

**COMPARACIÓN DE PROTOTIPOS DE FACHADAS TERMO-ACÚSTICAS  
FABRICADAS CON FIBRAS VEGETALES PARA VIVIENDA UNIFAMILIAR,  
CON FACHADA DE TIPO ESTÁNDAR DE CONCRETO VACIADO**

**NELSON CAMILO BELTRÁN URIBE  
JHON ALEXANDER MARTÍNEZ CHAPARRO**

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL  
BOGOTÁ D.C.  
2017**

**COMPARACIÓN DE PROTOTIPOS DE FACHADAS TERMO-ACÚSTICAS  
FABRICADAS CON FIBRAS VEGETALES PARA VIVIENDA UNIFAMILIAR,  
CON FACHADA DE TIPO ESTÁNDAR DE CONCRETO VACIADO**

**NELSON CAMILO BELTRÁN URIBE  
JHON ALEXANDER MARTÍNEZ CHAPARRO**

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR  
POR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL  
BOGOTÁ D.C.  
2017**



## Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)

La presente obra está bajo una licencia:  
**Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)**  
Para leer el texto completo de la licencia, visita:  
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.5/co/>

### Usted es libre de:



Compartir - copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra  
hacer obras derivadas

### Bajo las condiciones siguientes:



**Atribución** — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciante (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o que apoyan el uso que hace de su obra).



**No Comercial** — No puede utilizar esta obra para fines comerciales.

Nota de aceptación:

---

---

---

---

---

---

---

Firma del presidente del jurado

---

Firma del jurado

---

Firma del jurado

Bogotá D.C., 10 de Noviembre de 2017

## CONTENIDO

<b>RESUMEN</b>	<b>10</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>11</b>
<b>GLOSARIO</b>	<b>12</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>13</b>
<b>1. GENERALIDADES</b>	<b>15</b>
1.1 ANTECEDENTES	15
1.2 JUSTIFICACIÓN	19
1.3 PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.	20
1.3.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.	20
1.3.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	20
1.4 OBJETIVOS	21
1.4.1 OBJETIVO GENERAL	21
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	21
1.5 DELIMITACIÓN	21
1.5.1 ESPACIO	21
1.5.2 TIEMPO	21
1.5.3 CONTENIDO	22
1.5.4 LIMITACIONES	22
1.5.5 ALCANCES	22
1.6 MARCO DE REFERENCIA	23
1.6.1 MARCO CONCEPTUAL	23
1.6.1.1 Sonido	23
1.6.1.2 Temperatura	23
1.6.1.3 Aislamiento térmico	23
1.6.1.4 Aislamiento acústico	24
1.6.1.5 Permeabilidad al calor	25
1.6.1.6 Permeabilidad al sonido	25
1.6.1.7 Aislamiento de celulosa	25
1.6.1.8 Aislamiento fibroso	25
1.6.1.9 Construcción sostenible	25
1.6.1.10 Consejo Colombiano de Construcción Sostenible	26

1.6.2	MARCO HISTÓRICO	26
1.6.2.1	Eficiencia energética	26
1.6.2.2	Evolución temática	28
1.6.2.3	Arquitectura y construcciones medioambientales	29
1.6.2.4	En la actualidad	30
1.6.2.5	El contexto colombiano	30
1.6.2.6	Impacto de los materiales de construcción y análisis del ciclo de vida	31
1.6.3	MARCO LEGAL	33
1.6.3.1	Sello ambiental colombiano (Consejo Colombiano de Construcción Sostenible)	33
1.6.3.2	Sello ambiental colombiano para edificaciones sostenibles	34
1.6.3.3	Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10	34
1.6.4	ESTADO DEL ARTE	34
1.6.4.1	Tabla de características aislantes	38
1.6.4.2	Tabla de impactos negativos al ambiente	39
<b>2.</b>	<b>CAPITULO I. MARCO TEÓRICO</b>	<b>40</b>
<b>2.1</b>	<b>REQUISITOS MÍNIMOS VIVIENDA UNIFAMILIAR COLOMBIA.</b>	<b>40</b>
2.1.1	NORMAS MÍNIMAS PARA VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL URBANA	40
2.1.2	LOTES DE (VIS) ENTREGADOS POR LAS CONSTRUCTORAS.	41
2.1.2.1	Vivienda unifamiliar de interés social	41
2.1.2.2	Vivienda unifamiliar mínimo 1	41
<b>2.2</b>	<b>FIBRA (CASCARA) DE ARROZ</b>	<b>41</b>
2.2.1	DESCRIPCIÓN DE LA CÁSCARA DE ARROZ	41
2.2.2	UNIDADES PRODUCTORAS DE ARROZ, CENSO NACIONAL ARROCERO 2016	42
2.2.3	MALA DISPOSICIÓN DE LA CÁSCARA DE ARROZ	42
<b>2.3</b>	<b>FIBRA DE COCO</b>	<b>43</b>
2.3.1	DESCRIPCIÓN DE LA FIBRA DE COCO	43
2.3.2	UNIDADES PRODUCIDAS DE COCO EN COLOMBIA	43
<b>2.4</b>	<b>GENERALIDADES RUIDO</b>	<b>43</b>
2.4.1	RUIDO	43
2.4.2	DECIBELES (DB)	44
2.4.3	DECIBELIO PONDERADO A (DBA)	44
2.4.4	TIPOS DE RUIDO	45
<b>2.5</b>	<b>GENERALIDADES TEMPERATURA</b>	<b>45</b>
2.5.1	TEMPERATURA	45
2.5.1.1	Escala en grados centígrados/Celsius:	45
2.5.1.2	Escala en grados Fahrenheit:	45
2.5.1.3	Escala Kelvin	46
<b>2.6</b>	<b>RUIDO EN BOGOTÁ D.C.</b>	<b>46</b>
<b>2.7</b>	<b>NIVELES DE RUIDO PERMITIDOS EN COLOMBIA</b>	<b>46</b>
<b>2.8</b>	<b>NIVELES DE RUIDO PERMITIDOS INTERNACIONALMENTE</b>	<b>47</b>
2.8.1	NIVELES DE RUIDO, OMS	47

2.8.2 NIVELES DE RUIDO, AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNAMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS (ACGIH)	47
<b><u>3. CAPITULO II METODOLOGIA.</u></b>	<b>48</b>
<b>3.1 MEDICIÓN DE RUIDO EN BOGOTÁ D.C.</b>	<b>48</b>
3.1.1 SONÓMETRO (SOUND LEVEL METER, YF-20)	48
3.1.2 SOUND ANALYZER APP	48
<b>3.2 PROTOTIPOS</b>	<b>49</b>
3.2.1 FASE I-PISO Y COLUMNAS	49
3.2.2 FASE II-ENCOFRADO	51
3.2.3 FASE III-DESENCOFRADO	52
3.2.4 FASE IV- ACABADOS	52
<b>3.3 FACHADA FIBRA (CÁSCARA) DE ARROZ</b>	<b>53</b>
<b>3.4 FACHADA FIBRAS DE COCO</b>	<b>54</b>
<b>3.5 MEDICIÓN DE TEMPERATURA Y RUIDO EN LOS PROTOTIPOS</b>	<b>55</b>
3.5.1 MEDICIÓN DE TEMPERATURA EN LOS PROTOTIPOS	55
3.5.2 MEDICIÓN DE RUIDO EN LOS PROTOTIPOS	56
<b><u>4. CAPITULO III RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.</u></b>	<b>57</b>
<b>4.1 MEDICIÓN DE RUIDO EN BOGOTÁ D.C.</b>	<b>57</b>
4.1.1 INTERSECCIÓN AVENIDA CARACAS CON CALLE 45	57
4.1.2 AVENIDA CIUDAD DE CALI CON CALLE 23 (CONJUNTO RESIDENCIAL RECREO DE MODELIA)	58
4.1.3 CASA UNIFAMILIAR CALLE 37 SUR # 51F14	60
<b>4.2 PROTOTIPOS</b>	<b>61</b>
4.2.1 PROTOTIPO DE CONTROL	61
4.2.2 PROTOTIPO FIBRAS DE ARROZ	62
4.2.3 PROTOTIPO FIBRAS DE COCO	63
<b>4.3 FACHADA FIBRA (CÁSCARA) DE ARROZ</b>	<b>63</b>
<b>4.4 FACHADA FIBRAS DE COCO</b>	<b>64</b>
<b>4.5 MEDICIÓN TEMPERATURA EN LOS PROTOTIPOS</b>	<b>65</b>
<b>4.6 MEDICIÓN RUIDO EN LOS PROTOTIPOS</b>	<b>67</b>
<b><u>5. CONCLUSIONES</u></b>	<b>70</b>
<b><u>6. RECOMENDACIONES</u></b>	<b>72</b>
<b><u>BIBLIOGRAFÍA</u></b>	<b>73</b>

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Valores de conductividad térmica de las muestras de aglomerados. ____	19
Tabla 2 Clasificación de aislantes térmicos _____	24
Tabla 3 Clasificación aislantes acústicos. _____	24
Tabla 4. Coeficientes de conductividad térmica y energía incorporada materiales favorables. _____	27
Tabla 5. Coeficientes de conductividad térmica y energía incorporada materiales des favorables. _____	28
Tabla 6 Características aislantes. _____	38
Tabla 7 Impacto negativo al ambiente. _____	39
Tabla 8 Área mínima de lote para VIS Tipo 1 y 2 _____	41
Tabla 9 Valores de dBA comunes. _____	44
Tabla 10 Niveles sonoros máximos (dB) permitidos Colombia. _____	46
Tabla 11 Niveles máximos permitidos OMS _____	47
Tabla 12 Niveles máximos permitidos ACGIH. _____	47
Tabla 13 Sonda de medición _____	55
Tabla 14 Resultados medición de ruido punto 1. _____	58
Tabla 15 Resultados medición de ruido punto 2. _____	59
Tabla 16 Resultados medición de ruido Punto 3. _____	61
Tabla 17 Valores de temperatura _____	65
Tabla 18 Valores de ruido. _____	67

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Ciclo de elaboración de paneles _____	36
Figura 2 Partes del grano de arroz _____	42
Figura 3 Sonómetro _____	48
Figura 4 Sound Analyzer App _____	49
Figura 5 Esquema de Montaje (Temperatura) _____	55
Figura 6 Esquema de montaje (Ruido) _____	56
Figura 7 Medición ruido punto 1 _____	57
Figura 8 Medición de ruido punto 2 _____	59
Figura 9 Medición de ruido punto 3 _____	60

## LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica 1 Tiempo de exposición Vs Temperatura (concreto vaciado).....	66
Gráfica 2 Tiempos de exposición Vs temperatura (Arroz) .....	66
Gráfica 3 Tiempo de exposición Vs temperatura (coco) .....	66
Gráfica 4 Medición Vs Ruido (Concreto vaciado) .....	68
Gráfica 5 Medición Vs Ruido (Arroz) .....	68
Gráfica 6 Medición Vs Ruido (Coco).....	68
Gráfica 7 Global de ruido .....	69



## LISTA DE FOTOGRAFÍAS

<i>Fotografía 1 Vista Longitudinal Fase I</i>	50
<i>Fotografía 2 Vista Planta Fase I</i>	50
<i>Fotografía 3 Vista Frontal Fase II</i>	51
<i>Fotografía 4 Vista Planta Fase II</i>	51
<i>Fotografía 5 Desencofrado</i>	52
<i>Fotografía 6 Acabados.</i>	52
<i>Fotografía 7 Secado cáscara de arroz.</i>	53
<i>Fotografía 8 Conformación de los paneles de cáscara de arroz.</i>	53
<i>Fotografía 9 Secado fibras de coco.</i>	54
<i>Fotografía 10 Conformación de los paneles de fibra de coco.</i>	54
<i>Fotografía 11 Prototipo concreto vaciado.</i>	62
<i>Fotografía 12 Prototipo fachadas termo-acústicas (Arroz).</i>	62
<i>Fotografía 13 Prototipo fachadas termo-acústicas (Coco).</i>	63
<i>Fotografía 14 Paneles de fibra de arroz.</i>	63
<i>Fotografía 15 Paneles de fibra de coco.</i>	64

## RESUMEN

Las actuales variaciones de temperatura hacen que las personas recurran al uso de sistemas de calefacción (aire acondicionado, ventiladores, entre otros) que generan emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y contribuyen en el acelerado proceso del cambio climático. Las soluciones que se ofrecen comercialmente para proporcionar un ambiente confortable en cuanto al acondicionamiento termo-acústico requieren de elaborados procesos industriales y la implementación de materias primas no renovables que tienen repercusiones directas en el medio ambiente.

En aras de mitigar el impacto negativo que genera la necesidad de adaptar los espacios para generar bienestar en sus residentes, se desarrollaron dos prototipos de paneles que suministran aislamiento termo-acústico, donde sus componentes esenciales son las fibras naturales de coco y de arroz, que suplan el cometido y se comporten de forma similar a los materiales fabricados industrialmente, pero sin los efectos adversos de éstos sobre el medio ambiente.

Estos paneles se elaboraron aglomerando las fibras mediante un aglutinante a base de colbón y agua (proporción 4:1), formando 3 capas en un molde elaborado en MDF, para finalmente permitir su secado al aire libre durante seis (6) días.

Los paneles fueron adaptados a una maqueta de vivienda unifamiliar a escala 1:20 para ser sometidos a ensayos experimentales, donde se establecieron dos variables independientes: nivel de ruido (dB) y temperatura (°C), y dos variables dependientes: nivel de ruido absorbido (dB) y temperatura absorbida (°C) para su posterior comparación con el elemento de control elaborado en concreto vaciado, y verificación con los límites establecidos por la normativa colombiana respecto a los niveles de ruido permisibles.

**Palabras claves** Materiales renovables, aislamiento termo-acústico, fibras vegetales, construcción sostenible.

## ABSTRACT

Current temperature variations make people use heating systems (air conditioning, ventilators, among others) that generate carbon dioxide emissions (CO<sub>2</sub>), and contribute to the accelerated process of climate change. Commercial solutions offered in order to provide a comfortable environment in terms of thermo-acoustic conditioning, require elaborated industrial processes and the implementation of raw no-renewable materials that have direct repercussions to the environment.

In order to mitigate the negative impact that generates the necessity to space adaptations for its residents' welfare, it was developed two prototypes of panels that supplies thermo-acoustic insulation, where its essential components are the coconut and rice natural fibers. It supplies the main goal and behaves in a very similar way as industrial made materials, but without the adverse effects of these on the environment.

These panels were elaborated by agglomerating the fibers, using a water and glue based binder (4:1 proportion); forming 3 layers in an MDF matrix, to finally allow them to air dry for six (6) days.

Panels were adapted to a model of single-family housing at 1:20 scale to be subjected to experimental tests where it were established two independent variables: Noise level (dB) and temperature (°C), and two dependent variables: absorbed noise level (dB) and absorbed temperature (°C), for later comparison with the cast concrete control element, and a subsequent verification in accordance with the established limits to permissible noise levels by the Colombian normative.

**Keywords:** Renewable materials, thermo-acoustic insulation, vegetable fibers, sustainable construction.

## GLOSARIO

**Acai:** Fruto de una palmera que crece únicamente en estado silvestre, en la selva lluviosa al norte del Brasil.

**Acrilato:** Familia de polímeros que pertenece a un tipo de polímeros vinílicos.

**Aglutinante:** Se aplica a la sustancia, elemento o característica que une.

**Confort:** Es aquello que produce bienestar y comodidades.

**Fachada:** Es el paramento exterior de un edificio. El concepto permite hacer referencia a todos los paramentos exteriores de la construcción

**Fibra vegetal:** Son fragmentos, hebras o pelo, cuyo origen está en la Naturaleza, y que pueden hilarse para dar lugar a hilos o cuerdas. Las fibras que no provienen de la Naturaleza se denominan «fibras químicas», ya sean artificiales o sintéticas.

**Poliol:** Es un carbohidrato que contiene más grupos hidroxilo que el azúcar al cual está asociado.

**Residuo orgánico:** Son los restos biodegradables de plantas y animales. Incluyen restos de frutas y verduras y procedentes de la poda de plantas.

**Sales Bóricas:** Es un compuesto químico usado como antiséptico, insecticida, retardante de la llama y precursor de otros compuestos químicos. Es usado también como agente tampón para regulación del pH.

**Sisal:** La fibra de sisal se obtiene del Agave sisalana, nativo de México. La robusta planta crece bien en una variedad de climas calientes. Es una fibra basta, dura e inadecuada para textiles o telas.

## INTRODUCCIÓN

La variación actual del clima ha causado un cambio importante en la humanidad, produciendo un aumento de enfermedades, extinción de fauna y flora, olas de frío y calor, entre otros. Este último fenómeno es uno de los que más perjudica diariamente a la humanidad, alterando su confort en el lugar de trabajo u hogar, y debido a él, el ser humano se ha visto forzado a implementar sistemas de aire acondicionado para contrarrestarlo. Dichos sistemas son eléctricos, y necesitan de energía que genera varios factores negativos, ya que la mayor parte de la energía utilizada en el mundo es producida a base de recursos no renovables: los combustibles fósiles. Estos son unos de los recursos que más afectan al ambiente, porque su uso produce dióxido de carbono y óxidos de nitrógeno, que resultan tóxicos para la vida y aportan gran cantidad de gases de efecto invernadero a la atmósfera. Los materiales renovables actualmente se están convirtiendo en una alternativa realmente llamativa para aplicaciones industriales, gracias a su bajo costo, peso ligero y por ser materias primas renovables, ayudando así con su uso al medio ambiente.

Por lo anterior, es apremiante la búsqueda y uso de nuevos materiales y estructuras con base en materias primas renovables que cumplan con un similar funcionamiento a los sistemas que trabajan a costa de recursos no renovables. Actualmente, como parte de la preocupación por el medio ambiente, se han venido construyendo fachadas con capacidad de aislamiento térmico y a su vez acústico, como solución al acondicionamiento de una estructura. Estas fachadas se han implementado con distintos tipos de materiales con buen comportamiento ante los cambios de temperatura y los ruidos, como por ejemplo: materiales reciclables que tienen como principal material el papel, materiales provenientes de animales como las plumas de pato, materiales sintéticos como la espuma expandida de poliestireno, que es buen aislante pero tiene muchas desventajas contra el ambiente porque no es biodegradable, y también están los materiales vegetales que son los más importantes en términos de cantidad y amistad con el ambiente. Entre los materiales vegetales de aislamiento térmico y a su vez acústico encontramos: lino, corcho, bambú, fibra de coco, cáñamo y cáscara de arroz.

Sumado a esta preocupación, este proyecto investigativo planteó una revisión de antecedentes sobre el desarrollo y la experimentación de los alcances de aislamiento térmico y acústico de los materiales renovables, durante los últimos años a nivel nacional e internacional, junto con estudios sobre las ventajas energéticas de la construcción sostenible ante construcciones tradicionales. Teniendo en cuenta esta revisión de datos, se plantea el cuestionamiento acerca de los beneficios que hay en la creación de una fachada termo-acústica con base en materiales renovables, ante una fachada de concreto vaciado. Para llevar a cabo este proyecto se escogieron dos fibras vegetales abundantes hoy en día en Colombia, fibra de coco y cáscara de arroz, caracterizadas por ser muy buenos

aislantes térmicos y acústicos, pero que actualmente no han sido adecuadamente aprovechados, por ejemplo, la cáscara de arroz, es uno de los desechos más significantes debido a la alta tasa de arroceras presentes en el país, y que tienen mala disposición como “desechos agroindustriales”, incendiándolos y produciendo alta contaminación en las poblaciones aledañas.

La recopilación permitió determinar las fibras vegetales a utilizar para dar cumplimiento a los objetivos y camino a la reducción de la problemática que genera la utilización de sistemas eléctricos de calefacción y aireación, sumado a la mala disposición de desechos orgánicos. Para la consecución del proyecto se elaboraron dos prototipos de casa unifamiliar: un prototipo con fachada de concreto vaciado, y otro para la adecuación de dos fachadas en fibra de coco y cáscara de arroz, para ser comparados entre si y frente a las normas. Para llevar a cabo este proceso se tuvo en cuenta las principales teorías, conceptos, hechos relevantes y el marco legal vigente, como lo son: aislamientos acústicos, propiedades de los materiales vegetales, construcción sostenible y requisitos mínimos de vivienda unifamiliar.

Finalmente se obtuvo que los prototipos con fachadas termo-acústicas con base en fibras vegetales, tales como las fibras de coco y de arroz, son muy eficientes ante la variación del sonido y la temperatura, teniendo un comportamiento satisfactorio en la investigación realizada. Lo encontrado es un gran paso a dar solución a problemas de contaminación auditiva encontrados en la ciudad de Bogotá, así como muchos otros lugares del mundo que hoy en día se ven afectados por el cambio climático.

## 1. GENERALIDADES

### 1.1 ANTECEDENTES

En el año 2006, los ingenieros e investigadores **Manohar Krishpersad, Ramlakhan Dale, Kochhar Gurmohan, y Haldar** publicaron en la revista de *la Sociedad Brasileña de Ciencias e Ingeniería Mecánica*, Volumen 28 No.1 páginas 45 a 47, un estudio del **aislamiento térmico fibroso biodegradable**, donde se investigó el potencial de las fibras naturales biodegradables para su uso en la construcción de aislamientos térmicos. Midiendo la conductividad térmica aparente ( $\lambda$ ) a las fibras de coco y caña de azúcar, se investigaron de acuerdo a la norma ASTM C 518. Sobre la densidad que oscila de 40 Kg/m<sup>3</sup> a 90 Kg/m<sup>3</sup> y 70 Kg/m<sup>3</sup> a 120 Kg/m<sup>3</sup>, para la temperatura de ensayo tomaron valores de 13.2°C a 21.8 °C y 18°C a 32°C, respectivamente. Finalmente, mediante el uso de ecuaciones empíricas para hallar el valor de ( $\lambda$ ), encontraron que la fibra de coco y de caña de azúcar tienen aceptables valores de ( $\lambda$ ) para su uso como la construcción de aislamiento térmico. Los óptimos ( $\lambda$ ) valores a 24°C promediaron cerca de 0.0488 W/m.k y 0.0483 W/m.k para la fibra de coco y caña de azúcar, respectivamente. <sup>1</sup>

La revista **EcoHabitat**, el 04 de Diciembre de 2011, publicó una sección de título **Aislamientos e impermeabilización convenientes**, donde se estudiaron varios materiales biodegradables, como por ejemplo el Cábamo, pasando por una transformación (Extracción de la fibra contenida en el tallo o varilla), para luego formar bloques prensados con esta fibra, utilizada en la construcción como aislante térmico. Hicieron pruebas en obra, fachadas y cubiertas, con una aglomeración de fibras de cáamo sin polvo, encontrando las siguientes características: Conductividad térmica (DIN 18165)= 0.039 W/m.k (Densidad= 20-25 Kg/m<sup>3</sup>), su conductividad térmica es igual a la que produce el poliestireno = 0.039 W/m.k (Densidad= 25 Kg/m<sup>3</sup>). <sup>2</sup>

También en la misma revista **EcoHabitat** y sección (Aislamientos e impermeabilización convenientes) se publicó una investigación realizada a un aislante térmico llamado celulosa, que consiste en la construcción de una estructura con capacidad térmica alta, hecha a base de papel reciclable.<sup>2</sup> El proceso constructivo conlleva dos pasos: el primero, es la producción, donde la materia prima básica de este aislante es el papel periódico. Seguido de la producción viene la transformación, proceso que consiste en dos fases de triturado, un desfibrado y un tratamiento en húmedo de sales bóricas que cubren

---

<sup>1</sup> Biodegradable Fibrous Thermal. MANOHAR, Krishpersad , et al. 1, Brasil :70 Sociedad brasileña de ciencias e ingeniería mecánica, 2006, Vol. XXVIII, pp. 45-47.

<sup>2</sup> HABITAR, ECO. Aislamiento e impermeabilización convenientes. [En línea] 04 de Diciembre de 2011. [Citado el: 10 de Marzo de 2017.] <http://www.ecohabitat.org/aislamientos-e-impermeabilizacion-convenientes/>.

todos los copos y le protegen del fuego y de los parásitos. Posteriormente se almacena en un silo y se empaqueta. Su ciclo de vida es muy bueno en cuanto a recuperación, ya que al estar basado en una materia prima vegetal es biodegradable. Finalmente, este producto fue analizado en el laboratorio de *Ensayo de materiales de Renania del Norte* en Westfalia, obteniendo como resultado: Conductividad térmica= 0.035 W/m.k

Implementando materiales naturales, y procesos de elaboración y de construcción efectivos, se puede lograr reducir el gasto energético hasta en un 75% respecto a una construcción tradicional como asegura *ECO HOUSES CONSTRUCCIONES*. La implementación de materiales aislantes con características ecológicas presenta una serie de ventajas frente a sus pares fabricados industrialmente <sup>3</sup>. A continuación, se presentan algunas de estas ventajas:

- Son aislantes reciclables, biodegradables, y la energía consumida en su fabricación es muy baja comparada con otros procesos.
- No contienen elementos provenientes del petróleo.
- Brindan buen aislamiento acústico, tanto a ruidos aéreos como a ruidos de impacto, ya que son fabricados en altas densidades (gran espesor).
- Presentan gran capacidad térmica, hasta tres veces superior a los aislantes convencionales.
- Los aislantes ecológicos no son perjudiciales para la salud por no ser tóxicos.

En el año 2013, los investigadores **Vargas, Alvarado, Vega-Baudrit, y Porras** publicaron un artículo en Vol. 23 No 1 Revista científica del **Instituto de investigaciones químicas y biológicas** de la *Universidad de San Carlos de Guatemala*, titulado: **Caracterización del subproducto cascarillas de arroz en búsqueda de posibles aplicaciones como materia prima en procesos**, donde el objetivo principal del trabajo consistió en analizar la posibilidad de utilizar la cascarilla de arroz como sustituto parcial del poliol en la fabricación de espumas rígidas de poliuretano y además determinar algunas de sus propiedades. La razón de la selección de la cascarilla de arroz como el material natural a utilizar en el trabajo, se debe a su alta disponibilidad, a sus propiedades físicas y químicas, y a la problemática ambiental que se presenta cuando no se dispone adecuadamente de este desecho agroindustrial. Las determinaciones de las propiedades de este recurso fueron hechas mediante procedimientos de las normas *American Society for Testing Materials* (ASTM). <sup>4</sup> Finalmente, encontraron que la cascarilla de arroz

---

<sup>3</sup> ECOHOUSES. ECOHOUSES. Conoce los aislantes ecológicos. [En línea] 2014. [Citado el: 10 de Marzo de 2017.] <http://www.ecohouses.es/conoce-los-aislantes-ecologicos/>.

<sup>4</sup> Caracterización del subproducto cascarilla de arroz en búsqueda de posibles aplicaciones como materia prima de procesos. VARGAS, J, y otros. 1, Guatemala : Universidad de San Carlos de Guatemala, 2013, Revista científica,



posee una conductividad térmica (W/m.k)= 0.0359, valor muy favorable para ser utilizado como aislante térmico.

La implementación de técnicas para la construcción de edificaciones sostenibles generan un aporte significativo al medio ambiente y a la calidad de vida de las personas que habitan estas construcciones. De acuerdo con la información <sup>5</sup>publicada por el **Consejo de Construcción Sostenible de Colombia en el 2011**, la implementación de sistemas sostenibles genera contundentes beneficios al bajar en promedio 30% de ahorro de energía, 35% de carbono, entre 30 y 50% de agua y entre 50% y 90% de costos de desechos, esto sin contar la mejora en la salud y la productividad de quienes los habitan. También reduce los costos operativos: Los costos operativos de una edificación se derivan básicamente de la energía eléctrica, agua, y gas. Estos tres aspectos son significativamente mínimos mediante la aplicación de prácticas sustentables, no solo comprimiendo el impacto ambiental, sino también el impacto a la economía de los ocupantes y operadores del edificio. <sup>5</sup>

Según **Laerte de Araujo Lima**, especialista en energía y sostenibilidad, y basada en el **World Green Building Council**, edificar de forma sostenible ahorraría entre un 30% y un 70% de energía y compensaría en un 35% las emisiones de CO<sub>2</sub> y otros gases nocivos para la atmósfera. Además, se ahorraría hasta un 65% en consumo de agua, entre un 50% y un 90% en tratamientos de residuos y hasta el 70% en iluminación. Es innegable que los problemas medioambientales y de crecimiento sostenible están profundamente vinculados a la manera de construir edificios. De hecho, en Europa y Estados Unidos los edificios consumen aproximadamente el 40% de la energía, principalmente debido al empleo abusivo de la calefacción y del aire acondicionado. <sup>6</sup>

En México el año 2011 los investigadores **Roberto Calderón, Jorge A. Arredondo, Ricardo Gallegos y Fernando Mayagoitia**, compararon los consumos de energía de dos tipos de vivienda, eficiente e ineficiente, determinando su consumo eléctrico y reducción de CO<sub>2</sub>, utilizando aislamiento térmico y sistemas de ahorro de energía. El estudio realizado mediante simulación, se aplica a tres ciudades áridas de México: Mexicali, Ciudad Obregón y Hermosillo. Encontraron como resultado que el índice de ahorro anual por el uso de tecnologías ahorradoras es del 40%, porcentaje que se incrementa en los sistemas de aire acondicionado, mostrándose un rango de ahorro del 40 al 50%. En los sistemas de iluminación, los ahorros alcanzan hasta el 80%, no obstante que el consumo total por sistema de iluminación en estas regiones áridas sólo representa el 18% del consumo total para sistema ineficiente y 5% para el sistema

---

<sup>5</sup> MONROY SUSUNAGA, Jorge. Construcción sostenible, una alternativa para la edificación de viviendas de interés social y prioritario. Bogotá : Universidad Católica de Colombia, 2014.

<sup>6</sup> Lana Mineral Natural, una nueva generación. DE ARAUJO LIMA, Laerte. 226, s.l. : Directivos Construcción, 2009.

de vivienda eficiente<sup>7</sup>. Por otro lado, encontraron que un 40% del consumo eléctrico se debe al uso del sistema de aire acondicionado ineficiente y 31% por eficiente, además de reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> en un 30% y 26% respectivamente.

Brasil actualmente, tiene un problema por la mala disposición de los residuos orgánicos generados por la cáscara de coco, consecuencia que viene del alto consumo de agua de coco en este país. En búsqueda de alternativas de utilización de este desecho, se realizó una investigación por parte de **Elói Martins Senhoras- Universidade Estadual de Campinas Instituto de Economía, Brasil**. Se obtuvo como resultado que la fibra de coco combinada con el aglomerante de corcho expandido da origen a un producto sustentable ante los productos artificiales (poliestireno) de acondicionamiento acústico y térmico, con similitud en beneficios y características que favorecen directamente al medio ambiente, y dan solución a gran parte del mal manejo de los desechos de este producto.<sup>8</sup>

Según los resultados del **Estudio de la variación en la conductividad térmica de la cascarilla de arroz aglomerada con fibras vegetales** realizado por **Carolina Giovanna Cadena y Antonio José Bula Silvera**, es posible obtener valores muy buenos en el área de los aislantes, teniendo una aglomeración de cascarilla de arroz con elementos naturales y productos/subproductos agrícolas.

En esta investigación primero compararon los valores de conductividad térmica de la cáscara de arroz y algunos de los aislantes más comerciales, obteniendo en primer lugar la lana mineral con una conductividad térmica de 0.0303 K(W/m.k), seguido del poliestireno expandido y la cascarilla de arroz, con valores de 0.0330 K(W/m.k) y 0.0360 K(W/m.k) respectivamente. También se evidencia que la cáscara de arroz tiene menor conductividad térmica que dos aislantes comerciales muy conocidos, como lo son la fibra de vidrio y el corcho aglomerado. Con esto se puede concluir que la cascarilla de arroz es un material vegetal que tiene buen comportamiento a la hora de ser materia prima para aislante térmico.

Basados en lo anterior, se realizó una aglomeración de cáscara de arroz combinándola con más fibras vegetales tales como, el almidón de yuca, fibra de banano y fique, obteniendo los siguientes resultados de conductividad térmica (Véase la tabla1).

---

<sup>7</sup> Reducción del Consumo Eléctrico y CO<sub>2</sub> mediante. CALDERON, Roberto, y otros. 2, Mexico : s.n., 2011, Información tecnológica, Vol. XXII, págs. 69-78.

<sup>8</sup> SENHORAS, Elói Martins. Estratégias de uma agenda para a cadeia agroindustrial do coco transformando a ameaça dos resíduos em oportunidades eco-eficientes. Campinas : Universidade Estadual de Campinas, 2003.

Tabla 1 Valores de conductividad térmica de las muestras de aglomerados.

Muestra /material	K (W/m*k)
1: Cascarilla de arroz, almidón de yuca, fibra de banano y fique	0.0965
2: Cascarilla de arroz, PVA, fibra de banano	0.2117
3: Cascarilla de arroz, almidón y fibra de yuca, fibra de fique	0.0901
4: Cascarilla de arroz, almidón de yuca, fibra de banano y fique	0.0653

Fuente: Estudio de la variación en la conductividad térmica de la cascarilla de arroz aglomerada con fibras vegetales. **CADENA, Giovanna Carolina y BULA SILVERA, Antonio José.** 12, Colombia : Ingeniería & Desarrollo. Universidad del Norte, 2002

Dando como resultado, que la mejor combinación fue la #4 con una conductividad térmica de 0.0653 K (W/m\*k), comprendida por cáscara de arroz, almidón de yuca, fibra de banano y fique. Consigo, este producto presentó resistencia biótica, bajo costo, amplia disponibilidad de materia prima y baja densidad, haciéndolo un producto competitivo a nivel mundial. <sup>9</sup>

## 1.2 JUSTIFICACIÓN

Los resultados obtenidos del desarrollo del presente proyecto de investigación beneficiarán a personas que vivan en viviendas unifamiliares, que actualmente se ven afectadas por las altas y bajas temperaturas que ocasiona el cambio climático [8]. De esta manera, las personas podrán tener mayor confort y reducir el uso de aparatos eléctricos como ventiladores y sistemas de calefacción, viéndose reflejado en la disminución del costo por consumo de energía eléctrica. Por otro lado, también se pretende favorecer a las familias que viven aledañas a lugares generadores de ruidos a diferentes horas del día, cerca de avenidas con alto tráfico vehicular, construcciones, fábricas, centros de entretenimiento, entre otros. Además, se ayudará a disminuir la contaminación por residuos, que, por ejemplo, para el caso de la cascarilla de arroz, el impacto ambiental resulta muy alto, pues en Colombia se generan grandes cantidades de éste residuo, aproximadamente 82 toneladas por día, las cuales tienen una mala disposición que da lugar a su incineración y quema progresiva, afectando directamente al suelo, el entorno y el recurso del aire, de acuerdo a la investigación realizada por **Jaider Aguilar** de la **Universidad de Sucre**. <sup>10</sup>

Por otro lado, en las zonas costeras donde el coco es una de las principales materias primas para producir productos, se tiene el mismo problema de mala disposición de desechos; un ejemplo relevante es Brasil, que actualmente tiene un alto índice de contaminación por residuos orgánicos, debido al gran consumo de agua de coco, y demás subproductos de éste.

<sup>9</sup> Estudio de la variación en la conductividad térmica de la cascarilla de arroz aglomerada con fibras vegetales. CADENA, Giovanna Carolina y BULA SILVERA, Antonio José. 12, Colombia: Ingeniería & Desarrollo. Universidad del Norte, 2002.

<sup>10</sup> AGUILAR, Jaider. Alternativas de aprovechamiento de la cascarilla de arroz en Colombia. Sincelajo: Universidad de Sucre, 2009.

Finalmente, favorecerá al medio ambiente, ya que edificar de forma sostenible ahorraría entre un 30% y un 70% de energía y compensaría en un 35% las emisiones de CO<sub>2</sub> y otros gases nocivos para la atmósfera.

### **1.3 PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.**

#### **1.3.1 Planteamiento del problema.**

La necesidad de tener un *confort* para las personas en sus hogares ante el constante cambio de temperatura, hace necesario el uso de sistemas de climatización (aire acondicionado, ventiladores, entre otros) que reflejan un alto gasto de energía eléctrica, afectando directamente al medio ambiente. En Europa y EE.UU. los edificios consumen aproximadamente el 40% de la energía, debido principalmente, al empleo abusivo de la calefacción y del aire acondicionado, actividad que causa una elevada emisión de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y otros gases que afectan negativamente a la atmósfera.<sup>6</sup> Esto representa a nivel mundial un reto para el desarrollo y la adecuación ambiental de la vivienda.

#### **1.3.2 Formulación del problema**

Con la finalidad de diseñar un medio físico que contrarreste el problema abordado, se llevará a cabo la construcción de un prototipo de fachada termo-acústica con capacidad de proporcionar una buena experiencia en el interior del recinto, y lo más importante, será una fachada hecha con materiales renovables, para garantizar las opciones de diseño menos agresivas con el medio ambiente.

Se pretenden comparar los beneficios que tiene la nueva fachada con base en recursos renovables (Fibra de coco y cáscara de arroz), ante una fachada estándar (Concreto vaciado) para el mejoramiento térmico ante el cambio climático y acústico debido a los ruidos externos. Para ello se sometieron los prototipos ante diferentes variaciones, tanto de temperatura como de ruido, para verificar su comportamiento.

La finalidad de estos ensayos es obtener y conocer la capacidad de retención de temperatura y sonido de la fachada termo-acústica y garantizar un menor impacto ambiental del que produce el funcionamiento de los sistemas de aire acondicionado y ventiladores.

Para este proyecto es importante llegar a la respuesta de la siguiente pregunta:

¿Qué ventajas representa la elaboración de una fachada termo-acústica con base en materiales renovables, ante una fachada de tipo estándar de concreto vaciado?

## **1.4 OBJETIVOS**

### **1.4.1 Objetivo general**

Comparar dos prototipos de aislamiento termo-acústico, basados en materiales vegetales frente a uno en concreto vaciado, para fachadas de viviendas unifamiliares.

### **1.4.2 Objetivos específicos**

- Seleccionar las fibras vegetales con mayor potencial para el aislamiento térmico y acústico.
- Toma registros de los niveles de ruido en diferentes zonas de Bogotá D.C. para contrastarlos frente a la normatividad colombiana e internacional.
- Elaborar dos prototipos basados en fibras vegetales y uno en concreto vaciado para someterlos a condiciones de ruido y temperatura.
- Comparar el comportamiento térmico y acústico de las fachadas entre sí y frente a las normas.

## **1.5 DELIMITACIÓN**

### **1.5.1 Espacio**

Para realizar la comparación de los dos tipos de fachadas, se sometió a ensayos experimentales donde se midieron los alcances de aislamiento de éstas (Fachada termo-acústica con Fachada estándar). Estos ensayos se realizaron en las instalaciones/laboratorios de la Universidad Católica De Colombia, mediante la implementación del sonómetro (*Sound level meter, YF-20, 80 DB a 120 dB*) y sonda de medición de temperatura (*Leybold Didactic, Mobile-Cassy*). También se utilizaron las aplicaciones “*app de Android*” para tomar datos de ruidos en diferentes puntos de Bogotá D.C.

### **1.5.2 Tiempo**

Durante el periodo 2017-3 se realizó el desarrollo del documento solicitado por la Universidad Católica De Colombia, en las fechas establecidas por la facultad de ingeniería para la entrega y sustentación del trabajo de grado. También, se realizaron los ensayos necesarios para obtener la información requerida del proyecto, así como un artículo científico sobre el presente trabajo de investigación.

### **1.5.3 Contenido**

Para llevar a cabo el diseño y comparación de ambas fachadas, se dividió el procedimiento en diferentes fases, las cuales se realizaron con el fin de cumplir los objetivos planteados del proyecto. Primero se efectuaron investigaciones teóricas y bibliográficas de los materiales a utilizar para el diseño de la fachada termoacústica. Luego, se ideó la estructura de la fachada del prototipo con fibra de coco y cáscara de arroz. Seguido, se construyó un prototipo de dicha fachada y también un prototipo de fachada estándar de concreto vaciado. Posteriormente, estos se sometieron a sonidos y temperaturas iguales, para medir mediante sonómetros (elementos de medición del sonido) y sondas de medición de temperatura la capacidad de aislamiento de ambos prototipos, con el fin de comparar las características de cada uno y llegar a las conclusiones del proyecto.

Finalmente se seleccionaron sitios de Bogotá que se ven afectados continuamente por el ruido de diferentes factores como la construcción, el tráfico, y las distintas actividades que generan ruido perjudicial para la salud, para ser contrastados con los niveles permitidos por la ley colombiana.

### **1.5.4 Limitaciones**

Teniendo en cuenta los tres puntos anteriores, este proyecto se limitó al diseño, medición y comparación de los dos prototipos, para determinar la capacidad de aislamiento térmico y acústico de la fibra de coco y la cáscara de arroz, debido al corto tiempo y presupuesto para elaborar más mediciones con más fibras vegetales. El proyecto se realizó dentro de los plazos estipulados por la facultad de ingeniería de la Universidad Católica de Colombia. Finalmente se limita solo a la investigación del material aislante sin contemplar su estructura de protección a la intemperie y agentes externos de la vivienda.

### **1.5.5 Alcances**

Este proyecto alcanzó la medición y comparación de los prototipos, para caracterizar sus propiedades aislantes tanto térmicas como acústicas. En este caso se utilizaron tres materiales para la elaboración de las fachadas de los prototipos de vivienda unifamiliar: cáscara de arroz, fibra de coco y concreto. También se logró la comparación de los niveles de ruido de algunos sitios de Bogotá para confrontarlos con los niveles de ruidos permitidos por la ley colombiana.

## 1.6 MARCO DE REFERENCIA

### 1.6.1 Marco conceptual

Como ya se ha demostrado en otras investigaciones, existen muchos materiales con propiedades termo-acústicas, algunos desarrollados en procesos industriales con avanzada tecnología y altos estándares de calidad, pero así mismo, consumiendo recursos no renovables en su elaboración; proceso contrario a la intención principal de esta investigación.

A continuación, se mencionan y describen algunas propiedades fundamentales íntimamente relacionadas con la investigación, con las cuales se contrastarán los materiales ensayados en laboratorio y que posteriormente serán incorporadas al sistema de fachada que se desea desarrollar:

#### 1.6.1.1 Sonido

La definición hace referencia a una onda longitudinal en un medio (aire). Las ondas sonoras más sencillas son las senoidales, las cuales tienen la frecuencia, la amplitud y la longitud de onda totalmente especificadas. El oído humano es sensible a las ondas en el intervalo de frecuencias de 20 a 20,000 Hz, llamada gama audible, pero también usamos el término sonido para ondas similares con frecuencias mayores (ultrasónicas) y menores (infra sónicas).<sup>11</sup>

#### 1.6.1.2 Temperatura

El concepto de temperatura se origina en las ideas específicas de “caliente” y “frío” basadas en nuestro sentido del tacto. Un cuerpo que se siente caliente suele tener una temperatura más alta, que un cuerpo similar que se concibe frío. Esto es un tanto impreciso y los sentidos pueden engañarse. Sin embargo, muchas propiedades de la materia que podemos medir dependen de la temperatura.

#### 1.6.1.3 Aislamiento térmico

En general, materiales livianos de muy baja capacidad de respuesta para conducir el calor y que están caracterizados por un bajo coeficiente de conductividad térmica, es decir térmicamente malos conductores <sup>12</sup>, en la *-Tabla 2 Clasificación de aislantes térmicos-* se pueden apreciar algunos de ellos, clasificados según su naturaleza: (Véase la tabla2)

---

<sup>11</sup> Young, H. D., & Freedman, R. A. Física universitaria con física moderna. México : SEARS • ZEMANSKY, 2009.

<sup>12</sup> Jacobo, G. J. Balanguero, C. N. & Alias, H. M. Estudio de materiales aislantes termoacústicos e higrotérmicos del mercado de la construcción del NEA y su utilización en el diseño tecnológico. Argentina: Universidad Nacional del Nordeste, 2006.

Tabla 2 Clasificación de aislantes térmicos

MATERIALES FIBROSOS	Fibras minerales:	Fibra de amianto Fibra o lana de vidrio Fibra o lana de roca
	Fibras vegetales o naturales	Fibra de coco Cañamiza
AISLANTES CON ESTRUCTURA CELULAR	Minerales o vegetales	Vidrio celular Corcho Bambú
ESPUMAS	Espuma de poliuretano Espuma de poliestireno Espuma de poliéster	

Fuente: **Jacobo, G. J. Balanguero, C. N. & Alias, H. M.** Estudio de materiales aislantes termoacústicos e higrotérmicos del mercado de la construcción del NEA y su utilización en el diseño tecnológico. *Argentina : Universidad Nacional del Nordeste, 2006*

#### 1.6.1.4 Aislamiento acústico

Proporciona una barrera al sonido, que impide que los sonidos generados dentro del recinto se extiendan hacia el exterior y, del mismo modo, impide que se perciban sonidos generados en el exterior. <sup>12</sup>

Tabla 3 Clasificación aislantes acústicos.

ABSORCIÓN SONORA	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Placas fonoabsorbentes</li> <li>• Lana de vidrio</li> <li>• Lana de roca</li> </ul>
AISLACIÓN SONORA	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Placas de yeso-cartón</li> <li>• Placas de fibrocemento</li> <li>• Poliestireno expandido</li> </ul>
ABSORCIÓN Y AISLAMIENTO SONORO	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Placas compuestas y aislantes fonoabsorbentes.</li> </ul>
ATENUACIÓN SONORA	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cabinas acústicas</li> <li>• Pantallas acústicas</li> <li>• Silenciadores reactivos y expansivos</li> <li>• Mamparas</li> <li>• Ventanas acústicas</li> </ul>

Fuente: **Jacobo, G. J. Balanguero, C. N. & Alias, H. M.** Estudio de materiales aislantes termoacústicos e higrotérmicos del mercado de la construcción del NEA y su utilización en el diseño tecnológico. *Argentina : Universidad Nacional del Nordeste, 2006*



#### **1.6.1.5 Permeabilidad al calor**

Es la propiedad que poseen los materiales de transmitir la temperatura de una superficie a la otra, es decir que la recibe de un lado y la irradia por el opuesto. Su unidad de medida tiene en cuenta la cantidad de calor que pasa, por metro cuadrado, por hora y por grado de diferencia entre ambas temperaturas de ambas superficies externas opuestas del objeto, y se denomina “coeficiente de conductividad térmica” ( $\lambda$ ). En general, la permeabilidad del calor o conductividad térmica está en función directa con la densidad del material.

Además del coeficiente de conductividad térmica, es necesario tener en cuenta otro concepto de física de la construcción que regula el comportamiento térmico en la edificación y es el “coeficiente de transmitancia térmica”, que es el valor físico del flujo calórico transmitido por un elemento constructivo, considerando su espesor total y sus componentes, los componentes constituyentes (por ende, los valores “ $\lambda$ ” de cada uno de ellos), su situación constructiva y su ubicación en la edificación. Su unidad es: “W/m<sup>2</sup>\*K”. <sup>12</sup>

#### **1.6.1.6 Permeabilidad al sonido**

La conductibilidad en los materiales se basa primordialmente en su compacidad. Cuanto más compacto es un material, mayor será la conductibilidad; luego, los materiales porosos son buenos aislantes del sonido.

#### **1.6.1.7 Aislamiento de celulosa**

Aislamiento de tipo fibroso originario del papel, cartón o madera, con o sin aglomerantes, retardadores de fuego. <sup>13</sup>

#### **1.6.1.8 Aislamiento fibroso**

Material aislante compuesto de fibras naturales o manufacturadas. <sup>13</sup>

#### **1.6.1.9 Construcción sostenible**

La construcción sostenible (Consejo Colombiano de Construcción Sostenible, 2012) se refiere a las mejores prácticas durante todo el ciclo de vida de las edificaciones, incluyendo consigo tres aspectos fundamentales: diseño, construcción y operación, las cuales aportan de forma efectiva a minimizar el

---

<sup>13</sup> (S.F.), ANDIMAT. Asociación nacional de fabricantes de materiales aislantes. [En línea] [Citado el: 09 de Marzo de 2017.] <https://www.andimat.es/sobre-aislamiento/conceptos-basicos-del-aislamiento/aislamiento-termico-definiciones-ordenadas-alfabeticamente/>.

impacto del sector de la construcción en el cambio climático por sus emisiones de gases de efecto invernadero, el consumo de recursos y la pérdida de biodiversidad. Los proyectos sostenibles tienen como objetivo común la reducción de su impacto en el ambiente y un mayor bienestar de sus ocupantes.

#### **1.6.1.10 Consejo Colombiano de Construcción Sostenible**

En febrero del año 2008, se fundó en Colombia, el “Consejo Colombiano de Construcción Sostenible” (CCCS), cuyo objetivo primordial es promover la transformación de la industria de la construcción para lograr un entorno responsable con el ambiente y con el bienestar de los colombianos.

### **1.6.2 Marco histórico**

#### **1.6.2.1 Eficiencia energética**

Las constantes evoluciones en los procesos constructivos, con el fin de reducir tanto costos de elaboración como tiempos de ejecución en las obras, obligan a buscar nuevos y más eficientes materiales, pero, dadas las manifiestas afectaciones que la actividad de la construcción genera, se ha visto la necesidad de implementar otros materiales en un intento por colaborar en la mitigación de los efectos adversos que estas actividades traen consigo; materiales que ofrezcan ventajas medioambientales, y del mismo modo, generen confort térmico y acústico a los ocupantes de las edificaciones.

A continuación, se hace una lista con algunos materiales aislantes, evidenciando su capacidad de aislamiento, definida por el coeficiente de conductividad térmica  $k$ , y su energía incorporada, es decir, la cantidad de energía que se necesita para su elaboración.<sup>14</sup>

---

<sup>14</sup> SCHMITZ-GUNTHER, Thomas. Living Spaces: Ecological Building and Design .Konemann : Konemann, 1999. 978-3895089251.

Tabla 4. Coeficientes de conductividad térmica y energía incorporada materiales favorables.

<b>CORCHO</b>	Entre los materiales aislantes ecológicos, es el que goza de más aceptación, es totalmente renovable y reciclable.	
	Coeficiente k:	0,045 W/mK
	Energía incorporada :	837 Wh/kg
<b>CAÑAMO</b>	Fibra de rápido crecimiento y fácil cultivo con la que se elaboran mantas aislantes y transpirables.	
	Coeficiente k:	0,041 W/mK
	Energía incorporada :	252 Wh/kg
<b>LINO</b>	Planta de fácil cultivo y bajo impacto que permite obtener fibras aptas como aislante y la elaboración de textiles.	
	Coeficiente k:	0,040 W/mK
	Energía incorporada :	252 Wh/kg
<b>MADERA</b>	Los paneles de fibras de madera aprovecha los residuos del procesamiento de la madera. Existen paneles de madera aglomeradas con yeso o cemento blanco [1], o paneles ligeros de pequeñas fibras [2].	
	Coeficiente k :	0,050 W/mK [1][2]
	Energía incorporada :	957 Wh/kg [1] , 492 Wh/kg [2]
<b>CELULOSA</b>	Residuos de papel reciclados, aunque se debe tratar con químicos para evitar el moho y protegerla del fuego, tiene buenas propiedades aislantes y es ligera. Se utiliza suelta [1], o inyectada con manguera [2].	
	Coeficiente k:	0,042 W/mK [1] , 0,039 W/mK [2]
	Energía incorporada :	292 Wh/kg [1] , 173 Wh/kg [2]

Fuente: SCHMITZ-GÜNTHER, Thomas. *Living Spaces Ecological Building and Design*. Konemann, 2000, 480.

Así mismo, también existen otros materiales aislantes cuestionables ambientalmente, ya que en su elaboración debe incorporarse gran cantidad de energía, además, contienen algunos componentes, o se le adicionan otros que no son amigables con el planeta. Entre esos materiales están los siguientes: (Véase la tabla 5)

Tabla 5. Coeficientes de conductividad térmica y energía incorporada materiales des favorables.

<b>LANA DE ROCA</b>	Aislante mineral obtenido tras la fusión de rocas a altas temperaturas y la incorporación de aditivos y aglomerantes.	
	Coeficiente k:	0,042 W/mK
	Energía incorporada :	799 Wh/kg
<b>LANA DE VIDRIO</b>	Paneles rígidos realizados con residuos de vidrio. Desprenden pequeñas fibras en su elaboración e instalación que pueden ser cancerígenos	
	Coeficiente k:	0,040 W/mK
	Energía incorporada :	1993 Wh/kg
<b>Poliestireno extruido/expandido</b>	Obtenido a partir del refinamiento del petróleo, conocido como aislante blanco, se encuentra extruido [1], o expandido [2].	
	Coeficiente k:	0,027 W/mK [1], 0,040 W/mK [2]
	Energía incorporada :	5845 Wh/kg [1] , 4650 Wh/kg [2]
<b>POLIURETANO</b>	Su origen es 100 % petroquímico, con alta carga química y gran demanda de energía. Existe en planchas [1] o en espuma proyectada [2].	
	Coeficiente k:	0,025 W/mK [1], 0,023 W/mK [2]
	Energía incorporada :	38526 Wh/kg [1] , 6908 Wh/kg [2]

Fuente: SCHMITZ-GÜNTHER, Thomas. *Living Spaces Ecological Building and Design*. Konemann, 2000, 480.

### 1.6.2.2 Evolución temática

Hoy en día avanzamos hacia un mundo que comienza a definir sus posturas frente al medio ambiente, la arquitectura y la construcción. Es así como nace la "Arquitectura sustentable", que se ha convertido en uno de los principales referentes mundiales, tanto a gran como a pequeña escala en la forma como se conciben las edificaciones, sus procesos constructivos y sus formas.

En la década de los 90, cuando el tema medio ambiental comenzó a tomar fuerza y poco a poco las personas dimensionaron los problemas que vendrían en el futuro, fue que, en 1993, durante la Conferencia Internacional de Florencia sobre la energía solar en arquitectura y urbanismo, nació el grupo de arquitectos y diseñadores READ. Este grupo comenzaría a profundizar en una arquitectura basada en energías renovables y materiales amigables con el medio ambiente. De

esta manera surge la llamada arquitectura sustentable, que un par de décadas después comienza a cobrar una creciente fuerza a través de diversas construcciones en todo el planeta que buscan cambiar el mundo y llevarlo hacia un destino donde el ser humano y la naturaleza puedan vivir en armonía y equilibrio. <sup>15</sup>

### **1.6.2.3 Arquitectura y construcciones medioambientales**

El propósito de desarrollar proyectos arquitectónicos sustentables tiene por objetivo reducir al máximo la huella ecológica negativa al medio ambiente por medio del uso racional de los recursos energéticos que intervienen en su desarrollo. Además, se debe contemplar la incorporación de materiales de fuentes renovables que no afecten de sobre manera el planeta.

El edificio sustentable involucra tomar en cuenta el ciclo de vida entero de los edificios, incluyendo su calidad medioambiental, su calidad funcional y su valor de uso futuro. La arquitectura y el diseño constructivo juegan un papel significativo en el camino hacia un sistema de energía sustentable, dado que los edificios representan el mayor consumo de energía en una comunidad.

Debemos considerar cuatro principios básicos en la arquitectura ambiental:

1. Un ambiente interior saludable: Se deben tomar medidas para evitar que los materiales y el proceso constructivo no generen vertimientos o emitan gases tóxicos al interior de la edificación. Se recomienda el uso de filtros y vegetación para renovar el aire interior.
2. Eficiencia energética: Los artefactos de calefacción, así como también el sistema de iluminación, deben asegurar el mínimo consumo de energía, o en lo posible, que eliminen el uso de energía para su funcionamiento.
3. Materiales ecológicamente benignos: Adoptar materiales y productos que provengan de fuentes renovables o que minimicen el deterioro ambiental. Si se emplea madera, debe provenir de prácticas forestales controladas. Otros materiales y productos deben considerarse en función de los desechos tóxicos que resultan de su extracción y elaboración.
4. Forma medioambiental: Debe adaptarse el proyecto a las condiciones medio ambientales presentes en la zona, procurando una interacción armoniosa entre la naturaleza y sus habitantes. <sup>16</sup>

---

<sup>15</sup> MEJIA SALINAS, John Alexander. La política ambiental y su institucionalidad en Colombia. [En línea] [Citado el: 12 de Abril de 2017.] [http://huespedes.cica.es/gimadus/20/07\\_john\\_alexander\\_salinas\\_mejia.html](http://huespedes.cica.es/gimadus/20/07_john_alexander_salinas_mejia.html).

<sup>16</sup> BRITO GARCIA, Andrea. Arquitectura sustentable. [En línea] [Citado el: 16 de Abril de 2017.] <https://es.slideshare.net/andrea040712/ensayo-arquitectura-sustentable-54326098>.

#### 1.6.2.4 En la actualidad

La sustentabilidad es un tema que está en auge, puesto que la construcción amigable propicia que los recursos sean mejor aprovechados y la intervención sea precisa para no dañar el medio ambiente y así de paso poder tener una mayor conexión con la naturaleza. Casos como la construcción india en Asia central y la influencia de los arquitectos europeos, han ido propiciando que el resto del mundo se contagie con buenas prácticas. América Latina no se queda atrás en temas de sustentabilidad; en México, se transformó la unidad habitacional La Valenciana, en Iztapalapa por un jardín en su muro principal.

Este cambio propicia el crecimiento vertical, además de encontrar plantas con un sistema de riego propio. De hecho, como fue señalado por Revista 2V, se trata de un proyecto ligero que entrega una renovación ligera y amigable del edificio. El resto de los países adoptan estas iniciativas, porque tal como señala Conciencia Sustentable, en Argentina se construyó un hogar a base de 800 latas de aluminio y botellas de vidrio, demostrando así que los residuos sí pueden tener un final feliz. En Puerto Rico se modificó una vivienda deshabitada que fue comprada por dos puertorriqueños que hicieron algo peculiar al remodelarla: el cemento del techo fue cambiado por pasto, para que pudieran descansar y tomar una pausa en medio de la naturaleza.

Finalmente tenemos el caso de la Casa 34 en Chile, a 900 kilómetros al sur de Santiago, en donde se construyó una vivienda con maderas endémicas de la zona y grandes ventanales que dan al lago Rupanco. <sup>17</sup>

#### 1.6.2.5 El contexto colombiano

Colombia es, además, el tercer país con mayor cantidad de proyectos desarrollados bajo una construcción sostenible en América del Sur. En esta iniciativa se involucran industrias como la cementera, la de accesorios de construcción y la de iluminación. En Colombia no solo se construyen nuevos edificios amigables con el entorno, sino que se adecuan los ya construidos a condiciones ecológicas.

En la Sierra Nevada de Santa Marta se desarrolló el experimento en construcción ecológica llamado **CASA BIYUKA**, que apunta en un futuro a ser auto sostenible e independiente de las redes de recursos energéticos, y que ha logrado recuperar la tecnología de construcciones tradicionales, combinándola con tecnologías contemporáneas ecológicas. <sup>18</sup>

---

<sup>17</sup> VIGNOLO, Catherine. ¿Cómo es la construcción sostenible en Chile? [En línea] Veo Verde, 14 de Marzo de 2016. [Citado el: 15 de Abril de 2017.] <https://www.veoverde.com/2016/03/como-es-la-construccion-sustentable-en-chile-reportaje/>.

<sup>18</sup> CASA BIYUKA. Techo Guadua y Cemento con Jabon REY! [En línea] 17 de Abril de 2012. [Citado el: 10 de Marzo de 2016.] [http://intermundos.org/casa\\_ecologica/?p=545](http://intermundos.org/casa_ecologica/?p=545).

La casa está en medio de la fauna en el bosque seco tropical, de espaldas al Parque Tayrona y se elaboró con materiales como jabón rey, guadua, fibra de coco, madera, entre otros materiales muy favorables para el medio ambiente.

#### **1.6.2.6 Impacto de los materiales de construcción y análisis del ciclo de vida**

El sector de la construcción se vale de materiales disponibles localmente, lo que se traduce en reducción de costos por conceptos de consumo energético y de impacto ambiental. También se procura adaptar armoniosamente los diseños del proyecto con las condiciones medioambientales presentes, generando un mejor desempeño del edificio y repercutiendo en la experiencia de los ocupantes.

En la actualidad, el uso masivo de materiales de carácter global como el cemento, el aluminio, el hormigón, el PVC, etc, ha causado un incremento notable en los costes energéticos y medioambientales. Según diversos estudios, la fabricación de los materiales precisos para construir un metro cuadrado de una edificación estándar puede suponer la inversión de una cantidad de energía equivalente a la producida por la combustión de más de 150 litros de gasolina. Cada metro cuadrado construido conllevaría una emisión media de 0,5 toneladas de dióxido de carbono y un consumo energético de 1600 kWh, considerando solamente el impacto asociado a los materiales.

Actualmente el Análisis del Ciclo de Vida [ACV] proporciona información confiable para determinar la huella y el impacto ambiental de diversos tipos de productos y servicios, así como también a los diferentes proyectos arquitectónicos desarrollados. Esta metodología es aceptada para la comparación de materiales, componentes y servicios alternativos. La metodología de aplicación general está totalmente estandarizada a través de las normas UNE EN ISO 14040:2006 y UNE EN ISO 14044:2006, y consta de 4 fases interrelacionadas <sup>19</sup>

- Definición de objetivos y del ámbito de aplicación.
- Análisis de inventario, donde se estima el consumo energético y de material entrante y saliente del sistema durante su ciclo de vida útil, los cuales son extraídos o emitidos hacia el medioambiente.
- Evaluación de los impactos, donde se clasifican y evalúan los resultados del inventario, relacionando sus resultados con efectos ambientales observables por medio de un conjunto de categorías de impactos (energía primaria acumulada, potencial de calentamiento global, huella hídrica, etc.).

---

<sup>19</sup> ARANDA USÓN, Alfonso y SCRPELLINIS, Sabina. ECOHABITAR. Impacto de los materiales de construcción, análisis de ciclo de vida. [En línea] [Citado el: 10 de Marzo de 2017.] <http://www.ecohabitar.org/impacto-de-los-materiales-de-construccion-analisis-de-ciclo-de-vida/>.

- Interpretación, donde los resultados de las fases precedentes son evaluados juntos, en consonancia con los objetivos definidos en el estudio, para poder establecer las conclusiones y recomendaciones finales. Para ello se incluyen diversas técnicas como el análisis de sensibilidad sobre los datos utilizados, análisis de la relevancia de las etapas del proceso, análisis de escenarios alternativos, etc.

Desde una perspectiva de ciclo de vida, la reducción del impacto medioambiental de los edificios pasa por el uso de materiales renovables o reciclados de la biósfera, como la madera, las fibras animales o vegetales, las pinturas y barnices naturales con bajo nivel de procesado industrial. En todos estos casos, la mayoría de la energía asociada a su producción proviene del sol, por lo que el consumo de energías no-renovables y las emisiones asociadas se reducen considerablemente. Al analizar los materiales para aislamiento, el impacto de los aislantes convencionales con alto nivel de procesado industrial -como el poliestireno o el poliuretano- es claramente superior al impacto de materiales naturales como el corcho, la fibra de madera y la lana de oveja, o reciclados como la fibra de celulosa.

Debido al uso cada vez más extendido de los tejidos sintéticos, la lana de oveja se ha convertido para la sociedad actual, en un producto con un mercado cada vez más reducido, considerándose ya, en muchos casos, un “residuo” de difícil aprovechamiento. La creación de empresas productoras de lana de oveja como aislamiento térmico de los edificios permitiría convertir este “residuo” de nuestra época en una materia prima barata y abundante, que, además, contribuiría a un desarrollo sostenible y equilibrado de las áreas rurales.

Por otra parte, la obtención de corcho en los bosques y dehesas del Sur de Europa es una de las producciones más ecológicas que existen, ya que éste se extrae del árbol durante el verano cada 10 años, sin causarle daños a la planta y manteniendo vivo un ecosistema de alto valor ecológico, que probablemente desaparecería por la roturación de tierras, en ausencia de aprovechamiento económico.

No obstante, actualmente existe una cierta inercia al uso de los aislantes convencionales, debido a la existencia de una red comercial más extendida y que, por tanto, conlleva un precio normalmente más bajo, unida al desconocimiento y en ocasiones al escepticismo existente entre algunos diseñadores por otras soluciones mucho más respetuosas con el medio ambiente. Para cambiar esta situación, se debería fomentar desde las distintas Administraciones el uso de materiales aislantes naturales y/o reciclados, que proporcionan un nivel de aislamiento y confort térmico en los edificios similar o incluso mayor, promoviendo así la creación de una red comercial potente de aislantes ecológicos, capaz de competir en igualdad de condiciones con los aislantes tradicionales.



### 1.6.3 Marco legal

#### 1.6.3.1 Sello ambiental colombiano (Consejo Colombiano de Construcción Sostenible)

El Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT) creó el Sello Ambiental Colombiano “SAC” y reglamentó su uso mediante la **Resolución 1555 de 2005** expedida en conjunto con el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo (MCIT). La certificación con el Sello Ambiental Colombiano demuestra el cumplimiento eficaz de los criterios ambientales de un producto o servicio y la implementación y operación de un sistema de gestión ambiental para gestionar de forma permanente el cumplimiento con los criterios definidos en las NTC.

Este distintivo se obtiene de forma voluntaria, entregado por una institución independiente denominada: “organismo de certificación”, y que puede portar todo producto o servicio que cumpla con unos requisitos preestablecidos para su categoría.<sup>5</sup>

Un producto identificado con el Sello Ambiental Colombiano indica, según sea aplicable a su naturaleza, que:

- Hace uso sostenible de recursos naturales que emplea (materia prima e insumos).
- Usa materias primas que no son nocivas para el ambiente.
- Emplea procesos de producción que involucran menos cantidades de energía o que hacen uso de fuentes de energía renovables, o ambas.
- Considera procesos de reciclabilidad, reutilización o biodegradabilidad.
- Usa materiales de empaque, preferiblemente reciclable, reciclable o biodegradable y en cantidades mínimas.
- Emplea tecnologías limpias o que generan un menor impacto relativo sobre el ambiente. Indica a los consumidores la mejor forma para su disposición final.

### 1.6.3.2 Sello ambiental colombiano para edificaciones sostenibles

En marzo de 2010 se inició la formulación del Sello Ambiental Colombiano para Edificaciones Sostenibles (SAC-ES), con el liderazgo del Ministerio de Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, el ICONTEC y el trabajo de conjunto de empresarios, universidades y gremios.

El **Sello Ambiental Colombiano para las Edificaciones Sostenibles (SAC-ES)** se otorgará a edificaciones construidas con criterios integrales de sostenibilidad, las cuales tendrán en cuenta aspectos de localización de la edificación, uso eficiente de la energía y del agua, materiales, residuos y desperdicios, calidad del ambiente interior y confort, entre otros. Así mismo, establecerá la normativa técnica para este tipo de construcciones, gracias a la conformación de un Comité Técnico conjunto interdisciplinario integrado por representantes de la industria de la construcción, consumidores e interesados en general, que mediante consenso establezcan requisitos de calidad, seguridad, protección a la salud y el ambiente.

El Consejo Colombiano de Construcción Sostenible apoya de manera estructural las labores de este comité. Actualmente, se continúa con la discusión de los temas relacionados con eficiencia energética, materiales y residuos, así como calidad del ambiente interior y aspectos como durabilidad y manejo de plagas.

### 1.6.3.3 Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10

Elaborado por la Comisión Asesora Permanente Para El Régimen de Construcciones Sismo Resistentes (Creada por la Ley 400 de 1997), el reglamento fue modificado mediante los decretos: 092, de fecha 17 de enero de 2011 y 0340, de fecha 13 de febrero de 2012, Capítulo K, donde especifica que las fachadas deben diseñarse y construirse para que sus componentes no se disgreguen como consecuencia de sismo, y además el conjunto debe amarrarse adecuadamente a la estructura con el fin de que no exista posibilidad de que caiga, poniendo en peligro a los transeúntes al nivel de calzada.<sup>20</sup>

### 1.6.4 Estado del arte

Estudios conducidos por la prestigiosa consultoría energética **Ecofys**, recorrieron 100 ciudades de 23 países europeos para constatar que la gran mayoría de los países mostraron tener requisitos inadecuados en los parámetros de transmitancia térmica U para muros exteriores, suelos y cubiertas, lo que contribuye negativamente a la eficiencia energética de los edificios y en las emisiones de CO<sub>2</sub>. Finalmente, el estudio concluye que ni la legislación europea ni los actuales

---

<sup>20</sup> FORERO AHUMADA, Germán. Reforzamiento y rehabilitación de fachadas de mampostería, construidas en Bogotá D.C- Colombia, antes de la expedición del reglamento nsr-10. Bogotá : s.n., 2015.

requisitos nacionales están optimizados para cada región, haciendo que los usuarios de las viviendas pierdan dinero y contribuyendo más todavía al calentamiento global. Los recursos se agotan, las reservas de petróleo no son ilimitadas, por lo que sus derivados deben empezar a sustituirse por fuentes naturales y renovables que respeten el entorno.

Más allá de lo anteriormente expuesto, o de disminuir el coste de las facturas de gas y electricidad derivado de un excesivo consumo energético, el adecuado aislamiento de los edificios es una de las actuaciones que ayuda a reducir la emisión de gases de efecto invernadero hacia la atmósfera, elemento clave para la preservación y el futuro del planeta. Éste es, sin duda, el mayor beneficio que se consigue con la utilización de aislamientos termo-acústicos sostenibles y ecoeficientes. El aislamiento térmico, tanto por el interior como por el exterior, aumenta el ahorro energético (Kwh/m<sup>2</sup>.a) y ambiental (Kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>.a). Knauf Insulation, como empresa líder en el mercado mundial de la Lana Mineral, ha dado un paso más a favor de la sostenibilidad y la ecoeficiencia con la Lana Mineral Natural con ECOSE® Technology, una solución con beneficios para la ecoconstrucción que, además, reduce significativamente el impacto en el entorno que supone su fabricación respecto a las lanas minerales tradicionales. Sin duda, es una de las soluciones ecoeficientes en aislamiento termo-acústico más innovadoras y revolucionarias de los últimos años. Este lanzamiento aporta importantes ventajas medioambientales, ya que reduce las emisiones de CO<sub>2</sub> en su producción, es agradable y suave al tacto y consume menos energía en su proceso de fabricación. Así, se reduce el impacto medioambiental, puesto que la energía integrada en los aglutinantes se reduce hasta un 70% en comparación con los aglutinantes tradicionales, lo cual contribuye a reducir aún más el potencial de calentamiento global (GWP, por sus siglas en inglés) en aproximadamente un 4%.

Por otro lado, la investigación adelantada por Leopoldo Pacheco Bastos, Gustavo da Silva Vieira de Melo, y Newton Sure Soeiro titulada: ***Panels Manufactured from Vegetable Fibers: An Alternative Approach for Controlling Noises in Indoor Environments***, apoyados en investigaciones previas que avalan el buen desempeño acústico proporcionado por las fibras vegetales, y debido a los costos elevados en la elaboración industrial de elementos que proporcionen un desempeño satisfactorio, se hace necesario contemplar alternativas que brinden un comportamiento similar a los que se encuentra en el mercado; De allí que los autores de éste artículo de investigación apunten a desarrollar elementos como paneles con fibras como coco, palma, sisal, y acai.

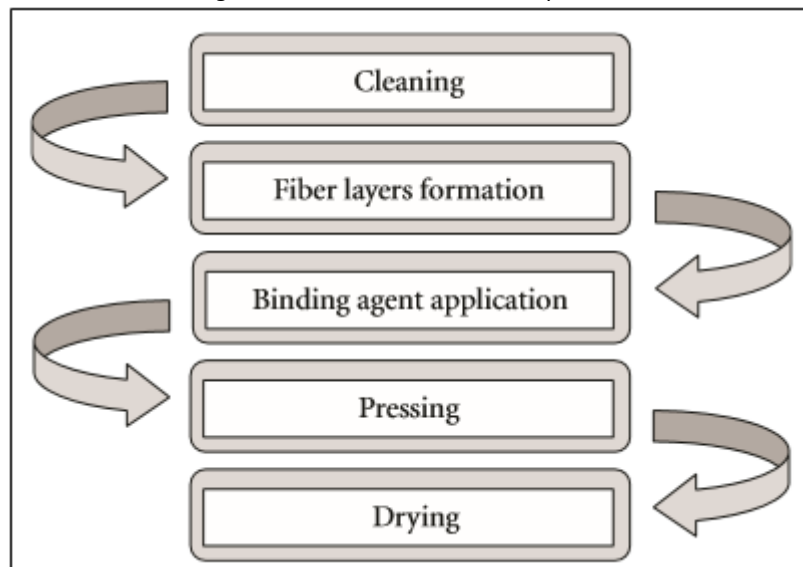
Las fibras fueron sometidas a diferentes estudios, no solo referidos a la absorción acústica en una cámara de reverberación a escala, sino también a otras propiedades como inflamabilidad, olor, crecimiento fúngico y envejecimiento, que son de interés para una posterior formalización de la manufactura de este tipo de dispositivos de control. Posteriormente los investigadores contrastaron los resultados de sus paneles con los materiales convencionales comercializados

para tal fin, encontrando que con algunas combinaciones de fibras el rendimiento llegaba a ser superior.

El desconocimiento que se tiene sobre las buenas características de las fibras vegetales en términos de desempeño acústico hace que se una pequeña parte de ellas empleen en otras industrias, como en el caso de la fibra de coco que se emplea para acondicionar asientos para automóviles. La ventaja de implementar estos materiales naturales frente a los producidos industrialmente son varios, por un lado, el procesamiento que se le debe hacer a estos materiales es mínimo, lo que se ve reflejado en el consumo energético y traducido en un alivio para el medio ambiente. Adicionalmente, en el norte de Brasil, país donde se desarrolló la investigación, las fibras de coco, palma y sisal son abundantes, tienen bajo costo, no son tóxicas y provienen de fuentes renovables.

La metodología para el desarrollo de los paneles usada por los investigadores se evidencia en la *-Figura 1: Ciclo de elaboración de paneles-*, donde se realizaron cinco pasos: primero una limpieza de las fibras; segundo, una formación de capas de fibras, tercero, la aplicación del aglutinante; cuarto, prensado y quinto el secado. Posterior a ello se realizaron las pruebas de inflamabilidad, envejecimiento y proliferación de hongos en los laboratorios de POEMATEC. Las pruebas acústicas se llevaron a cabo en los laboratorios de Acústica y Vibración de la Universidad Federal de Para, en Brasil.

Figura 1 Ciclo de elaboración de paneles



Fuente: BASTOS, Leopoldo Pacheco, DA SILVA VIERIA DE MELO, Gustavo y SURE SOEIRO, Newton. Panels Manufactured from Vegetable Fibers: An Alternative Approach for Controlling Noises in Indoor Environments. Brasil : Hindawi Publishing Corporation, 2012.

Los resultados obtenidos en las pruebas realizadas por los investigadores muestran un buen desempeño en los diferentes ensayos a los que fueron sometidos las muestras. La buena resistencia a la flamabilidad se debe a la compactación para reducir los espacios vacíos en su estructura. La buena respuesta al envejecimiento y los resultados de detección de hongos satisfactorio se debe a la contribución de humedad y gran resistencia a los hongos otorgada por el aglutinante fabricado a base de agua y acrilato.

La respuesta a la absorción acústica de los materiales se comparó con materiales de entre 30 y 75 mm de espesor ampliamente empleados y difundidos comercialmente por su buen comportamiento al respecto. El ensayo se realizó en una cámara reverberante certificada de acuerdo a estándares para tal fin <sup>21</sup>. Los coeficientes de absorción acústica de las muestras se han obtenido utilizando el método de interrupción del ruido, que consiste en obtener curvas de decaimiento a través del registro directo del diámetro del nivel de presión de salida, después de que la cámara haya sido excitada por ruido de banda ancha. Después de la determinación del tiempo de reverberación de la cámara, con y sin una muestra dada, se puede calcular la absorción del material.

Los ensayos muestran que los paneles fabricados con fibras vegetales reflejan un desempeño aceptable frente a los paneles comerciales usados como control; también se debe considerar que el espesor y la densidad de los paneles manufacturados con fibras vegetales no se tuvo en cuenta en la comparación de rendimiento, por tanto, es de esperarse que al aumentar estos parámetros mejore su rendimiento. Además, se observó que al combinar las fibras de coco y acai la respuesta es considerablemente mejor que los paneles fabricados por una sola fibra, y con un comportamiento próximo a los materiales convencionales.

Hace dos años la investigadora María Velázquez Rodríguez, de la Universidad de Extremadura de Cáceres España, publicó una investigación en el tema Materiales aislantes sostenibles, basado como problema central el gran porcentaje (40%) de materiales insostenibles utilizados en la unión europea para la construcción y el mantenimiento de edificios. Como solución al problema se orientó un estudio a la importancia del confort climático del usuario en la vivienda, sin tener que recurrir a la utilización de sistemas de calefacción eléctricos.<sup>22</sup>

En la investigación se obtuvieron como resultado dos tablas que diferencian los aislantes insostenibles con los aislantes sostenibles, que se muestran a continuación:

---

<sup>21</sup> Panels Manufactured from Vegetable Fibers: An Alternative Approach for Controlling Noises in Indoor Environments. BASTOS, Leopoldo Pacheco, DA SILVA VIERIA DE MELO, Gustavo y SURE SOEIRO, Newton. Brasil : Hindawi Publishing Corporation, 2012, Vol. 2012.

<sup>22</sup> VELAZQUEZ RODRÍGUEZ, Maria. Materiales aislantes sostenibles. Cáceres España : Universidad de Extremadura, 2015.

### 1.6.4.1 Tabla de características aislantes

En la –Tabla 6: características aislantes- se pueden apreciar las comparaciones de tres tipos de material, inorgánicos, orgánicos y sintéticos frente a las características de aislamiento acústico y térmico y algunas propiedades técnicas. En estas comparaciones se puede observar que la capacidad higroscópica (Capacidad de absorber humedad) es mucho mejor en los materiales ecológicos (orgánicos e inorgánicos) superando a los sintéticos, ya que estos materiales ecológicos poseen la capacidad de absorber la humedad sin tener perdida en sus cualidades de aislante acústico.<sup>23</sup>

También se puede evidenciar que los materiales orgánicos tienen resistencia acústica y térmica, mientras que los materiales sintéticos solo poseen resistencia térmica.

Tabla 6 Características aislantes.

		ASLANTE		TÉCNICAS						B.M.
		Conductividad térmica $\lambda$ (W/m.K)	Densidad $\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	Cap. higroscópica	Resistencia al vapor de agua $\mu$	Resistencia fuego	Inflamable	Resistencia acústica	Resistencia a compresión	
SINTÉTICOS	EPS	0,029 0,053	10 25	ALTA	20 40	B	SI	NO	SI	≤22616 MUY ALTA
	XPS	0,025 0,04	30	BAJA	100 220	E	SI	NO	SI	28431 22616
	PUR	0,019 0,04	30 60	ALTA	60 150	C-E	SI	SI	SI	187386 33600
INORGÁNICOS	ARLITA	0,080 0,160	300 600	MEDIA	1 5	C	NO	SI	SI	1292
	PERLITA	0,040 0,060	50 180	ALTA	2 5	A	NO	SI	SI	2585 MEDIA
	VERMICULITA	0,065 0,075	60 200	ALTA	-	A	NO	SI	SI	≤1292
	LANA DE VIDRIO	0,03 0,05	25 80	ALTA	1	E	NO	SI	NO	9692
	LANA DE ROCA	0,03 0,05	25 80	ALTA	1 1,3	A-B	NO	SI	NO	3877 ALTA
	CORCHO	0,034 0,100	95 130	BAJA	5 30	E	NO	SI	SI	4071
ORGÁNICOS	CAÑAMO	0,037 0,070	70 130	MEDIA	1 2	E	SI	SI	SI	1228 BAJA
	LINO	0,037 0,047	25	MEDIA	1 2	C-D	SI	SI	SI	1228
	FIBRA DEMADERA	0,040 0,01	150 190	BAJA	1 2	E	NO	SI	SI	2391
	CELULOSA	0,034 0,069	30 60	MEDIA	1 2	B-E	NO	SI	SI	840 1422
	ALGODÓN	0,040 0,069	20 60	MEDIA	1 2	A	SI	SI	NO	≥1000
	LANA DE OVEJA	0,035 0,050	25 80	ALTA	1 2	C	SI	SI	SI	2197

Fuente: VELAZQUEZ RODRÍGUEZ, Maria. Materiales aislantes sostenibles. Cáceres España : Universidad de Extremadura, 2015.

#### BM: Balance medioambiental

Alta: muy buena regulación hidrométrica hasta 33% su peso

Media: Buena regulación hidrométrica hasta 15% su peso

Baja: Mala regulación hidrométrica hasta 10% su peso

<sup>23</sup> MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Decreto 20260 Por el cual se establece normas mínimas para vivienda de interés social urbana. [En línea] 24 de Junio de 2004. [Citado el: 25 de Septiembre de 2017.] <http://www.minvivienda.gov.co/Decretos%20Vivienda/2060%20-%202004.pdf>.

### 1.6.4.2 Tabla de impactos negativos al ambiente

Los materiales renovables tienen un menor gasto de energía en su producción, cosa que se puede demostrar si comparamos el proceso de fabricación de un material sostenible ante un material sintético; por esta razón los materiales orgánicos e inorgánicos no son contaminantes. Otro punto importante es la inactividad de emisión de gases tóxicos por parte de los materiales ecológicos como se observa en la tabla (Véase la tabla 7)

Asimismo, se evidencia que los materiales inorgánicos son una fuente de energía renovable, son reutilizables y biodegradables.

Tabla 7 Impacto negativo al ambiente.

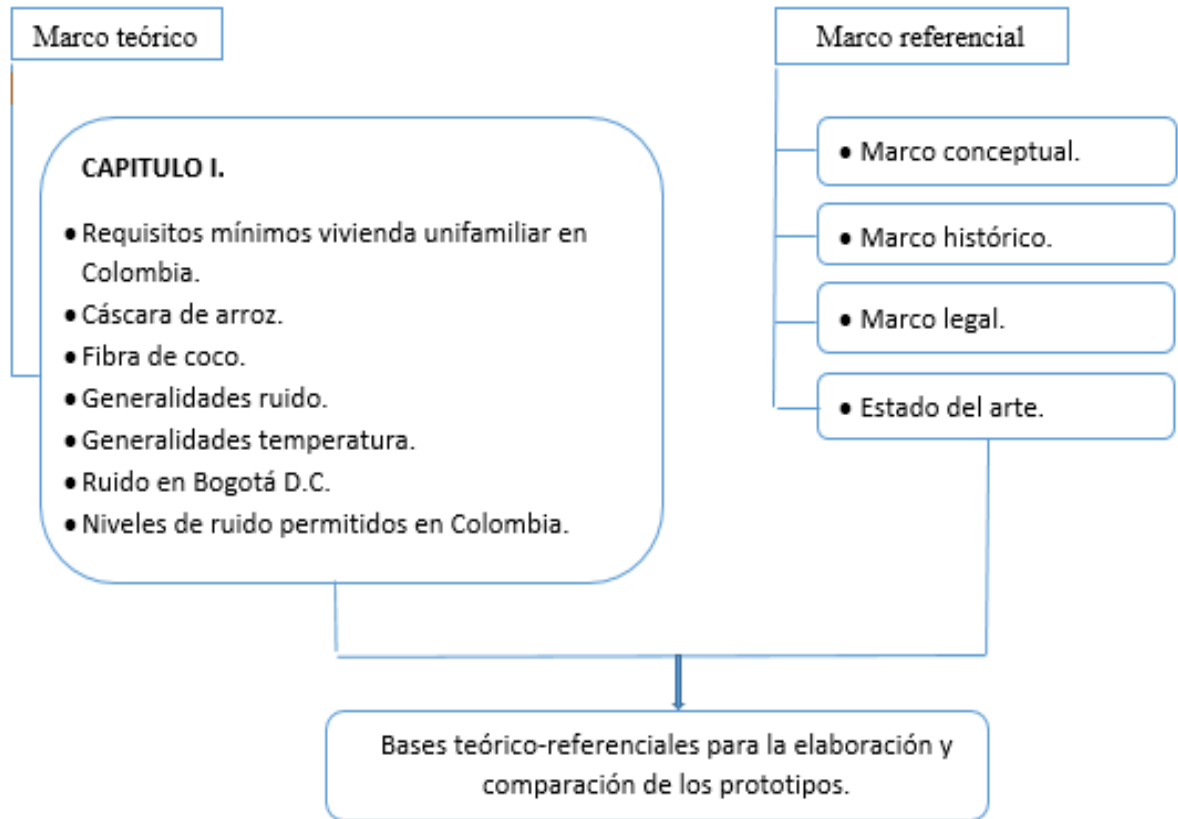
		FUENTE DE ENERGÍA Renovable	RECUPERACIÓN			TOXICIDAD	BALANCE MEDIOAMBIENTAL	
			Reutilizable	Reciclable	Biodegradable	Perjudicial a la salud	Energía 1ª fabricación (kw Ep/UF)	Efecto invernadero (KCO,eq/UF)
SINTÉTICOS	EPS	NO	SI	*	NO	SI	84 △	10 △
	XPS	NO	SI	SI	NO	SI	△	△
	PUR	NO	NO	*	NO	SI	△	△
INORGÁNICOS	ARLITA	NO	SI	SI	NO	SI	△	△
	PERLITA	NO	*	*	NO	SI	△	△
	VERMICULITA	NO	*	*	NO	SI	△	△
	LANA DE VIDRIO	NO	*	SI	NO	SI	74 △	12 △
	LANA DE ROCA	NO	*	SI	NO	SI	168 △	43 △
ORGÁNICOS	CORCHO	SI	SI	SI	SI	NO	41 ●	-26 ●
	CAÑAMO	SI	SI	SI	SI	NO	52 ●	-1 ●
	LINO	SI	SI	SI	SI	NO	38 ●	1 ●
	FIBRA DEMADERA	SI	SI	SI	SI	NO	41 ●	-4 ●
	CELULOSA	SI	SI	SI	SI	NO	22 ●	-10 ●
	ALGODÓN	SI	SI	SI	SI	NO	●	●
	LANA DE OVEJA	SI	SI	SI	SI	NO	20 ●	0 ●

Fuente: VELAZQUEZ **RODRÍGUEZ, Maria**. Materiales asilantes sostenibles. Cáceres España : Universidad de Extremadura, 2015.

- \* Es difícilmente reciclable o muy costoso
- △ Energía muy costosa ( $\geq 74$  kw Ep/UF) o efecto negativo ( $\geq 10$  KCO,eq/UF).
- Energía poco costosa ( $\leq 74$  kw Ep/UF) o efecto positivo ( $\leq 10$  KCO,eq/UF).

## 2. CAPITULO I. MARCO TEÓRICO

A continuación, se puede visualizar el esquema que enmarca el procedimiento que se llevó a cabo para la investigación:



*Fuente: autores*

### 2.1 REQUISITOS MÍNIMOS VIVIENDA UNIFAMILIAR COLOMBIA.

Para la elaboración de los prototipos se tomó como referencia las especificaciones mínimas en área (m<sup>2</sup>) que exige la ley para la construcción de una vivienda unifamiliar en Colombia, y también las características geométricas más comunes con las que se entregan las casas por parte de las constructoras para las personas beneficiarias de las VIS (Viviendas de interés social).

#### 2.1.1 Normas mínimas para vivienda de interés social urbana

Para el cumplimiento de las características geométricas de las viviendas, Colombia establece el Decreto 2060 de 2004 “Por el cual se establecen normas mínimas para vivienda de interés social urbana”, en su Artículo 1º “Adóptense las siguientes normas mínimas para la urbanización y construcción de Viviendas de Interés Social (VIS) Tipo 1 y 2: (Véase la tabla 8)



Tabla 8 Área mínima de lote para VIS Tipo 1 y 2

Tipo de vivienda	Lote mínimo	Frente mínimo	Aislamiento posterior
Vivienda unifamiliar	35 m <sup>2</sup>	3.50 m <sup>2</sup>	2.00 m <sup>2</sup>
Vivienda bifamiliar	70 m <sup>2</sup>	7.00 m <sup>2</sup>	2.00 m <sup>2</sup>
Vivienda multifamiliar	120 m <sup>2</sup>	-	-

Fuente: <http://www.minvivienda.gov.co/Decretos%20Vivienda/2060%20-%202004.pdf>.

De acuerdo a lo anterior, el lote mínimo que debe tener una casa de vivienda unifamiliar debe ser de 35 m<sup>2</sup> (frente mínimo: 3.50m).

### 2.1.2 Lotes de (VIS) entregados por las constructoras.

De acuerdo al estudio de *pre-factibilidad de un proyecto para la prestación de servicios de acabados para vivienda de interés social Bogotá D.C.* se tienen dos tipos de viviendas unifamiliares ofertados por las constructoras:<sup>24</sup>

#### 2.1.2.1 Vivienda unifamiliar de interés social

De 46m<sup>2</sup> es una solución habitacional construida en serie, brinda muros en bloque, un piso, dos alcobas, y un baño con pisos en vinisol. El único terminado que ofrece es pañete y pintura en sus paredes.<sup>24</sup>

#### 2.1.2.2 Vivienda unifamiliar mínimo 1

Esta vivienda por su parte cuenta con 57 m<sup>2</sup>, compuesta por muros en bloque, 2 pisos, 3 alcobas, y dos baños. No cuenta con ningún tipo de acabado.

## 2.2 FIBRA (CASCARA) DE ARROZ

### 2.2.1 Descripción de la cáscara de arroz

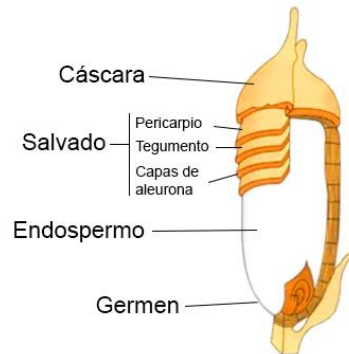
La planta de arroz, científicamente nombrada *Orizac sativa*, está constituida por cuatro componentes principales (Véase la figura 2).

- a) Germen, que es principalmente la parte más abundante en nutrientes, ácidos grasos, aminoácidos y enzimas.
- b) Endospermo, que figura alrededor del 70% del volumen del arroz

<sup>24</sup> PARDO CAMERO, Jorge Andrés. Estudio de prefactibilidad de un proyecto para la prestación de servicios de acabados para vivienda de interés social en Bogotá D.C. Bogotá D.C. : Pontificia Universidad Javeriana, 2004.

- c) Polvillo o salvado, el cual alcanza un 6.8% en volumen en el grano, utilizado como alimento para animales por su valioso contenido de grasas.
- d) Cáscara o pajilla, que constituye aproximadamente un 20% en peso del grano y que es separado en el proceso de pilado, formándose grandes montañas de cascarilla adyacentes de los molinos. <sup>10</sup>

Figura 2 Partes del grano de arroz



Fuente: AGUILAR, Jaider. *Alternativas de aprovechamiento de la cascarilla de arroz en Colombia. Sincelejo : Universidad de Sucre, 2009.*

### 2.2.2 Unidades productoras de arroz, Censo Nacional Arrocerero 2016

Según el Censo Nacional Arrocerero de 2016, se registró 525.957 ha, repartidas en diferentes zonas de Colombia: 48,9% en los llanos orientales, 26,8% en el centro del país, y bajo Cauca con una aportación de 19,9%, llegando así a una producción total de 2.971.975 toneladas de arroz en el 2016 <sup>25</sup>. Con lo anterior se ratifica la alta tasa que tiene Colombia como productor de arroz.

### 2.2.3 Mala disposición de la cáscara de arroz

La contaminación por residuos hoy en día afecta gravemente a Colombia, ya que no se tiene un control riguroso en la disposición de los desechos sólidos generados por la industria. Para el caso de la industria molinera el impacto ambiental es realmente considerable, ya que alcanza 82 toneladas/día en cascarilla de arroz, residuo que es manejado inadecuadamente ya que es dispuesto a ser botado a cielo abierto, se presenta incineración y se quema para reducir su volumen, generando así humos contaminantes; además, la ceniza resultante contiene un porcentaje en sílice alrededor del 90%, lo cual es perjudicial para la salud.

<sup>25</sup> DANE. 4º Censo Nacional Arrocerero 2016. [En línea] 2016. [Citado el: 12 de Agosto de 2017.] <http://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/agropecuario/censo-nacional-arrocerero>.

## 2.3 FIBRA DE COCO

### 2.3.1 Descripción de la fibra de coco

El coco es una fruta tropical obtenida del cocotero, la palmera. Esta fruta está compuesta por cuatro partes principales:

- a) Exocarpio, es la cáscara exterior gruesa que protege el interior del fruto.
- b) Mesocarpio, capa intermedia del fruto, conocida como fibra de coco.
- c) Endocarpio, capa interior adherida a la pulpa.
- d) Endospermo, parte de la pulpa de color blanco que contiene el agua de coco.<sup>26</sup>

### 2.3.2 Unidades producidas de coco en Colombia

De acuerdo al compendio de la cadena Nacional del coco de Colombia, elaborado por el **Ing. César Quintana Jiménez**, se tiene una producción mundial liderada por los países asiáticos: Indonesia (18.000.000 Toneladas en el año 2010), Filipinas (15.540.000 Toneladas en el año 2010) e India (10.840.000 Toneladas en el año 2010). Por otro lado, los países sudamericanos con mayor producción son: Brasil (2.837.530 Toneladas en el año 2010), Venezuela (157.000 Toneladas en el año 2010) y Colombia (90.000 Toneladas en el año 2010) en Colombia el sector departamental donde más se produce coco es Nariño con un 55.37% en producción. Lo anterior comprende la gran magnitud de producción que se tiene a nivel mundial de este producto natural.<sup>27</sup>

## 2.4 GENERALIDADES RUIDO

### 2.4.1 Ruido

Es básicamente un sonido no deseado, donde las ondas sonoras se generan por la vibración de un objeto que al mismo tiempo provoca una expansión de ondas en el entorno. Los medios de prolongación del ruido son aire y agua.

---

<sup>26</sup> TREJO SOLÍS, José Alfredo. Desarrollo y comparación de los principales componentes nutricionales de leches vegetales. Buenavista, México : Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, 2015.

<sup>27</sup> QUINTANA JIMÉNEZ, César. Cadena Nacional del coco de Colombia acuerdo de competitividad 2.013. [En línea] Diciembre de 2013. [Citado el: 2 de Septiembre de 2017.] <https://sioc.minagricultura.gov.co/Coco/Documentos/004%20-%20Documentos%20Competitividad%20Cadena/004%20-%20D.C.%20-%202013%20Acuerdo%20de%20Competitividad%20Coco.pdf>.

La frecuencia y la longitud de onda son inversamente proporcionales, mientras la longitud de onda aumenta, la frecuencia disminuye. Por otro lado, la intensidad del sonido se mide con un sonómetro en unidades de decibeles (dB), unidades que varían al aumentar la amplitud de las ondas sonoras la presión del sonido.<sup>28</sup>

### 2.4.2 Decibeles (dB)

Décima parte del Bel, razón de energía, intensidad o potencia que efectúa la siguiente ecuación: <sup>29</sup>

$$\text{Log}(R)=1\text{dB}/10$$

Dónde:

R: Razón de energía, intensidad o potencia.

### 2.4.3 Decibelio ponderado A (dBA)

Las medias frecuencias son los ruidos que más divisa el oído humano. El decibelio ponderado se utiliza para conocer el nivel de contaminación acústica y consigo el daño que produce al oído humano. Se diferencia del dB ya que es una unidad que filtra las más bajas y más altas frecuencias, dejando únicamente las más dañinas. A continuación (Véase la tabla 9) <sup>29</sup>

Tabla 9 Valores de dBA comunes.

PÁJAROS CANTANDO	20 dBA
SUSURRO DEL VIENTO EN LOS ÁRBOLES	25 dBA
SALA DE ESTUDIO	35 dBA
COMPUTADORA	45 dBA
CONVERSACION ENTRE DOS PERSONAS	55 dBA
ASPIRADOR	70 dBA
OFICINA (10 PERSONAS)	75 dBA
CAMIÓN DE LA BASURA	85 dBA
TRÁFICO DE UNA CARRETERA	90 dBA
CLAXON	95 dBA
CLAXON DE UN VEHICULO PÚBLICO	100 dBA
DISCOTECA	110 dBA
MOTOCICLETAS SIN SILENCIADOR	115 dBA
TALADRO HIDRÁULICO	120 dBA
DESPEGUE DE UN AVIÓN	140 dBA

<sup>28</sup> Escuela Colombiana de ingeniería Julio Garavito. Niveles de ruido (protocolo). Bogotá D.C. : Laboratorio de producción, 2017.

<sup>29</sup> dBA TECNOLOGIA ACÚSTICA. Tabla comparativa de decibelios. [En línea] 14 de Octubre de 2014. [Citado el: 24 de Septiembre de 2017.] <http://www.dba-acustica.com/blog/tabla-comparativa-de-decibelios/>.

Fuente: <http://www.dba-acustica.com/blog/tabla-comparativa-de-decibelios/>

## 2.4.4 Tipos de ruido

A continuación, se contextualizan los tres tipos de ruido que existe:

- Ruido Continuo: Se presenta cuando el nivel de presión sonora es constante en un tiempo determinado. Un ejemplo es el ruido que produce el motor de un acuario o el ventilador de un computador.
- Ruido intermitente: Se exhibe cuando hay caídas toscas hasta llegar al nivel ambiental de forma discontinua, volviéndose a subir al nivel superior. Por ejemplo: al accionar una licuadora.
- Ruido de impacto: Se describe por una elevación brusca de ruido en un periodo de tiempo inferior a 35 milisegundos y una duración total aproximada de menos de 500 milisegundos. Por ejemplo: Cierre de puertas o impacto de carros.<sup>28</sup>

## 2.5 GENERALIDADES TEMPERATURA

### 2.5.1 Temperatura

La temperatura nos señala en qué dirección se desplaza el calor al poner en cercanía dos cuerpos que se encuentra a diferentes temperaturas. Este proceso es continuo hasta que ambos cuerpos contengan la misma temperatura.<sup>30</sup>

Principalmente las escalas de medición de temperatura son las siguientes tres:

#### 2.5.1.1 Escala en grados centígrados/Celsius:

Se basa en dividir la temperatura de ebullición del agua en 100 partes o grados, el punto de fusión 0° Centígrados y el de ebullición es de 100° Centígrados.

#### 2.5.1.2 Escala en grados Fahrenheit:

Esta escala fracciona los intervalos de temperatura entre el punto de fusión del hielo y el punto de ebullición del agua 180 grados. Al punto de congelación le incumbe el valor de 32°F y al de ebullición de 212°F.

---

<sup>30</sup> CORTES IBARRA, Maria y SÁNCHEZ, Rigoberto. Academia de bioinstrumentación. [En línea] [Citado el: 25 de Septiembre de 2017.] <http://www.biblioteca.upibi.ipn.mx/Archivos/Material%20Didactico/Apuntes%20para%20la%20asignatura%20de%20instrumentaci%C3%B3n%20y%20control/cap2.pdf>.

### 2.5.1.3 Escala Kelvin

Es una escala absoluta, según esta escala el punto de fusión del hielo corresponde a 273,1 °K y el punto de ebullición del agua es 373,1 °K.

## 2.6 RUIDO EN BOGOTÁ D.C.

El crecimiento de las ciudades trae consigo una serie de afectaciones para la población, entre ellas se encuentra la contaminación auditiva. Este factor contaminante debe ser controlado por las autoridades pertinentes, ya que según estimaciones realizadas por la Organización Mundial de la Salud [OMS], para 2013 el 5,3 % de la población mundial presentan pérdida de audición incapacitante debido, entre otras, a la exposición al ruido excesivo.<sup>31</sup> En Colombia, la cifra de población que presenta afectaciones auditivas asciende hasta el 11 %, es decir, cerca de cinco millones de personas<sup>32</sup>

En Bogotá D.C. las fuentes móviles como tráfico rodado, tráfico aéreo y perifoneo aportan el 60% de la contaminación auditiva. El 40% restante corresponde a las fuentes fijas como establecimientos de comercio abiertos al público, pymes, grandes industrias, construcciones, etc.<sup>33</sup>.

## 2.7 NIVELES DE RUIDO PERMITIDOS EN COLOMBIA

La legislación colombiana que regula las emisiones de ruido por medio de la Resolución 8321 DE 1983 expedida por el Ministerio de Salud, establece los niveles sonoros máximos permitidos (Véase la tabla 10):<sup>34</sup>

Tabla 10 Niveles sonoros máximos (dB) permitidos Colombia.

Zonas receptoras	Periodo diurno	Periodo Nocturno
	7:01 Am a 9:00 Pm	9:01 Pm a 7:00 Am
Zona I Residencial	65	45
Zona II Comercial	70	60
Zona III Industrial	70	75
Zona IV Tranquilidad	45	45

Fuente:[http://biblioteca.saludcapital.gov.co/img\\_upload/03d591f205ab80e521292987c313699c/resolucion-8321-de-1983.pdf](http://biblioteca.saludcapital.gov.co/img_upload/03d591f205ab80e521292987c313699c/resolucion-8321-de-1983.pdf).

<sup>31</sup> OMS. Contaminación auditiva. [En línea] 2012. [Citado el: 13 de Agosto de 2017.] <http://www.who.int/gho/es/>.

<sup>32</sup> Ministerio de salud y protección social. Ruido excesivo en entornos, una de las principales causas para pérdida auditiva. Boletín de Prensa No 050 de 2015, 2015, 050.

<sup>33</sup> Secretaria distrital del ambiente. Información general sobre la problemática de ruido. [En línea] [Citado el: 2 de Septiembre de 2017.] <http://ambientebogota.gov.co/ruido>.

<sup>34</sup> MINISTERIO DE SALUD. RESOLUCION 8321 DE 1983. [En línea] [Citado el: 3 de Septiembre de 2017.] [http://biblioteca.saludcapital.gov.co/img\\_upload/03d591f205ab80e521292987c313699c/resolucion-8321-de-1983.pdf](http://biblioteca.saludcapital.gov.co/img_upload/03d591f205ab80e521292987c313699c/resolucion-8321-de-1983.pdf).

## 2.8 NIVELES DE RUIDO PERMITIDOS INTERNACIONALMENTE

### 2.8.1 Niveles de ruido, OMS

Como medida de comparación ante la Resolución 8321 de 1983, se tiene la Organización mundial de la salud (OMS), que establece valores similares a los de la normatividad colombiana, que se encuentran resumidos en la siguiente tabla (Véase la tabla 11):<sup>35</sup>

Tabla 11 Niveles máximos permitidos OMS

Zonas receptoras	dBA	Tiempo (H)
Exterior de viviendas	50-55	16
Interior de viviendas	35	16
Aulas escolares	35	8
Áreas industriales, comerciales y de tráfico	70	24
Actividades de ocio	100	4

Fuente:

[https://www.diba.cat/c/document\\_library/get\\_file?uuid=72b1d2fd-c5e5-4751-b071-8822dfdfdded&groupId=7294824](https://www.diba.cat/c/document_library/get_file?uuid=72b1d2fd-c5e5-4751-b071-8822dfdfdded&groupId=7294824).

### 2.8.2 Niveles de ruido, American Conference of Governmental Industrial

#### Hygienists (ACGIH)

Por otro lado, se tiene el criterio de la (ACGIH), determinado a través de los Threshold Limit Values (Valores de Umbral Límites, (TLV)) 1996. Esta normatividad no admite ninguna exposición a ruido continuo o intermitente mayor a 140 dBA. Los detalles de los demás valores están detallados en la siguiente tabla (Véase la tabla 12):

Tabla 12 Niveles máximos permitidos ACGIH.

EXPOSICIÓN DIARIA (hrs.)	NPS PERMITIDO EN dB(A)
24	80
16	82
8	85
4	88
2	91
1	94
½	97
¼	100

Fuente: American Conference of Governmental Industrial Hygienists.

<sup>35</sup> Andalucía, Observatorio de salud y medio ambiente de. Ruido y salud. [En línea] [Citado el: 10 de Septiembre de 2017.] [https://www.diba.cat/c/document\\_library/get\\_file?uuid=72b1d2fd-c5e5-4751-b071-8822dfdfdded&groupId=7294824](https://www.diba.cat/c/document_library/get_file?uuid=72b1d2fd-c5e5-4751-b071-8822dfdfdded&groupId=7294824).

### 3. CAPITULO II METODOLOGIA.

#### 3.1 MEDICIÓN DE RUIDO EN BOGOTÁ D.C.

Con el fin de tener una base de valores de ruido en la actualidad, se procedió a hacer mediciones de ruido en diferentes puntos de la ciudad de Bogotá. Para esto se utilizaron dos dispositivos que se describen a continuación:

##### 3.1.1 Sonómetro (Sound level meter, YF-20)

Medidor de sonido de clase 2, capaz de detectar sonidos en un rango de 40 dB a 120 dB <sup>36</sup>. A continuación se pueden observar sus partes (Véase la figura 3)

dB lo: Es el rango de medición mínimo del sonómetro que va de 40 dB a 80 dB. Se ve representado en el tablero con un color azul.

dB Hi: Es el rango de medición máximo del sonómetro que va de 80 dB a 120 dB. Se ve representado en el tablero con un color rojo.



Fuente:<http://www.directindustry.es/prod/tenmarstenmars-electronics/product-31769-581082.html>.

##### 3.1.2 Sound Analyzer App

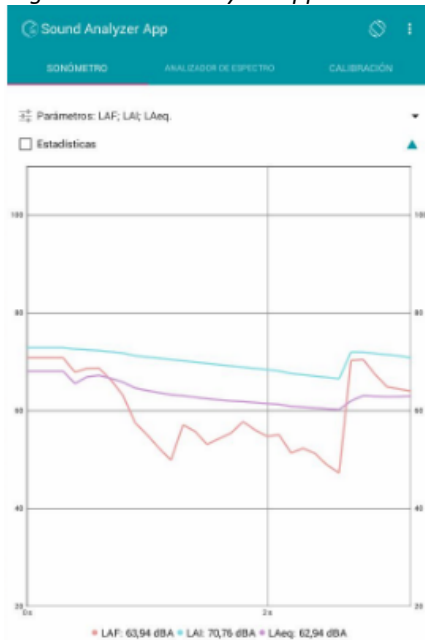
Sound Analyzer App, es una aplicación para Android que permite utilizar cualquier smartphone como un Sonómetro (SLM) y un Analizador Audio en tiempo Real (RTA). El ruido ambiental, medido en decibelio (dB). <sup>37</sup> (Véase la figura 4)

<sup>36</sup> Industry, Direct. Tenmars, Sonómetro Clase 2. [En línea] [Citado el: 30 de Septiembre de 2017.] <http://www.directindustry.es/prod/tenmarstenmars-electronics/product-31769-581082.html>.

<sup>37</sup> play, Google. Sound Analyzer App. [En línea] 2017. [Citado el: 9 de Septiembre de 2017.] <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.dom.audioanalyzer&hl=es>.



Figura 4 Sound Analyzer App



- LAI: Mayor lectura de ruido
- LAeq: Promedio lectura de ruido
- LAF: Lectura del ruido en tiempo real

Fuente: Aplicación Sound Analyzer

### 3.2 PROTOTIPOS

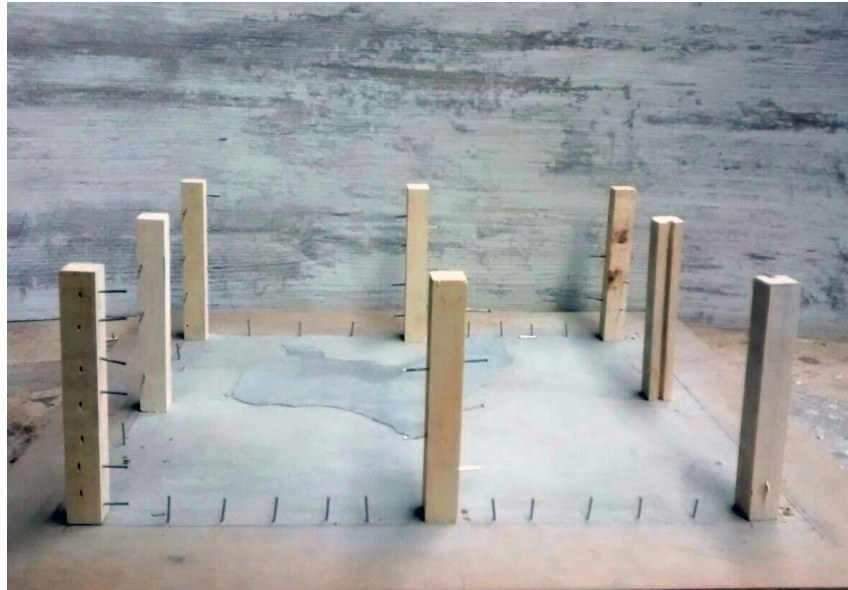
Para ejecutar la comparación de capacidad aislamiento térmico y acústico se construyeron dos prototipos de casas unifamiliares a escala 1:20 de un piso, compuestas por muros en concreto vaciado con una proporción de una parte de cemento por dos de arena. (1:2)

La construcción de los prototipos se realizó en 4 fases, que se describen a continuación:

#### 3.2.1 Fase I-piso y columnas

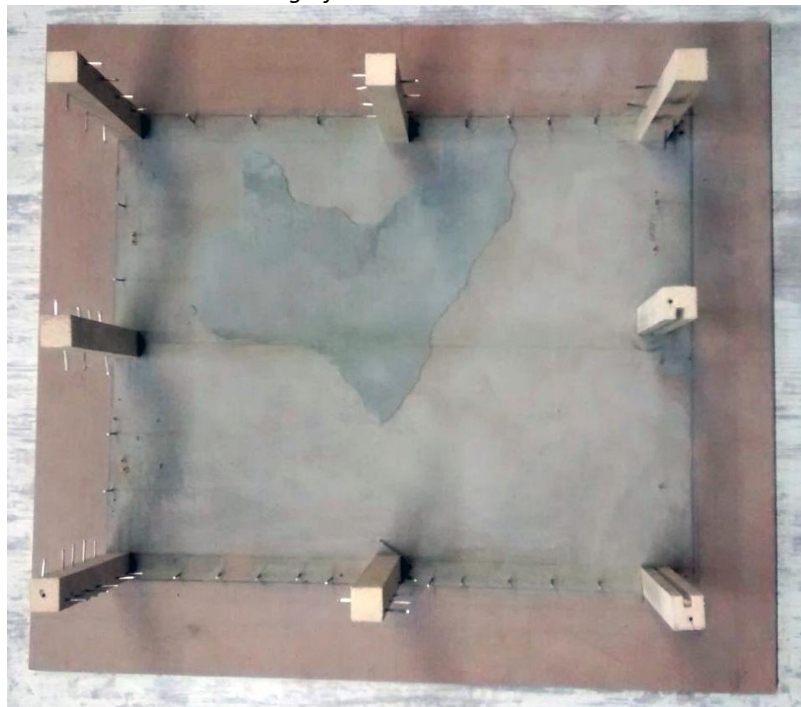
Para realizar los muros en concreto vaciado, se construyeron columnas, cada una con puntillas de acero ancladas a un centímetro una de la otra, con el fin de tener una mejor adherencia entre las columnas y el concreto vaciado de los muros. Así mismo se anclaron puntillas de acero en el piso.

*Fotografía 1 Vista Longitudinal Fase I*



*Fuente: autores.*

*Fotografía 2 Vista Planta Fase I*

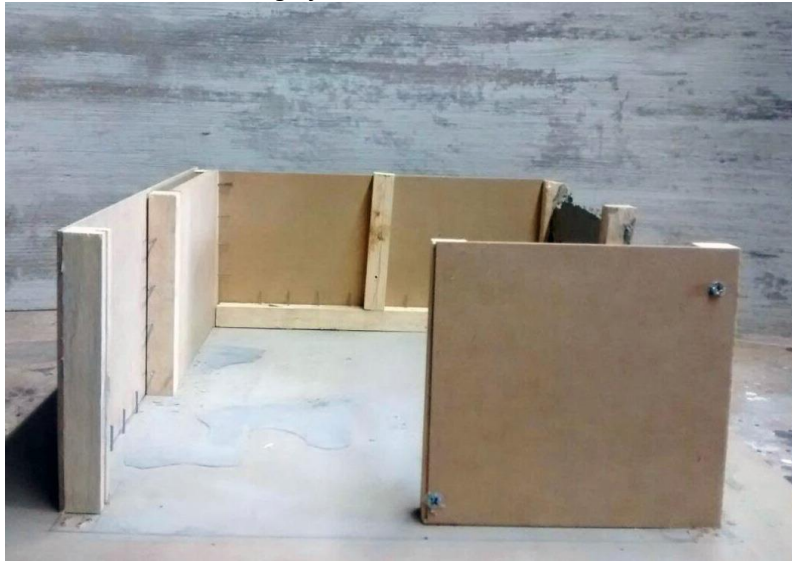


*Fuente: autores.*

### 3.2.2 Fase II-Encofrado

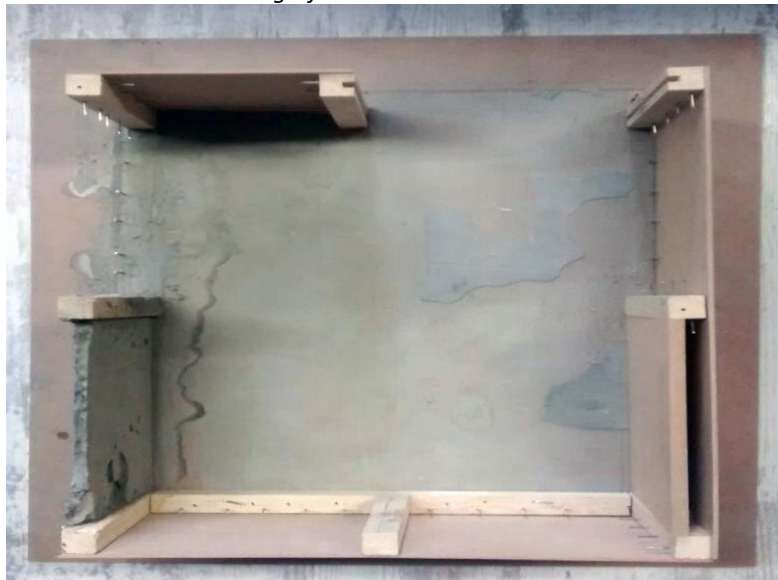
Luego de la Fase I, se procedió al encofrado de los muros de concreto vaciado. Para esto se usaron láminas de MDF de 4mm, dejando espacio entre las láminas para fundir muros de 1 cm.

*Fotografía 3 Vista Frontal Fase II*



*Fuente: autores.*

*Fotografía 4 Vista Planta Fase II*



*Fuente: autores.*

### 3.2.3 Fase III-Desencofrado

En esta fase se retiraron las láminas de MDF pasados 10 días de haber sido fundido.

*Fotografía 5 Desencofrado*



*Fuente: autores.*

### 3.2.4 Fase IV- Acabados

En esta última fase se realizó el montaje de los acabados de los prototipos, como lo son techo, pisos, pintura y jardines exteriores.

*Fotografía 6 Acabados.*



*Fuente: autores.*



*Fuente: autores.*

### 3.3 FACHADA FIBRA (CÁSCARA) DE ARROZ

La elaboración de la fachada a base de cáscara de arroz se realizó a escala 1:20, con espesor de 1 cm aproximadamente. El primer paso del proceso que se ejecutó fue disponer las cáscaras de arroz en un recipiente para exponerlas al sol durante un periodo de cinco (5) días. (Véase la fotografía 7).

*Fotografía 7 Secado cáscara de arroz.*



*Fuente: autores.*

El segundo paso fue la aglomeración de las fibras con una mezcla de colbón y agua (4 partes de colbón por 1 de agua), formando 3 capas en el molde, una sobre la otra. Dicho molde fue construido en MDF y recubierto con papel vinipel para evitar que las cáscaras se adherían en la lámina de MDF.

*Fotografía 8 Conformación de los paneles de cáscara de arroz.*



*Fuente: autores.*

*Fuente: autores.*

Finalmente se dejaron secar las láminas durante 6 días, y se retiraron de sus moldes obteniendo así los paneles de cáscara de arroz.

### 3.4 FACHADA FIBRAS DE COCO

La fabricación de los paneles con base en fibras de coco se realizó a escala 1:20, con espesor de 1 cm aproximadamente. El primer paso del proceso que se hizo fue el secado al sol de las fibras de coco por 5 días. (Véase la *Fotografía 9*).

*Fotografía 9 Secado fibras de coco.*



*Fuente: autores.*

El paso a seguir fue la aglomeración de las fibras de coco con una mezcla de colbón y agua (4 partes de colbón por 1 de agua), formando 2 capas alrededor del molde una encima de la otra. Dicho molde fue construido en MDF y recubierto con papel vinipel para evitar que las fibras se pegaran en la lámina de MDF.

*Fotografía 10 Conformación de los paneles de fibra de coco.*




*Fuente: autores.*

Finalmente se dejaron secar las láminas durante 6 días, y se retiraron de sus moldes obteniendo así los paneles de fibra de coco.

### 3.5 MEDICIÓN DE TEMPERATURA Y RUIDO EN LOS PROTOTIPOS

#### 3.5.1 Medición de temperatura en los prototipos

Tabla 13 Sonda de medición

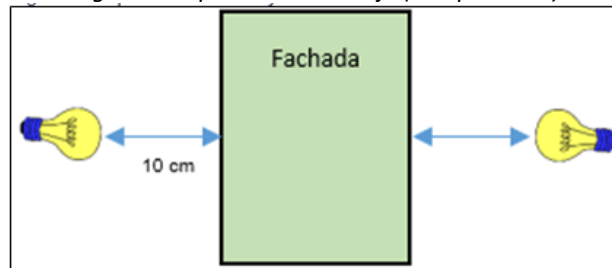
INSTRUMENTO	CARACTERÍSTICAS
<p data-bbox="540 478 919 508">Leybold Didactic MOBILE-CASSY</p> 	<p data-bbox="1036 510 1328 709">Mobile-CASSY es un instrumento de medición multiuso, dotado con sondas para registrar mediciones de temperatura dentro del rango de 0° a 100 °C.</p>

Fuente: Mobile-CASSY. Leybold Didactic. [En línea] [Citado el: 07 de noviembre de 2017.] <http://www.kappenberg.com/pages/wandler/gat087c.htm>.

Mediante la implementación del instrumento Leybold Didactic MOBILE-CASSY <sup>38</sup>, se realizó la medición de temperatura en cada uno de los prototipos siguiendo la metodología descrita a continuación:

- Primero, se tomó la lectura de la temperatura ambiente y la temperatura interna en cada prototipo con las sondas de medición de temperatura.
- Segundo, se aumentó la temperatura ambiente exponiendo los prototipos al calor de dos bombillos SYLVANIA implementados en la industria agrícola, ubicados a una distancia de 10 cm de los muros laterales. (Véase figura 5)

Figura 5 Esquema de Montaje (Temperatura)



Fuente: autores.

<sup>38</sup> Mobile-CASSY. Leybold Didactic. [En línea] [Citado el: 07 de noviembre de 2017.] <http://www.kappenberg.com/pages/wandler/gat087c.htm>.

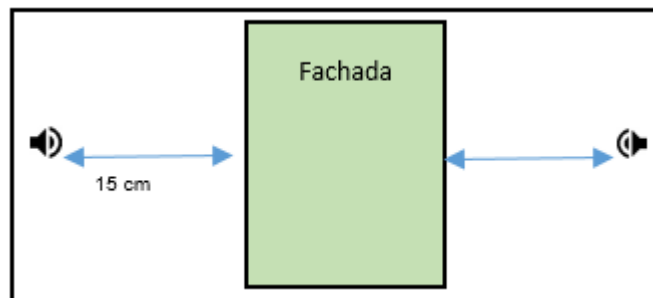
- Finalmente se tomaron las lecturas que marcaban las sondas de medición de temperatura a intervalos de tiempo comprendidos por 10 minutos, donde Sonda 1: Temperatura Ambiente y, Sonda 2: Temperatura Interna.

### 3.5.2 Medición de ruido en los prototipos

Utilizando el Sonómetro (Sound level meter) se tomaron los decibeles (dB) en cada uno de los prototipos, siguiendo la metodología definida a continuación:

- En primer lugar, se tomó la lectura del ruido ambiente y del ruido interno en cada prototipo.
- Segundo, se incrementó el ruido progresivamente cada 10dB, en un rango iniciado desde los 70 dB hasta los 100 dB, con una unidad reproductora de audio ubicada a 15 cm de los muros del prototipo. (Véase figura 6)

Figura 6 Esquema de montaje (Ruido)



Fuente: autores.

- En último lugar se tomaron las lecturas que marcaba el sonómetro dentro y fuera de cada uno de los prototipos.



## 4. CAPITULO III RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.

### 4.1 MEDICIÓN DE RUIDO EN BOGOTÁ D.C.

De acuerdo al capítulo anterior, se tomaron lecturas de ruido en 3 puntos de la ciudad de Bogotá, obteniendo como resultado los siguientes datos:

#### 4.1.1 Intersección Avenida Caracas con Calle 45

El primer lugar donde se tomaron mediciones de ruido fue el cruce de la Avenida Caracas con Calle 45, localizado en un sector donde el tráfico es alto debido al paso de buses urbanos, motocicletas y Transmilenio. En este cruce se encuentran muy cerca la clínica del asma de Santa Clara, la Universidad Cooperativa y el instituto de lenguas American School Way.


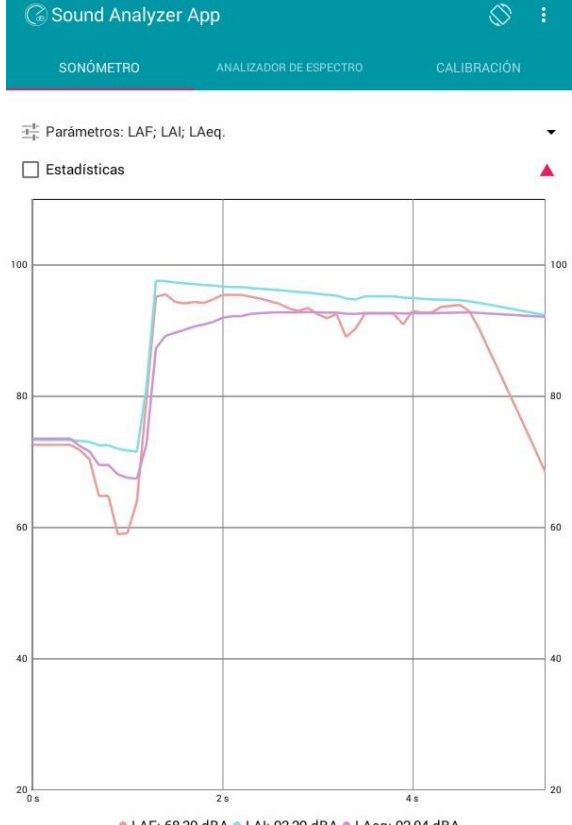
Figura 7 Medición ruido punto 1



Fuente: Google maps.

Las mediciones se realizaron alrededor de las 11:30 am el día 13 de Septiembre de 2017 con el Sonometro YF-20 y la App Sound Analyzer App, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 14 Resultados medición de ruido punto 1.

Sonómetro	Aplicación
	
<p>Valor obtenido: 88 dB</p>	<p>Valor obtenido: 92, 29 dB</p>

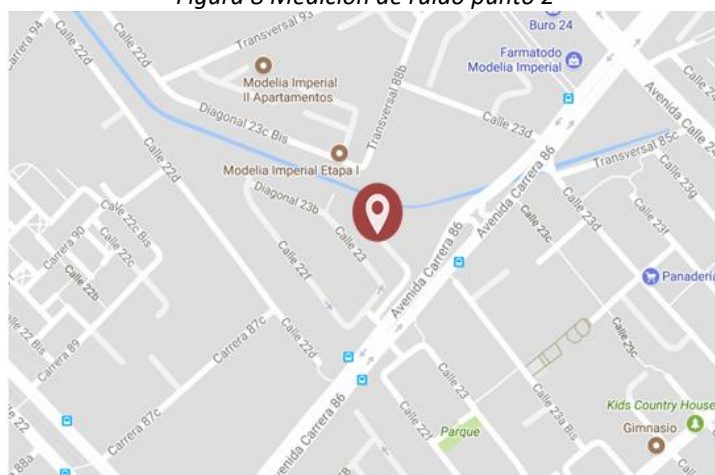
Fuente: autores.

Los valores obtenidos superan a los niveles permitidos por la ley colombiana (Zona residencial I=65 dB, Zona Comercial II=70 dB) y la OMS (Áreas comerciales, industriales y de tráfico=70 dB).

#### 4.1.2 Avenida Ciudad de Cali con Calle 23 (Conjunto residencial Recreo de Modelia)

Este sector se caracteriza por tener alta cantidad de conjuntos residenciales en ambos costados de la Avenida Ciudad de Cali, pero también se caracteriza por tener un alto grado de contaminación auditiva debido al cercano paso de los aviones provenientes del aeropuerto internacional El Dorado.


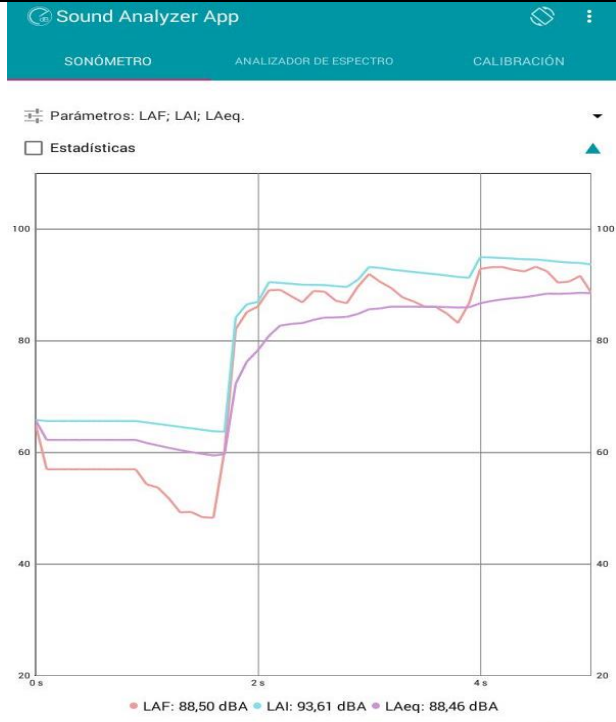
Figura 8 Medición de ruido punto 2



Fuente: Google maps.

Las mediciones se realizaron cuando había paso de aviones cerca al conjunto residencial, consiguiendo los siguientes resultados:

Tabla 15 Resultados medición de ruido punto 2.

Sonómetro	Aplicación
	
<p>Valor obtenido: 98 dB</p>	<p>Valor obtenido: 93, 61 dB</p>

Fuente: autores.

Los datos conseguidos superan a los niveles permitidos por la ley colombiana (Zona residencial I=65 dB) y la OMS (Exterior de viviendas=50 dB).

### 4.1.3 Casa unifamiliar Calle 37 Sur # 51F14


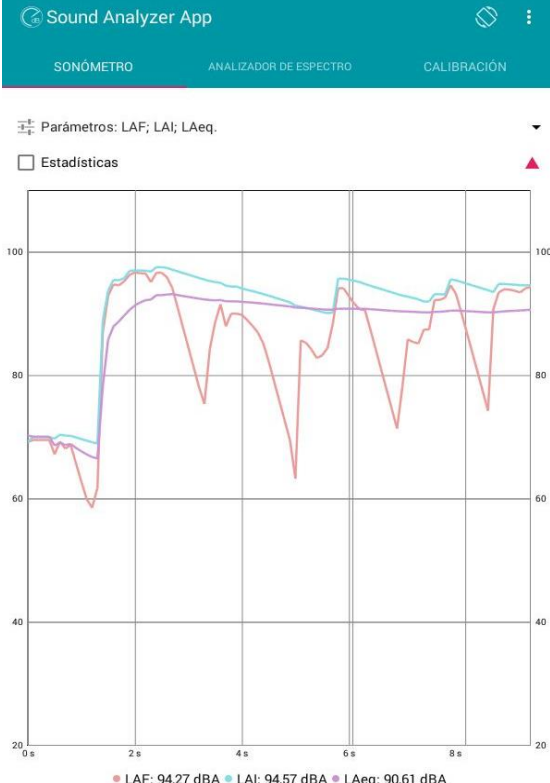
En esta zona hay presencia de gran variedad de viviendas unifamiliares, que son afectadas por contaminación auditiva proveniente del perifoneo, vecinos ruidosos y tráfico, entre otros.



*Fuente: Google maps.*

Los datos tomados corresponden a niveles de ruido producidos por el perifoneo y el ruido producido por talleres de carpintería cercanos, los cuales se muestran a continuación:

Tabla 16 Resultados medición de ruido Punto 3.

Sonómetro	Aplicación
	
<p>Valor obtenido: 92 dB</p>	<p>Valor obtenido: 90, 61 dB</p>

Fuente: autores.

Los datos logrados superan a los niveles permitidos por la ley colombiana (Zona residencial I=65 dB) y la OMS (Exterior de viviendas=50 dB).

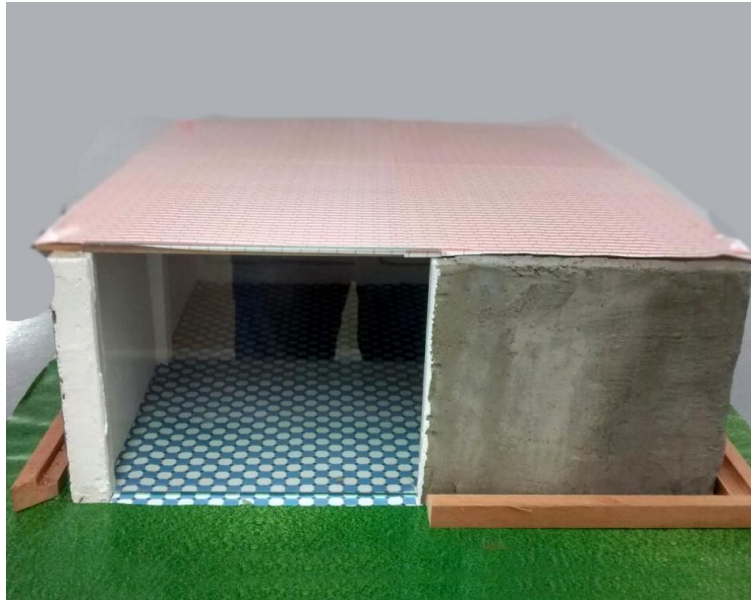
## 4.2 PROTOTIPOS

### 4.2.1 Prototipo de control

Se elaboraron dos prototipos a escala 1:20 en concreto vaciado de dimensiones: 0.15m (3m) X 0.44 m (8.8m) X 0.37m (7.40m) con área de 0.1628 m<sup>2</sup> (65.12m<sup>2</sup>). (Véase la fotografía 10)

Teniendo los dos prototipos construidos, se eligió uno de ellos como dispositivo de control, mientras que el otro se dejó para ser adecuado con las fachadas termoacústicas con base en fibras de arroz y coco.

Fotografía 11 Prototipo concreto vaciado.



Fuente: autores.

#### 4.2.2 Prototipo fibras de arroz

Teniendo los dos prototipos contruidos, se procedió con uno de ellos a la adecuación y montaje de los paneles de fibra de arroz, obteniendo como resultado el prototipo con fachada termo-acústica con base en fibras de arroz. (Véase la fotografía 11)

Fotografía 12 Prototipo fachadas termo-acústicas (Arroz).



Fuente: autores.

### 4.2.3 Prototipo fibras de coco

Finalmente, se adecuó el prototipo con los paneles de fibra de coco, obteniendo así el prototipo con fachada termo-acústica con base en fibras de coco. (Véase la fotografía 12)

*Fotografía 13 Prototipo fachadas termo-acústicas (Coco).*



*Fuente: autores.*

### 4.3 FACHADA FIBRA (CÁSCARA) DE ARROZ

Como resultado de la aglomeración de las cáscaras de arroz, se obtuvieron paneles de 1 cm. de grosor, con características de aislamiento térmico y acústico, con una densidad aproximada de  $60\text{Kg/m}^3$  (Véase la fotografía 13)

*Fotografía 14 Paneles de fibra de arroz.*



*Fuente: autores.*

#### 4.4 FACHADA FIBRAS DE COCO

Del resultado de la aglomeración de las fibras de coco, se consiguieron paneles de 1 cm. de grosor, con características de aislamiento térmico y acústico, con una densidad aproximada de 52Kg/m<sup>3</sup> (Véase la fotografía 14)

*Fotografía 15 Paneles de fibra de coco.*



*Fuente: autores*



#### 4.5 MEDICIÓN TEMPERATURA EN LOS PROTOTIPOS

Los registros para la prueba de temperatura realizada a los tres tipos de fachada se consignan a continuación: (véase la tabla 18).

Tabla 17 Valores de temperatura

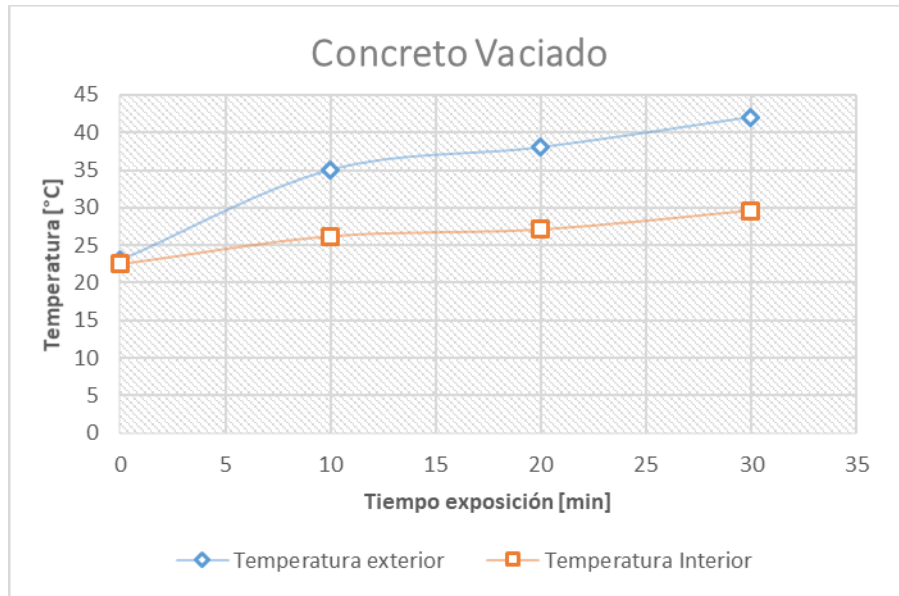
<b>CONCRETO VACIADO</b>				
Tiempo de exposición [min]	Temperatura [°C]		Absorción °C	% de reducción
	Exterior	Interior		
0	23	22,5	0,5	2,17
10	35	26,2	8,8	25,14
20	38	27,1	10,9	28,68
30	42	29,6	12,4	29,52
<b>FIBRA DE COCO</b>				
0	22,3	20,9	1,4	6,28
10	34,4	21,3	13,1	38,08
20	38	21,7	16,3	42,89
30	41,5	22,1	19,4	46,75
<b>FIBRA DE ARROZ</b>				
0	23,1	20	3,1	13,42
10	34,8	20,1	14,7	42,24
20	38,2	20,5	17,7	46,34
30	42,1	21,1	21	49,88

Nota: El tiempo cero (0) para temperatura, corresponden a la temperatura ambiente.

Fuente: autores

Considerando los datos anteriores, se graficaron las curvas de desempeño como material aislante de la temperatura de cada una de las fachadas.

Gráfica 1 Tiempo de exposición Vs Temperatura (concreto vaciado)

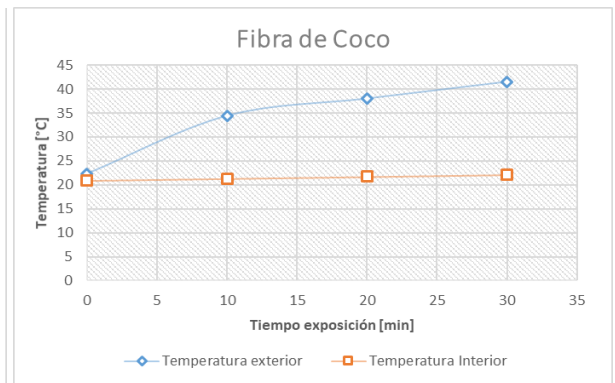
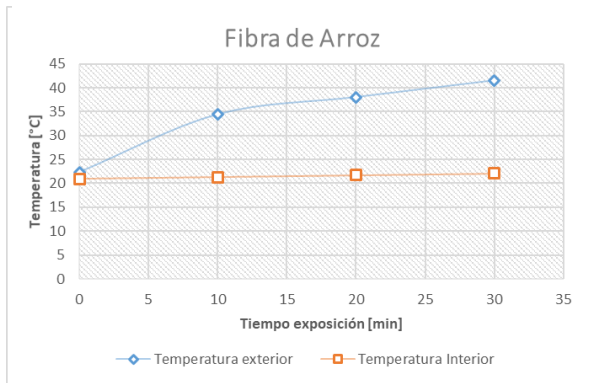


Fuente: autores

Se puede observar en la gráfica 1 el desempeño del prototipo de concreto vaciado ante el incremento paulatino de la temperatura en un rango comprendido de 23°C a 42 °C (véase la gráfica 1). Su porcentaje de reducción de la temperatura alcanzó en su punto más favorable 29,52%, absorbiendo aproximadamente 12 °C, como se evidencia en los datos consignados en la Tabla (véase la tabla 18).

Gráfica 2 Tiempos de exposición Vs temperatura (Arroz)

Gráfica 3 Tiempo de exposición Vs temperatura (coco)



Fuente: autores

De la misma manera, se dispusieron gráficamente los resultados del comportamiento de las fachadas acondicionadas con fibra de coco y fibra de arroz ante el factor de temperatura. En primer lugar, se obtuvo un porcentaje de reducción del 46,75 % en la fachada con base en fibra de coco, absorbiendo aproximadamente 19°C. Por su parte, la fachada elaborada con fibra de arroz absorbió aproximadamente 21 °C con un porcentaje de reducción máximo de

49,88 %. Estos porcentajes de absorción corresponden al tiempo máximo de exposición al calor, siendo éste de 30 minutos.

#### 4.6 MEDICIÓN RUIDO EN LOS PROTOTIPOS

En la siguiente tabla se consignaron los valores para la variable de ruido, junto con las características de reducción y absorción de cada uno de los materiales ensayados en el laboratorio. (Véase la tabla 19).

Tabla 18 Valores de ruido.

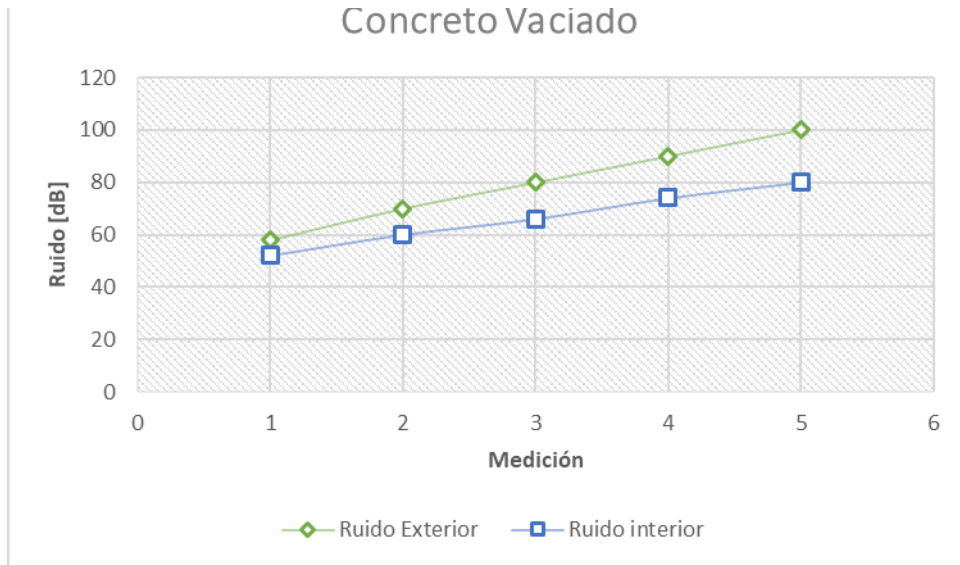
<b>CONCRETO VACIADO</b>				
Medición #	Ruido [dB]		Absorción [dB]	% de reducción
	Exterior	Interior		
1	58	52	6	10,34
2	70	60	10	14,29
3	80	66	14	17,50
4	90	74	16	17,78
5	100	80	20	20,00
<b>FIBRA DE COCO</b>				
1	56	42	14	25,00
2	70	54	16	22,86
3	80	60	20	25,00
4	90	62	28	31,11
5	100	70	30	30,00
<b>FIBRA DE ARROZ</b>				
1	52	40	12	23,08
2	70	56	14	20,00
3	80	62	18	22,50
4	90	66	24	26,67
5	100	71	29	29,00

Nota: La medición #1 (1), corresponden al ruido ambiente.

Fuente: autores

Teniendo en cuenta los datos anteriores se graficaron los datos por cada uno de los cinco registros versus el ruido, tanto interior como exterior de los prototipos.

Gráfica 3 Medición Vs Ruido (Concreto vaciado)

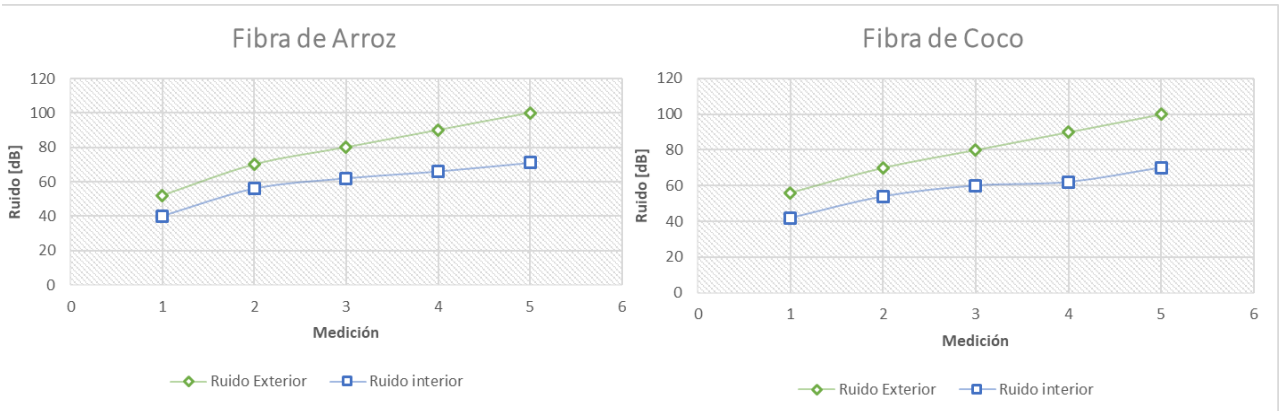


Fuente: autores

Se puede observar en la gráfica anterior que el concreto vaciado obtuvo una absorción máxima de 20 dB ante un ruido externo de 100 dB, reduciéndolo así en un 20 %, alcanzando los 80 dB al interior del prototipo. Por otro lado, al estar expuesto a 90 dB, se logró que en el interior del prototipo se redujera este ruido a 74 dB. (Véase la gráfica 4)

Gráfica 4 Medición Vs Ruido (Arroz)

Gráfica 5 Medición Vs Ruido (Coco)



Fuente: autores

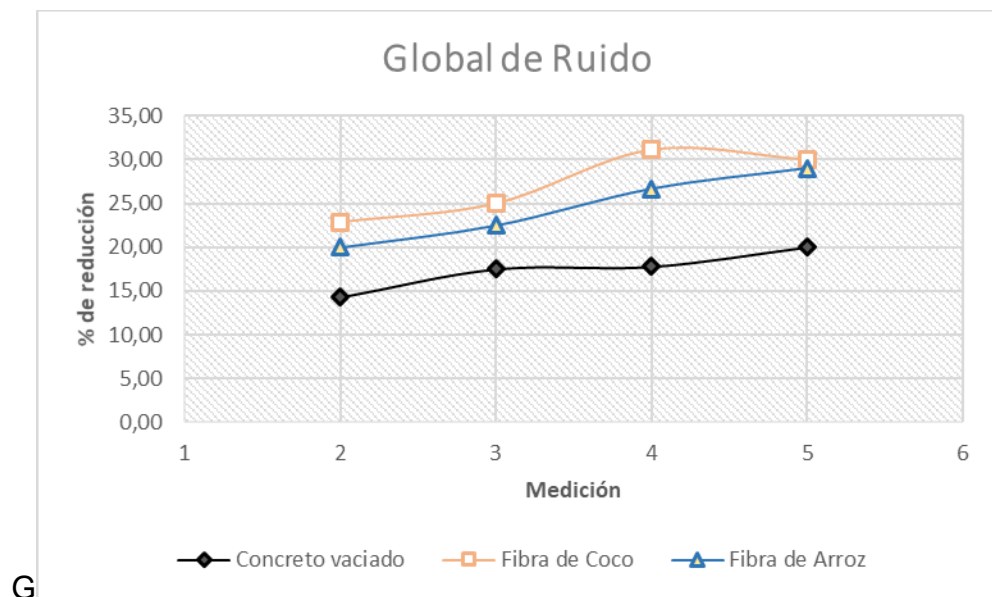
Sometiendo las fachadas con base en fibra de coco y de arroz a 100 dB, tuvieron una disminución de 30 y 29 % respectivamente, que corresponden a 70 y 71 dB en el interior. Por lo anterior, se presume que es una buena alternativa para insonorizar lugares en zonas comerciales, industriales y de alto tráfico, expuestas a un ruido ambiente mayor a los 70 dB, valores considerados contaminantes y

perjudiciales para el ser humano según la ley colombiana (Zona Comercial II=70 dB) y la OMS (Áreas comerciales, industriales y de tráfico=70 dB).

Por otro lado, al someter el prototipo con base en fibra de coco a 90 dB (valor contaminante más frecuente en Bogotá) se tuvo como resultado una reducción de ruido del 31,11% correspondiente a un ruido al interior del prototipo de 62 dB, valor permitido por la resolución colombiana en ambientes residenciales.

Finalmente, al exponerlos a un ruido de 80 dB, redujeron este ruido entre 60 y 62 dB, valores que están dentro de lo permitido y estipulado por la ley colombiana (Resolución 8321 DE 1983).

Gráfica 6 Global de ruido



G

Fuente: autores

La gráfica 7 expone el comportamiento de los tres sistemas de fachada ante el ruido para lograr una mejor visualización de los resultados.

## 5. CONCLUSIONES

Durante el proceso de investigación se lograron identificar dos fibras con excelente potencial para el desarrollo de la temática abordada, que hoy en día son consideradas por un gran número de industrias como desechos orgánicos; entre ellas se encuentran la fibra de coco, que en los últimos años en países como Brasil se ha convertido en un contaminante en las playas debido a su mala disposición.

En Colombia se tiene abundancia de cáscara de arroz, ya que el área cultivada de éste cereal para 2016 era de aproximadamente 525.957 ha, de las cuales 80 toneladas de cáscara son incineradas al año. De allí que, y según los datos obtenidos avalando el buen desempeño de la fibra de cáscara de arroz, sea una buena fuente de materia prima para el aislamiento termo acústico de las viviendas.

Se encontró que en Bogotá los niveles de contaminación auditiva superan, en algunas zonas residenciales e institucionales, los 90 dB, valor que equivale al tráfico pesado de una carretera, según la categorización de los niveles de ruido.

Al revisar los resultados obtenidos en los ensayos de capacidad de aislamiento acústico aplicados a cada prototipo, se puede concluir que el prototipo con base en fibras vegetales minimiza niveles de ruido contaminantes de 90 dB a niveles permitidos por la ley colombiana y la OMS para zonas residenciales, comerciales e institucionales. Por su parte, el prototipo de fachada en concreto vaciado no logró reducir el ruido exterior de 90 dB a un rango contemplado por la normativa vigente. La gráfica 7 Global de Ruido, deja de manifiesto, como es de esperar y según los antecedentes de investigación, la tendencia del buen aislamiento acústico de los prototipos acondicionados con fibras vegetales, especialmente la fibra de coco que mostró un comportamiento superior a su par en fibra de arroz, alcanzando hasta un 30% de reducción, y a su vez mejor que el prototipo en concreto vaciado.

Los experimentos a los que se sometieron los prototipos acondicionados con fibras vegetales mostraron un buen comportamiento a temperaturas que oscilan entre los 23 y 42 °C, manteniendo una temperatura promedio de 21 °C durante todas las variaciones a las que se expuso cada uno de los modelos, lo cual representa un ambiente de confort al interior de una vivienda por la baja conductividad térmica de los materiales vegetales manipulados, ya que no permiten variaciones térmicas bruscas como se evidencia en las gráficas 2 y 3.

La fibra de arroz alcanza a reducir cerca del 50 % de la temperatura exterior, lo que la convierte en un material con baja conductividad térmica, convirtiéndola en un material con proyección para el aislamiento térmico no contaminante, y a su vez una alternativa para el aprovechamiento del que para la industria arroceras es considerado un desecho orgánico.

Finalmente, es válido resaltar que se espera que el comportamiento de las fibras de coco y de arroz tengan un mejor desempeño al aumentar el espesor de los paneles, ya que se trabajó con paneles de apenas 1 cm de grosor.

## 6. RECOMENDACIONES

- Se recomienda en la construcción del prototipo de concreto vaciado preparar una sola mezcla para mantener la misma proporción y garantizar una mezcla homogénea en cada uno de los muros que compone el prototipo de la vivienda unifamiliar.
- Es importante realizar la aglomeración de las cáscaras de arroz y las fibras de coco en una superficie limpia, sin polvo ni grasa que puedan afectar el secado de las mismas. Además, se aconseja realizar este proceso en una sola etapa con el fin de evitar diferentes valores de densidades.
- Se recomienda construir los prototipos sobre una superficie capaz de soportar el peso de los mismos y así evitar el fracturamiento de los muros.
- Se aconseja que la aglomeración de las fibras tanto de coco, como de arroz, se realice en un tiempo cálido para no prolongar el tiempo de secado y evitar la aparición de humedad.
- Se recomienda calibrar las sondas de medición de temperatura con otros dispositivos de control, para obtener valores más exactos.



## BIBLIOGRAFÍA

*Biodegradable Fibrous Thermal*. **MANOHAR, Krishpersad , et al.** 1, Brasil : Sociedad brasileña de ciencias e ingeniería mecánica, 2006, Vol. XXVIII, pp. 45-47.

**HABITAR, ECO.** Aislamiento e impermeabilización convenientes. [En línea] 04 de Diciembre de 2011. [Citado el: 10 de Marzo de 2017.] <http://www.ecohabitar.org/aislamientos-e-impermeabilizacion-convenientes/>.

**ECOHOUSES.** ECOHOUSEES. *Conoce los aislantes ecológicos*. [En línea] 2014. [Citado el: 10 de Marzo de 2017.] <http://www.ecohouses.es/conoce-los-aislantes-ecologicos/>.

*Caracterización del subproducto cascarilla de arroz en búsqueda de posibles aplicaciones como materia prima de procesos*. **VARGAS, J, y otros.** 1, Guatemala : Universidad de San Carlos de Guatemala, 2013, Revista científica, instituto de investigaciones químicas y biológicas, Vol. XXIII, pág. Vol. 23 No 1.

**MONROY SUSUNAGA, Jorge.** *Construcción sostenible, una alternativa para la edificación de viviendas de interes social y prioritario*. Bogotá : Universidad Católica de Colombia, 2014.

*Lana Mineral Natural, una nueva generación*. **DE ARAUJO LIMA, Laerte.** 226, s.l. : Directivos Construcción, 2009.

*Reducción del Consumo Eléctrico y CO2 mediante*. **CALDERON, Roberto, y otros.** 2, Mexico : s.n., 2011, Información tecnológica, Vol. XXII, págs. 69-78.

**SENHORAS, Elój Martins.** *Estrategias de uma agenda para a cadeia agoindustrial do coco transformando a ameaca dos residuos em oportunidades eco-eficientes*. Campinas : Universidade Estadual de Campinas, 2003.

*Estudio de la variación en la conductividad térmica de la cascarilla de arroz aglomerada con fibras vegetales*. **CADENA, Giovanna Carolina y BULA SILVERA, Antonio José.** 12, Colombia : Ingeniería & Desarrollo. Universidad del Norte, 2002.

**AGUILAR, Jaider.** *Alternativas de aprovechamiento de la cascarilla de arroz en Colombia*. Sincelejo : Universidad de Sucre, 2009.

**Young, H. D., & Freedman, R. A.** *Física universitaria con física moderna*. México : SEARS • ZEMANSKY, 2009.

**Jacobo, G. J. Balanguero, C. N. & Alias, H. M.** *Estudio de materiales aislantes termoacústicos e higrotérmicos del mercado de la construcción del NEA y su utilización en el diseño tecnológico.* . Argentina : Universidad Nacional del Nordeste, 2006.

**(S.F.), ANDIMAT.** Asociación nacional de fabricantes de materiales aislantes. [En línea] [Citado el: 09 de Marzo de 2017.] <https://www.andimat.es/sobre-aislamiento/conceptos-basicos-del-aislamiento/aislamiento-termico-definiciones-ordenadas-alfabeticamente/>.

**SCHMITZ-GUNTHER, Thomas.** *Living Spaces: Ecological Building and Design* . Konemann : Konemann, 1999. 978-3895089251.

**<sup>1</sup>MEJIA SALINAS, John Alexander.** La politica ambiental y su institucionalidad en Colombia. [En línea] [Citado el: 12 de Abril de 2017.] [http://huespedes.cica.es/gimadus/20/07\\_john\\_alexander\\_salinas\\_mejia.html](http://huespedes.cica.es/gimadus/20/07_john_alexander_salinas_mejia.html).

**BRITO GARCIA, Andrea.** Arquitectura sustentable. [En línea] [Citado el: 16 de Abril de 2017.] <https://es.slideshare.net/andrea040712/ensayo-arquitectura-sustentable-54326098>.

**VIGNOLO, Catherine.** ¿Cómo es la construcción sostenible en Chile? [En línea] Veo Verde, 14 de Marzo de 2016. [Citado el: 15 de Abril de 2017.] <https://www.veoverde.com/2016/03/como-es-la-construccion-sustentable-en-chile-reportaje/>.

**CASA BIYUKA.** Techo Guadua y Cemento con Jabon REY! [En línea] 17 de Abril de 2012. [Citado el: 10 de Marzo de 2016.] [http://intermundos.org/casa\\_ecologica/?p=545](http://intermundos.org/casa_ecologica/?p=545).

**ARANDA USÓN, Alfonso y SCRPELLINIS, Sabina.** ECOHABITAR. *Impacto de los materiales de construcción, análisis de ciclo de vida.* [En línea] [Citado el: 10 de Marzo de 2017.] <http://www.ecohabitar.org/impacto-de-los-materiales-de-construccion-analisis-de-ciclo-de-vida/>.

**FORERO AHUMADA, Germán.** *Reforzamiento y rehabilitación de fachadas de mampostería, construidas en Bogotá D.C- Colombia, antes de la expedición del reglamento nsr-10.* Bogotá : s.n., 2015

*Panels Manufactured from Vegetable Fibers: An Alternative Approach for Controlling Noises in Indoor Environments.* **BASTOS, Leopoldo Pacheco, DA SILVA VIERIA DE MELO, Gustavo y SURE SOEIRO, Newton.** Brasil : Hindawi Publishing Corporation, 2012, Vol. 2012.

**VELAZQUEZ RODRÍGUEZ, María.** *Materiales asilantes sostenibles.* Cacéres España : Universidad de Extremadura, 2015.

**MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL.** Decreto 20260 Por el cual se establece normas mínimas para vivienda de interés social urbana. [En línea] 24 de Junio de 2004. [Citado el: 25 de Septiembre de 2017.] <http://www.minvivienda.gov.co/Decretos%20Vivienda/2060%20-%202004.pdf>.

**PARDO CAMERO, Jorge Andrés.** *Estudio de prefactibilidad de un proyecto para la prestación de servicios de acabados para vivienda de interés social en Bogotá D.C.* Bogotá D.C. : Pontificia Universidad Javeriana, 2004.

**DANE.** 4º Censo Nacional Arrocerero 2016. [En línea] 2016. [Citado el: 12 de Agosto de 2017.] <http://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/agropecuario/censo-nacional-arrocerero>.

**TREJO SOLÍS, José Alfredo.** *Desarrollo y comparación de los principales componentes nutricionales de leches vegetales.* Buenavista, México : Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, 2015.

**QUINTANA JIMÉNEZ, César.** Cadena Nacional del coco de Colombia acuerdo de competitividad 2.013. [En línea] Diciembre de 2013. [Citado el: 2 de Septiembre de 2017.] <https://sioc.minagricultura.gov.co/Coco/Documentos/004%20-%20Documentos%20Competitividad%20Cadena/004%20-%20D.C.%20-%202013%20Acuerdo%20de%20Competitividad%20Coco.pdf>.

**Escuela Colombiana de ingeniería Julio Garavito.** *Niveles de ruido (protocolo).* Bogotá D.C. : Laboratorio de producción, 2017.

**dba TECNOLOGÍA ACÚSTICA.** Tabla comparativa de decibelios. [En línea] 14 de Octubre de 2014. [Citado el: 24 de Septiembre de 2017.] <http://www.dba-acustica.com/blog/tabla-comparativa-de-decibelios/>.

**CORTES IBARRA, María y SÁNCHEZ, Rigoberto.** Academia de bioinstrumentación. [En línea] [Citado el: 25 de Septiembre de 2017.] <http://www.biblioteca.upibi.ipn.mx/Archivos/Material%20Didactico/Apuntes%20para%20la%20asignatura%20de%20instrumentaci%C3%B3n%20y%20control/cap2.pdf>.

**OMS.** Contaminación auditiva. [En línea] 2012. [Citado el: 13 de Agosto de 2017.] <http://www.who.int/gho/es/>.

**Ministerio de salud y protección social.** Ruido excesivo en entornos, una de las principales causas para pérdida auditiva. Boletín de Prensa No 050 de 2015, 2015, 050.

**Secretaria distrital del ambiente.** Información general sobre la problemática de ruido. [En línea] [Citado el: 2 de Septiembre de 2017.] <http://ambientebogota.gov.co/ruido>.

**MINISTERIO DE SALUD.** RESOLUCION 8321 DE 1983. [En línea] [Citado el: 3 de Septiembre de 2017.] [http://biblioteca.saludcapital.gov.co/img\\_upload/03d591f205ab80e521292987c313699c/resolucion-8321-de-1983.pdf](http://biblioteca.saludcapital.gov.co/img_upload/03d591f205ab80e521292987c313699c/resolucion-8321-de-1983.pdf).

**Andalucía, Observatorio de salud y medio ambiente de.** Ruido y salud. [En línea] [Citado el: 10 de Septiembre de 2017.] [https://www.diba.cat/c/document\\_library/get\\_file?uuid=72b1d2fd-c5e5-4751-b071-8822dfdfdded&groupId=7294824](https://www.diba.cat/c/document_library/get_file?uuid=72b1d2fd-c5e5-4751-b071-8822dfdfdded&groupId=7294824).

**Industry, Direct.** Tenmars, Sonómetro Clase 2. [En línea] [Citado el: 30 de Septiembre de 2017.] <http://www.directindustry.es/prod/tenmarstenmars-electronics/product-31769-581082.html>.

**play, Google.** Sound Analyzer App. [En línea] 2017. [Citado el: 9 de Septiembre de 2017.] <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.dom.audioanalyzer&hl=es>.

**Mobile-CASSY.** Leybold Didactic. [En línea] [Citado el: 07 de noviembre de 2017.] <http://www.kappenberg.com/pages/wandler/gat087c.htm>.