



El proceso de diseño de una barrera acústica aplicado al sector hospitalario

R.V. María del Pilar^{1, ♡}, G.U. Beatriz Janeth¹, E.M. Nelson Javier¹, P.M. Ever²

¹Grupo de Investigación en Ingeniería Biomédica GIBIOIN; Universidad Pontificia Bolivariana. Medellín, Colombia

²Facultad de Diseño Industrial; Universidad Pontificia Bolivariana. Medellín, Colombia

Recibido 1 de julio de 2015. Aceptado 15 de agosto de 2015

DESIGN PROCESS OF A SOUND BARRIER APPLIED TO THE HOSPITAL SECTOR

O PROCESSO DE DESIGN DE UMA BARREIRA DE SOM APLICADO AO SETOR HOSPITALAR

Resumen— Los autores plantean una metodología donde el trabajo en sinergia de la Ingeniería Biomédica, la Ingeniería Textil, otras áreas de la ingeniería y el Diseño Industrial posibilitan el desarrollo de una barrera acústica para ambientes hospitalarios, respondiendo a las problemáticas actuales de contaminación ambiental. Se exponen en orden cronológico las etapas del proceso de diseño que se han desarrollado: problematización, conceptualización, formalización, y la conformación, en la cual se harán las pruebas de usabilidad en el prototipo obtenido. El trabajo es entonces una mirada desde el diseño al proceso de una solución objetiva, es por esto que aunque se mencionan factores técnicos en cada una de las etapas, no se profundiza en ellos, esto con el fin de establecer un referente de trabajo en conjunto entre las diferentes disciplinas.

Palabras clave — Control de ruido; barreras acústicas; control de ruido en instituciones de salud

Abstract— The authors propose a methodology where synergy work of Biomedical Engineering, Textile Engineering, other areas of engineering and industrial design enable the development of an acoustic barrier to hospital environments, responding to the current problems of environmental pollution. The stages of the process of design are introduced in a chronological way: the problem, conceptualization, formalization, the development, in which usability testing on the prototype will be obtained. The work is then a look from the design to the process of object-based solution, which is why although technical factors are mentioned at each of the stages, they are not work in depth, this in order to establish a benchmark for joint work between different disciplines.

Keywords - Noise Control; Noise Barriers; Noise Control in Health Institutions.

Resumo— Os autores propõem uma metodologia que trabalham em sinergia de Engenharia Biomédica, Engenharia Têxtil, outras áreas da engenharia e design industrial que possam permitir o desenvolvimento de uma barreira acústica de ambientes hospitalares, respondendo aos atuais problemas de poluição ambiental. Se expõem uma ordem cronológica as etapas do processo de desenho que se tem desenvolvido: Problematização, concepção, formalização, e a formação, na qual irá ser obtida em testes de

♡ Dirección para correspondencia: mariad.rivera@upb.edu.co

DOI: <http://dx.doi.org/10.14508/rbme.2015.9.18.133-138>

usabilidade do protótipo: O trabalho é, então, um olhar desde a concepção até o processo de solução baseada em objeto, razão pela qual, embora técnicos em cada um dos estágios mencionados, não se dá profundidade neles, isso a fim de estabelecer uma referência para trabalhar em conjunto entre diferentes disciplinas.

Palavras chave— Controle de ruído; Barreiras acústicas; Controle de ruído nas instituições de saúde

I. INTRODUCCIÓN

A partir de 1972 la Organización Mundial de la Salud OMS, catalogó el ruido como una forma más de contaminación, y es a partir de este momento que se toma conciencia de este problema, y se comienza a investigar tanto en los diagnósticos como en las posibles soluciones [1]

La contaminación por ruido o contaminación acústica, tiene un efecto negativo en la salud y el bienestar de las personas. La situación es aún más crítica, si se considera que las fuentes de ruido son cada vez más numerosas y con mayores niveles tanto en el interior como en el exterior de las edificaciones. En consecuencia, es cada vez más importante encontrar soluciones que permitan el control de los niveles de ruido [2]

A nivel mundial se han establecido normativas y antes de control para la contaminación por ruido, de igual forma en Colombia a partir del año 2006 el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia, mediante la Resolución 0627 estableció los estándares máximos permisibles de emisión de ruido. Según esta resolución se establece que para el sector A, definido como un sector de tranquilidad y silencio donde se ubican hospitales, bibliotecas, entre otros; el estándar máximo permisible de ruido ambiental es para el día de 55 dB y para la noche de 50 dB. Este trabajo pretende presentar el desarrollo del diseño de una barrera acústica para la Clínica Universitaria Bolivariana - CUB, que se encuentra ubicada en la ciudad de Medellín – Colombia.

En los ambientes exteriores mediante herramientas como los mapas de ruido, se ha estudiado la situación actual de Medellín en torno a la contaminación acústica. Estos muestran como el rango entre los 55 y 60 dB no se detecta en ningún sector de la ciudad, el rango entre 60 y 65 dB se detecta en muy pocos sectores y el rango entre los 65 y 70 dB prima en la gran mayoría de los sectores, e incluso como en otros sectores se obtienen valores por encima de los 70 dB. [3]

Por otro lado, los ambientes interiores, específicamente aquellos espacios destinados al descanso de las personas como son las habitaciones, deben proporcionarles un alto grado de confort. Esta sensación incluye lo que la persona percibe mediante los sentidos (vista, olfato, tacto, gusto y audición). Todos los tipos de confort son de gran importancia, sin embargo se destaca el acústico, el cual hace referencia al nivel de ruido percibido, que le permita lograr un sueño reparador y el descanso deseado.

Igualmente, los niveles de ruido en el ambiente hospitalario, que es el entorno en el que se centra este proyecto, son considerables y tienen una influencia directa sobre la estadía y recuperación del paciente, además son causa de molestia tanto en los pacientes como en los usuarios que frecuentan estos lugares. Al día de hoy se emplean diversos elementos para intervenir las edificaciones de manera estructural desde sus materiales y métodos de construcción, con la finalidad de aislar el ruido y las vibraciones. A manera de adecuaciones locativas de los espacios interiores, las soluciones se han centrado en aquellos espacios críticos como auditorios, salas de cine o estudios de grabación.

Es por lo anterior, que está en desarrollo el proyecto de diseño de una barrera acústica para ambientes hospitalarios a partir de materiales textiles, que mediante las superficies adecuadas actúe como obstáculo a la transmisión y modifique las condiciones de absorción acústica del ruido ambiental en los ambientes interiores, respondiendo al análisis de los usuarios de este tipo de entornos e insertándose en el lenguaje contemporáneo del diseño de espacios interiores.

La relación entre las disciplinas en este caso está orientada a la búsqueda del bienestar del ser humano, y es así como logran trabajar sistémicamente, es decir, en una interacción constante entre todos los subsistemas que rodean y hacen parte del problema [4] tal como lo muestra la Fig. 1. La continua conversación entre conceptos simbólicos y técnicos del Diseño Industrial y la Ingeniería Textil respectivamente, son aplicadas por la Bioingeniería, quien es la encargada de velar por la eficiente ejecución del proyecto en relación con los ambientes hospitalarios por medio de la Ingeniería Clínica. A continuación se enuncian las etapas del proceso que se han desarrollado hasta ahora.

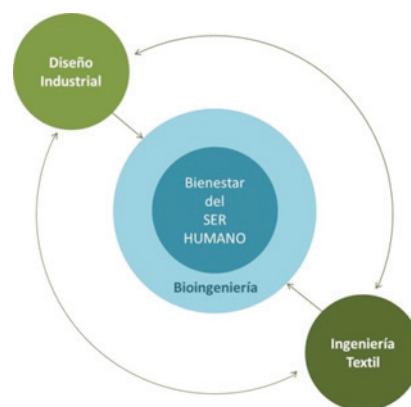


Fig. 1. Interacción sistémica entre las tres disciplinas.

II. PROCESO DE DISEÑO

Se define como aquel conjunto de actividades intelectuales que se desarrollan en la búsqueda de la solución de un problema [5]. Para este caso se hablará del proceso que se ha desarrollado hasta la última etapa, la de materialización, en la cual se validará toda la información a través de pruebas con prototipos y usuarios reales con el fin de obtener las mejoras posibles y definir la solución más acertada con los recursos con que se cuenta. Para llegar a la solución, es indispensable pasar adecuadamente por los diferentes momentos y etapas para que todos los factores y actores que participan en el proceso logren coordinarse, integrarse y articularse eficientemente [6]. Dichos momentos se refieren al análisis preliminar de la información, a la síntesis de dicha información y a la evaluación de los resultados [7]. El modelo que se va a seguir es el propuesto por la Facultad de Diseño de la Universidad Pontificia Bolivariana: IN-FORMA-CIÓN, FORMA-LIZACIÓN y CON-FORMA-CIÓN [8].

Ahora bien, en el primer momento, es decir, en la etapa de IN-FORMA-CIÓN, se determinó el problema, el cual se puede definir como un desajuste en la relación entre diferentes variables que rodean una actividad, y que para solucionarlo de manera metódica es necesario establecer una meta, determinar unas restricciones o requerimientos, y fijar objetivamente como reconocer que se ha llegado a la solución apropiada [7].

En este caso la meta es reducir los altos niveles de ruido en ambientes hospitalarios particularmente en la CUB. Los requerimientos, los cuales se presentarán más adelante, están determinados por las necesidades y características del tipo de usuario de los ambientes hospitalarios; por las restricciones que impone el manual de imagen y/o identidad corporativa de la CUB; por los factores normativos, técnicos, ambientales, objetuales y arquitectónicos, como el tipo de clima, los demás objetos como camillas, y las dimensiones y materiales de la edificación; y por último, estarían igualmente determinados por el cliente que es la CUB como una institución que debe ser competitiva y sostenible en el tiempo. La manera para reconocer si se llega a la solución es el nivel de ajuste que tengan los requerimientos al prototipo planteado, es decir, la manera que podría ser valorada de excelente a deficiente, de cómo el prototipo responde a dichos requisitos.

Para lograr visualizar el alcance del proyecto, se hizo necesario utilizar en este primer momento la herramienta de investigación propia de las ciencias sociales y de la investigación en diseño llamada Estudio de caso [9] o Análisis de productos, en la cual se valoraron diferentes barreras que se ofertan hoy en el mercado, analizando las múltiples posibilidades, alternativas y cursos de acción a

partir de las siguientes variables de análisis: esquema de los componentes o partes, esquema de funcionamiento, variables tecno-productivas (peso, volumen, dimensiones generales, materiales de las partes y procesos productivos), variables estético-comunicativas (¿Cómo se percibe? ¿Qué comunica? ¿Qué sentimientos causa en el usuario?) y a variables funcional-operativas (¿Cómo se opera? ¿Tiene funciones alternas?).

Se continúa con el momento de FORMA-LIZACIÓN, en el cual a partir de diferentes herramientas se busca proponer una forma, entendida como una configuración tridimensional material, que se ajuste a los requerimientos leídos en el contexto [10]; en este caso requerimientos encontrados en el entorno hospitalario en lo referido a los niveles de ruido y su relación con el confort. El proceso comienza con la verbalización de lo que se espera con la barrera acústica, incluyendo los requerimientos obligatorios y deseados del producto, clasificados por las dimensiones simbólica, funcional y técnica.

La dimensión Estético – comunicativa, encargada de definir los aspectos morfológicos desde los códigos sociales y culturales propios de escenarios y comportamientos actuales [8], se determinan por ejemplo: comunicar entornos de salud, limpieza y asepsia; uso de un lenguaje que se aparte de la frialdad de los hospitales y que se acerque las tendencias socio-culturales actuales de llevar la calidez del hogar a cuevas [11]. Por otro lado, en la dimensión Funcional-operativa que se fundamenta en la relación de las acciones desarrolladas por el operador en las formas del objeto buscando siempre situaciones de bienestar [8], se definieron por ejemplo: reducir el nivel de ruido y las interferencias molestas, no obstruir las actividades asistenciales y delimitar un espacio privado. Y por último, para la dimensión Tecno-productiva que brinda las bases teóricas para determinar los aspectos materiales, tecnológicos y productivos de un objeto se precisaron [8]: posibilitar la reducción acústica, debe ser portable, debe permitir el correcto proceso de limpieza, el material no puede desprender fibrillas, y debe ofrecer en el momento que está plegado o desarmado una optimización espacial en la reducción de su volumen total.

El proceso continúa con la conceptualización, donde se fija la dirección del proyecto vinculando los requerimientos de diseño con la problemática estudiada y su respectivo soporte documental y/o investigativo. Para el caso del actual proyecto se desarrolló el concepto de “Calidez de hogar” (ver Fig. 2), definido como la emulación del ambiente doméstico por fuera del espacio donde normalmente se vinculan estos procesos, como es la casa o la vivienda [12]. El concepto no debe excluir el entorno final donde va a ser utilizado el objeto, es decir los ambientes

hospitalarios, tomado como espacio arquitectónico y como marca [13].

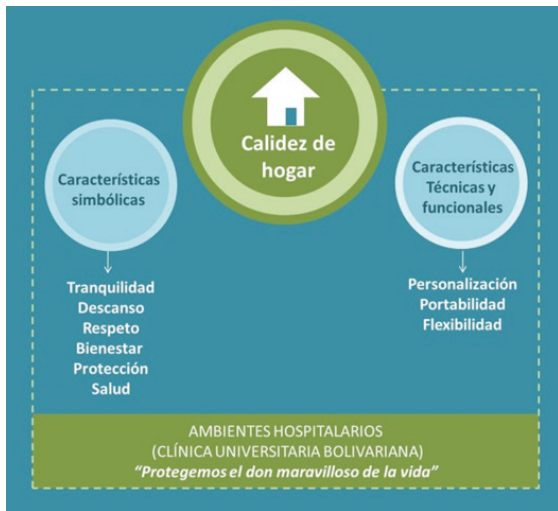


Fig. 2. Concepto: Calidez de hogar

Los resultados de los Estudios de Caso se relacionan en una matriz morfológica de doble entrada, también llamados diagramas morfológicos [7], matriz de Zwicky [14], en la que se descompuso la función general que es delimitar acústicamente, en un conjunto de funciones secundarias esenciales [7]. En el caso del proyecto en mención se realizó un cuadro que incluía las soluciones de cada función secundaria tomadas de los estudios de caso, y por otro lado, las soluciones posibles a las que se puede llegar optimizando recursos. Primero desde el estudio de la naturaleza [15] o Biomimética, y segundo desde otros objetos de diseño que podían solucionar dichas funciones secundarias con menos recursos.

En la Fig.3, se puede observar que a cada función secundaria se le asignaron unos criterios de evaluación, los cuales respondían a la manera más eficiente de desarrollar la acción y se valoraron cuantitativamente. Esto generó un mapa de múltiples posibilidades de cruces e interrelaciones dónde los máximos valores serían las variables a seleccionar.

A partir de esta información se generaron tres herramientas, que permitieron redactar propuestas verbales cuyo objetivo fue vincular sinérgicamente la información analizada y sintetizada en los procesos anteriores logrando enlazar de forma significativa el concepto, los requerimientos y los resultados de la matriz de valoración de las soluciones. Luego estas propuestas verbales se tradujeron en propuestas gráficas manuales llamadas bocetos o sketches, donde se empiezan a materializar todas las ideas que hasta el momento han sido verbales [16].

Fig. 3. Matriz de valoración de las soluciones

FUNCIÓN		CRITERIOS
1	Desplegar	1_ Rapidez
		2_ Accionamiento simple
		3_ Pérdida de espacio útil
TOTAL		
2	Fijar Enmarcar Encajar	1_ Facilidad instalación
		2_ Seguridad
		3_ Posibilidad de desarmar
TOTAL		
3	Sostener Estabilizar	1_ Estabilidad
		2_ Seguridad
		3_ Mínima obstaculización
		4_ Adaptabilidad
TOTAL		
4	Separar Dividir	1_ Riqueza visual
		2_ Adaptabilidad
		3_ Estabilidad
TOTAL		
5	Cerrar	1_ Estabilidad
		2_ Riqueza visual
		3_ Adaptabilidad
TOTAL		

5	Eficiente
3	Regular
1	Deficiente

Posteriormente en la etapa de la CON-FORMACIÓN se desarrollaron las modelaciones digitales de las propuestas seleccionadas, tal como se muestra en la Fig. 4, en las cuales se encuentran las soluciones de detalles y especificaciones que vinculan lo técnico, lo simbólico y lo funcional. Con los modelos digitales se evaluó la percepción de los usuarios a través de entrevistas y grupos focales, para concluir los cambios y las mejoras que quedaron resueltas en el prototipo físico que respondía a los objetivos y requerimientos definidos con anterioridad. Por último, el prototipo entro en una etapa de pruebas de uso en el ambiente hospitalario y a mediciones de nivel de ruido bajo norma. A continuación se presentan los resultados obtenidos en las pruebas y validaciones.

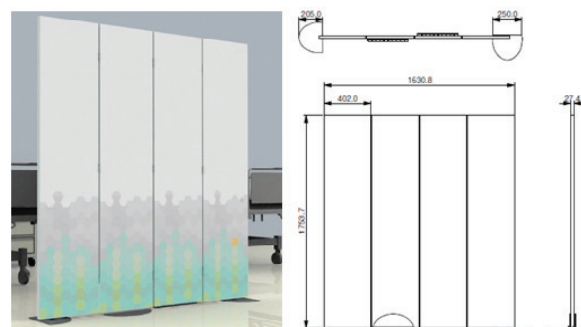


Fig. 4. Modelación digital y plano barrera acústica

III. RESULTADOS

La validación funcional del prototipo se desarrolló en la CUB, en una de las habitaciones del servicio de hospitalización pediátrica, allí se encontraban dos pacientes con su respectivo acompañante y se realizó bajo las condiciones de operación normal que incluye el ingreso constante de personal asistencial. En cuanto a las condiciones del espacio se debe tener en cuenta que la habitación contaba con una ventana abierta, equipos de monitoreo y televisor encendido; adicionalmente esta se encuentra ubicada al lado del puesto de enfermería donde se centralizan las actividades del personal asistencial de servicio.

Las mediciones de ruido se desarrollaron ubicando el sonómetro con trípode en la habitación registrando mediciones durante 15 minutos continuos, siguiendo las condiciones de medición según la norma nacional de emisión de ruido y ruido ambiental resolución 0627 y se tomaron datos sin el panel y con el panel ubicado entre las camas de los pacientes [17].

Para la primera medición que corresponde al lugar sin el panel, se obtuvo como valor mínimo 52.2 dB y como valor máximo 82.5. El equipo toma todas las mediciones en el lapso de 15 minutos y realiza un promedio logarítmico dando como resultado final para esta primera medición 69.6 dB, como se muestra en la Fig. 5.



Fig. 5. Monitoreo de ruido sin Panel

A continuación se ubica el panel entre las dos camas de los pacientes, tal como se muestra en la Fig.6 y se procede nuevamente a realizar el monitoreo de ruido en condicio-

nes normales de operación y se obtuvo como valor mínimo 49.4 dB y como valor máximo 81.7 dB. El promedio logarítmico que reporta el equipo como resultado final con el panel instalado fue de 66.4 dB



Fig. 6. Monitoreo de ruido con Panel

Los resultados anteriores indican que efectivamente posterior a la instalación del panel hubo una reducción de ruido, pasando de 69.6 dB a 66.4 dB. Esto corresponde a una reducción de 3.2 dB, que parece baja pero al considerar que la norma indica que este tipo de lugar tendría que estar en el día a 55 dB, y realmente se encuentra 14.6 dB por encima, una reducción de 3.2 dB como la que ofrece el panel representa una mejora del 21.92% para el cumplimiento de la norma.

IV. DISCUSIÓN

Se plantea la posibilidad de lograr soluciones constructivas en instituciones hospitalarias que permitan acondicionar espacios cerrados o divisiones entre espacios sin obras civiles, contaminación por polvo y condiciones hostiles para los pacientes, personal asistencial, administrativos o usuarios de las IPSs, con el impacto en la disminución del ruido asociado a los materiales empleados que gracias a sus propiedades representan una gran opción como elementos para la fabricación de barreras acústicas [18].

Este tipo de propuestas se logran a partir del trabajo interdisciplinario y la voluntad de las Instituciones de mejorar los ambientes hospitalarios, transmitir tranquilidad y sensación de hogar a sus pacientes; motivados por el hecho de que la contaminación acústica repercute negativamente en la salud y el bienestar de las personas, lo cual evidencia la importancia de reducir el nivel de ruido ambiental en los espacios interiores [17].

El empleo de materiales textiles comerciales, soportado en herramientas del diseño industrial e integrado con diferentes disciplinas de la ingeniería permite el desarrollo de elementos estructurales prácticos y comercialmente viables que permitan el uso los denominados “materiales alternativos” en aplicaciones técnicas de gran impacto como lo es el campo acústico [19].

V. CONCLUSIONES

El proceso de diseño desarrollado ofrece la posibilidad de generar soluciones diversas, orientadas a un sector con una evidente necesidad del control del ruido abordada desde el campo de la adecuación de espacios interiores, que de forma iterativa podrán estar sometidas a un mejoramiento continuo para generar soluciones cada vez más eficientes.

La metodología de diseño de producto es susceptible de ser aplicada a las necesidades del sector salud en torno al control del ruido en ambientes interiores, y a partir de ella es posible la obtención de resultados que se ajusten a los requerimientos del sector.

La construcción del prototipo en tamaño real permitió validar el desempeño del producto en condiciones normales de operación a partir del monitoreo de ruido; el cual fue necesario ya que los ensayos previos realizados al material permitieron conocer su desempeño acústico y predecir de alguna forma el comportamiento del panel, pero esta evaluación fue de manera aislada y en condiciones controladas.

La reducción de ruido lograda con el primer prototipo del panel reduce la brecha de ruido frente a la norma en un 21,92%, lo que representa una alternativa de solución para la institución sin incurrir en intervenciones de la infraestructura y las complicaciones asociadas a las obras civiles que incrementan los niveles de ruido y contaminación generando afectaciones en los servicios de la institución y riesgos epidemiológicos.

El trabajo sinérgico entre diferentes disciplinas es enriquecedor y permite dar solución a problemas tan específicos como el control del ruido en ambientes hospitalarios.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Clínica Universitaria Bolivariana por su apoyo y disposición para desarrollar este proyecto; al Grupo de Investigaciones Medio Ambientales de la UPB por su apoyo en lo relacionado a las mediciones y a las empresas que se vincularon y apoyaron facilitando materiales textiles para el diseño y fabricación posterior del panel.

REFERENCIAS

- [1]. Toribio L. A. R. *Tecnología@ y desarrollo*, 2009.
- [2]. U. P. D. E. Valencia. *La mejora del aislamiento*, 2010. .
- [3]. Área Metropolitana. *Elaboración de los mapas acústicos y de concentraciones de monóxido de carbono para los municipios del Área Metropolitana del Valle de Aburrá*. (2008). En: <http://medcontenet.metapress.com/index/A65RM03P4874243N.pdf>.
- [4]. O'Connor J., McDermott I. *Introducción al pensamiento sistémico: recursos esenciales para la creatividad y la resolución de problemas*. Argentina: Urano, 1998.
- [5]. Gomez-Senent. *La ciencia de la creación de lo artificial*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia, 1998.
- [6]. Maldonado T. *El diseño industrial reconsiderado*. México: Gustavo Gili S.A., 1993.
- [7]. Cross N. *Métodos de diseño: estrategias para el diseño de productos*. México: Limusa S.A., 2008.
- [8]. Comité de autoevaluación del Programa de Diseño Industrial, Proyecto educativo Programa Diseño Industrial UPB, Medellín, 2005.
- [9]. Blaxter L. Hughes C., Tight M. *How to research*. Philadelphia: Open University Press, 1996.
- [10]. Alexander C., *Ensayo sobre la síntesis de la forma*. Buenos Aires: Infinito, 1971.
- [11]. Sanin J. *Hogar en tránsito: entre las tácticas de la malicia indígena y la inclusión social*. Medellín: Universidad Pontificia Bolivariana, 2009.
- [12]. Cuervo J. *¿Vivienda, casa, hogar? Iconofacto*, 6(7), 70-80, 2010.
- [13]. García M., Cloquell V., Gómez T. *Metodología del Diseño Industrial*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia, 2001.
- [14]. Zwicky F. *The morphological method of analysis and construction*. New York: Interscience Pub, 1948.
- [15]. Arbeláez E., Patiño E. *Generación y transformación de la forma*. Medellín: UPB, 2010.
- [16]. Mengoni M., Germani M. *Reverse Engineering and restyling of aesthetic products based on sketches interpretation*. London: Springer-Verlag London Limited, 2008.
- [17]. Ideam. *S. de estudios ambientales. Documento soporte norma de ruido ambiental*, 04, 11–299, 2006.
- [18]. Castillo J., Costa A. *Características Físicas De Materiales Absorbentes Sonoros Porosos*, 1–8, 2012
- [19]. Almanza G., Lascano D. *Diseño, Elaboración y Medición de un Panel Absorbente de Sonido, con Materiales de Desecho*. Tesis de Grado, Ingenieros de sonido, Universidad de San Buenaventura, Bogotá, 2006.