principal, de modo que puedan plantearse diferentes soluciones y aplicaciones.

Este instrumento de medición, también conocido como tubo de impedancia o tubo de Kundt, sirve para medir mediante un método directo, el coeficiente de absorción y reflexión acústica de un material ensayado [...] Consiste en generar una onda estacionaria, y medir el coeficiente de absorción e impedancia acústica de los materiales introducidos en el tubo, en un rango de frecuencia predeterminado (Casado y Murillo, p.3).

Su funcionamiento parte de la emisión de un sonido particular (onda incidente) dada por un generador de señales que se filtra por un altavoz o amplificador hacia un tubo de un material consistente, generalmente de metal, por su estructura cristalina compacta, lo que ofrece mayor fidelidad en la confinación de la onda.

Posteriormente, las mediciones de la onda antes y después de colisionar con la muestra de material son recogidas por dos micrófonos posicionados en el tubo y en conexión con un espectrómetro de frecuencias, a través de un *software*. Finalmente, los resultados de la medición de la onda incidente, las ondas reflejadas y transmitidas y la energía de onda absorbida por el material, permitirán identificar las posibilidades de uso desde un área de trabajo particular, para su respectivo análisis y contraste con otras muestras ya evaluadas.

A continuación se exponen gráficamente los elementos habituales que componen el tubo de Kundt (Figura 2) y los comportamientos de la onda en el mismo (Figuras 3 y 4).

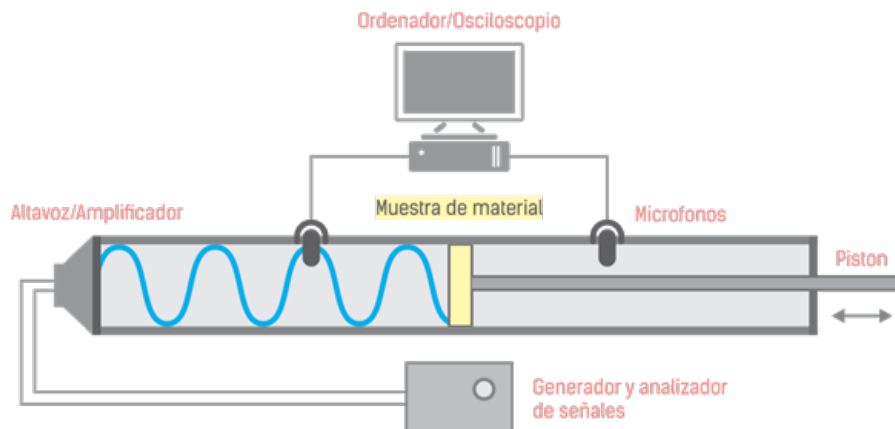


Figura 2. Elementos generales. Fuente: Juan Felipe Ramírez

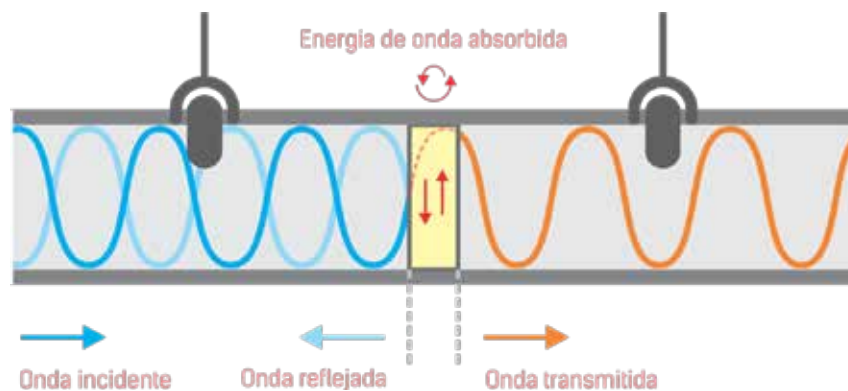


Figura 3. Comportamiento de onda. Fuente: Juan Felipe Ramírez

El desarrollo del tubo de impedancia acústica en el marco de actividades del proyecto de investigación y los enfoques de diseño y tecnología del semillero SeDisTec, implica no solo experimentar la fabricación de este instrumento, estudiando diversos referentes, sino también la proyección de su rediseño en pro de mejorar sus condiciones de usabilidad

desde la ergonomía, como por ejemplo, la variación posicional del tubo, que permita la medición sonora de múltiples tipos de probetas y favorecer la adquisición de altos niveles de precisión del instrumento a partir de la viabilidad de los recursos; esto último implica la mejor selección de piezas y materiales en relación con su costo-beneficio.

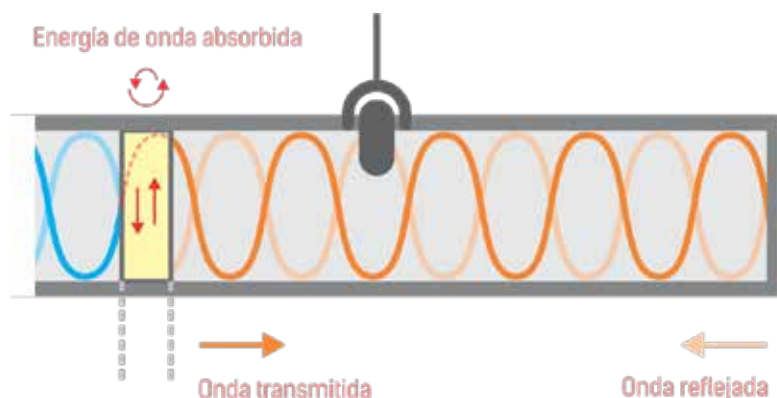


Figura 4. Comportamiento de onda, 2da sección. Fuente: Juan Felipe Ramírez

Como resultado de las actividades con el semillero SeDisTec, enfocadas hacia los objetivos definidos dentro de la investigación marco, fue posible el rediseño y fabricación del tubo de impedancia requerido para la medición de características acústicas de los materiales en estudio (residuos del corte de la Guadua *Angustifolia Kunth*). Esto permitió la configuración de un artefacto acondicionado para realizar el experimento con estándares suficientes dentro del ejercicio académico de investigación formativa y, adicionalmente, para responder a resultados cuantitativos que serán utilizados para la caracterización del material en etapas posteriores de la investigación principal.



Figura 5. Semillero SeDisTec fabricando el tubo de impedancia acústica Antara. Fuente: Gustavo Adolfo Peña Marín

El proyecto Antara se apoya en la metodología ERTDM -*Empirical Research Through Design Method*- (Keyson & Bruns, 2009), que consiste en dos caminos de desarrollo similares: el acopio de información, análisis, planteamientos y recopilación de datos (*input*) que permitan ser analizados (hipótesis) y transformados en prototipos o alternativas tangibles (diseño) de la visión en cuestión. Posteriormente, bajo filtros de evaluación y nuevas etapas de diseño, se descartan alternativas hasta finalizar con una sobre la cual se realizan los últimos procesos de conformación. El segundo camino de desarrollo posee la misma

etapa de *input* e hipótesis, con la diferencia de que aquí se genera un solo prototipo de estudio sobre el cual se evalúa, diseña, progresa y finaliza. Esta segunda opción es preferible en casos donde la fabricación de prototipos es de costo elevado y trabajar sobre un solo prospecto resulta más pertinente. Dadas las condiciones del tubo de impedancia, se decide guiar el proyecto de Antara por esta segunda ruta.

Para mayor comprensión, se representa gráficamente el proceso de la metodología ERTDM en la Figura 6:

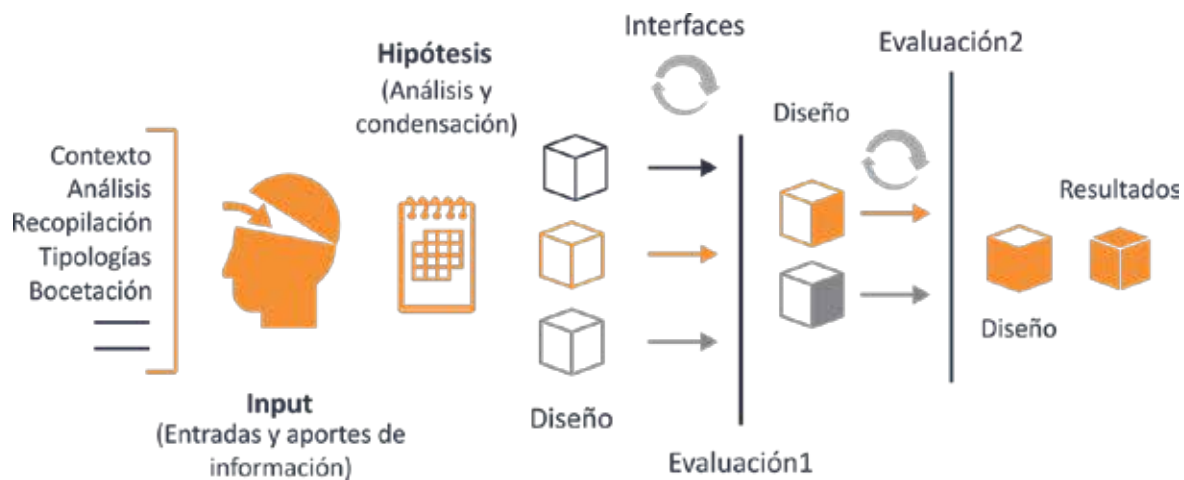


Figura 6. Método ERTDM. Fuente: Juan Felipe Ramírez

Ahora bien, teniendo clara esta posición metodológica y para su efectivo resultado, fue necesario involucrarse en los aspectos más relevantes del recurso técnico y de la apropiación de información, experiencias y recursos, fundamentales para el adecuado sustento teórico y conceptual. Así pues, instituciones como el Centro Nacional para el estudio del Bambú-Guadua permitieron no solo centralizar muchos más los objetivos deseados del semillero sino también ampliar los caminos de estudio desde las propiedades del material y sus procesos industriales.

Al realizar una visita a esta entidad, ubicada en el municipio de Córdoba del departamento de Quindío, fue posible realizar un proceso de indagación directa con el material a trabajar, al tratarse de un organismo que “presta los servicios de capacitación a profesionales, universitarios, estudiantes, funcionarios de UMATAS, gremios, agricultores, asociaciones, entidades estatales, ONG, grupos ecológicos y otros grupos de interés de cualquier región de Colombia y de países de habla hispana.” (CRQ, s.f.).

Allí, los visitantes o turistas pueden realizar el recorrido del área en compañía de personal capacitado que instruye acerca de los diferentes temas relacionados con el bambú; en ese sentido, SeDisTec se vio altamente favorecido por la información recopilada durante el recorrido y la instrucción recibida, afianzando el conocimiento y experiencias del semillero.

Finalmente, toda la experiencia recogida por parte de los investigadores principales, en compañía de los estudiantes del semillero, favoreció el desarrollo de este importante instrumento de medición acústica como parte del proyecto para identificar propiedades en el material residual de la guadua durante su industrialización. Esto facilitó las labores de caracterización, con resultados aceptables dentro de las normas requeridas, a la vez que se alcanzaron metas para la investigación formativa de los integrantes que participaron y que continúan como protagonistas activos de esta experiencia que sigue en progreso, bajo la línea Técnica y tecnología del Grupo de Investigación Arquitectura y Diseño (GAD) en la Universidad Católica de Pereira.

Conclusiones

Mediante las experiencias desarrolladas fue posible conformar un marco teórico suficiente para el proyecto investigativo en curso. Se evidenció tanto la posibilidad de encontrar sustentos para la construcción de un recurso conceptual propio, como la identificación de vacíos en el conocimiento alrededor de las propiedades acústicas del Bambú Guadua, que resultó ser un campo poco explorado.

Por otra parte, se evidencia la importancia de implementar procesos de investigación a partir

del diseño para la industria local alrededor del Bambú Guadua, pues se identificaron necesidades en temas de innovación que encaminen a estas empresas hacia alternativas de generación de alto valor, con el fin de evitar la dependencia de los modelos típicos que se benefician solamente de la extracción primaria de recursos.

Del mismo modo, se hizo evidente la posibilidad que tienen las investigaciones con enfoques metodológicos propios del diseño, para desarrollar procesos de formación investigativa que amplíen la visión de los estudiantes del programa de Diseño Industrial de la Universidad Católica de Pereira. En ese sentido, puede promover su integración a las dinámicas propias de las líneas del GAD, cumpliendo con la meta de ser agentes de cambio para la región desde su conocimiento en profundidad.

Se reconoce la importancia de configurar laboratorios robustos, dotados con infraestructura e instrumentación adecuada en la Facultad de Arquitectura y Diseño para profundizar en temas investigativos ligados al desarrollo, implementación e innovación de materiales, desde una perspectiva técnica y tecnológica, acorde a las necesidades científicas de la arquitectura y el diseño industrial, como disciplinas que operan en favor de la generación de conocimiento aplicado.

Referencias

- Atuesta, J. D. (2013). *El concepto como herramienta de trabajo, de la idea a la aplicación*. Obtenido de www.academia.edu: http://www.academia.edu/5142327/El_concepto_como_herramienta_de_trabajo_de_la_idea_a_la_aplicaci%C3%B3n
- Casado, M. y Murillo, D. (s.f.). *Mario Enrique Casado*. Obtenido de mecg.es: <http://mecg.es/archivos/practica%20de%20propagacion.pdf>
- Castellanos, S., y Godoy, D. (2007). *Guadua (Lambú)*. Bogotá: Ecoe Editores.
- CRQ. (s.f.). *CRQ*. Obtenido de CRQ Corporación Autónoma Regional del Quindío: <https://www.crq.gov.co/crq/7-portafolio-servicios>
- Gil, J., Giraldo, D., Córdoba, E. y Cárdenas, A. (2011). Caracterización acústica de materiales a incidencia normal del sonido. *Congreso internacional de ingeniería mecatrónica*, 2(1).
- Karlinasari, L., Hermawati, D., Maddu, A., Martianto, B., Lucky, I. K., Nugroho, N., & Hadi, Y. S. (2012). Acoustical properties of particleboards made from betung bamboo (*dendrocalamus asper*) as building construction materials. *Bioresources*, 00-09. Recuperado el JUNIO de 2015, de https://www.ncsu.edu/bioresources/BioRes_07/BioRes_07_4_5700_Karlinasari_HMMNH_Acoustic_Prop_Particleboard_Bamboo_2681.pdf
- Keyson, D. V., & Bruns, A. M. (2009). *Empirical Research Through Design*. Obtenido de purl.tue.nl/372273160165749.pdf
- Norman, D. (2005). *El diseño emocional*. Barcelona: Paidós.
- Salazar, E., Arroyave, J. y Yepes, C. (2013). Desarrollo de un módulo habitacional a partir de materiales reciclados. *Scientia Et Technica*, 7, pp.247-252.
- Suhanek, K. J. (2008). *Student project of building an impedance tube*. Faculty of EE and Computing, Unska 3, Department of Electroacoustics, Zagreb.
- Valencia, A. y Quintero, J. (2013). *Artefactos sonoros: de lo vernáculo a lo tecnológico*. Bogotá: UPTC.