



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**“PANELES TERMOACÚSTICOS SOSTENIBLES DE TOTORA  
COMO MÓDULOS DE CIELO FALSO PARA VIVIENDAS  
RURALES EN LA CIUDAD DE PUNO”**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**Bach. RAFAEL ARNOLD CRUZ MARON**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO CIVIL**

**PUNO – PERÚ**

**2022**



## DEDICATORIA

*Dedico el presente trabajo de investigación a mis padres, sobre todo a mi madre Blanca Maron quien, con su apoyo incondicional, esfuerzo y sacrificio durante todos estos años supo guiarme y forjarme en mi carrera profesional para cumplir mis objetivos y metas.*

*De forma muy especial me la dedico a mí mismo debido a que este proyecto representa en mi vida profesional la perseverancia constancia y determinación para poder cumplir con lo que me propongo.*

***Rafael Arnold Cruz Maron***



## AGRADECIMIENTO

*A Dios por brindarme salud, fuerza y voluntad para culminar con una de mis objetivos profesionales.*

*A mis padres Maximo Cruz Y Blanca Maron sor su constante motivación y apoyo para realizar cada una de mis objetivos.*

*Al compañero de trabajo Ing. Ricardo Aroni que hizo posible con sus ánimos y apoyo la culminación del proyecto.*

*A los amigos y familiares que estuvieron ahí para apoyarme Gladys, Cesar, Aníbal, William Ebelin y Luis.*

*A la Universidad Nacional del Altiplano, que me formo como profesional, docentes de la Escuela profesional de Ingeniería Civil, quienes formaron profesionalmente, principalmente al director de mi tesis Dr. Samuel Huaquisto Cáceres, quien con sus conocimientos consejos y asesoramientos se pudo culminar el presente proyecto.*

**Rafael Arnold Cruz Maron**



# ÍNDICE GENERAL

Pág.

**DEDICATORIA**

**AGRADECIMIENTO**

**ÍNDICE GENERAL**

**ÍNDICE DE FIGURAS**

**ÍNDICE DE TABLAS**

**LISTA DE ACRONIMOS**

**RESUMEN ..... 14**

**ABSTRACT..... 15**

## **CAPITULO I**

### **INTRODUCCIÓN**

**1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... 16**

**1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA ..... 17**

1.2.1 Problemas Específicos ..... 18

**1.3 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN ..... 18**

**1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN..... 19**

1.4.1 Objetivo General..... 19

1.4.2 Objetivos Específicos ..... 19

**1.5 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN ..... 20**

1.5.1 Hipótesis General..... 20

1.5.2 Hipótesis Especificas ..... 20

## **CAPITULO II**

### **REVISIÓN DE LITERATURA**

**2.1 MARCO TEÓRICO ..... 21**

2.1.1 Antecedentes de la Investigación..... 21

**2.2 MARCO CONCEPTUAL ..... 25**



2.2.1 Titora.....	25
2.2.2 Yeso .....	36
2.2.3 Panel Termoacústico.....	39
2.2.4 Cielo Falso .....	43
2.2.5 Construcción Sostenible .....	54
2.2.6 Vivienda.....	60

### **CAPITULO III**

#### **MATERIALES Y MÉTODOS**

<b>3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>72</b>
3.1.2 Diseño de la Investigación.....	72
3.1.3 Método de la Investigación.....	72
3.1.4 Enfoque de la Investigación.....	72
3.1.5 Población .....	72
3.1.6 Muestreo .....	73
3.1.7 Instrumento metodológico .....	73
3.1.8 Herramientas para el procesamiento de datos.....	74
<b>3.2 PROCEDIMIENTO.....</b>	<b>74</b>
3.2.1 Proceso de preparación de muestras del Aislante Termoacústico .....	75
3.2.2 Ensayos en Laboratorio (Propiedades Físicas) .....	78
3.2.3 Ensayo de Laboratorio ante agentes externos (Comportamiento del termoacústico e impacto) .....	86

### **CAPITULO IV**

#### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

<b>4.1 ENSAYOS DE CARACTERIZACIÓN FÍSICA .....</b>	<b>95</b>
4.1.1 Ensayo de Contenido de Humedad.....	95
4.1.2 Ensayo de Densidad Relativa .....	96
4.1.3 Ensayo de Absorción .....	97



4.1.4 Ensayo de Durabilidad a los hongos.....	98
<b>4.2 ENSAYOS ANTE AGENTES EXTERNOS.....</b>	<b>101</b>
4.2.1 Ensayo de Aislamiento Acústico .....	101
4.2.2 Ensayo de Aislamiento Térmico.....	107
4.2.3 Ensayo de Resistencia al Fuego.....	109
4.2.3.1 Paneles de totora .....	110
4.2.3.2 Paneles de totora revestidas con yeso .....	115
4.2.4 Ensayo de Resistencia al impacto del cuerpo duro.....	123
<b>4.3 COMPARACION DE COSTOS.....</b>	<b>125</b>
4.3.1 Análisis de Costos.....	125
4.3.2 Colocación e instalación de los paneles.....	127
4.3.3 Ventajas y desventajas de los paneles.....	128
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>130</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>132</b>
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>133</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>138</b>

**TEMA: Paneles termoacústicos sostenibles**

**ÁREA: Construcciones.**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Construcciones y Gerencia.**

**FECHA DE SUSTENTACIÓN: 30 DE SETIEMBRE DE 2022**



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	Registro de quema de totorales - 2017 .....	29
<b>Figura 2</b>	Registro de quema de totorales – 2018.....	30
<b>Figura 3</b>	Registro de quema de totorales 2019 trimestrales.....	31
<b>Figura 4</b>	Registro comparativo de quema de totorales (2015- 2019).....	32
<b>Figura 5</b>	Registro de quema de totorales – 2019.....	33
<b>Figura 6</b>	Registro comparativo de quema de totorales 2017 - 2020 .....	34
<b>Figura 7</b>	Registro de quema de totorales - 2020 .....	35
<b>Figura 8</b>	Cielo raso de fibra de vidrio .....	48
<b>Figura 9</b>	Cielo raso de PVC .....	49
<b>Figura 10</b>	Cielo Raso Metálico .....	50
<b>Figura 11</b>	Cielo raso Drywall.....	51
<b>Figura 12</b>	Cielo raso de Madera.....	52
<b>Figura 13</b>	Cielo raso de Escayola.....	53
<b>Figura 14</b>	Mapa del Sector Ocho .....	66
<b>Figura 15</b>	Mapa del sector nueve .....	67
<b>Figura 16</b>	Mapa del sector diez.....	68
<b>Figura 17</b>	Techo de totora (Vivienda de adobe Chimú).....	69
<b>Figura 18</b>	Vivienda de dos pisos (Uros Chulluni) .....	69
<b>Figura 19</b>	Construcciones de concreto Jr lampa .....	70
<b>Figura 20</b>	Construccion republicana de adobe.....	71
<b>Figura 21</b>	Mapa de material predominante .....	71
<b>Figura 22</b>	Orillas del Lago – Centro Poblado Chimú .....	74
<b>Figura 23</b>	Materiales utilizados para el panel de totora hilos acero inoxidable de 4mm y hoz .....	75



<b>Figura 24</b>	Tejido de la totora reforzada con varillas de acero.....	76
<b>Figura 25</b>	Tejido de panel termo acústico 61x61cmx1cm Hicalina de totora .....	76
<b>Figura 26</b>	Tejido de panel termo acústico 4 hiladas con 61x61cmx2.0cm de totora.	77
<b>Figura 27</b>	Tejido de panel termo acústico 2 hiladas (Kesana) de 31x31cmx2cm de totora.....	77
<b>Figura 28</b>	Muestras tomadas y procedimientos del ensayo de densidad relativa.....	80
<b>Figura 29</b>	Pesaje de los paneles de totora secos y saturadas superficialmente seca ..	81
<b>Figura 30</b>	Hongos cultivados Rhizopus stolonifer.....	84
<b>Figura 31</b>	Evaluación de los paneles expuestas al ataque de los hongos de totora, realizando un corte transversal. ....	85
<b>Figura 32</b>	Medición de la prueba térmica .....	89
<b>Figura 33</b>	Medidas de la prueba acústica.....	90
<b>Figura 34</b>	Medición del ensayo de resistencia al fuego a los paneles.....	92
<b>Figura 35</b>	Parámetros según EOTA TR 001 de ensayo de resistencia al impacto.....	93
<b>Figura 36</b>	Esquema y medición del ensayo de resistencia al impacto duro.....	94
<b>Figura 37</b>	Tiempo de duración de las caras del panel totora espesor 2.5cm tipo Kesana. ....	110
<b>Figura 38</b>	Tiempo de duración de las caras del panel totora espesor 2.0cm tipo Kesana. ....	111
<b>Figura 39</b>	Tiempo de duración de las caras del panel totora espesor 2.0 cm tipo Hilada. ....	112
<b>Figura 40</b>	Tiempo de duración de las caras del panel totora espesor 1.5cm tipo Hilada. ....	113
<b>Figura 41</b>	Tiempo de duración de las caras del panel totora espesor 1.0cm tipo Hicalina.....	114





<b>Figura 42</b>	Tiempo de duración de las caras del panel totora espesor 2.5cm tipo Kesana y 0.5cm de yeso en una cara. ....	116
<b>Figura 43</b>	Tiempo de duración de las caras del panel totora espesor 2.0cm tipo Kesana y 0.5cm de yeso en una cara. ....	117
<b>Figura 44</b>	Tiempo de duración de las caras del panel totora espesor 2.0cm tipo Hilada y 0.5cm de yeso en una cara. ....	119
<b>Figura 45</b>	Tiempo de duración de las caras del panel totora espesor 1.5cm tipo Hilada con revestimiento de yeso de 0.5cm en una cara. ....	121
<b>Figura 46</b>	Tiempo de duración de las caras del panel totora espesor 1.0cm tipo Hicalina y 1.0cm de yeso,0.5cm en cada cara. ....	123
<b>Figura 47</b>	Comparación de paneles instalados en los cielo falsos .....	127
<b>Figura 48</b>	Detalle de sistema de instalación para los paneles .....	128



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b>	Conductividad Térmica de materiales de construcción .....	42
<b>Tabla 2</b>	Perú: Viviendas particulares, según área de residencia y tipo de Vivienda 2007 y 2017.....	62
<b>Tabla 3</b>	Viviendas particulares, por área urbana y rural, tipo y distrito.....	63
<b>Tabla 4</b>	Viviendas urbanas y rurales ciudad de Puno .....	64
<b>Tabla 5</b>	Viviendas Rurales Ciudad de Puno.....	65
<b>Tabla 6</b>	Resultados de la prueba de Contenido de Humedad de los paneles de Totora. .....	95
<b>Tabla 7</b>	Resultados del ensayo del ensayo de Densidad Relativa a los paneles de totora. ....	96
<b>Tabla 8</b>	Resumen del ensayo de densidad relativa.....	97
<b>Tabla 9</b>	Resultados del ensayo del ensayo de Absorción a los paneles de totora. ....	98
<b>Tabla 10</b>	Datos de los paneles de totora ensayados a la durabilidad a los hongos ....	98
<b>Tabla 11</b>	Resultados de los paneles de totora ensayados a los hongos .....	99
<b>Tabla 12</b>	Parametros de la prueba de durabilidad a los hongos .....	100
<b>Tabla 13</b>	Resultado De Durabilidad Del Panel De Totora A Los Hongos .....	100
<b>Tabla 14</b>	Datos obtenidos en decibeles al panel de totora .....	101
<b>Tabla 15</b>	Datos obtenidos en decibeles al panel de totora revestida con yeso.....	102
<b>Tabla 16</b>	Calculo del STC en dB (A) del panel de totora .....	103
<b>Tabla 17</b>	Calculo del STC en dB (A) del panel de totora revestida con yeso.....	103
<b>Tabla 18</b>	Calculo del (NRC) en % del panel de totora.....	104
<b>Tabla 19</b>	Calculo del (NRC) en % del panel de totora con revestimiento de yeso...	105
<b>Tabla 20</b>	Resumen de Coeficientes de Aislamiento acústico Reducción de Sonido (NRC) Panel de totora con revestimiento de yeso .....	106



<b>Tabla 21</b>	Resultados del coeficiente de conductividad térmica realizada a los diferentes paneles.....	108
<b>Tabla 22</b>	Resultados de conductividad térmica de los paneles por tipo y espesor en(W/m°K).....	109
<b>Tabla 23</b>	Resistencia al fuego del panel de totora espesor 2.5cm tipo Kesana. ....	110
<b>Tabla 24</b>	Resistencia al fuego del panel de totora espesor 2.0cm tipo Kesana. ....	111
<b>Tabla 25</b>	Resistencia al fuego del panel de totora espesor 2.0cm tipo Hilada. ....	112
<b>Tabla 26</b>	Resistencia al fuego del panel de totora espesor 1.5cm tipo Hilada. ....	113
<b>Tabla 27</b>	Resistencia al fuego del panel de totora espesor 1.0cm tipo Hicalina. ....	114
<b>Tabla 28</b>	Resistencia al fuego del panel de totora espesor 2.5cm tipo Kesana y yeso 0.5cm.....	115
<b>Tabla 29</b>	Resistencia al fuego del panel de totora espesor 2.0cm tipo Kesana y 0.5cm yeso .....	116
<b>Tabla 30</b>	Resistencia al fuego del panel de totora espesor 2.0cm tipo Hilada y 0.5cm de yeso .....	118
<b>Tabla 31</b>	Resistencia al fuego del panel de totora espesor 1.5cm tipo Hilada y 0.5cm de yeso .....	120
<b>Tabla 32</b>	Resistencia al fuego del panel de totora espesor 1.0cm tipo Hicalina y 1.0cm de yeso ambas caras .....	122
<b>Tabla 33</b>	Resultados del impacto duro según el criterio Seguro en su uso. ....	124
<b>Tabla 34</b>	Resultados del impacto duro según el criterio Funcionalidad. ....	125
<b>Tabla 35</b>	Costo unitario por metro cuadrado y unidad del panel de totora con revestimiento de yeso.....	126
<b>Tabla 36</b>	Comparativo de precios con los paneles más utilizados en cielo raso en el mercado.....	126



## LISTA DE ACRONIMOS

PELT	: Proyecto Especial Binacional Lago Titicaca
RNT	: Reserva Nacional del Titicaca
SERNANP	: Servicio Nacional de Areas Naturales Protegidas por el estado
°C	: Grados Celsius
°K	: Grados Kelvin
W	: Vatios
m	: Metro Lineal
$\lambda$	: <b>Conductividad Termica</b>
NCH	: Norma Chilena
RAE	: Real Academia Española
Hz	: Hertz
NRC	: Coeficiente de Reducción de Sonido
STC	: Coeficiente de Transmisión de Sonido
STL	: Perdida de Transmisión de Sonido
ROI	: Retorno de Inversión
%	: Porcentaje
LEED	: Líder en Eficiencia Energética y Diseño sostenible
MVCS	: Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento
INEI	: Instituto Nacional de Estadística e Informática
MPP	: Municipalidad Provincial de Puno
ASTM	: American Society of Testing Materials.
NTP	: Norma Técnica Peruana
UNE	: Una Norma Españolas
NTC	: Norma técnica colombiana



EOTA : European Organisation for Technical Assessment

MDF : Tablero de fibra de densidad media

PDU : Plan de Desarrollo Urbano



## RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo proponer una nueva alternativa de panel termoacústicos sostenible a base de totora como módulo de cielo falsos en viviendas rurales de la ciudad de Puno, aprovechando el recurso natural de la totora de la zona de Puno (Chimu), de esta forma mitigar la contaminación del medio ambiente que se genera por la quema de totorales, permitiendo así que las viviendas rurales tengan una nueva propuesta de cielo falso; para alcanzar nuestro objetivo se realizaron ensayos al panel de totora de secciones 31x31cm, 46x46cm y 61x61cm, (densidad, absorción, durabilidad a los hongos y contenido de Humedad) tomando 6 muestras en cada ensayo por cada tipo de panel de totora con espesores de 1.0cm,1.5cm,2.cm,2.5cm y diferente tipo de tejido; para estos paneles se utilizó 3 tipos de tejidos Kesana, Hiladas e Hicalina, se realizó a estos los ensayos de termoacustico y resistencia al fuego tanto como paneles simples y revestidos con yeso (con 0.5cm y 1.0cm);a los revestidos con yeso se realizó la prueba al impacto duro ,ensayando 3 muestras por cada uno de los 5 tipos de paneles simples y revestidos, realizando la prueba T para la comparación de medidas y evaluar el panel que tiene una mejor condición como módulo de cielo falso; finalmente se obtuvo que el panel que tiene mejor comportamiento con las pruebas termoacústicas fue el de Hilada de 2.0cm revestida con yeso 0.50cm con conductividad térmica de 0.053 W/m°K y un coeficiente de reducción de sonido de NRC de 0.49.

**Palabras Clave:** Cielo Falso, Rural, Totora, Termoacústico, Sostenible.



## ABSTRACT

The objective of this research is to propose a new alternative for a sustainable thermoacoustic panel based on totora as a false ceiling module in rural homes in the Puno city, taking advantage of the natural resource of the totora in Puno area (Chimu). way to mitigate the pollution of the environment that is generated by the burning of cattails, thus allowing rural homes to have a new proposal for a false sky. To achieve our objective, tests were carried out on the reed panel of 31x31cm, 46x46cm, and 61x61cm sections (density, absorption, durability to fungi, and moisture content), taking 6 samples in each test for each type of reed panel with thicknesses of 1.0 cm, 1.5cm, 2.0cm, 2.5cm and different types of fabric. For these panels, 3 types of Kesana, Hiladas, and Hicalina fabrics were produced, carrying out these thermoacoustic and fire resistance tests as well as simple panels and those covered with plaster (with 0.5cm and 1.0cm); the test was carried out on those covered with plaster. to hard impact, testing 3 samples for each of the 5 types of simple and coated panels, performing the T test to compare measurements and evaluate the panel that has a better condition as a false ceiling module. Finally, it was obtained that the panel that had the best behavior with the thermoacoustic tests was the 2.0cm Hilada panel covered with 0.50cm plaster with thermal conductivity of 0.053 W/m°K and a sound reduction coefficient of NRC of 0.49.

**Palabras Clave:** Totora, Thermoacoustic, Sustainable, False Ceiling, Rural



# CAPITULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad, en muchos países quemar residuos agrícolas tallos, pastos, hojas y cáscaras entre otros continúa siendo la manera más económica y fácil de deshacerse o reducir el volumen de materiales combustibles producto de las actividades agrícolas. Se estima que la quema de biomasa produce el 40% de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) 32% del monóxido de carbono (CO) 20% de la materia particulada o partículas de materia suspendidas (PM) y 50% de los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) emitidos al ambiente a escala mundial (Kambis & Levine, 1996).

Las quemas de residuos agrícolas son muy utilizadas a pesar de que no se trata de un manejo ambientalmente aceptable. Además, desde el punto de vista de la salud pública, resultan preocupantes por una serie de razones:

- El humo de las quemas agrícolas se libera a nivel o muy cerca del suelo en áreas generalmente pobladas, lo que conlleva una exposición a los contaminantes directa y elevada de la población aledaña.
- Estas quemas se realizan generalmente por etapas, en temporadas específicas del año, y pueden dar lugar a concentraciones muy elevadas de contaminantes.
- Son fuentes no puntuales de contaminantes atmosféricos y se realizan en áreas muy extensas, por lo que resulta difícil medir y regular este tipo de emisiones.

Viendo que de esta forma todas las quemas agrícolas generan contaminación al medio ambiente y una contaminación directa a la población cercana (Lemieux, et al, 2004)





En la Amazonía las tierras quemadas ascienden a cerca de 150 000 hectáreas cada año, y para establecer los cultivos se queman los bosques primarios y secundarios. En los Andes se queman cada año miles de hectáreas de pasturas naturales para renovar los pastos, sin embargo, no existen estadísticas al respecto. La quema de bosques y de vegetación es responsable del 47% de las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera. (Presidencia y Consejo de Ministros, 2008)

Las quemadas de totorales en la Reserva Nacional del Titicaca sector Puno se han suscitado primordialmente en las inmediaciones del canal Huili, en los Uros, Capujra, Huerta Huaraya, Collana y Yanico; así también en Llachón, Yapura, Capano y Yasín. Se tuvieron 400 a 600 ha de totorales quemados que durante el 2007 y 2008, y en el 2009 alrededor de unas 150 ha (Gutierrez & Arivilca, 2009); no obstante, según la población y personal del guarda parque de la Reserva Nacional del Titicaca, en el 2010 se observaron mayor cantidad de quemadas en relación a los anteriores, y en los años 2013 y 2014 las quemadas fueron mínimas, ocurriendo en áreas focalizadas pequeñas (RNT, 2015). Teniendo de esta forma el desaprovechamiento de la totora recurso natural de la ciudad de Puno que cuenta con buenas propiedades térmicas según (Aza, 2016), el cual lo podemos revalorar mediante elementos de construcción como paneles de totora como módulos de cielo falso y tener de esta forma elementos de construcción sostenibles a base del recurso natural de la totora.

## **1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿De qué manera se puede proponer una nueva alternativa de elementos de construcción de totora y de esta forma reducir la contaminación que genera la quema de totorales en la ciudad de Puno?



### 1.2.1 Problemas Específicos

- ¿En qué medida el panel termoacústico de totora tiene las propiedades optimas de densidad absorción, durabilidad a los hongos y contenido de humedad para su empleo como material de construcción?
- ¿Cuál es el comportamiento del panel termoacústico de totora ante agentes externos como aislamiento térmico, aislamiento acústico, conductividad térmica y resistencia al fuego, para su empleo en módulos de cielo falso?
- ¿En qué medida el panel termoacústico de totora frente a otros revestimientos en los cielos falsos convencionales en la ciudad de Puno es económico?

### 1.3 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

El motivo de llevar a cabo este proyecto investigación surge primordialmente de mitigar el problema de la contaminación del medio ambiente ocasionado por la quema de totorales a orillas del lago en la ciudad de Puno, esta investigación experimental busca proponer una nueva alternativa en el uso de paneles termoacústicos a base de totora con las mejoras necesarias, las cuales darán un acabado en los falsos cielo falsos, de esta manera revaloramos el recurso natural de la totora en vez de estar desperdiciándolo en las quemadas de totorales, teniendo en cuenta que es un recurso amigable con el medio ambiente, accesible, ecológico y económico; proponiendo así una nueva alternativa de panel termoacústico sostenible a base de totora como módulos en cielos falsos en viviendas rurales de la ciudad de Puno.

- **Justificación técnica:** El reaprovechamiento de la totora a modo de aislamiento termoacústico pretende una nueva alternativa en la construcción, que posibilita revalorar las propiedades térmicas ancestrales, destacando así este recurso natural y su importancia para el desarrollo de la construcción sostenible en la Ciudad de Puno.



- **Justificación social:** La aplicación de este nuevo elemento de construcción (panel termoacústico de totora generara confort térmico y acústico en las viviendas urbanas, donde a la vez generara trabajo a la zona donde utilizan este recurso natural (Chimu –Uros Chulluni) generando empleabilidad en la fabricación de este nuevo elemento.
- **Justificación ambiental:** Con la elaboración del panel termoacústico sostenible de totora aportamos evitando la contaminación del medio ambiente por la quema de totorales reaprovechando dicho recurso para incursionarnos en una construcción sostenible en la ciudad de Puno.

## 1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

### 1.4.1 Objetivo General

Proponer una nueva alternativa de panel termoacústico sostenible de totora como módulos de cielo falso para viviendas rurales en la ciudad de Puno.

### 1.4.2 Objetivos Específicos

- Determinar las propiedades de densidad relativa, absorción, durabilidad a los hongos y contenido de humedad, del panel termoacústico sostenible de totora para su uso como material de construcción.
- Evaluar el comportamiento del panel termoacústico sostenible de totora ante agentes externos como aislamiento térmico, aislamiento acústico, conductividad térmica y resistencia al fuego, como módulos en cielo falso.
- Comparar los costos del panel termoacústico sostenible de totora con otros materiales existentes en los revestimientos de cielos falsos de viviendas rurales de la Ciudad de Puno.



## **1.5 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.5.1 Hipótesis General**

El panel termoacústico sostenible principalmente de totora tendrá una buena capacidad como aislante acústico y térmico para módulos de cielo falso para viviendas rurales en la ciudad de Puno.

### **1.5.2 Hipótesis Específicas**

- Las propiedades físicas de la totora son óptimas para usarlo como componente principal del panel termoacústico sostenible.
- El panel termoacústico a base de totora presenta comportamientos óptimos ante agentes externos tales como resistencia al fuego conductividad térmica, aislamiento acústico y aislamiento térmico.
- El panel termoacústico sostenible de totora comparado con otros materiales existentes en viviendas rurales de la ciudad de Puno es económico en los revestimientos de cielos falsos.



## CAPITULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1 MARCO TEÓRICO

##### 2.1.1 Antecedentes de la Investigación

Hidalgo (2007) en su investigación de tesis de pregrado “Aprovechamiento de la Totora como Material de Construcción”, realizada en Cuenca, Ecuador, comprobó la factibilidad de la utilización de la totora para la construcción, mediante la elaboración de elementos constructivos de muestra. El investigador tomo como muestra los paneles de totora para cubiertas, exteriores e interiores, utilizando la variedad de aplicaciones de la totora en objetos, embarcaciones y arquitectura; obteniendo que los paneles sólidos, contruidos con totora, tienen propiedades de aislamiento acústico y térmico, muy buenas, debido a que la estructura interna de la totora, se compone por una gran cantidad de cámaras de aire, lo que la hace un material muy liviano y con una gran capacidad aislante. Se concluye que la totora es un material aún por explotar y en nuestro país existe un gran potencial para su producción. La totora, como hemos visto, puede ser cultivada en la mayoría de zonas climáticas; existen comunidades que dominan el trabajo con este material; su tiempo de renovación es muy corto, etc., por lo que las nuevas opciones de aplicación, que se proponen en esta investigación, son totalmente factibles de desarrollar en nuestro medio, con nuestros productos, nuestros técnicos y artesanos.

Eduardo y Zegarra (2015) en su investigación desarrollada en la ciudad de Puno, propuso un tabique ecológico revestida de yeso y mortero con patrones biológicos en la construcción. Los investigadores tomaron como muestra la ciudad de Puno en donde realizaron ensayos de Laboratorio ante agentes externos (Resistencia al fuego, Aislamiento acústico, Conductividad Térmica, Resistencia al Impacto) a la tabiquería de totora, así también determinaron las propiedades físicas de la totora, y se obtuvo que la



tabiquería de totora con revestimiento de yeso de 1.0 cm y 1.5 cm de espesor cumple con todos los requerimientos de las normativas de una tabiquería, se concluye que la totora seca presenta propiedades (densidad, contenido de humedad y porosidad) adecuadas para utilizarla como elemento principal en la ejecución de la tabiquería ecológica propuesta, además no requiere de ningún producto químico contaminante para la producción de la tabiquería, ni proceso constructivo que perjudique el medio ambiente.

Velasco et al., (2015) en su artículo de investigación Evaluación de paneles aislantes fabricados en fibras de totora (*Typha Latifolia*, realizada en el laboratorio de Energías renovables de la Escuela Politécnica del Ejército propusieron evaluar la capacidad aislante de paneles elaborados a base de la *Typha Latifolia* en diferentes formas, teniendo como muestras para los ensayos cinco tamaños de partículas de totora: 30,0, 10,0, 3,0, 1,0 y 0,5 cm, utilizando dichas secciones de totora para conformar muestras de 30,0 x 30,0 x 4,0 cm mediante una prensa diseñada y fabricada, capaz de ejercer presión sobre las muestras para facilitar la adhesión con aglutinante de Acrilato de Polivinilo; obteniendo que la totora con masa con una densidad de 106.86 Kg/m<sup>3</sup> evidencia para una diferencia de temperatura de 12°C, y una conductividad térmica de la totora en masa en secciones de 1.0 cm de largo que se estabiliza en torno a los 240 minutos de ensayo de valor de 0.032 W/ m<sup>2</sup>°C, se concluye que la totora presenta un potencial aislante, comparable comparado con los aislantes térmicos industrializados y comercializados, presentándose como una alternativa altamente sostenible de aislamiento térmico de bajo coste capaz de mejorar en gran medida la eficiencia energética de áreas cercanas a su crecimiento o cultivo.

Aza (2016) en su proyecto de Investigación de Tesis de “Master La totora como material de Aislamiento Térmico: Propiedades y Potencialidades”, realizada En la ciudad de Puno Perú analizo las propiedades físicas de la Totora (*Schoenoplectus tatora*) y lograr



el desarrollo de un aislante térmico vegetal, de esta manera impulsar su uso en la construcción. Considerando que es un material desvalorado. El investigador tomo como muestra alrededor de doscientas mil personas que habitan sobre los tres mil quinientos metros sobre el nivel del mar en el sur alto andino del Perú los que son afectadas cada año por fenómenos climáticos heladas, nevadas y granizadas estos eventos combinados con sequías durante los meses de junio a agosto; se utilizó La totora y diversos aglutinantes, los cuales fueron sometidas a ensayos de laboratorio (conductividad térmica, permeabilidad al vapor de agua, permeabilidad al aire, resistencia a flexión y comportamiento al fuego), y se obtuvo que la totora como aislamiento térmico vegetal presenta los siguientes valores de conductividad térmica de ( $\lambda$ ) 0.046 a 0.058 W/mK. Se concluye que la totora tiene amplio potencial para su uso como aislante térmico en edificación en la región de Puno, siendo el panel de cañas enteras el que presentó un mejor comportamiento global, por lo que en futuras investigaciones se tratará de incidir en la caracterización y mejora de esta formulación.

Atahuachi y Carcausto (2018) en su investigación de tesis de pregrado desarrollada en viviendas de sectores en expansión urbana de la ciudad de Puno, propusieron un aislante termoacústico a base de Stipa Ichu para atenuar el ruido y cambios drásticos de temperatura en las viviendas de sectores en expansión urbana de la ciudad de Puno. Los investigadores tomaron como población el material obtenido del distrito de Tiquillaca. Se utilizaron ensayos de laboratorio para determinar la caracterización física del ichu (Contenido de humedad, densidad, fibra cruda, porosidad, cenizas, durabilidad a los hongos), así también las propiedades ante agentes externos (aislamiento acústico, aislamiento térmico resistencia al fuego y resistencia a la flexión); obteniendo que la Stipa Ichu logro una reducción de ruido en 16.44 dB (A), y revestido con yeso obtuvo una reducción del ruido en 33.06 dB (A), lo que , claramente reduce el problema del ruido



determinado mediante el Informe de Monitoreo de Ruido Ambiental realizado en la Ciudad de Puno y que se ha determinado que la muestra con espesor promedio de Stipa Ichu 5cm, alcanza un coeficiente de conductividad térmica de  $0.066 \text{ W/m}^\circ\text{K}$  y el material compuesto de Stipa Ichu 5cm + YESO, alcanza a  $0.033 \text{ W/m}^\circ\text{K}$ , lo que 144 representa que si es adecuado para ser utilizado como material de aislamiento térmico, permitiendo atenuar los cambios drásticos de temperatura que son frecuentes en la ciudad de Puno y la región en general. Se concluye que El aislante termoacústico a base de Stipa Ichu prensado de un espesor de 5cm recubierto con 1cm de yeso, es un espesor promedio y adecuado para atenuar el ruido y cambios drásticos de temperatura en las viviendas de sectores en expansión urbana de la ciudad de Puno, considerando los ensayos realizados con los tres espesores (4cm, 5cm y 6cm).

Hugo (2018) en su investigación de tesis de grado para la obtención del título de arquitecto, TOTORA: Paneles prefabricados para cubiertas mediante el uso de resina de poliéster, desarrollada en los laboratorios de la Universidad Católica de Cuenca. Propuso desarrollar un panel para cubiertas mediante el uso de fibras de totora y resina de poliéster. El investigador tomo como muestra paneles de  $10\text{cm} \times 10\text{cm} \times 1\text{cm}$  conformado de 85% resina y 15% fibra de totora, que servirán para establecer diversos criterios para la conformación del panel a escala real de  $90\text{cm} \times 60\text{cm} \times 1\text{cm}$ . Se utilizaron Ensayos de laboratorio para determinar su comportamiento a pruebas físicas y mecánicas como la flexión, compresión, absorción de agua y densidad; obteniendo los siguientes resultados: El panel tiene una resistencia a la flexión de  $8.92\text{MPa}$ , una resistencia al esfuerzo de compresión de  $84.08\text{Kg/cm}^2$ , un porcentaje de 0.12% de absorción y una densidad de  $(0.18\text{gr/cm}^3)$ . Se concluye que la fabricación de paneles para cubiertas con materiales compuestos es factible pero tiene un proceso largo por carencia de maquinaria destinada a este propósito y la durabilidad del panel debería ser superior a los tres años por el uso





de una matriz de resina de poliéster isofónica con neopentilglicol, manteniendo la características física y mecánicas del material.

## **2.2 MARCO CONCEPTUAL**

### **2.2.1 Titora**

#### ***2.2.1.1 Generalidades***

Es una planta acuática perenne con mechones que crece de forma silvestre en el lago Titicaca, pero también se puede cultivar hasta una altura de 4 m. El ecosistema compuesto por totorales se caracteriza por una importante diversidad de fauna, en la que se pueden observar numerosos anfibios como aves residentes y migratorias, peces de agua dulce, sapos y ranas, y una gran cantidad de plantas acuáticas.

Los cambios en los niveles del agua pueden afectar la densidad de las espadañas. En 1987, la densidad de juncos se estimó en 165 tallos/m en un rango de 28,28 km después de que las fuertes lluvias provocadas por El Niño hicieran subir el nivel del agua, mientras que, en 2000, después de que la sequía hiciera descender el nivel del agua, la densidad de juncos aumentó a 430 tallos/m, cubriendo un área de 80,70 kilómetros cuadrados (PELT, 2000).

#### ***2.2.1.2 Nombre Científico***

El nombre científico de esta planta ha cambiado de diversas formas, pero en el Perú se realizaron investigaciones científicas sobre la composición y distribución de las microplantas acuáticas en la bahía de la ciudad de Puno, se concluyó que se trata de una juncia, perteneciente a “*Schoenoplectus* o *Scirpus Californicus*”. Dentro de este género, la especie comúnmente conocida como titora “*Schoenoplectus titora*” es la especie más abundante en el lago Titicaca. (Goyzueta Camacho, 2009)



### ***2.2.1.3 Características***

- FAMILIA: Cyperaceae
- GENERO: Schoenoplectus
- ESPECIE: Schoenoplectus tatora
- N.C.: Tatora
- ORDEN: Cyperales
- REINO: Vegetal
- DIVISIÓN: Phanerogamae
- SUB DIVISIÓN: ANGIOSPERMAE
- CLASE: Monocotiledonae

### ***2.2.1.4 Otros Nombres***

- Schoenoplectus tatora
- Junco

### ***2.2.1.5 Hábitat***

La totora es abundante en el lago Titicaca en Perú y Bolivia y en el lago Poopo en Bolivia. Especie autóctona, es un producto natural, rústico, que tolera bien las heladas y el granizo y crece donde abunda la materia orgánica. La motilidad alcanza otras altitudes, como en el caso de Schoenoplectus tatora que se encuentra en zonas costeras peruanas como la Laguna del Paraíso, al norte de Lima. (Goyzueta Camacho, 2009)

Según PELT (2000), indica que la flora representativa del lago, Incluye varias especies acuáticas, en particular los totorales (Schoenoplectus tatora) que se extienden para formar islas flotantes, que son importantes para el hábitat de animales de gran importancia socioeconómica y científica para las personas que viven en el cinturón de los



alrededores del lago, también destacan el llacho (*Miriophyllum spp*), la lenteja de agua (*Lemna sp*), o algas como Purima. (PELT, 2000)

#### ***2.2.1.6 Utilidad***

Sus usos son muy diversos, desde proveer materia prima para la construcción de balsas, elaboración de artesanías, elaboración de mantas kesana en la casa, elaboración de alimentos, elaboración de medicamentos para prevenir el bocio, totora de carbón para evitar cicatrices de heridas en la cabeza, ombligo infantil y disentería; Por lo que también tiene aplicación en la construcción de techos, paredes, galpones, ranchos y muebles; utilizado principalmente en construcción de barcos para embarcar en el lago Titicaca. (PELT, 2000)

#### ***2.2.1.7 Quema De Totorales***

Los causales más comunes de la quema de los totorales Según Plan Maestro RNT (2007) es debido a un practica tradicional con el propósito de eliminar los tallos maduros y secos, para obtener un rebrote tierno de la totora.

Las quemas de totorales en la Reserva Nacional del Titicaca en su gran mayoría son ocasionadas por actividades humanas, entre las más importantes es la quema de totorales ocasionada por las comunidades que se encuentran a la orilla del lago. (Velásquez, 2021)

Durante la estación seca de julio a noviembre, la quema de totorales es una amenaza. En estas condiciones, las plantas son más activas durante los años de sequía o periodos prolongados de sequía, favoreciendo la propagación del fuego. La normatividad existente sanciona y prohíbe todo tipo de quema sin discriminar la magnitud y la finalidad de la misma, y como consecuencia las personas que realizan esta actividad las realizan en forma clandestina (Velásquez, 2021).



Según los intereses de los pobladores las quemas se practican por dos finalidades: Para aprovechar el rápido rebrote de los brinzales de totora, alimentar al ganado durante la época seca, obtener rebrotes más rápidos para su uso posterior, y con la finalidad de limpiar para facilitar la recolección de huevos de aves silvestres. No se conoce a cabalidad los efectos negativos de esta práctica, sin embargo, los estudios indican que afectan en primera instancia a las poblaciones de avifauna cuyos individuos adultos logran escapar en la generalidad de los casos y repoblar estas áreas posteriormente. (Velásquez, 2021)

Las quemas de totorales en la Reserva Nacional del Titicaca sector Puno se han suscitado primordialmente en las inmediaciones del canal Huili, en los Uros, Capujra, Huerta Huaraya, Collana y Yanico; así también en Llachón, Yapura, Capano y Yasín. Se tuvieron 400 a 600 ha de totorales quemados que durante el 2007 y 2008, y en el 2009 alrededor de unas 150 ha (Gutierrez & Arivilca, 2009). En el año 2016 se registró mayor área afectada debido a la sequía y carencia de lluvias que se registró ese año. Estos últimos años (2017 - 2020) las quemas han sido muy perceptibles y se han dado en lugares muy focalizados. (Velásquez, 2021)

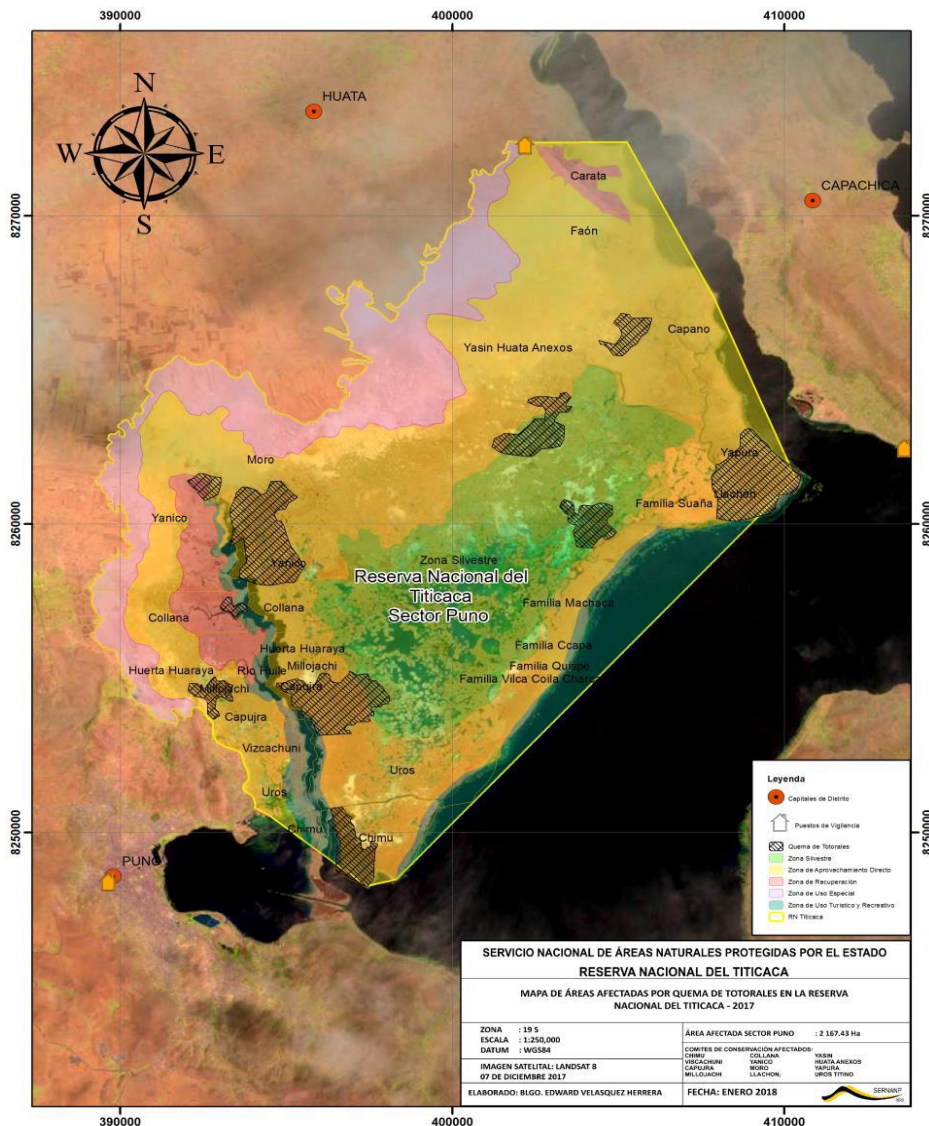
#### **2.2.1.7.1. Registro de quema de Totorales.**

##### **a) Registro de quemas 2017:**

El ecosistema totoral durante el 2017 registró un área afectada por incendios forestales de 2,167.43 hectáreas que representa el 13.5 % de la cobertura de los totorales del sector Puno, ocasionando el efecto de pérdida de hábitat. Se afectó 12 áreas de uso ancestral de los comités de conservación. De acuerdo a la zonificación de la Reserva Nacional del Titicaca, la que presenta mayor afectación por pérdida de hábitat es la zona de aprovechamiento directo, zona silvestre y zona de recuperación. (Velásquez, 2021)

**Figura 1**

*Registro de quema de totorales - 2017*



*Nota:* De la memoria anual 2017 de la Información sobre registro de quema de totorales en la RNT - INFORME N° 029-2021-SERNANP-RNT/ESP.EMVH (2021)

**b) Registro de quemas 2018**

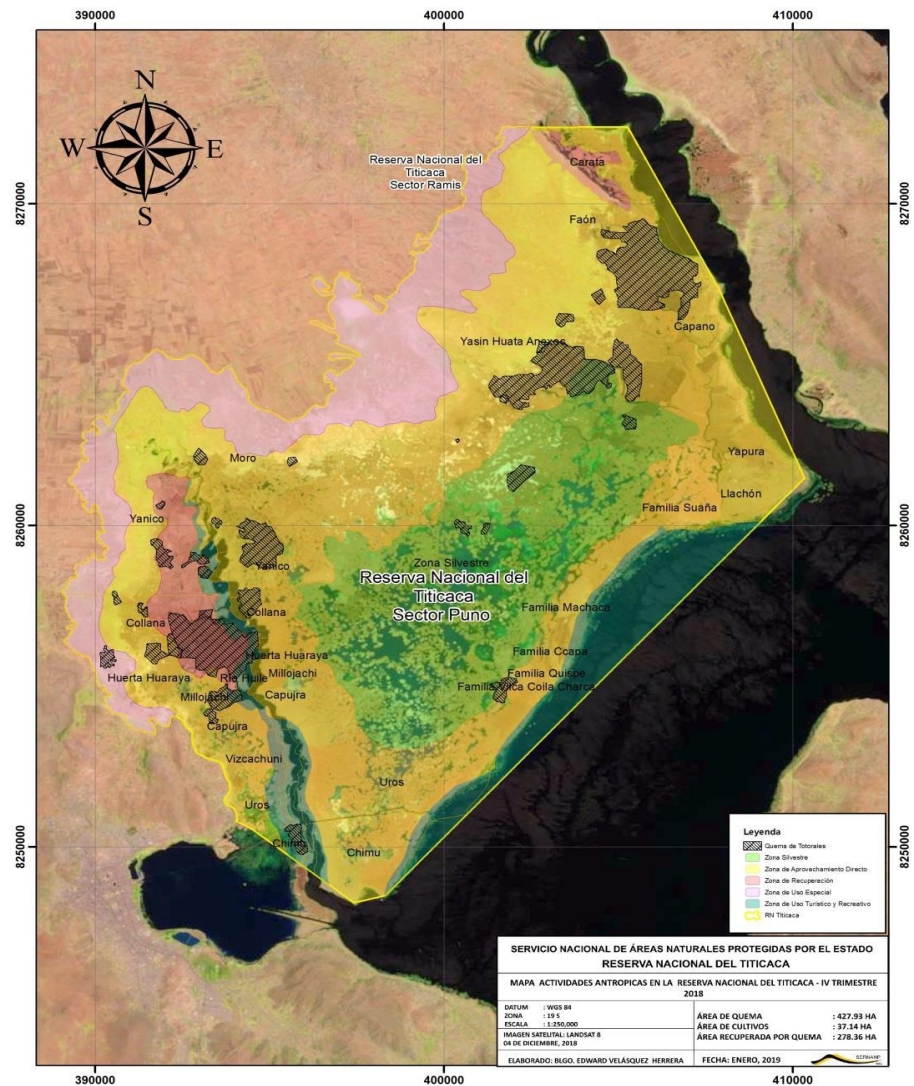
Durante el año 2018 se ha identificado amenazas que ponen en riesgo el ecosistema totoral es así que durante este año se registró un área afectada por incendios forestales (Totorales) de 1 851.27 hectáreas que representa el 11.52 % de la cobertura de los totorales del sector Puno, ocasionando el efecto de pérdida de hábitat. Asimismo, se observa que la limitada extracción de totorales viene provocando un efecto negativo en



este ecosistema por colmatación y no renovación de totorales, disminuyendo la productividad de totora verde en 34% durante el año según informe de Monitoreo Biológico de la Reserva Nacional del Titicaca.

## Figura 2

*Registro de quema de totorales – 2018*



*Nota:* De la memoria anual 2018 de la Información sobre registro de quema de totorales

en la RNT - INFORME N° 029-2021-SERNANP-RNT/ESP.EMVH (2021)

Se afectó 11 áreas de uso ancestral de los comités de conservación y de acuerdo a la zonificación de la Reserva Nacional del Titicaca, la que presento mayor afectación por

perdida de hábitat es la zona de aprovechamiento directo, zona de recuperación y en pequeñas áreas de la zona silvestre. Registro de quemas 2018. (Velásquez, 2021)

### *c) Registro de quemas 2019*

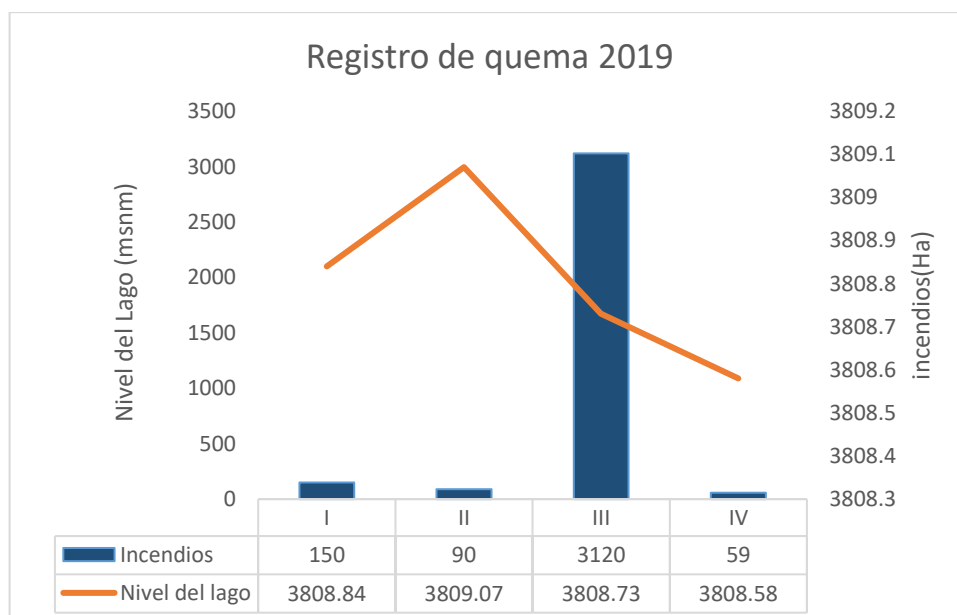
Durante el año 2019 se registró 3,419 hectáreas de incendios forestales en el ecosistema totoral es así que durante este año en el sector Puno se registró un área afectada por quema de totorales de 2,931 hectáreas que representa el 18.25 % de la cobertura de los totorales, ocasionando el efecto de pérdida de hábitat.

En el sector ramis mediante la vigilancia remota por imágenes satelitales Landsat 8 se registró 488 hectáreas afectadas de totorales por incendios forestales.

En el tercer trimestre se incrementaron los incendios forestales lo cual está relacionado con el nivel del lago, asimismo en el cuarto trimestre con la presencia de las primeras precipitaciones se ve reflejado una disminución en la ocurrencia de incendios forestales. (Velásquez, 2021)

### **Figura 3**

*Registro de quema de totorales 2019 trimestrales*



*Nota:* De la memoria anual 2019 de la Información sobre registro de quema de totorales en la RNT - INFORME N° 029-2021-SERNANP-RNT/ESP.EMVH (2021)

#### Figura 4

*Registro comparativo de quema de totorales (2015- 2019)*

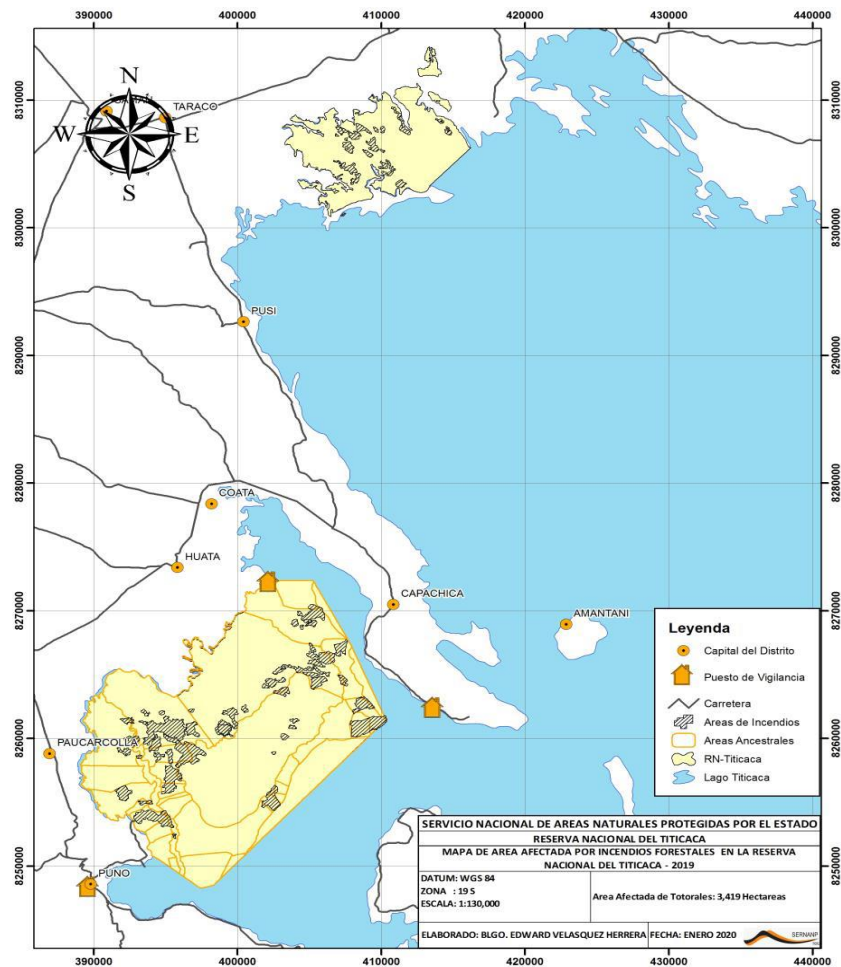


*Nota:* De la memoria anual 2019 de la Información sobre registro de quema de totorales en la RNT - INFORME N° 029-2021-SERNANP-RNT/ESP.EMVH (2021)



## Figura 5

### Registro de quema de totorales – 2019



*Nota:* De la memoria anual 2019 de la Información sobre registro de quema de totorales en la RNT - INFORME N° 029-2021-SERNANP-RNT/ESP.EMVH (2021)

#### **d) Registro de quemas 2020**

Durante el año 2020 se afectó 3,201 hectáreas de cobertura de totorales por incendios forestales en el sector Puno, ocasionando el efecto de pérdida de hábitat.

En el sector ramis se afectó aproximadamente 734.55 hectáreas, evaluación realizada mediante la vigilancia remota por imágenes satelitales Landsat 8.

En el presente año la incidencia de quema de totorales fue constante asociado a la disminución del nivel del lago que sobrepasó los 1.44 metros de su cota histórica de 3810

msnm; se realizaron 9 acciones de control y liquidación de incendios forestales por parte de la brigada forestal de la Reserva Nacional del Titicaca. (Velásquez, 2021)

### Figura 6

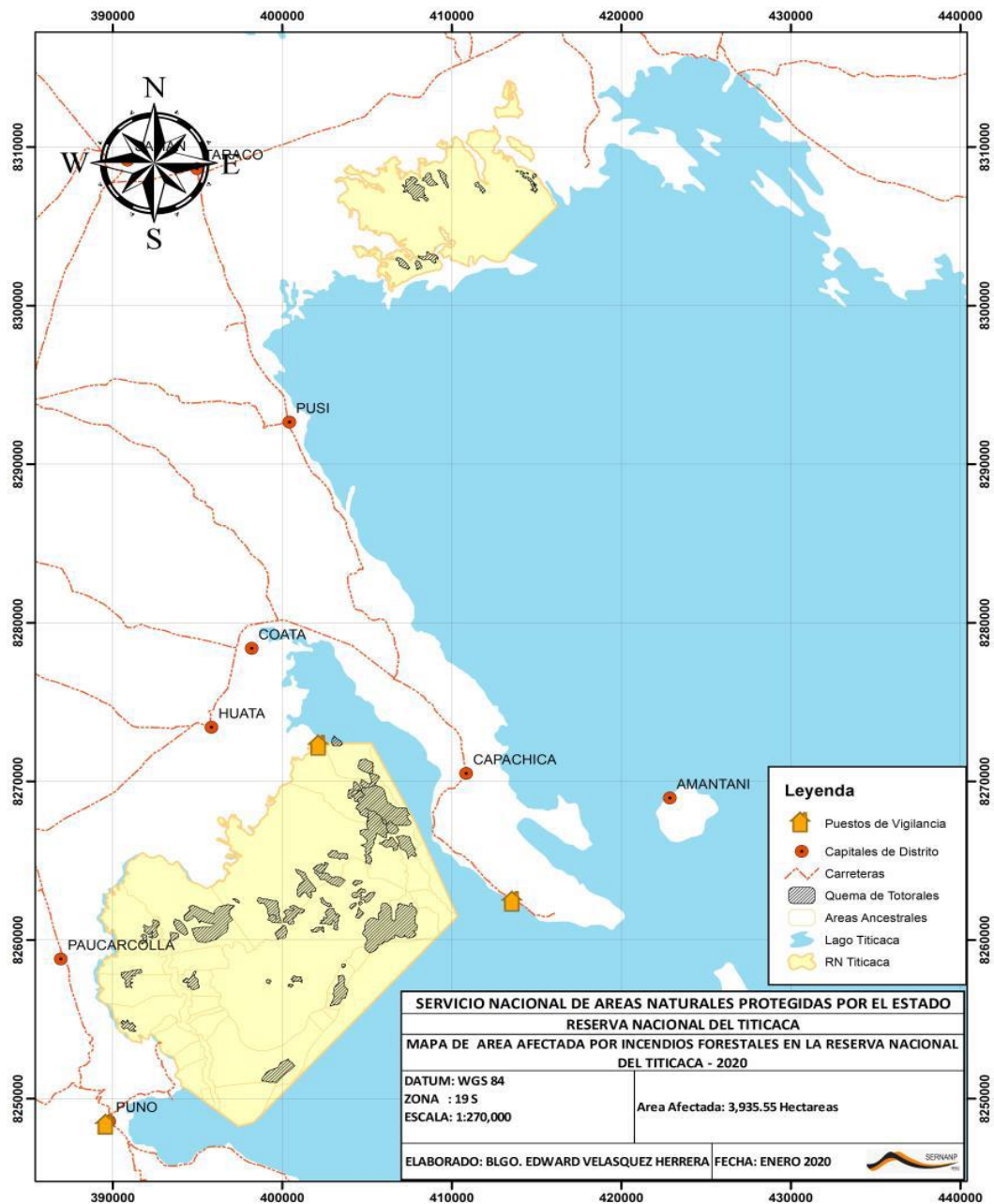
*Registro comparativo de quema de totorales 2017 - 2020*



*Nota:* De la memoria anual 2020 de la Información sobre registro de quema de totorales en la RNT - INFORME N° 029-2021-SERNANP-RNT/ESP.EMVH (2021)

**Figura 7**

*Registro de quema de totorales - 2020*



*Nota:* De la memoria anual 2020 de la Información sobre registro de quema de totorales en la RNT - INFORME N° 029-2021-SERNANP-RNT/ESP.EMVH (2021)



## 2.2.2 Yeso

### 2.2.2.1 Descripción

El yeso es un material que proviene de una roca sedimentaria de precipitación química llamada aljez o piedra de yeso, el que se utiliza en la construcción. El yeso es conocido como la piedra natural o como el producto en polvo que se obtiene por la calcinación y la molienda de esta piedra. El sulfato de calcio con dos moléculas de agua denominado sulfato de calcio dihidrato ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) es la composición de la piedra natural de yeso, el que tiene como origen geológico a la desecación de mares interiores poco profundos o por evaporación de lagos salados. (Herrero del Cura, 2016)

### 2.2.2.2 Proceso de transformación del yeso

El yeso se deshidrata para convertirse en un producto de construcción. Este proceso está influenciado por diferentes factores internos que se pueden dividir en estructurales, texturales y composicionales, y por otro lado, factores ambientales como la temperatura, la presión, la presión de vapor de agua y la velocidad de calentamiento. (Herrero del Cura, 2016)

Según los científicos el proceso, continua con lo siguiente: la determinación de las estructuras cristalinas, formados a temperaturas distintas, la observación microscópica de la deshidratación y la medida de las tasas de transformación. Continuando el proceso de deshidratación. Sometiendo al sulfato de calcio dihidrato a un proceso térmico para obtener el yeso de construcción por deshidratación parcial o total.

Los productos de transformación de dihidrato, son los siguientes: Dihidrato ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), Semihidrato ( $\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$ ), Anhidrita III ( $\text{CaSO}_2$ ), Anhidrita II ( $\text{CaSO}_4$ ) y Anhidrita I ( $\text{CaSO}_4$ ). (Villegas & Corrales, 2012)

El yeso para la construcción se hidrata o llamado también fraguado del yeso, donde éste en un estado en polvo se amasa con agua dando lugar a una pasta. Al ser el



yeso un producto deshidratado formado por fases reactivas al agua, el que produce un fenómeno de rehidratación o fraguado que provoca el endurecimiento de la pasta (Herrero del Cura, 2016).

### ***2.2.2.3 Características del yeso***

La principal característica es su trabajabilidad tanto en la puesta en obra como para la producción de prefabricados, esta característica viene acompañado del fraguado rápido, adherencia, adquisición de manera rápida la resistencia inicial, ligereza, bajo costos y entre otras.

El yeso posee un endurecimiento rápido, que pasa por lo siguiente: El inicio de fraguado, cuando la pasta cambia de un estado líquido a plástico, y al final del fraguado la pasta pasa de estado plástico a un estado sólido. Durante este proceso se produce un aumento de temperatura. (Villanueva & García, 2001)

En su estado plástico tiene puede adaptarse a cualquier forma, siendo ideal para una amplia gama de elementos tanto prefabricados como paneles divisorios, moldes decorativos, y entre otros. Así también tiene la capacidad de adherirse porque se pueden introducir fibras de distintos materiales al yeso. (Herrero del Cura, 2016)

### ***2.2.2.4 Propiedades del yeso***

Cuando el yeso fragua y endurece, el resultado es el acabado que se tiene en paredes techos y demás superficies, que dan valor como producto de construcción, según Villanueva & García (2001), son las propiedades físicas (porosidad, contenido de humedad) y mecánicas, y en segundo lugar las relacionadas ante agentes externos (térmico, acústico, fuego), entre otros.

#### ***2.2.2.4.1. Propiedades físicas y mecánicas***

En el proceso de fraguado el yeso va formando cristales que incrementan su resistencia, hasta lograr un valor máximo aproximadamente a los quince días en



condiciones de temperatura de ,20°C y 65% de humedad relativa, momento en el que se llega a la humedad de equilibrio.

Principalmente en la resistencia mecánica del yeso se consideran dos características: el contenido de humedad y la porosidad. En relación al contenido de humedad, el yeso actúa como un normalizador de humedad que absorbe, reúne y entrega vapor de agua siendo está afectada por la humedad del ambiente. En relación a la porosidad, el agua en el amasado es menor que el yeso, y si se encuentra un exceso del agua se va eliminando durante el proceso de fraguado y secado creando una microestructura porosa en el interior del yeso después del fraguado con poros de diferentes tamaños. Considerando que a mayor cantidad de agua utilizada (relación agua/yeso), mayor es la porosidad, por ende, menor la densidad y menor la resistencia. Sin embargo, mientras mayor sea la porosidad, mayor será la capacidad de aislamiento térmico y la resistencia al fuego.

#### **2.2.2.4.2. Comportamiento térmico del yeso.**

Como ocurre en los diferentes materiales la capacidad de aislamiento térmico del yeso, tiene en cuenta su conductividad térmica y por ello su capacidad para impedir la transmisión de calor por conducción. El coeficiente de conductividad térmica se define como la cantidad de calor que pasa a través de una muestra por unidad de área en un tiempo determinado.

Este coeficiente está condicionado por su contenido de humedad y densidad, a mayor humedad, mayor será la conductividad térmica, mientras que con la densidad está relacionada con la porosidad y el tamaño de poros ya que, a menor densidad, mayor número de poros y por ende su conductividad será menor. (Herrero del Cura, 2016)



#### **2.2.2.4.3. *Comportamiento acústico del yeso.***

Como ocurre en los materiales el aislamiento del ruido se toma en cuenta la transmisión directa (fisuras, poros y entre otros) y transmisión por vibración a través de elementos disipadores que funcionan como membranas. Con el yeso se considera la transmisión por vibración, que se relaciona directamente con la masa y la rigidez del panel.

El aislamiento a ruido de golpe se establece mediante pruebas y se halla por lo general en los materiales que trabajan a ruido aéreo que no es tan eficiente como el ruido de impacto. Este último es una gran solución para impedir los puentes acústicos ocasionado a la dilatación que experimenta al momento de fraguar. (Herrero del Cura, 2016)

#### **2.2.2.4.4. *Comportamiento frente al fuego***

El yeso es no combustible y presenta una alta resistencia frente al fuego por su baja conductividad térmica impidiendo la propagación del fuego, por el agua libre que contiene en sus poros, así también absorbe el calor para transformarse de dihidrato en anhidrita. (Herrero del Cura, 2016)

Incluso después de la deshidratación del yeso, este permanece funcionando como protector contra el fuego del elemento que este cubierto, esto generado por su baja conductividad térmica, sin generar gases o vapores tóxicos, corrosivos o asfixiantes, ni humos que contaminen el medio ambiente o a las personas.

### **2.2.3 Panel Termoacústico**

#### **2.2.3.1 *Aislamiento Térmico***

Los aislantes térmicos no existen en sí como tales, son esencialmente malos conductores del calor, lo que puede frenar el flujo de calor. (Rougeron, 1977)

Un material se considera aislante térmico cuando tiene un coeficiente de conductividad térmica menor a  $0.060 \text{ W/m.K}$  y una resistencia mayor a  $0.25 \text{ m}^2\text{K/W}$ . (Instituto Valenciano de la Edificación, 2011)



Según el Manual de Aplicación de la Cámara Chilena de Constructores (2012), un aislante térmico es un material que impide la transferencia de energía entre dos ambientes u objetos. En arquitectura, son todos los materiales o elementos arquitectónicos que impiden el flujo de calor entre el ambiente interior de una casa o edificio y el exterior.

La transferencia de calor entre dos objetos puede ocurrir por radiación, a través de ondas electromagnéticas; por convección, a través de fluidos como el aire; y por conducción, cuando los cuerpos están en contacto directo. A continuación, se introducen algunos conceptos adicionales necesarios, a saber, las propiedades de los materiales aislantes.

**Conductividad térmica:** La Cámara Chilena de Construcción (2012) indica que:

La conductividad térmica es una propiedad de los materiales que cuantifica la capacidad de transferir calor a través de ellos. Corresponde a la energía transferida por unidad de área del componente por metro lineal (m) en vatios (W) en condiciones estáticas con una diferencia de temperatura de 1 Kelvin ( $^{\circ}\text{K}$ ) en todo el material. La letra griega lambda ( $\lambda$ ) se usa a menudo para indicar la conductividad térmica en  $\text{W}/\text{m}^{\circ}\text{K}$ . (pág. 20)

**Temperatura:** Como lo establece La Cámara Chilena de Construcción (2012) es una magnitud física utilizada para medir el frío o calor de un cuerpo o ambiente, esta corresponde a la energía cinética promedio de las moléculas de la materia, ya que cuanto mayor es el movimiento, mayor es la temperatura.

**Transmitancia térmica:** El flujo de calor por unidad de área de un elemento y la diferencia de temperatura por grado entre dos medios separados por el elemento. Cuanto menor es la transmisión, más aislante es el elemento. (Cámara chilena de la construcción, 2012)





**Resistencia térmica:** A diferencia de la conductividad térmica de cualquier material, es dependiente de esta, que es contrariamente proporcional a su espesor. La resistencia térmica total de un material es la sumatoria de todas las resistencias del material y sus superficies interior y exterior (Cámara chilena de la construcción, 2012).

### *2.2.3.2 Material que Aportan Aislamiento Térmico en la Construcción*

En las construcciones, se utilizan diferentes materiales como elementos de contorno, paneles y revestimientos, los que no esencialmente benefician al aislamiento térmico de viviendas, sean urbanas o rurales.

Los aislantes que son mejores, se caracterizan por ser porosos o fibrosos debido a que en su interior cuentan con celdas al momento de su fabricación, por su forma albergan el aire.

Se muestra algunos materiales mayormente utilizados en nuestro país como el concreto armado, ladrillo y otros materiales aislantes con sus respectivas densidades térmicas:

**Tabla 1***Conductividad Térmica de materiales de construcción*

<b>Material</b>	<b>Densidad Aparente (Kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Conductividad Térmica <math>\lambda</math> (W/m-°C)</b>
Adobe	1200	0.024
Concreto Armado	2400	1.63
Concreto liviano a base de poliestireno expandido	640	0.214
Ladrillo macizo hecho a máquina	840	0.269
	1400	0.60
	1800	0.79
Poliestireno expandido	20	0.0384
	30	0.0361
Lana de vidrio	12	0.0410

*Nota:* Datos tomados del Anexo A de la Norma Chilena NCH.853, OF.93.

### **2.2.3.3 Aislamiento Acústico**

Según Carranza y Tovar (2014) define los siguientes conceptos:

#### **Sonido**

El sonido es energía emitida como ondas que se propaga en el espacio o aire al mover sus moléculas y variar la presión sobre su valor de reposo, que puede ser percibida por el oído o instrumentos de medición.

#### **Ruido**

Por definición, el ruido es un sonido no deseado que molesta, perjudica o afecta a las personas.

#### **Decibel (dB)**

Según la RAE, Unidad adimensional usada para expresar la relación entre dos potencias eléctricas o acústicas; esta es diez veces el logaritmo decimal de relación numérica.



### **Nivel de Presión Sonora (SPL)**

La presión sonora constituye la manera más habitual de expresar la magnitud de un campo sonoro, el valor a considerar es la diferencia entre el valor fluctuante de la presión sonora total y su valor de equilibrio. Debido a esta variación de dicha magnitud con el tiempo, se utiliza como valor representativo su promedio temporal, que recibe el nombre de valor eficaz (“root mean-square”). (Carrión Isbert, 1998)

### **STL (Sound Transmission Loss)**

Se define la Pérdida de Transmisión de Sonido como la diferencia entre la intensidad de la fuente sonora y el ruido transmitido después de la muestra, esto se representa por medio de valores numéricos mostrados por los diferentes materiales en cada una de las frecuencias (Gonzales, et al. 2008).

### **STC (Sound Transmission Class)**

Es la Clase de Transmisión de Sonido, definida como el promedio de los valores del STL de cada material (Gonzales, et al. 2008).

### **SAC (Sound Absorption Coefficient)**

Es el Coeficiente de Absorción de Sonido, definida como el porcentaje de energía acústica absorbida por cada material en cada una de las frecuencias la que se requiere para el cálculo del NRC (González, et al. 2008).

### **NRC (Noise Reduction Coefficient)**

Coeficiente de Reducción de Sonido, tipificación numérica individual en decibeles que resulta del promedio aritmético de los coeficientes de absorción a 250, 500, 1000, 2000, y 4000 Hz (Igua, 2005).

#### **2.2.4 Cielo Falso**

La mayoría de las viviendas se construyen con techos normales (los que están en la parte superior de la vivienda), que pueden ser de una mezcla de mortero, yeso e incluso



sin revestir; Todos estos tipos de falsos techos, también conocidos como cielo falso, son comunes en las casas viviendas rurales de la ciudad de Puno. En el presente es importante que el valor añadido de un edificio o el interior de cualquier tipo de espacio cerrado se caracterice por la cantidad de energía ahorrada y la sensación de confort que aporta. Los cielos rasos se utilizan para crear un techo debajo del techo original de un ambiente, ya sea una oficina, una casa o un apartamento. Muchas personas también los conocen como falsos techos, pero tienen un propósito, el propósito que la mayoría de los propietarios utilizan para mejorar el aislamiento térmico y acústico de la casa, así como aumentar el valor estético de la casa. La cantidad de energía ahorrada y la sensación estética que tiene (Segura Cuesta, 2019).

#### ***2.2.4.1 Definición***

Cielorraso, o cielo raso, es el nombre que recibe la superficie lisa y plana que, en una construcción, se ubica a una determinada distancia del techo. El cielorraso crea un espacio entre su estructura y el techo que se utiliza para el paso de las instalaciones.

El cielorraso, también llamado falso techo, puede fabricarse con PVC, acero, aluminio, madera, yeso u otros materiales. Lo habitual es que se fije al techo mediante piezas metálicas. De este modo el cielorraso funciona como un revestimiento de la parte superior de la habitación.

Además de la finalidad estética, el cielorraso tiene varias funciones. Estos elementos contribuyen a minimizar los cambios de temperatura y aíslan los ruidos, por ejemplo. Así vuelven más confortable el ambiente (Definicion.de,2017).

#### ***2.2.4.2 Clasificación***

Los cielos falsos pueden clasificarse en falsos techos planos o modulares/lineales, los que pueden subclasificarse en cielos falsos o directos respectivamente. Los cielos falsos modulares/lineales también son registrables o no registrables. Finalmente,



considere el caso especial de los falsos techos que no cumplen con las características de los falsos techos mencionados anteriormente (Cámara chilena de la construcción, 2012).

### **Cielo Raso**

Los cielos rasos tienen una superficie plana, lisa, continua, sin juntas visibles y soportados por una estructura auto portante que los oculta y forma sobre ellos un "pasaje" o "cámara", de diferentes tamaños, para ayudar en las tareas técnicas y/o mejoras estéticas (Cámara chilena de la construcción, 2012).

### **Cielo Modular**

Los cielos falsos suspendidos o directos se suspenden mediante anclajes y sujetas a una estructura portante, cuyos módulos pueden ser de medidas estándar.

### **Cielo Modular Registrable**

Cielo modular cuyos módulos se apoyan sobre la estructura o entramado sin fijaciones y pueden desinstalarse libremente.

### **Cielo Modular no Registrable**

Cielo modular cuyos módulos se fijan al entramado. (Cámara chilena de la construcción, 2012).

### **Cielo Suspendido**

Cielo falso donde la estructura portante de la placa se une a la estructura soportante mediante un sistema de suspensión (Cámara chilena de la construcción, 2012).

### **Cielo Directo**

Cielo falso dónde las placas se fijan directamente a la estructura de la edificación, mediante anclajes directos o piezas especiales (Cámara chilena de la construcción, 2012).

#### ***2.2.4.3 Características de los Cielos Falsos***

Los cielos falsos se caracterizan por sus propiedades físicas y mecánicas, algunas de las cuales se describen a continuación:



### **Estética:**

Aunque los cielos falsos pueden tener muchas propiedades y funciones diferentes, el aspecto estético suele ser el criterio de selección decisivo. En la actualidad existe una amplia gama de colores, texturas, tamaños, formas y materiales que dotan a este producto de una gran versatilidad estética. Los cielos falsos se caracterizan por dejar un vacío o vacío entre los paneles y las placas de la estructura portante. Este espacio se puede utilizar para instalar conductos u otros elementos, para no dañar la estética del recinto, deben quedar ocultos sobre el cielo falso. Por cierto, los cielos falsos suelen utilizarse para ocultar instalaciones, conductos y tuberías (Cámara chilena de la construcción, 2012).

### **Resistencia al Fuego**

Una de las características y funciones de los cielos falsos es su resistencia al fuego. Existen en el mercado soluciones para falsos techos que pueden soportar diferentes períodos de exposición a altas temperaturas, que son útiles para crear una barrera contra el fuego que ralentiza o detiene la propagación de un incendio. De esta forma, los falsos techos pueden utilizarse para dar protección contra incendios a estructuras, conductos e instalaciones, u otros elementos inflamables (Cámara chilena de la construcción, 2012).

### **Acústica**

La acústica puede crear comodidad para el usuario en una habitación cómoda o desagradable. El diseño acústico de un ambiente se basa fundamentalmente en dos factores imperativos: la absorción acústica y el aislamiento térmico del cerramiento. Aunque los elementos estructurales pesados como el hormigón son buenos aislantes acústicos, este tipo de elementos muchas veces no es posible. Algunos sistemas de falso techo pueden tener un coeficiente de absorción de  $NRC = 1$  (absorción del 100 % del sonido a las frecuencias 250, 500, 1000 y 2000 Hz), a favor del rendimiento acústico y una mejor inteligibilidad de la voz (Cámara chilena de la construcción, 2012).



### **Acondicionamiento térmico**

La climatización de un recinto incide no solo en el confort de los ocupantes, sino que también es económicamente relevante se puede controlar el flujo de calor, con el fin de conseguir un edificio económicamente eficientemente energético. Los cielos falsos pueden proporcionar aislamiento y estabilizar la energía térmica, colaborando así en la regulación de la temperatura de las estancias (Cámara chilena de la construcción, 2012).

### **Resistencia a la humedad**

Dependiendo de las propiedades de sus materiales, los falso techos pueden soportar la humedad. Con estas características, algunos techos se pueden utilizar en exteriores o en lugares con mucha humedad (Cámara chilena de la construcción, 2012).

### **Higiene**

El estado superficial de los paneles de falso techo puede tener la propiedad de no facilitar la propagación de hongos, ni la emisión de partículas. Además, se pueden limpiar ciertos tipos de cielos falsos. Estas características son de gran importancia para instalaciones del sector salud, donde es necesario un ambiente estéril (Cámara chilena de la construcción, 2012).

### **Registrabilidad**

Los cielos falsos modulares registrables tienen la característica principal de ser removidos y retirados con facilidad, lo que ayuda para recintos que requieren acceso para inspección o mantención de ductos o equipos ubicados sobre el nivel de cielo falso (Cámara chilena de la construcción, 2012).

#### ***2.2.4.4 Tipos de Cielo Raso según sus Características***

##### **Cielo raso de fibra de vidrio**

En cuanto a sus propiedades, este material es ideal para una mejor protección contra incendios y otras variables que pueden complicar al material de construcción, como la humedad y los hongos (Mansilla, 2022).

### **Figura 8**

*Cielo raso de fibra de vidrio*



*Nota:* Tipos de cielo raso fibra de vidrio. Revista Hogarista. (2022)

### **Cielo raso de PVC**

El cielo raso en PVC tienen las mismas propiedades que hemos visto con los de fibra de vidrio. Por lo tanto, también tiene un buen aislamiento acústico y térmico. El PVC es el plástico más versátil para muchas personas debido a su combinación de termoplaticidad y rigidez (Mansilla, 2022).



## Figura 9

### *Cielo raso de PVC*



*Nota:* Tipos de cielo raso PVC. Revista Hogarista. (2022)

Algunas cualidades que podemos resumir del cielo raso en PVC son:

- Resistente a la humedad y al agua
- Se ve elegante sin pintura
- Buen aislamiento
- Fácil de limpiar
- Resistente a algunos insectos
- Comportamiento al fuego
- Recomendado para áreas de manipulación estéril como clínicas u hospitales

### **Cielo raso Metálico**

El cielo falso metálico es un sistema de paneles metálicos de diferentes largos y anchos, fabricados en aluminio.

Existen diferentes tipos de techos metálicos y puedes elegir el tamaño, color y acabado en función del aspecto que quieras darle a tu entorno. Se puede pintar con pintura epoxi para techos suspendidos, muy utilizada en lugares públicos que requieren buena estética y limpieza como galerías, teatros y aeropuertos. (Mansilla, 2022)

## Figura 10

### *Cielo Raso Metálico*



*Nota:* Tipos de cielo raso metálico. Revista Hogarista. (2022)

Entre las características de los plafones metálicos, se encuentran:

- Alta durabilidad
- Alta resistencia a los hongos y a la humedad
- Necesidad de reparación y mantenimiento mínima
- Ausencia de estática a la acumulación de polvo y suciedad
- Impermeable
- Alta resistencia al sol y la luz
- Elegante

### **Cielo raso Drywall**

El DryWall, que significa pared seca, es un término anglosajón para los sistemas de construcción que no requieren materiales compuestos húmedos.

El montaje se realiza mediante una placa de yeso colocada sobre estructuras de acero galvanizado, luego se pega la cinta a una varilla, por ejemplo, Junta Plac (Sistema de Acoplamiento).

Estas baldosas se recomiendan frente a otras tejas si desea instalarlas en ambientes que puedan requerir instalaciones de aire acondicionado, sistemas de protección contra incendios y/o eléctricas, se pueden adaptar más rápido a estas solicitudes (Mansilla, 2022).

### **Figura 11**

#### *Cielo raso Drywall*



*Nota:* Tipos de cielo raso Drywall muro en seco. Revista Hogarista. (2022)

Entre las características del falso techo Drywall encontramos:

- Fácil instalación
- Ligeros
- No inflamable
- Resisten a impactos
- Buenas propiedades termoacústicas
- Adecuables para todo tipo de ambiente

#### **Cielo raso de Madera**

La madera es un material que se puede utilizar para crear falsos techos, aportando estética y calidez al ambiente. Este tipo de cielo falso es más adecuado para viviendas.

En el caso de la madera, una opción popular es el tablero machihembrado, una estructura con ranuras en los lados que se puede doblar con otros tableros similares y permite un fácil montaje de la estructura (Mansilla, 2022).

## Figura 12

### *Cielo raso de Madera*



*Nota:* Tipos de cielo raso de madera. Revista Hogarista. (2022)

En la ciudad de Puno es común tener falso techo de MDF (tablero de fibra de densidad media) y triplay en las viviendas rurales debido a que a sus propiedades térmicas da un mayor Confort Térmico.

### **Cielo raso de Escayola**

El cielo raso de escayola es base de yeso y fibras sintéticas, lo que le otorga propiedades muy favorables en determinados espacios como insonorización, resistencia a impactos y fisuras.

Este tipo de techo blanco ayuda a añadir luz al entorno y refleja bien la luz natural. Otra característica del yeso es un material resistente al fuego y humedad (Mansilla, 2022).

### Figura 13

#### *Cielo raso de Escayola*



*Nota:* Tipos de cielo raso Escayola. Revista Hogarista. (2022)

#### **2.2.4.5 Ventajas y Desventajas del Cielo Raso**

##### **Ventajas**

- Adaptables a la climatización de la zona. Para climas calientes, proporciona frescura al ambiente, y lo opuesto para climas fríos.
- La instalación rápida y práctica.
- Excelente material para la insonorización.
- El ROI de la colocación de falsos techos es más alto que el de los techos abiertos porque son mucho más económicos que renovar o quitar estructuras rígidas.
- Puede ocultar tuberías, conductos o tuberías que atraviesan el techo. En algunos casos, es necesario
- Estos componentes (paneles o tejas) se pueden desmontar fácilmente para reparar las ranuras existentes entre el techo y el falso techo.
- Amplia gama de materiales ecológicos y ligeros disponibles (Mansilla, 2022).

### **Desventajas**

- Oculta ciertos detalles arquitectónicos de estética que podrían haber sido diseñados y construidos en los elementos rígidos.
- Reduce el ambiente y campo visual en un ambiente, haciéndolo más pequeño.
- No tienen una alta duración, estos pueden sufrir descoloración y manchas con el transcurso de los años, por lo que requiere mantenimiento.
- No son tan resistentes ante terremotos o fuego, pudiendo los módulos caer sobre alguien usuarios en estos eventos. (Mansilla, 2022)

#### **2.2.5 Construcción Sostenible**

Según el Consejo Colombiano de Construcción Sostenible (2012) la construcción sostenible “se refiere a las mejores prácticas durante todo el ciclo de vida de las edificaciones (diseño, construcción y operación), las cuales aportan de forma efectiva a minimizar el 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”.

La sostenibilidad tiene como objetivo común la reducción de su impacto en el ambiente y de esta forma generar un mayor bienestar de sus ocupantes. Se muestra los elementos claves para lograr una edificación sostenible:

- Gestión del ciclo de vida, tanto de las edificaciones como de los materiales y componentes utilizados.
- Mayor calidad de la relación de la edificación con el entorno y el desarrollo urbano.
- Uso eficiente y racional de la energía.
- Conservación, ahorro y reutilización del agua.



- Utilización de recursos reciclables y renovables en la construcción y en la operación, y prevención de residuos y emisiones.
- Selección de insumos y materiales derivados de procesos de extracción y producción limpia.
- Mayor eficiencia en las técnicas de construcción.
- Creación de un ambiente saludable y no tóxico en los edificios.

#### ***2.2.5.1 Ventajas de la Construcción sostenible***

La innovación de sistemas para la construcción sostenibles compone un aporte significativo al medio ambiente y a la calidad de vida de los usuarios que viven en estas construcciones (Susunaga Monroy, 2014).

Según publicaciones del Consejo Colombia de Construcción Sostenible (Colombia Council for Sustainable Construction, 2011), la implementación de sistemas sostenibles genera fuertes beneficios al reducir el ahorro de energía en un promedio de 30%, 35% de carbono, entre 30% y 50 % de agua, y entre un 50% y un 90% del coste de los residuos, sin olvidar la mejora de la salud y la productividad de quienes viven en ella, teniendo los siguientes beneficios.

- Reduce los costos operativos: Los costos de operación del edificio provienen principalmente de electricidad, gas y agua, estos tres aspectos se reducen significativamente mediante la adopción de prácticas sostenibles, que no solo reducen el impacto sobre el medio ambiente sino también el impacto económico de las personas que usan y operan el edificio.
- Comodidad visual y comodidad térmica: Personas, Economía y Planeta; son los principales objetivos de la construcción sostenible. Debemos recordar que la sustentabilidad no se trata solo de cuidar el planeta, y para lograr la felicidad



humana, trabajamos para crear ambientes agradables, crear un ambiente positivo en la sociedad.

- **Mejor calidad del aire:** Los edificios sostenibles cuidan la salud de las personas mejorando la calidad del aire interior controlando las aberturas al exterior del edificio, brindando la ventilación de forma natural, limitando las zonas de fumadores, uso de materiales para el control ambiental, seguimiento del CO<sub>2</sub> y otras actividades.
- **Análisis de ciclos de vida:** Proteger el medio ambiente requiere minimizar el uso de los recursos naturales, por lo que es fundamental analizar el ciclo de vida de los recursos y materiales, de esta forma aprovechemos nuevos recursos, reutilizarlos y fomento del reciclaje, aumentando así su vida útil.
- **Reducción del uso de energía:** Reducir el consumo energético no es una reducción del confort, sino que se consigue mediante prácticas como la modelización energética, el diseño de instalaciones eléctricas, la correcta selección de la iluminación, los equipos mecánicos y de acristalamiento, la iluminación natural, utilizar energías limpias y la gestión de estos.
- **Ahorro del agua:** Se tiene varias formas de minimizar el consumo de agua de una construcción, con el fin de reducir los costos y aumentar los estándares del edificio teniendo en cuenta el medio ambiente. La selección de accesorios de plomería eficientes, la reutilización del agua y la recolección de agua de lluvia son algunos de los métodos que se pueden utilizar para alcanzar este objetivo.
- **Materiales ambientalmente preferibles:** Al escoger los materiales de construcción estos tienen un alto impacto en el medio ambiente, tener una buena elección de estos puede contribuir a reducir costes y aumentar el





bienestar de los ocupantes. El uso de materiales en la zona demandada, con un contenido reciclado, que sea rápidamente renovable, entre otras características.

- Reducción de los residuos: En la etapa de construcción y post construcción del edificio, se monitorea el impacto que genere al medio ambiente.
- Productividad laboral y salud: Las particularidades del diseño sostenible de los edificios y sus interiores alcanza mejorar la productividad de los trabajadores y la salud y bienestar de los usuarios, lo que resulta en beneficios para los contratistas.
- Otros: Se tiene varios beneficios de la construcción sostenible, es por ello que se convierta en el futuro de la construcción.

Numerosos estudios demuestran que el costo adicional inicial que requiere las construcciones “verdes” se ven mayores beneficios en la etapa de su operación: mostrando menores costos, un alto valor del edificio y de su arrendamiento, así también mayor tasa de ocupación, que redunda en una mayor rentabilidad(En Obra., 2014).

Un proyecto de construcción sostenible puede costar entre 10% y 15% más que una construcción tradicional, pero en la medida en que se desarrollan el mercado de proveedores, materiales y profesionales capacitados se va reduciendo su costo. (Consejo Colombiano de Construcción Sostenible., 2012)

Construir edificaciones verdes se convierte en una forma de hacerse visibles a los empresarios de esta área en la construcción sostenible, y a la vez una oportunidad de pertenecer a la red internacional de construcción sostenible, generando de esta forma mayor competitividad de las empresas frente al mercado (Consejo Colombiano de Construcción Sostenible., 2012).



### **2.2.5.2 Certificación LEED**

LEED (acrónimo de Leadership in Energy & Environmental Design) (U.S. Green Building Council) es un sistema de certificación para edificios verdes, desarrollado por el US Green Building Council, el que fue inicialmente implantado en el año 1998, utilizándose en varios países desde entonces (Susunaga Monroy, 2014).

#### **Funcionamiento de LEED**

LEED se basa en función de un puntaje, en que cada proyecto de construcción obtiene puntos LEED cuando cumplen con ciertos requisitos específicos de construcción ecológica. Los proyectos deben cumplir los 6 criterios establecidos en las categorías de LEED y obtener puntos. Las cinco categorías contienen sitios sostenibles (SS), eficiencia de uso del agua (WE), atmósfera y energía (EA), recursos y materiales (MR) y calidad ambiental del interior (IEQ), una categoría adicional, Innovación en el Diseño (ID), implica la experiencia en la infraestructura sostenible, así también las prácticas de diseño no cubiertas en las seis categorías ambientales anteriores. La cantidad de puntaje ganado por el proyecto establece el nivel de certificación LEED que recibirá el proyecto (Susunaga Monroy, 2014).

#### **Créditos Regionales LEED**

Sitios Sustentables (24 puntos)

Eficiencia en el Uso del Agua (11 puntos)

Energía y Atmosfera (33 puntos)

Materiales y Recursos (13 puntos)

Calidad del Ambiente Interior (19 puntos)

Innovación en el Diseño (6 puntos)

Acorde a los créditos obtenidos se puede obtener las siguientes certificaciones:

LEED ®(Platino) Platinum - 80 o más puntos



LEED ® (Oro) Gold - 60 a 79 puntos

LEED ® (Plata) Silver - 50 a 59 puntos

LEED ® (Certificado) Certified - 40 a 49 puntos

### **Tipos de Certificación LEED**

Actualmente existen distintos tipos de certificación LEED dirigidos al uso que tenga la construcción verde, de los más importantes tenemos:

LEED NC; para Nuevas Construcciones

LEED EB; para Edificios Existentes

LEED for Homes; para Viviendas

LEED ND; para Desarrollo de Barrios

LEED SC; para Centros educativos

### **Beneficios de la Certificación LEED**

La certificación LEED es un respaldo de terceros del desempeño de un edificio. Los proyectos con certificación LEED combinan el rendimiento con el enfoque en el medio ambiente, la economía y la residencia. Estas construcciones son económicas en su etapa de operación y mantenimiento, ahorrando energía y agua, así también generan rentas más altas que las construcciones comunes del mercado; siendo seguros y más saludables para sus usuarios (Susunaga Monroy, 2014).

Cada edificio con este sello debe aprobar una serie de requerimientos en cinco áreas:

1. La zona de obras (su elección acertada para que no atente contra el medio ambiente)
2. El manejo de las aguas
3. El ahorro de energía
4. El uso de materiales



## 5. La calidad del ambiente interior

### ***2.2.5.3 La Construcción Sostenible en el Perú***

En 2014, el MVCS, a través de la Dirección Nacional de Construcción, encargó la elaboración de un estudio que diera pie a la formulación de un plan dirigido a promover la construcción sostenible en el Perú, en el entendimiento de que ella va a ofrecer una alta calidad de vida a la población y reducir sus impactos sobre el ambiente. El estudio ha servido de base para que el MVCS aprobara, por DS n.º 015 de 2015, el Código Técnico de Construcción Sostenible que, aunque es de aplicación voluntaria, ha definido el inicio de una etapa de implementación de estas propuestas, lo cual se ha fortalecido con la entrada en operación del Bono Verde del Fondo Mi Vivienda en 2016 (Miranda, Neira, Torres, & Valdivia, 2018).

### **2.2.6 Vivienda**

Según el Reglamento de Edificaciones (2006) la vivienda constituye edificaciones que tienen como uso principal o exclusivo residencia de familias, satisfaciendo sus propias necesidades habitacionales y funcionales de manera adecuada.

Toda vivienda deberá contar cuando menos con espacios para las funciones de aseo personal, descanso, alimentación y recreación. Estando estas ubicadas en zonas residenciales, zonas urbanas y zonas rurales.

Según el Censo Nacional de Poblaciones y viviendas (2017) también la vivienda constituye el espacio físico donde se desarrollan las actividades familiares y sociales de los miembros de un hogar. Por ello, la importancia de conocer sus características desde el punto de vista cuantitativo y cualitativo, su distribución en el territorio nacional, su estado de ocupación, la propiedad del suelo, los servicios con los que cuenta y el material principalmente en paredes, pisos y techos. Conocer las condiciones de vida de las familias en el país.



### ***2.2.6.1 Vivienda Rural***

Según Humpiri (2016) las viviendas rurales son edificaciones que se localizan en un medio distinto al urbano, con una población menor y una dedicación primaria a la agricultura y ganadería, que tiene una afinidad y cultural más autóctono por la zona, y que existe gran respeto por la madre tierra y el entorno inmediato.

El Ministerio de Vivienda incorpora los argumentos de la calidad de vida de las personas de la zona rural mediante la ejecución de la vivienda rural adecuada, la que se caracteriza de ser una infraestructura protegida que proporcione un espacio de calor y se ubique en lugares estratégicos ante situaciones de peligro (D.S. N° 001-2012-VIVIENDA, 2012).

#### ***2.2.6.1.1 Vivienda Rural en el País***

Según el censo realizado en los años realizados 2007 y 2017 se tiene una variación del 46.3% en el área urbana que comprende lo siguiente; casa independiente, departamento en edificio, vivienda en quinta, vivienda en casa de la vecindad, choza o cabaña, vivienda improvisada, local no destinado para habitación, otro tipo.

Respecto al área rural se tuvo una variación de incremento de 8.4%, que comprende casa independiente, departamento en edificio, vivienda en cada de vecindad, choza o cabaña, vivienda improvisada, local no destinado para habitación y otro tipo.

Mostrándose el incremento de las viviendas urbanas y rurales en el país durante el 2007 al 2017.

**Tabla 2**

*Perú: Viviendas particulares, según área de residencia y tipo de Vivienda 2007 y 2017*

Área de residencia / Tipo de vivienda	Censo 2007		Censo 2017		Variación Intercensal 2007- 2017		Increme nto	Tasa de crecimient o
	Absoluto	%	Absoluto	%	Absoluto	%	Anual	promedio anual
Urbana	5 009 474	100,0	7 330 445	100,0	2 320 971	46,3	232 097	3,9
Casa independiente	4 263 365	85,1	6 164 195	84,1	1 900 830	44,6	190 083	3,8
Departamento en edificio	378 213	7,5	820 324	11,2	442 111	116,9	44 211	8,0
Vivienda en quinta	134 087	2,7	125 083	1,7	-9 004	-6,7	-900	-0,7
Vivienda en casa de la vecindad	107 548	2,1	83 344	1,1	-24 204	-22,5	-2 420	-2,5
Choza o cabaña	0	0,0	0	0,0	0	-	0	-
Vivienda improvisada	109 260	2,2	129 254	1,8	19 994	18,3	1 999	1,
Local no destinado para habitación	8 970	0,2	8 238	0,1	-732	-8,2	-73	-0,8
Otro tipo 1/	8 031	0,2	7	0,0	-8 024	-99,9	-802	-50,6
Rural	2 556 668	100,0	2 772 404	100,0	215 736	8,4	21 574	0,8
Casa independiente	2 214 036	86,6	2 599 165	93,8	385 129	17,4	-38 513	1,6
Departamento en edificio	713	0,0	281	0,0	-432	-60,6	43	-8,9
Vivienda en quinta	1 158	0,0	1 225	0,0	67	5,8	7	0,6
Vivienda en casa de vecindad	4 145	0,2	2 436	0,1	-1 709	-41,2	-171	-5,2
Choza o cabaña	332 288	13,0	166 374	6,0	-165 914	-49,9	-16 591	-6,7
Vivienda improvisada	1 920	0,1	1 678	0,1	-242	-12,6	-24	-1,3
Local no destinado para habitación	1 341	0,1	1 236	0,0	-105	-7,8	-11	-0,8
Otro tipo 1/	1 067	0,0	9	0,0	-1058	-99,2	-106	-38,0

*Nota:* INEI – Censos Nacionales de Población y Vivienda 2007 y 2017.

### **2.2.6.1.2 Vivienda Rural en la Región de Puno**

Respecto a las viviendas rurales en el departamento de Puno se tiene que estas son más del 50% en relación al último censo realizado por el INEI 2017, así también se tiene

que en la provincia de Puno se tiene más viviendas en la zona rural que urbano, y en el distrito de Puno se tiene que las viviendas ubicadas en la zona rural son menores al 9% del total, evidenciándose de esta forma que la ciudad de Puno tiene una mayor área urbana.

**Tabla 3**

*Viviendas particulares, por área urbana y rural, tipo y distrito*

Provincia, Distrito y Tipo de Vivienda	Total	Área	
		Urbana	Rural
DEPARTAMENTO PUNO	605 503	247 141	358 362
Casa independiente	543 647	237 251	306 396
Departamento en edificio	2 382	2 377	5
Vivienda en quinta	698	682	16
Vivienda en casa de vecindad	2 999	2 744	255
Choza o cabaña	51 426	-	51 426
Vivienda improvisada	4 078	3 934	144
Local no dest. Para hab. Humana	273	153	120
PROVINCIA PUNO	108 490	53 187	53 303
Casa independiente	96 854	49 711	47 143
Departamento en edificio	1 600	1 599	1
Vivienda en quinta	414	414	-
Vivienda en casa de vecindad	1 107	1 104	3
Choza o cabaña	8 140	-	8 140
Vivienda improvisada	334	329	5
Local no dest. Para hab. Humana	41	30	11
DISTRITO PUNO	52 334	47 955	4 379
Casa independiente	48 485	44531	3 954
Departamento en edificio	1 599	1 599	-
Vivienda en quinta	408	408	-
Vivienda en casa de vecindad	1 072	1 072	-
Choza o cabaña	425	-	425
Vivienda improvisada	320	320	-
Local no dest. Para hab. Humana	25	25	-

*Nota:* INEI – Censos Nacionales de Población y Vivienda 2017.

### 2.2.6.2 Área Rural En La Ciudad De Puno

En la ciudad de Puno se tiene una disminución del área rural sobre todo en las periferias de la ciudad, en la que basada en nuestros últimos censos se tiene la siguiente distribución de áreas urbanas y rurales en la ciudad de Puno.

**Tabla 4**

*Viviendas urbanas y rurales ciudad de Puno*

N°	Nombre	Área	Viviendas
1	Puno	Urbano	35,937
2	Totorani	Urbano	463
3	Jayllihuaya	Urbano	680
4	Isla Esteves	Rural	1
5	Urus Chulluni	Rural	177
6	Yanamayo	Rural	72
7	Huerta Apacheta	Rural	12
8	Chimu	Rural	16
9	Aziruni	Rural	13
	Total		37,371

*Nota:* Censo de Población y Vivienda 2005 INEI

En el censo del 2005 se realizó la última cuantificación de viviendas acorde a su área (urbano y rural) en la ciudad de Puno, por lo que la información del censo realizado por el INEI 2017 se adaptó en la tabla 5.

En el último censo realizado por el INEI 2017 se tiene la cantidad de población y viviendas acorde a las áreas rurales existiendo en la periferia de la ciudad crecimiento respecto a lo urbano y lo rural, teniendo como área rural Alto Jayllihuaya y alrededores, Aziruni, Chimu, Huerta Huaraya, Uros Chulluni, Yanamayo y Totorani.





**Tabla 5**

*Viviendas Rurales Ciudad de Puno*

<b>VIVIENDAS RURALES CIUDAD DE PUNO</b>			
<b>N°</b>	<b>Nombre</b>	<b>Área</b>	<b>Viviendas</b>
1	Alto Jayllihuaya	Rural	193
2	Aziruni	Rural	42
3	Chimu	Rural	261
4	Huerta Huaraya	Rural	285
5	Uros Chuluni	Rural	366
6	Yanamayo Totorani	Rural	865
<b>Total</b>			<b>2012</b>

*Nota:* Elaboración Propia Adecuado del Censo de Población y Vivienda 2017 INEI.

Teniendo los sectores que involucran el área rural según el Plan de Desarrollo Urbano 2008-2012, sector 8, sector 9 y Sector 10.

### **SECTOR 8 - JAYLLIHUAYA**

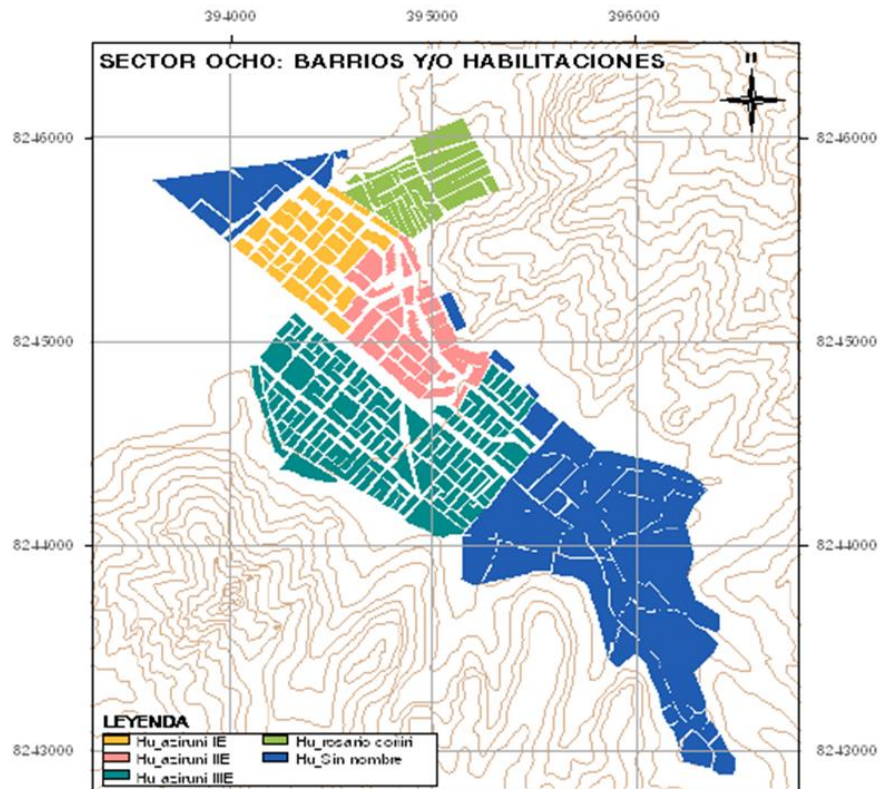
Consta de:

- Jayllihuya
- Habilitacion Urbana Rosario Coñiri
- Habilitacion Urbana Aziruni etapa I, II y III
- Sallihuani Sasani
- Mamaliri
- Alto Jayllihuaya
- Jayllihuaya Kellarani
- Incapujio
- Queñua Patiña

Estos sectores menores se ubican en el sur este, estando en proceso de consolidación, teniendo zonas de residencia, vivienda, agrícola. (Ascencio & Pineda, 2010)

### Figura 14

#### Mapa del Sector Ocho



Nota: PDU 2008-2012-MPP

### SECTOR 9 – ALTO PUNO

Consta de:

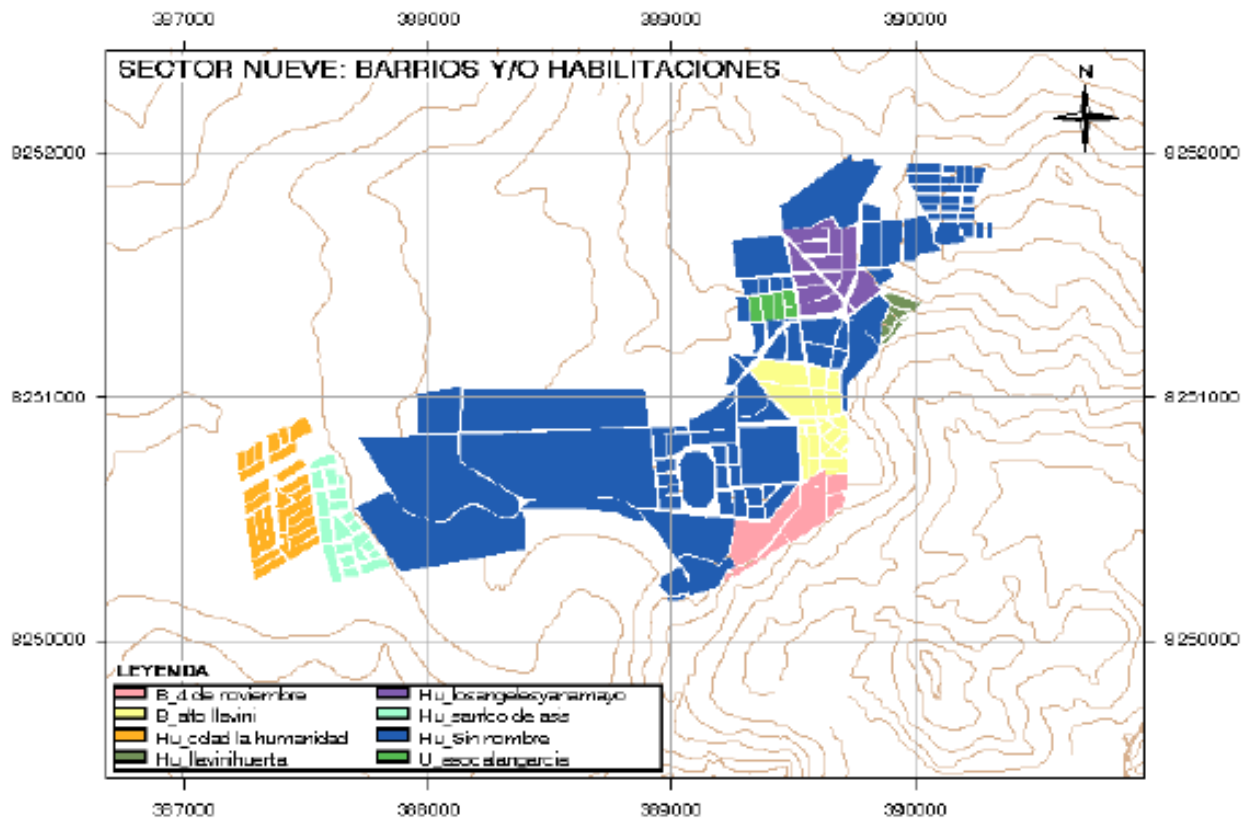
- Habitación Urbana Alto Puno
- Habitación Urbana San Francisco de Asís
- Alto llavini
- Habitación Urbana. Los Ángeles Yanamayo
- Urbanización Asociación Alan Garcia
- Habitación Urbana LLavini Huerta

- Barrio 4 de noviembre

Área urbana urbana que abarca la zona norte de la ciudad, considerados como centros poblados menores de Puno, abarca desde el cementerio Yanamayo, Penal, mirador y Totorani, con topografía levemente irregular (Ascencio & Pineda, 2010).

**Figura 15**

*Mapa del sector nueve*



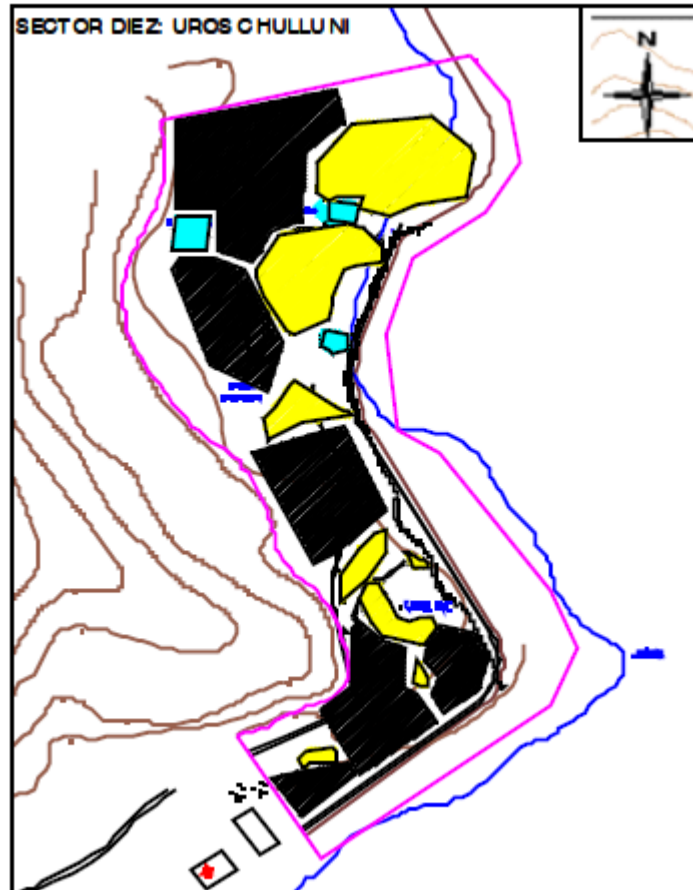
*Nota:* PDU 2008-2012-MPP

### SECTOR 10 –UROS CHULLUNI

Área rural Uros Chulluni, este sector ha sido necesario debido a que en unos años será conectada completamente con la ciudad, producto del crecimiento urbano, así también este sector tiene un crecimiento desordenado el que precisa atención mediante reordenamiento de sus diferentes ámbitos socio económicos (Ascencio & Pineda, 2010).

## Figura 16

*Mapa del sector diez*



*Nota:* Plan de Desarrollo Urbano 2008-2012-MPP

Este sector se ubica al Noreste de la ciudad de Puno en dirección al ingreso a la Isla Esteves. Sus habitantes fundamentalmente realizan artesanías que abastecen al islas de los Uros, para la venta a los turistas (Ascencio & Pineda, 2010).

### **TIPOLOGÍA DE LAS VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE PUNO**

La ciudad de Puno cuenta con variedad en la tipología de viviendas que son construidas principalmente por el tipo de material utilizado en su construcción (adobe y concreto), antigüedad de la construcción y por sus costumbres (migrantes que se ubican en la periferia).

En relación al tipo de material se oferta en la actualidad en construcciones, el adobe y el concreto armado con albañilería de bloquetas o de ladrillo.

El adobe por sus propiedades permite construirse alturas de un piso a lo mas de dos como máximo con aperturas pequeñas angostas para las puertas y ventanas, teniendo como cobertura en los techos calamina y en algunos casos paja y totora.

### **Figura 17**

*Techo de totora (Vivienda de adobe Chimu)*



*Nota:* Elaboración Propia Vivienda Rural Chimu

### **Figura 18**

*Vivienda de dos pisos (Uros Chilluni)*



*Nota:* PDU 2008-2012-MPP.

Las construcciones de concreto a “material noble”, que son de albañilería de ladrillo o bloqueta y concreto armado; este tipo de construcciones se realizan desde los años 70 (época contemporánea). Siendo estas desde un nivel hasta diez niveles o más, con características para albergar ventanas amplias, azoteas, terrazas y sus espacios interiores distribuidos para la habitabilidad cómoda.

Las viviendas en adobe en algunos casos son antes de los años cincuenta como ejemplo las viviendas republicanas construidas con adobe que habitualmente están conformadas por un pasaje a través de un recibidor para acceder al patio central, y alrededor de este se distribuye los ambientes. Estas pueden ser de uno o dos niveles. Caracterizándose por tener ventanas pequeñas, balcones en el segundo nivel y techos de calamina o teja, las que por el pasar del tiempo se han ido distorsionando la estructura espacial que originalmente contaban.

### **Figura 19**

*Construcciones de concreto Jr. lampa*



*Nota:* PDU 2008-2012-MPP.

Las otras construcciones en adobe se ubican en los alrededores de la ciudad y tienen diseño acorde a la idiosincrasia del propietario, contemplando a lo más dos pisos (Ascencio & Pineda, 2010).



**Figura 20**

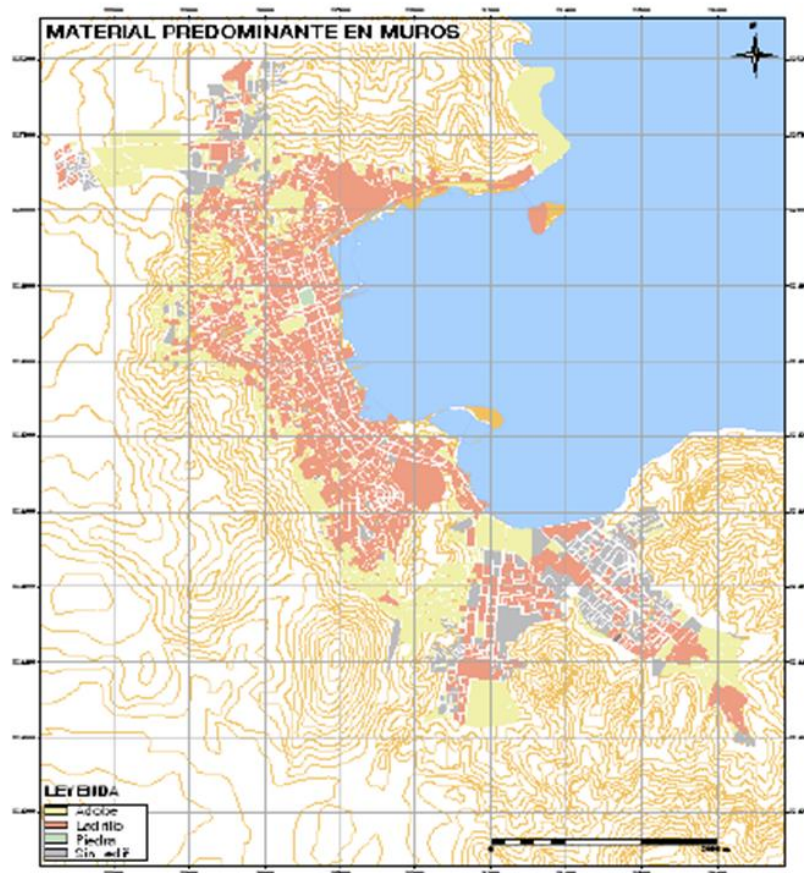
*Construcción republicana de adobe*



*Nota:* PDU 2008-2012-MPP.

**Figura 21**

*Mapa de material predominante*



*Nota:* PDU 2008-2012-MPP



## CAPITULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

Considerando el nivel de profundización el tipo de investigación es Descriptivo Explicativo, porque se realiza el análisis de una serie de parámetros y se explora para evaluar nuevas propuestas.

##### 3.1.2 Diseño de la Investigación

Debido a que el objetivo principal del estudio es “Proponer una nueva alternativa de Panel Termoacústico Sostenible de totora Como Módulos De Cielo Falso para Viviendas rurales en la Ciudad De Puno, se requirió un diseño descriptivo experimental porque una vez realizado el ensayo en laboratorio se procede a describir el procedimiento realizado para determinar lo planteado en las hipótesis.

##### 3.1.3 Método de la Investigación

Para la presente investigación el método de investigación es Experimental Explicativo debido a que se realiza ensayos de laboratorio y se llega a detallar de forma explicativa el desarrollo de la misma.

##### 3.1.4 Enfoque de la Investigación

Dado que se busca comprobar la hipótesis previamente establecida, así como los objetivos trazados, el presente trabajo será elaborado bajo el planteamiento metodológico del enfoque cuantitativo porque estudia cantidades ya que es empírica analítico, experimental y racional.

##### 3.1.5 Población

La población que se estudio está constituida por los cielos falsos en viviendas rurales del centro poblado chimú de la ciudad de Puno.





### 3.1.6 Muestreo

Se tiene tres tipos de tejido de panel de totora, para la caracterización física contenido de humedad, absorción y durabilidad a los hongos se realizaron en total 24 muestras de espesores de 1,1.5,2.0 y 2.5cm.

La muestra consistió en los paneles termoacústicos de totora con las siguientes características:

- Panel de totora  $e=2.5\text{cm}$  tipo de tejido Kesana.
- Panel de totora  $e=2.5\text{cm}$  tipo de tejido Kesana revestida con yeso 0.5 cm.
- Panel de totora  $e=2.0\text{cm}$  tipo de tejido Kesana.
- Panel de totora  $e=2.0\text{cm}$  tipo de tejido Kesana revestido con yeso 0.5cm.
- Panel de totora  $e=2.0\text{cm}$  tipo de tejido Hilada.
- Panel de totora  $e=2.0\text{cm}$  tipo de tejido Hilada revestido con yeso 0.5cm.
- Panel de totora  $e=1.5\text{cm}$  tipo de tejido Hilada.
- Panel de totora  $e=1.5\text{cm}$  tipo de tejido Hilada revestido con yeso 0.5cm.
- Panel de totora  $e=1.0\text{cm}$  tipo de tejido Hicalina.
- Panel de totora  $e=1.0\text{cm}$  tipo de tejido Hicalina revestido con yeso 1.0cm.

Para los paneles de totora y revestidos con yeso, se realizaron en total 30 muestras, 3 para cada tipo como se muestra líneas arriba.

### 3.1.7 Instrumento metodológico

Los instrumentos de recolección de datos para esta investigación serán de registro de datos acorde Manual de laboratorio de conducción de calor, artículo de investigación “Cálculo del coeficiente de reducción de ruido (NRC), de materiales, utilizando una cámara de insonorización”, manual de procedimientos analíticos y agregados de construcción de la Universidad de Piura , Documentos Técnicos cielos falsos rasos y

modulares- Chilena y Norma DIN 4102 Estándares alemanes Pruebas a resistencia al fuego.

### **3.1.8 Herramientas para el procesamiento de datos**

En el presente proyecto de investigación se usó la herramienta Prueba T para hacer la comparación de las medias tomadas.

## **3.2 PROCEDIMIENTO**

Se extrajo la muestra de totora de las orillas del Centro Poblado de Chimú, el cual esta zona se caracteriza por realizar trabajos artesanales de totora.

### **Figura 22**

*Orillas del Lago – Centro Poblado Chimú*



*Nota:* Elaboración Propia

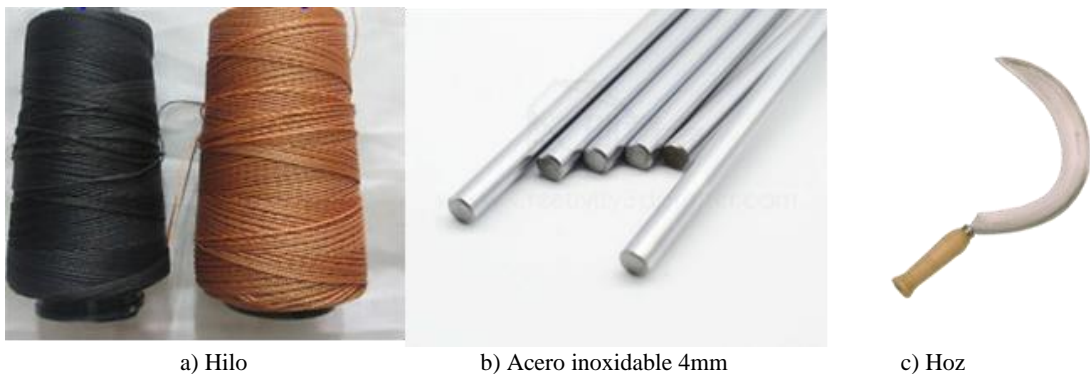
### 3.2.1 Proceso de preparación de muestras del Aislante Termoacústico

#### 3.2.1.1 Herramientas y materiales utilizados

El equipo de trabajo presenta las siguientes herramientas y materiales utilizadas para la creación del panel termoacústico de totora de Kesana, Hilada e Hicalina en las diferentes medidas de los paneles.

#### Figura 23

*Materiales utilizados para el panel de totora hilos acero inoxidable de 4mm y hoz.*



*Nota:* Elaboración Propia

#### 3.2.1.2 Proceso de elaboración

Se realizó la conformación de dos tipos de tejidos llamados en la zona como tejido a hiladas (Kesana) e hicalina; extendiendo en su parte inferior las varillas de acero como rigidizante para posteriormente proceder con el tejido de la totora.

### Figura 24

*Tejido de la totora reforzada con varillas de acero*



*Nota: Elaboración Propia*

### Figura 25

*Tejido de panel termo acústico 61x61cmx1cm Hicalina de totora*



*Nota: Elaboración Propia*



**Figura 26**

*Tejido de panel termo acústico 4 hiladas con 61x61cmx2.0cm de totora*



*Nota: Elaboración Propia*

**Figura 27**

*Tejido de panel termo acústico 2 hiladas (Kesana) de 31x31cmx2cm de totora*



*Nota: Elaboración Propia*



### 3.2.2 Ensayos en Laboratorio (Propiedades Físicas)

#### 3.2.2.1 Ensayo de Contenido de Humedad

Mediante esta prueba se establece la cantidad de agua que alberga una masa respecto a su masa seca.

$$W \% = \frac{m_h - m_s}{m_s} \times 100$$

Donde:

$W$  % : Contenido de humedad (%)

$m_h$  : masa húmeda

$m_s$  : masa seca

#### Normativa Utilizada

NTP 339.127

#### Materiales y equipos:

- Horno a  $100^{\circ} \pm 5$
- Balanza de precisión de 0.001g

#### Procedimiento de la prueba

- Colocar la muestra sobre la balanza y registrar su masa.
- Ubicar la muestra en el horno para obtener la masa seca por 24 horas a una temperatura de  $105^{\circ}\text{C} \pm 5$ .
- Retirar la muestra del horno para registrar la masa seca de la muestra.

#### 3.2.2.2 Ensayo de Densidad Relativa

Este método de ensayo determina la densidad relativa (Gravedad Especifica), la densidad relativa es una cantidad sin dimensiones, expresada como seco al horno (OD), “saturado de superficie seco”, o como densidad relativa aparente. La densidad OD relativa es determinada después del secado.



La densidad relativa SSD y absorción absorbida después del remojo en agua por una duración estimada.

$$\text{Densidad Relativa (Gravedad Especifica) (OD)} = A/(B - C)$$

$$\text{Densidad Relativa (Gravedad Especifica) (SSD)} = B/(B - C)$$

Donde:

A: Masa de muestra seca en horno de ensayo al aire (gr).

B: Masa de muestra de ensayo superficie saturada seca en el aire (gr).

C: Masa aparente de muestra saturada de ensayo en el agua (gr)

### **Normativa Utilizada**

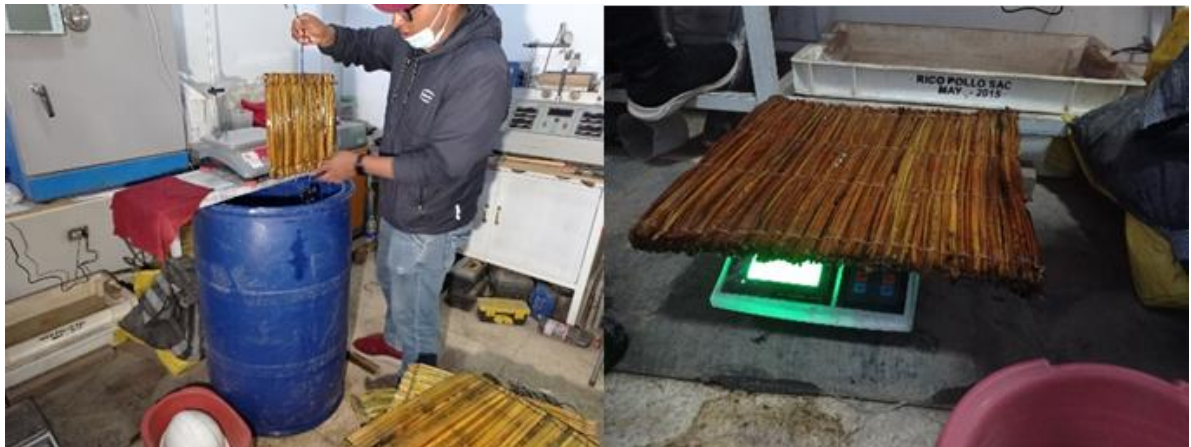
ASTM C127 – 15 / NTP 400.021

### **Materiales y Equipos:**

- Balanza de precisión de 0.001g
- Recipiente para sumergir los paneles de totora
- Contrapeso para que pueda vencer la fuerza de empuje al panel.
- Colgante para las muestras
- Tablero de soporte
- Linterna

## Figura 28

*Muestras tomadas y procedimientos del ensayo de densidad relativa*



a) Registro de peso de Paneles saturados sumergidos en agua

b) Registro de peso saturado

*Nota:* Elaboración Propia

### Procedimientos del ensayo:

- Pesar los paneles de totora secos en la balanza a temperatura ambiente.
- Pesar los paneles de totora saturados con superficie seca como se muestra en la Figura 28 b.
- Preparar un recipiente donde se tomarán las muestras de los paneles de totora sumergidos.
- Enganchar las muestras para determinar la masa aparente totalmente sumergido (en este caso se puso un contra peso para que se sumerja los paneles) como se muestra en la Figura 28 a.

### 3.2.2.3 Ensayo de Absorción

Este ensayo tiene como principal objetivo determinar el porcentaje de absorción del agua, teniendo el panel totalmente sumergido por un periodo de 7 días.

$$\text{Absorción \%} = \left( \frac{B - A}{A} \right) \times 100$$



Donde:

A: Masa de muestra seca en horno de ensayo al aire (gr).

B: Masa de muestra de ensayo superficie saturada seca en el aire (gr).

### Normativa Utilizada

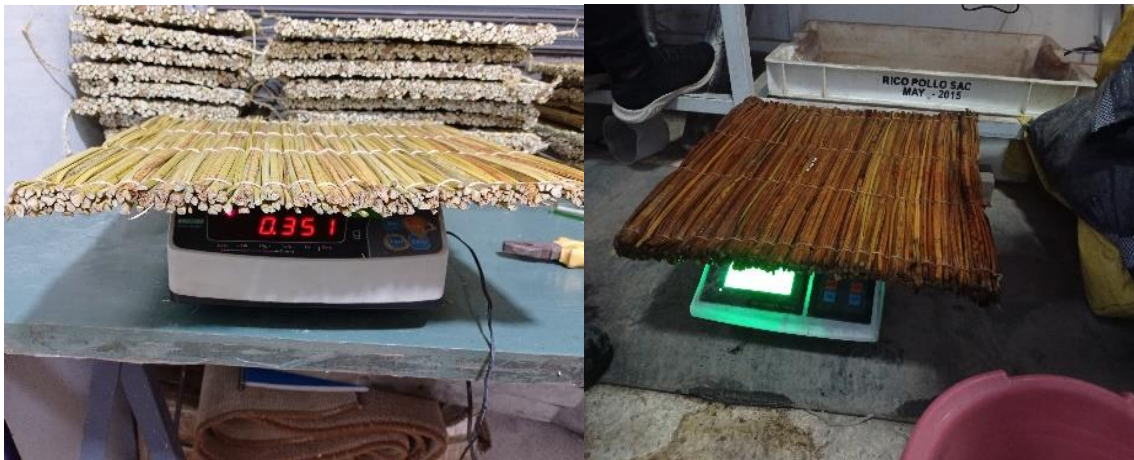
ASTM C127 – 15 / NTP 400.021

### Materiales y Equipos:

- Balanza de precisión de 0.001g.
- Recipiente para sumergir los paneles de totora.
- Horno a  $100^{\circ}\pm 5$ .
- Trapo.

### Figura 29

*Pesaje de los paneles de totora secos y saturados superficialmente seca*



a) Registro de peso de Paneles saturados sumergidos en agua.

b) Registro de peso de panel saturado por 7 días.

*Nota:* Elaboración Propia

### Procedimientos del ensayo:

- Pesar los paneles de totora secos una vez sacados del horno como se muestra en la Figura 29 a.
- Sumergir las Paneles de totora en un recipiente por 24 horas (en este caso al ser la totora altamente absorbente se sumergió por una semana).



- Secar las muestras con un trapo limpiando las películas de agua y de esta forma obtener la superficie saturada seca en el aire.
- Pesar los paneles de totora saturados superficialmente secos en la balanza como se muestra en la Figura 29b.

#### ***3.2.2.4 Ensayo de Durabilidad de la totora frente a los Hongos***

Al ser la totora un material orgánico, esta al presentarse a la humedad puede llegar a mojarse, como elemento principal del panel termoacústico en el cielo raso en un correcto proceso constructivo el crecimiento de hongos es injustificado y para ello la totora tiene que encontrarse secos (que contenga menos de 15% de humedad) por lo que se realizó el en las instalaciones de la Facultad de Ciencias Biológicas Escuela Profesional de Biología - Laboratorio de Ecología Acuática.

#### **Normativa Utilizada**

NTC 1127/ ASTM D 2017-63 UNE EN 350-1

#### **Equipos y materiales:**

- Paneles de totora
- Frascos de vidrio
- Tierra negra donde crece la totora
- Autoclave
- Balanza de precisión de 0.001g
- Microscopio
- Medio de cultivo
- Placas Petri
- Incubadora

#### **Procedimiento del ensayo**

Se realizó en dos etapas las que se menciona a continuación.



- **Obtención de muestras:** se consideró los paneles de totora como muestra representativa con espesores de 20, 15 y 21 mm, M1 (Totora sin resina) M2 (totora con resina delgada) y M3 (Totora con resina).
- **Cultivo de Hongos:** Para los paneles de totora se utilizó el hongo “*Rhizopus stolonifer*”. Hongo filamentoso que presenta esporangióforos sin ramificar (de hasta 2 mm x 20  $\mu$ m), de color pardo oscuro que nacen de un nudo de rizoides bien desarrollados. Esporangios esféricos negros (de hasta 275  $\mu$ m de diámetro) con columela. Esporangiosporas negras de 8 a 15  $\mu$ m. Abundantes rizoides y zigosporas esféricas de pared gruesa, desnuda (de hasta 200  $\mu$ m de diámetro). Clamidosporas ausentes. Colonias de crecimiento rápido de apariencia sólida, con viscoso micelio aéreo, algodonosas, en un inicio blancas, convirtiéndose en gris oscuro (micelio rojizo, grisáceo o marrón). Se identifica rápidamente por sus puntas hialinos o parduzcos, sus rizoides numerosos y pardos y sus esporangios negros y lustrosos (brillantes).

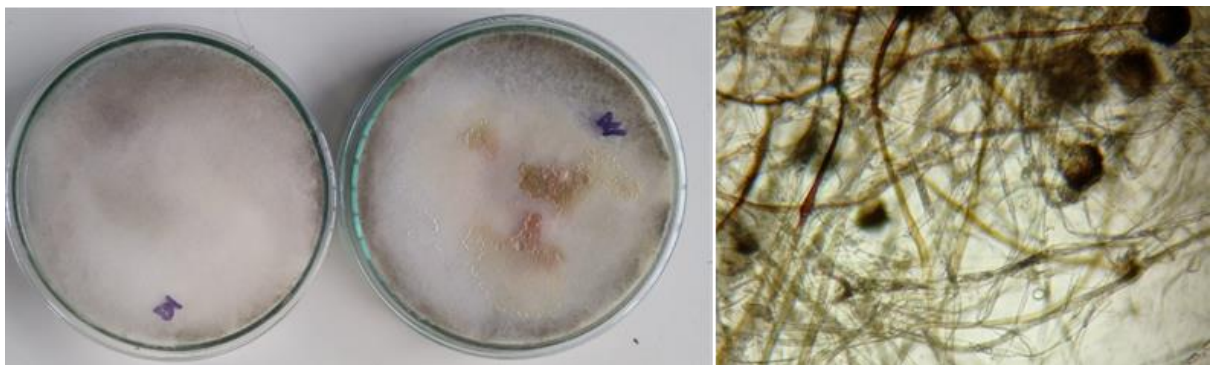
*Rhizopus stolonifer* es uno de los mucorales más usuales y posee una repartición amplia en todo el globo. Su temperatura de aumento va desde los 10°C inclusive a los 33 °C, con una temperatura óptima de 25 °C. Se ubica constantemente en suelos arenosos, en el compost, en el polvo de viviendas, en la pulpa de la madera, estiércol, panales de abejas, nidos, plumas de aves y en diferentes frutos y semillas. Las esporas de estos hongos no son abundantes en el aire libre, aunque su frecuencia aumenta en lugares donde hay humedad y se acumula vegetación muerta.

Para los medios de agar se prepararon con la fórmula que contiene la cantidad de 250 g/l de extracto de papa, 10 g/l de dextrosa, 20 g/l de Agar, el cual se mezcló con agua

destilada Erlenmeyer de 500ml, se llevó a la cocinilla eléctrica para su ebullición por un tiempo de 10 minutos, posteriormente se estampó con un pliego de craft y aluminio, para realizar la esterilización; se realizó el autoclavado por 15 minutos a 121°C, luego se realizó el plaqueado (vaciar el medio de cultivo en las placas Petri esterilizadas), para continuar con la inoculación de hongos, se extrajo con un hisopo de colonias previamente aisladas, donde se colocaron sobre el agar en las placas Petri, finalmente se conservaron las placas Petri sembradas en una incubadora a 20°C  $\pm$ 2°C durante un periodo de una semana.

### Figura 30

*Hongos cultivados Rhizopus stolonifer*



a) Cultivo de hongo *Rhizopus stolonifer*

b) Muestra con microscopio 40X aumentos

*Nota:* Cultivo de Hongos *Rhizopus stolonifer* en agar con extracto de papa y Esporangióforo con esporangio de *Rhizopus stolonifer* a 40X aumentos

#### **Periodo de Exposición.**

El tiempo de exposición de los paneles de totora fue de 8 semanas, donde cada dos semanas fueron pesados, para extraer un pedazo de los paneles para observar en un microscopio y verificar daño que ocasiona los hongos.

### Muestras de Totora observadas en el estereomicroscopio

Se hizo la observación en estereomicroscopio del ataque de los hongos a la totora, realizando un corte transversal en el punto de ataque del hongo.

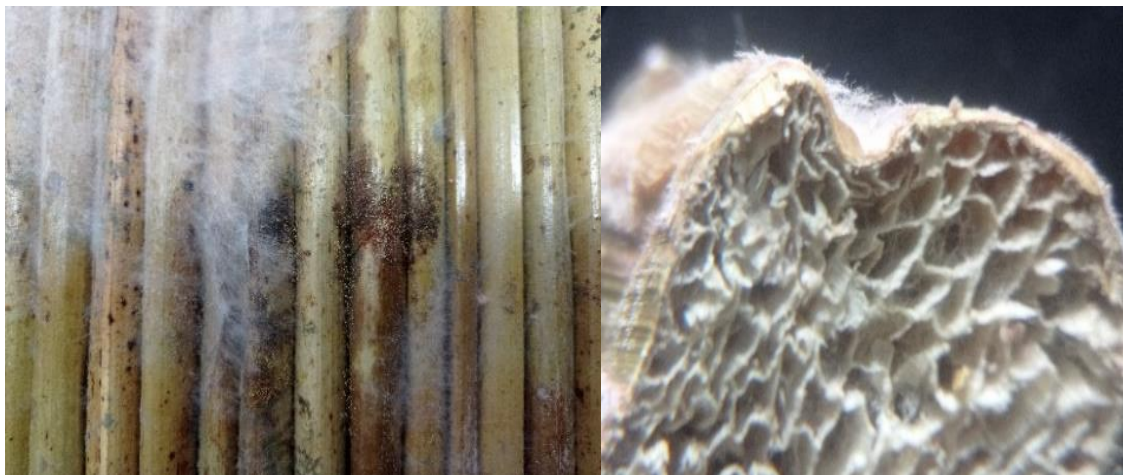
#### Figura 31

*Evaluación de los paneles expuestas al ataque de los hongos de totora, realizando un corte transversal.*



a) Crecimiento de los hongos en la M1.

b) Corte transversal de la totora (M1) con ataque de hongos 10X aumentos.



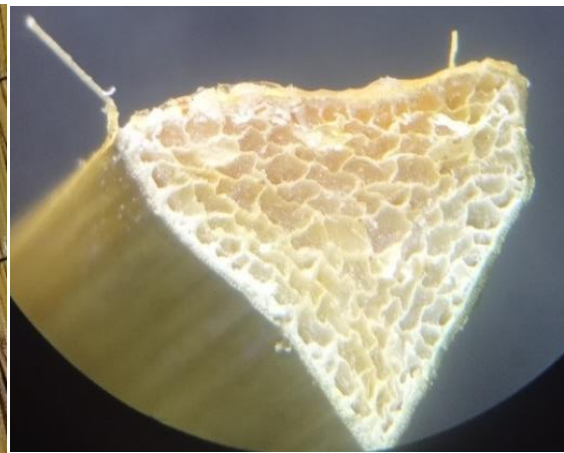
c) Totora con resina delgada M2 con ataque de hongos.

d) Corte transversal de la totora M2 con ataque de hongos con 10x aumentos.





e) Muestra M3 sin ataque de hongos después de 8 semanas.



f) Corte transversal de la totora el cual no posee hongo 10X aumentos.

*Nota:* Elaboración Propia

### 3.2.3 Ensayo de Laboratorio ante agentes externos (Comportamiento del termoacústico e impacto)

#### 3.2.3.1 Ensayo de Aislamiento Térmico

El objetivo de esta prueba es determinar el coeficiente de conductividad térmica del panel termoacústico de totora, la determinación de la constante de conductividad térmica está directamente relacionado al cálculo de flujo de calor que atraviese el panel, la diferencia de temperatura que presenta entre el espesor y las dos caras del panel. En esta prueba la cantidad de calor que atraviesa el panel se calcula por la cantidad de hielo que se derrite por el flujo que se consigue al traspasar el panel por unidad de tiempo.

Mediante la ley de Fourier se calcula el flujo de calor por unidad de tiempo a través de la siguiente ecuación.

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = K * A * \frac{T_c - T_f}{\varepsilon} \quad (1)$$

Donde:

$\Delta Q$ : Calor transferido en el intervalo de tiempo  $\Delta t$ .

$T_c$ : Porosidad másica de la muestra expresado en tanto por ciento.

$T_f$ : Porosidad másica de la muestra expresado en tanto por ciento.



A: Área Transversal.

$\varepsilon$ :Espesor de la lámina.

K: Constante de conductividad térmica.

Despejando se tiene la constante de conductividad térmica K.

$$K = \frac{\left(\frac{\Delta Q}{\Delta t}\right)\varepsilon}{A(T_c - T_f)} \quad (2)$$

La  $\Delta Q/\Delta t$  se calcula indirectamente mediante el hielo derretido en periodo de tiempo; cada parámetro de la ecuación anterior se puede calcular directamente, el grosor del panel  $\varepsilon$ , la variación de temperatura entre ambas caras del panel  $T_c - T_f$ , y el área de sección transversal del recipiente que contiene el hielo  $A = \pi r^2$ .

Teniendo en cuenta que la cantidad de calor  $\Delta Q/\Delta t$  que pasa por el panel derrite  $\Delta m/\Delta t$ (gr/s), el cual se muestra como la siguiente ecuación.

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{\Delta m}{\Delta t} L_f \quad (3)$$

Donde  $L_f$  es el coeficiente de fusión del hielo en unidades de J/gr, reemplazando (3) en la ecuación (2), se obtiene la K en función de parámetros medibles ecuación (4).

$$K = \frac{\left(\frac{\Delta m}{\Delta t}\right)L_f}{A(T_c - T_f)} \text{ Watts/m}^\circ\text{C}$$

### **Materiales y Equipos**

- Cocina y/o vaporera.
- Cronometro
- Bandeja de aluminio
- Balanza de precisión de 0.001g
- Vernier milimétrico
- Hielo rectangular o cilíndrico



- Termómetro digital

### **Numero De Muestras**

Se tomaron 5 muestras de cada tipo, espesores de paneles 10mm,15mm,20mm y 25mm.

### **Procedimientos del ensayo:**

- Ponga agua en la olla o vaporera hasta alcanzar el 60% - 80% del volumen del recipiente.
- Colocar la tapa de la olla o vaporera para que filtre solo el vapor.
- Conecte la cocina y préndalo a un nivel constante hasta que genere vapor.
- Seleccione un panel de totora, mida su espesor para colocarlo encima de la vaporera fijándolo con la bandeja de aluminio.
- Mida el área de contacto del bloque de hielo (preferiblemente cilíndrico o cubico).
- Tome lectura con el termómetro digital en la cara no expuesta del panel hasta que llegue a estabilizarse, para colocar el bloque de hielo como se muestra en la Figura 32 b.
- Lecture con el termómetro digital la temperatura del bloque de hielo hasta que indique 0°C, para iniciar el control con el cronometro.
- Cuando se tenga la temperatura de 0°C en el bloque de hielo, colocar este en la bandeja de aluminio, encima del panel, en donde el calor generado por el vapor atravesase el panel y este calor transferido a la bandeja de aluminio derrita el bloque de hielo, como se muestra en la Figura 32 a.
- Finalmente recolecte los datos de la masa de hielo derretido cada 10 minutos durante un periodo de 50 minutos, midiéndolo con la balanza y cronometro.



## Figura 32

### *Medición de la prueba térmica*



a) Colocación del bloque de hielo encima de la muestra.

b) Medida de la temperatura del hielo que este en 0°.

*Nota:* Elaboración Propia

### **3.2.3.2 Ensayo de Aislamiento Acústico**

En este ensayo se calcula la energía acústica cuando las ondas sonoras se impactan con un obstáculo (panel de totora) y gracias a ello se determina el nivel de presión sonora.

En esta prueba se tomó como referencia la lectura en el punto medio a 30cm del panel utilizando una cámara de insonorización.

#### **Equipos y Materiales**

- Cámara de Insonorización 0.45x0.45x1.00m
- Amplificador con parlantes
- Sonómetro
- Portátil emisor de ondas

#### **Procedimientos del ensayo:**

- Se preparó la cámara de insonorización para la colocación de los paneles, mediante mecanismos de sujeción, para que estos paneles quedaran firmemente en la parte superior de la cámara insonorizante.

- Se instaló el sistema de medición conformado por un amplificador, parlante, laptop como emisor de frecuencias, un sonómetro para tomar lectura y la cámara de insonorización.
- Generar ruido mediante el portátil, ondas sinusoidales con diferentes frecuencias de 250 Hz incrementando en su doble hasta llegar a 8000 Hz.
- Tomar lectura de los datos obtenidos de las ondas emitidas por el emisor de frecuencias en dB(A) con el sonómetro, el que está ubicado a 30cm del aislante(panel), así también se realizara el registro de los datos con el aislante(panel) y sin aislante.
- Se procedió a emitir el registro de 15 veces por cada tipo de frecuencia.

### Figura 33

#### *Medidas de la prueba acústica*



a) Medida de los db (decibeles)

b) Lectura con el sonómetro a las diferentes frecuencias.

*Nota:* Elaboración Propia

#### **3.2.3.3 Ensayo de Resistencia al Fuego**

Esta prueba tiene por finalidad medir y evaluar la resistencia de los paneles ante la exposición de las llamas y el calor, simulando un incendio real controlado.



Este ensayo se realiza para evaluar la resistencia al fuego de diferentes materiales, utilizados en la construcción, y en nuestro caso la resistencia de los paneles de los cielos falsos.

### **Normativa Utilizada**

ASTM E 119/ Norma DIN 4102 y

### **Materiales y Equipos**

- Pirómetro.
- Soplete universal a gas.
- Balón de gas.
- Cinta métrica.
- Reloj(cronometro).

### **Procedimientos de la prueba:**

- Preparar un área donde se realice la simulación de incendio controlado con un soplete, de preferible en un ambiente abierto para no generar gases tóxicos.
- Instalar el soplete universal al gas, a una distancia de 15cm de los paneles para la simulación de incendio.
- Con el soplete someter a fuego constante a los paneles para evaluar su resistencia al fuego.
- Con el cronometro anotar la temperatura en cada una de las caras (expuesta no expuesta) cada 10 minutos con el pirómetro.
- Se culmina la prueba al evidenciar en la cara no expuesta del panel fisuras, grietas o daños ocasionadas por el tiempo de exposición al fuego.

- Finalmente se procede a medir el radio de la cara no expuesta del panel, debido a que este es el área más propensa a caerse o ceder en los cielos falsos.

### Figura 34

*Medición del ensayo de resistencia al fuego a los paneles*



a) Aplicación de resistencia al fuego del panel de totora.

b) Aplicación de resistencia del panel revestida con yeso.

*Nota:* Elaboración Propia

#### ***3.2.3.4 Ensayo de Resistencia al impacto del cuerpo duro***

Esta prueba de resistencia al impacto del cuerpo duro resulta de la caída accidental de un objeto contra el panel.

Esta prueba realizada tiene dos referencias, seguro en su uso donde se verifica que el panel o la colocación del mismo prevenga mediante la caída de objetos, y servicial donde se verifica su funcionalidad respecto a lo previsto.

De las dos referencias se tiene según la EOTA TR 001 los siguientes parámetros:

### Figura 35

*Parámetros según EOTA TR 001 de ensayo de resistencia al impacto*

#### CIELOS RASOS

##### Seguridad en su Uso

Prueba	Impacto(Kg)	Numero de Impactos	Energia(Nm)	Criterio
Impacto al cuerpo blando	50	1	900-1200	Sin colapso ni penetraciones ni proyecciones
Impacto al cuerpo duro	1	1	10	

##### Funcionalidad

Prueba	Impacto(Kg)	Numero de Impactos	Energia(Nm)	Criterio
Impacto al cuerpo blando	50	1*/5**	700	Sin penetracion y sn degradacion
Impacto al cuerpo duro	0.5	1	5*-10**	

\*Cielo raso ,accesibilidad y mantenimiento de uso

\*\*Accesibilidad de los cielo rasos

*Nota:* Extraído y adaptado del Reporte Técnico 001 EOTA (Determination of impact resistance of panels and panel assemblies).

De los parámetros de la normativa EOTA TR 001 se realizó el ensayo de impacto de cuerpo duro donde se utilizó una billa de 1kg con una energía de 10Nm para su uso seguro, y 0.5kg con una energía de 5Nm para su funcionalidad.

Para ello se calculó la Energía con la siguiente formula:

$$E = mxgxh$$

Donde:

E: Energía de impacto (Nm)

m: Masa de billa (Kg)

h: Altura (m)

g: Gravedad (9.81m/s<sup>2</sup>)

Para el panel en estudio se obtuvo una altura de 1.02m para la billa de 1kg y 1.02 para la billa de 0.5kg.

#### Normativa Utilizada

## EOTA TR 001

### **Materiales y Equipos**

- 01 billa de diámetro de 63.5mm de acero con masa de 1.026 Kg.
- 01 billa de diámetro de 50mm de acero con masa de 0.502 Kg.
- Panel a ensayar (totora revestido con yeso)
- Cinta métrica

### **Procedimientos del ensayo**

Se ubica el panel de totora con revestimiento de yeso sobre dos puntos de apoyo de forma horizontal.

Una vez ubicado se procede a medir la altura de impacto necesario que será necesario para que la energía de impacto sea la requerida.

Se procede a ubicar la billa de acero a la altura de impacto necesario y de esta forma dejarla caer.

Finalmente se evalúa la condición del panel acorde los parámetros de la normativa.

### **Figura 36**

*Esquema y medición del ensayo de resistencia al impacto duro*



a) Medición de altura de impacto.

b) Verificación de daño generado por el impacto.

*Nota:* Elaboración Propia



## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 ENSAYOS DE CARACTERIZACIÓN FÍSICA

##### 4.1.1 Ensayo de Contenido de Humedad

Se realizó este ensayo en Laboratorio externo de mecánica de suelos concreto y asfalto EMRAHI CONTRATISTAS E.I.R.L a los diferentes paneles de totora.

**Tabla 6**

*Resultados de la prueba de Contenido de Humedad de los paneles de Totora.*

	ESPESOR /TIPO		CONTENIDO DE HUMEDAD (%)			PROMEDIO (%)
	ESPESOR (cm)	TIPO	1	2	3	
<b>M-A</b>	1.50	HILADA	12.42	11.99	9.41	<b>11.27</b>
<b>M-B</b>	1.00	HICALINA	8.20	10.40	8.79	<b>9.13</b>
<b>M-C</b>	2.50	KESANA	12.69	11.09	12.39	<b>12.06</b>
<b>M-D</b>	2.00	HILADA	8.06	7.76	8.51	<b>8.11</b>
	ESPESOR (cm)	TIPO	A	B	C	
<b>M-1</b>	2.00	KESANA	6.85	7.40	6.54	<b>6.93</b>
<b>M-2</b>	2.50	KESANA	7.90	7.75	7.04	<b>7.56</b>
<b>M-3</b>	2.00	HILADA	13.53	13.75	12.70	<b>13.33</b>
<b>M-4</b>	1.00	HICALINA	9.71	10.46	10.66	<b>10.28</b>

*Nota:* Elaboración Propia

En donde se tiene que la humedad varia de 6.93% a 13.33%, teniendo un promedio de paneles de 9.83% de todos los paneles de totora ensayados, teniendo mayor contenido de humedad la muestra M-3, sin embargo, la totora al ser un material con alta porosidad según Eduardo y Zegarra (2015) esta humedad puede variar acordela ubicación de la totora y del medio ambiente en que se encuentre.

#### 4.1.2 Ensayo de Densidad Relativa

Se realizó este ensayo en Laboratorio externo de mecánica de suelos concreto y asfalto EMRAHI CONTRATISTAS E.I.R.L a los diferentes paneles de totora.

Se consideró la densidad relativa que se utilizan en agregados gruesos según norma ASTM C127-15, para realizar el ensayo debido a que los paneles de totora son muy porosos y posibilita que el agua se infiltre en sus poros, por ende, un panel húmedo puede contemplar agua tanto en su interior como exterior.

La totora tiene una densidad de 1.528g/cm<sup>3</sup> y una porosidad de 99.957 %, Según Eduardo y Zegarra (2015).

**Tabla 7**

*Resultados del ensayo del ensayo de Densidad Relativa a los paneles de totora.*

	ESPESOR /TIPO		Densidad Relativa OD			PROM EDIO	Densidad Relativa SSD			PROMED IO
	ESPESOR (cm)	TIPO	1	2	3		1	2	3	
M-A	1.50	HILADA	0.352	0.303	0.3281	<b>0.328</b>	1.491	1.407	1.439	<b>1.446</b>
M-B	1.00	HICALINA	0.305	0.298	0.3033	<b>0.302</b>	1.296	1.287	1.284	<b>1.289</b>
M-C	2.50	KESANA	0.412	0.418	0.3700	<b>0.400</b>	1.909	1.909	1.715	<b>1.847</b>
M-D	2.00	HILADA	0.510	0.420	0.4274	<b>0.452</b>	2.309	1.963	1.966	<b>2.079</b>
	ESPESOR (cm)	TIPO	A	B	C		A	B	C	
M-1	2.00	KESANA	0.451	0.411	0.424	<b>0.429</b>	1.957	1.873	1.875	<b>1.901</b>
M-2	2.50	KESANA	0.532	0.546	0.515	<b>0.531</b>	2.124	2.194	2.047	<b>2.122</b>
M-3	2.00	HILADA	0.456	0.396	0.383	<b>0.412</b>	1.846	1.871	1.747	<b>1.821</b>
M-4	1.00	HICALINA	0.273	0.263	0.282	<b>0.273</b>	1.349	1.352	1.406	<b>1.369</b>

*Nota:* Elaboración Propia

Acorde a los resultados obtenidos en la tabla anterior se obtuvo una variación de Densidad Relativa Seca (OD) de 0.273 a 0.531 y una variación de Densidad Relativa Superficialmente Saturada de (SSD) 1.289 a 2.122, donde se puede evaluar claramente la incidencia del agua respecto a su densidad.



**Tabla 8***Resumen del ensayo de densidad relativa*

	<b>ESPESOR</b>	<b>TIPO</b>	<b>Densidad Relativa OD</b>	<b>Densidad Relativa SSD</b>
<b>M-A</b>	1.50	HILADA	<b>0.328</b>	<b>1.446</b>
<b>M-B</b>	1.00	HICALINA	<b>0.302</b>	<b>1.289</b>
<b>M-C</b>	2.50	KESANA	<b>0.400</b>	<b>1.847</b>
<b>M-D</b>	2.00	HILADA	<b>0.452</b>	<b>2.079</b>
<b>M-1</b>	2.00	KESANA	<b>0.429</b>	<b>1.901</b>
<b>M-2</b>	2.50	KESANA	<b>0.531</b>	<b>2.122</b>
<b>M-3</b>	2.00	HILADA	<b>0.412</b>	<b>1.821</b>
<b>M-4</b>	1.00	HICALINA	<b>0.273</b>	<b>1.369</b>

*Nota:* Elaboración Propia

De los resultados obtenido de la tabla 8, se tiene que la muestra del tipo M-2 tejido kesana de 2.50cm de espesor, es la que presenta mayor densidad relativa seca y superficialmente saturada, por lo que se puede evaluar que a mayor espesor del panel de totora mayor será la densidad relativa, por ende, se determina que el agua es incidente en la densidad de la totora.

#### **4.1.3 Ensayo de Absorción**

Se realizó este ensayo en el Laboratorio externo de mecánica de suelos concreto y asfalto EMRAHI CONTRATISTAS E.I.R.L a los diferentes paneles de totora.

Al ser el panel un material compuesto por totora este contempla un % alto de absorción el que se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 9**

*Resultados del ensayo de absorción a los paneles de totora.*

	ESPESOR /TIPO		ABSORCIÓN (%)			PROMEDIO
	ESPESOR (cm)	TIPO	1	2	3	
<b>M-A</b>	1.50	HILADA	323.45	365.07	338.61	<b>342.381</b>
<b>M-B</b>	1.00	HICALINA	324.39	331.37	323.43	<b>326.397</b>
<b>M-C</b>	2.50	KESANA	363.33	358.64	363.64	<b>361.871</b>
<b>M-D</b>	2.00	HILADA	352.74	367.53	360.00	<b>360.090</b>
	ESPESOR (cm)	TIPO	A	B	C	
<b>M-1</b>	2.00	KESANA	333.65	356.14	342.53	<b>344.103</b>
<b>M-2</b>	2.50	KESANA	298.86	302.20	297.59	<b>299.552</b>
<b>M-3</b>	2.00	HILADA	304.77	372.86	355.73	<b>344.452</b>
<b>M-4</b>	1.00	HICALINA	393.25	413.66	397.96	<b>401.622</b>

*Nota:* Elaboración Propia

#### 4.1.4 Ensayo de Durabilidad a los hongos

El hongo utilizado en esta ocasión fue el “*Rhizopus stolonifer*” para esta prueba.

**Tabla 10**

*Datos de los paneles de totora ensayados a la durabilidad a los hongos*

MUESTR A DE TOTORA	TIEMPO						
	00 semana	02 semana	Pérdida de Peso en Porcentaj e	04 semana	Pérdida de Peso en Porcentaj e	08 semana	Pérdida de Peso en Porcentaj e
	15/02/202	22/02/202		04/03/202		16/03/202	
	2	2		2		2	
M1	387gr	372g	3.876 %	356g	4.301 %	327g	8.146 %
M2	383g	377g	1.567 %	366g	2.918 %	348g	4.918 %
M3	622g	554	10.932 %	535g	3.430 %	534g	0.187 %

*Nota:* Elaboración Propia

En la tabla 10 se registra la pérdida de peso de los paneles una vez colocado el hongo una vez transcurrido las semanas, donde se muestra que a los paneles de totora en



08 semanas pierde a lo más 8.146%, para el panel revestido con una capa de barniz pierde 4.918% y para un panel revestido con dos capas de barniz pierde 0.187% de su peso.

**Tabla 11**

*Resultados de los paneles de totora ensayados a los hongos*

TIEMPO	Muestra totora	Pérdida de peso en porcentaje
02 semana	M1	3.876 %
	M2	1.567 %
	M3	10.932 %
04 semana	M1	4.301 %
	M2	2.918 %
	M3	3.430 %
08 semana	M1	8.146 %
	M2	4.918 %
	M3	0.187 %
PROMEDIO	M1	5.441 %
	M2	3.134 %
	M3	4.850 %

*Nota:* Elaboración Propia

Acorde a los resultados en la tabla 11 se evalúa que la totora simple y con capas de barniz presentan un porcentaje menor del 10% de pérdida de su peso.

**Tabla 12**

*Parámetros de la prueba de durabilidad a los hongos*

<b>Perdida Promedio de Masa (%)</b>	<b>Durabilidad Natural</b>
0 – 10	Altamente resistente
11 – 24	Resistente
25 – 44	Moderadamente resistente
45 ó más	Poco resistente

*Nota:* Norma ICONTEC NTC 112794. (12)

**Tabla 13**

*Resultado De Durabilidad Del Panel De Totora A Los Hongos*

<b>MATERIAL</b>	<b>ÍNDICE DE DURABILIDAD NATURAL</b>
M1= TOTORA SIN RESINA	Altamente resistente
M2= TOTORA CON RESINA DELGADA	Altamente resistente
M3= TOTORA CON RESINA GRUESA	Altamente resistente

*Nota:* Elaboración Propia

En la tabla 12 se tiene los parámetros respecto a la durabilidad de los hongos donde acorde nuestros resultados tabla 11, los paneles evaluados presentan una pérdida de peso% menor al 6% categorizando su Durabilidad natural como Altamente Resistente como se muestra en la tabla 13.

## 4.2 ENSAYOS ANTE AGENTES EXTERNOS

### 4.2.1 Ensayo de Aislamiento Acústico

**Tabla 14**

*Datos obtenidos en decibeles al panel de totora*

	TIPO ESPESOR	MUESTRA	FRECUENCIA Hz					
			250	500	1000	2000	4000	8000
PANELES DE TOTORA	KESA NA 2.5CM	T-A1	37.1	37.5	35.08	41.2	40.46	32.74
		T-A2	34.16	34.21	36.27	39.55	43.71	30.12
		T-A3	32.35	30.6	37.45	45.92	39.59	32.6
		<b>PROMEDIO</b>	<b>34.537</b>	<b>34.103</b>	<b>36.267</b>	<b>42.223</b>	<b>41.253</b>	<b>31.820</b>
	KESA NA 2.0CM	T-B1	36.8	36.9	35.76	42.07	43.31	33.47
		T-B2	35.56	36.23	35.62	44.04	46.77	31.92
		T-B3	36.8	38.14	37.55	43.39	43.45	32.64
		<b>PROMEDIO</b>	<b>36.387</b>	<b>37.090</b>	<b>36.310</b>	<b>43.167</b>	<b>44.510</b>	<b>32.677</b>
	HILA DA 2.0CM	T-C1	33.84	38.68	36.69	46.23	41.31	31.21
		T-C2	33.77	37.92	35.585	42.11	41.87	56.64
		T-C3	33.34	38.18	36.19	45.73	40.81	30.71
		<b>PROMEDIO</b>	<b>33.650</b>	<b>38.260</b>	<b>36.155</b>	<b>44.690</b>	<b>41.330</b>	<b>39.520</b>
	HILA DA 1.5CM	T-D1	35.01	36.6	39.28	51.39	46.67	30.58
		T-D2	36.38	36.23	44.21	50.41	41.07	33.85
		T-D3	34.5	35.65	39.84	50.41	44.82	30.58
<b>PROMEDIO</b>		<b>35.297</b>	<b>36.160</b>	<b>41.110</b>	<b>50.737</b>	<b>44.187</b>	<b>31.670</b>	
HICA LINA 1.0CM	T-E1	35.2	36.75	40.73	51.7	47.1	31.53	
	T-E2	35.52	36.9	44.25	50.36	44.74	29.74	
	T-E3	32.85	37.28	40.38	50.51	46.45	30.14	
	<b>PROMEDIO</b>	<b>34.523</b>	<b>36.977</b>	<b>41.787</b>	<b>50.857</b>	<b>46.097</b>	<b>30.470</b>	

*Nota:* Elaboración Propia

En la tabla 14 se tiene el promedio de los datos obtenidos en las diferentes frecuencias, mostrando que la lectura de db (decibeles) en la frecuencia de 8000 Hz disminuye comparada a las demás frecuencias.

**Tabla 15**

*Datos obtenidos en decibeles al panel de totora revestida con yeso*

	TIPO ESPESOR	MUESTRA	FRECUENCIA Hz					
			250	500	1000	2000	4000	8000
PANELES DE TOTORA REVESTIDAS CON YESO	KESANA	M-A1	35.7	37.64	33.9	42.38	43.44	32.84
	2.5CM	M-A2	39.67	40.61	32.89	36.35	40.03	32.49
	YESO	M-A3	39.25	39.89	32.47	40.21	39.57	33.65
		<b>PROMEDIO</b>	<b>38.207</b>	<b>39.380</b>	<b>33.087</b>	<b>39.647</b>	<b>41.013</b>	<b>32.993</b>
	KESANA	M-B1	38.09	40.89	34.55	43.23	44.99	35.49
	2.0CM	M-B2	38.47	41.03	34.66	42.73	45.19	35.69
	YESO	M-B3	37.59	40.39	34.05	42.73	44.49	34.99
	0.5CM	<b>PROMEDIO</b>	<b>38.050</b>	<b>40.770</b>	<b>34.420</b>	<b>42.897</b>	<b>44.890</b>	<b>35.390</b>
	HILADA	M-C1	39.25	39.89	32.47	40.21	39.57	33.65
	2.0CM	M-C2	39.41	40.14	32.78	40.33	39.77	33.85
	YESO	M-C3	38.75	39.39	31.97	39.71	39.07	33.15
	0.5CM	<b>PROMEDIO</b>	<b>39.137</b>	<b>39.807</b>	<b>32.407</b>	<b>40.083</b>	<b>39.470</b>	<b>33.550</b>
	HILADA	M-D1	39.81	40.57	34.45	42.31	43.31	33.65
	1.5CM	M-D2	39.6	40.76	34.53	41.85	43.51	33.85
	YESO	M-D3	39.31	40.07	33.95	41.81	42.81	33.15
	0.5CM	<b>PROMEDIO</b>	<b>39.573</b>	<b>40.467</b>	<b>34.310</b>	<b>41.990</b>	<b>43.210</b>	<b>33.550</b>
	HICALINA	M-E1	39.45	40.09	32.63	44.35	36.87	32.61
	1.0CM	M-E2	39.36	40.34	32.86	43.63	37.07	32.81
	YESO	M-E3	38.95	39.59	32.13	43.85	36.37	32.11
	1.0CM	<b>PROMEDIO</b>	<b>39.253</b>	<b>40.007</b>	<b>32.540</b>	<b>43.943</b>	<b>36.770</b>	<b>32.510</b>

*Nota:* Elaboración Propia

En la tabla 15 se tiene el promedio de los datos obtenidos en las diferentes frecuencias, mostrando que la lectura de db (decibeles) en la frecuencia de 8000 Hz disminuye comparada a las demás frecuencias.

Una vez procesados los datos se calculó el STL (Perdida de transmisión de sonido) en dB (A) para determinar su STC (Coeficiente de transmisión de sonido).

**Tabla 16**

*Calculo del STC en dB (A) del panel de totora*

<b>COEFICIENTE DE TRANSMISIÓN DE SONIDO(STC) en dB (A)</b>					
<b>PERDIDA DE TRANSMISIÓN DE SONIDO (STL) EN CADA MATERIAL</b>					
<b>FRECUENCIA(Hz)</b>	<b>PANEL DE TOTORA (dB)</b>				
	<b>KESANA 2.5CM</b>	<b>KESANA 2.0CM</b>	<b>HILADA 2.0CM</b>	<b>HILADA 1.5CM</b>	<b>HICALINA 1.0CM</b>
<b>250</b>	12.76	10.91	13.65	12.00	12.78
<b>500</b>	6.90	3.91	2.74	4.84	4.02
<b>1000</b>	14.44	14.40	14.56	9.60	8.92
<b>2000</b>	36.12	35.17	33.65	27.60	27.48
<b>4000</b>	34.31	31.05	34.23	31.37	29.46
<b>8000</b>	19.63	18.77	32.840	19.78	20.98
<b>STC</b>	<b>20.69</b>	<b>19.04</b>	<b>21.94</b>	<b>17.53</b>	<b>17.28</b>

*Nota:* Elaboración Propia

**Tabla 17**

*Calculo del STC en dB (A) del panel de totora revestida con yeso*

<b>COEFICIENTE DE TRANSMISIÓN DE SONIDO(STC) en dB (A)</b>					
<b>PERDIDA DE TRANSMISIÓN DE SONIDO EN CADA MATERIAL</b>					
<b>FRECUENCIA(Hz)</b>	<b>PANEL DE TOTORA CON REVESTIMIENTO (dB)</b>				
	<b>KESANA 2.5CM</b>	<b>KESANA 2.0CM</b>	<b>HILADA 2.0CM</b>	<b>HILADA 1.5CM</b>	<b>HICALINA 1.0CM</b>
	<b>YESO 0.5CM</b>	<b>YESO 0.5CM</b>	<b>YESO 0.5CM</b>	<b>YESO 1.0CM</b>	<b>YESO 1.0CM</b>
<b>250</b>	36.563	36.720	35.633	35.197	35.517
<b>500</b>	21.127	19.737	20.700	20.040	20.500
<b>1000</b>	37.153	35.820	37.833	35.930	37.700
<b>2000</b>	45.403	42.153	44.967	43.060	41.107
<b>4000</b>	33.017	29.140	34.560	30.820	37.260
<b>8000</b>	45.167	42.770	44.610	44.610	45.650
<b>STC</b>	<b>36.41</b>	<b>34.39</b>	<b>36.38</b>	<b>34.94</b>	<b>36.29</b>

*Nota:* Elaboración Propia

En la tabla 16 y 17 se tiene como resultado la Perdida de Transmisión de Sonido (STL) generado de la diferencia de la caja acústica sin aislante y con aislantes (panel de totora), para obtener el promedio en sus diferentes frecuencias y determinar su



Coeficiente de Transmisión de Sonidos (STC) de los paneles de totora, donde los paneles con revestimiento contemplan mayor pérdida de transmisión de sonido que los paneles de totora, esto debido a las propiedades acústicas del yeso.

**Tabla 18**

*Calculo del (NRC) en % del panel de totora*

<b>COEFICIENTE DE REDUCCION DE SONIDO(NRC)</b>					
<b>COEFICIENTE DE ABSORCION DE SONIDO (SAC) %</b>					
<b>FRECUENCIA(Hz)</b>	<b>PANEL DE TOTORA</b>				
	<b>KESANA</b>	<b>KESANA</b>	<b>HILADA</b>	<b>HILADA</b>	<b>HICALINA</b>
	<b>2.5CM</b>	<b>2.0CM</b>	<b>2.0CM</b>	<b>1.5CM</b>	<b>1.0CM</b>
<b>250</b>	0.27	0.23	0.29	0.25	0.27
<b>500</b>	0.17	0.10	0.07	0.12	0.10
<b>1000</b>	0.28	0.28	0.29	0.19	0.18
<b>2000</b>	0.46	0.45	0.43	0.35	0.35
<b>4000</b>	0.45	0.41	0.45	0.42	0.39
<b>8000</b>	0.38	0.36	0.64	0.38	0.41
<b>NRC</b>	<b>0.34</b>	<b>0.31</b>	<b>0.36</b>	<b>0.29</b>	<b>0.28</b>

*Nota:* Elaboración Propia

En la tabla 18 según los resultados que muestra el panel de totora que más Coeficiente de Reducción de Sonido (NRC) tiene es el panel de tejido hilada de espesor 2.0cm.

Siendo el más eficiente entre los demás tipos de paneles con sus diferentes espesores, teniendo de esta forma el espesor adecuado para módulos de cielo falso.





**Tabla 19**

*Calculo del (NRC) en % del panel de totora con revestimiento de yeso*

<b>COEFICIENTE DE REDUCCION DE SONIDO(NRC)</b>					
<b>COEFICIENTE DE ABSORCION DE SONIDO (SAC) %</b>					
<b>PANEL DE TOTORA CON REVESTIMIENTO</b>					
<b>FRECUENCIA(Hz)</b>	<b>KESANA</b>	<b>KESANA</b>	<b>HILADA</b>	<b>HILADA</b>	<b>HICALINA</b>
	<b>2.5CM</b>	<b>2.0CM</b>	<b>2.0CM</b>	<b>1.5CM</b>	<b>1.0CM</b>
	<b>YESO</b>	<b>YESO</b>	<b>YESO</b>	<b>YESO</b>	<b>YESO</b>
	<b>0.5CM</b>	<b>0.5CM</b>	<b>0.5CM</b>	<b>0.5CM</b>	<b>1.0CM</b>
<b>250</b>	0.49	0.49	0.48	0.47	0.48
<b>500</b>	0.35	0.33	0.34	0.33	0.34
<b>1000</b>	0.53	0.51	0.54	0.51	0.54
<b>2000</b>	0.53	0.50	0.53	0.51	0.48
<b>4000</b>	0.45	0.39	0.47	0.42	0.50
<b>8000</b>	0.58	0.55	0.57	0.57	0.58
<b>NRC</b>	<b>0.49</b>	<b>0.46</b>	<b>0.49</b>	<b>0.47</b>	<b>0.49</b>

*Nota: Elaboración Propia*

En la tabla 19 según los resultados que muestra el panel de totora revestido con yeso se tiene valores similares con Coeficiente de Reducción de Sonido (NRC), esto debido a que el yeso es un buen aislador acústico, teniendo los valores más altos la kesana de espesor 2.5cm con 0.5cm de yeso, hilada de 2.0cm revestida con 0.5cm de yeso e hicalina de espesor 1.0cm con 1.0cm de yeso.

Teniendo como índices de Reducción de Sonido de los diferentes paneles de totora y revestido con yeso, las que se muestran en la siguiente tabla.

### Tabla 20

*Resumen de Coeficientes de Aislamiento acústico Reducción de Sonido (NRC) Panel de totora con revestimiento de yeso*

MATERIAL	STC	NRC
KESANA 2.5CM	20.69	0.34
KESANA 2.0CM	19.04	0.31
HILADA 2.0CM	21.94	0.36
HILADA 1.5CM	17.53	0.29
HICALINA 1.0CM	17.28	0.28
KESANA 2.5CM YESO 0.5CM	36.41	0.49
KESANA 2.5CM YESO 0.5CM	34.39	0.46
HILADA 2.0CM YESO 0.5CM	36.38	0.49
HILADA 1.5CM YESO 0.5CM	34.94	0.47
HICALINA 1.0CM YESO 1.0CM	36.29	0.49

*Nota:* Elaboración Propia

Donde el panel de totora con espesor de 0.20cm tipo de tejido hilada presenta un NRC = 0.36, siendo este el más altos en los paneles de totora, absorbiendo el ruido en



36% y reflejando el 64%, siendo un buen aislante acústico, pero no tan bueno como absorbente acústico.

Con los resultados obtenidos en los paneles revestidas con yeso presentan una mayor reducción de sonido frente los paneles de totora alcanzando una reducción de sonido entre 0.46 - 0.49, siendo estos valores similares a los que se encuentran en el mercado de paneles termoacústico en los cielos rasos, y superiores a los que se encuentran en viviendas rurales en la ciudad de Puno, por ende el panel más eficiente tanto en espesor y capacidad de reducción de sonido es el Panel de totora tipo hilada de 2.0cm de espesor revestida con 0.5cm de yeso por una cara.

#### **4.2.2 Ensayo de Aislamiento Térmico**

Este ensayo se realizó en el Laboratorio externo de mecánica de suelos concreto y asfalto EMRAHI CONTRATISTAS E.I.R.L a los diferentes paneles de totora, así también a estos paneles de totora se revistió con yeso con espesores de 0.5cm y 1.0cm, para evaluar su comportamiento de la conductividad térmica debido a que el yeso es un buen aislante térmico, y por ende sería un mejor aislante térmico.

Se obtuvo los siguientes resultados que se hizo al panel de totora y a panel de totora revestida con yeso, las que se muestra a continuación en las siguientes tablas.

Se aclara que el aislamiento térmico y la conductividad térmica son inversamente proporcional, esto quiere decir que para que un se considere un buen aislante térmico tiene que tener una baja conductividad térmica.



**Tabla 21**

*Resultados del coeficiente de conductividad térmica realizada a los diferentes paneles.*

TIPO-ESPEJOR	MUESTRA	Conductividad Térmica (W/m°C)	Conductividad Térmica (W/m°K)
KESANA 2.5CM	1	0.263	0.065
	2	0.266	0.065
	3	0.272	0.067
	<b>PROMEDIO</b>	<b>0.267</b>	<b>0.066</b>
KESANA 2.0CM	1	0.309	0.076
	2	0.275	0.068
	3	0.258	0.065
	<b>PROMEDIO</b>	<b>0.281</b>	<b>0.070</b>
HILADAS 2.0CM	1	<b>0.254</b>	<b>0.062</b>
	2	<b>0.244</b>	<b>0.060</b>
	3	0.272	0.061
	<b>PROMEDIO</b>	<b>0.257</b>	<b>0.061</b>
HILADAS 1.5CM	1	0.267	0.066
	2	0.252	0.062
	3	0.271	0.067
	<b>PROMEDIO</b>	<b>0.263</b>	<b>0.065</b>
HICALINA 1.0CM	1	0.301	0.074
	2	0.276	0.068
	3	0.334	0.085
	<b>PROMEDIO</b>	<b>0.303</b>	<b>0.076</b>
KESANA 2.5CM + 0.5CM YESO	1	0.254	0.062
	2	0.249	0.061
	3	0.250	0.061
	<b>PROMEDIO</b>	<b>0.251</b>	<b>0.062</b>
KESANA 2.0CM + 0.5CM YESO	1	0.235	0.058
	2	0.246	0.051
	3	0.285	0.070
	<b>PROMEDIO</b>	<b>0.255</b>	<b>0.060</b>
HILADAS 2.0CM +0.5CM YESO	1	0.212	0.052
	2	0.206	0.051
	3	0.232	0.057
	<b>PROMEDIO</b>	<b>0.217</b>	<b>0.053</b>
HILADAS 1.5CM +1CM YESO	1	0.238	0.058
	2	0.247	0.061
	3	0.244	0.060
	<b>PROMEDIO</b>	<b>0.243</b>	<b>0.060</b>
HICALINA 1.0CM + 1.0CM YESO	1	0.279	0.069
	2	0.268	0.066
	3	0.298	0.073
	<b>PROMEDIO</b>	<b>0.281</b>	<b>0.069</b>

*Nota: Elaboración Propia*

**Tabla 22***Resultados de conductividad térmica de los paneles por tipo y espesor en (W/m°K)*

TIPO-ESPEJOR	Conductividad	Conductividad
	Térmica (W/m°C)	Térmica (W/m°K)
KESANA 2.5CM	0.267	0.066
KESANA 2.0CM	0.281	0.070
HILADAS 2.0CM	0.257	0.061
HILADAS 1.5CM	0.263	0.065
HICALINA 1.0CM	0.303	0.076
KESANA 2.5CM + 0.5CM YESO	0.251	0.062
KESANA 2.0CM + 0.5CM YESO	0.255	0.060
HILADAS 2.0CM +0.5CM YESO	0.217	0.053
HILADAS 1.5CM +1CM YESO	0.243	0.060
HICALINA 1.0CM + 1.0CM YESO	0.281	0.069

*Nota:* Elaboración Propia

En los resultados obtenidos se tiene que los paneles de totora y paneles revestidos con yeso presentan buen comportamiento como aislantes térmicos, así también se tiene que los paneles revestidos con yeso presentan un mejor comportamiento debido a las propiedades térmicas que tiene el yeso, siendo el panel de totora tejido hilada de 2.0cm revestida con 0.5cm de la que tiene mejor conductividad térmica con 0.053 W/m°K.

#### **4.2.3 Ensayo de Resistencia al Fuego**

Las muestras para este ensayo fueron 10, para cada tipo de propuestas de paneles con totora y revestidas con yeso, donde se obtuvieron los siguientes resultados.

#### 4.2.3.1 Paneles de totora

**Tabla 23**

*Resistencia al fuego del panel de totora espesor 2.5cm tipo Kesana.*

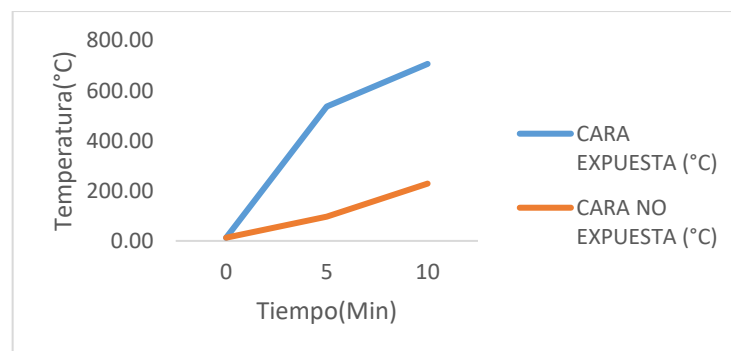
TIEMPO (Min)	TEMPERATURA	
	CARA EXPUESTA	CARA NO EXPUESTA
	(°C)	(°C)
0	12.38	12.77
5	536.67	96.33
10	706.33	228.67
<b>RADIO DE QUEMADURA(cm)</b>		6.35

*Nota:* Elaboración Propia

El panel de totora espesor 2.5cm tipo Kesana solo tiene una resistencia al fuego de 10 minutos, siendo este no apto según normativa Norma Técnica DIN 4102, que nos indica que deben de resistir al menos una hora.

**Figura 37**

*Tiempo de duración de las caras del panel totora espesor 2.5cm tipo Kesana.*



*Nota:* La cara expuesta no diferencia tanto de la cara no expuesta por la poca resistencia de la totora al fuego.

**Tabla 24**

*Resistencia al fuego del panel de totora espesor 2.0cm tipo Kesana.*

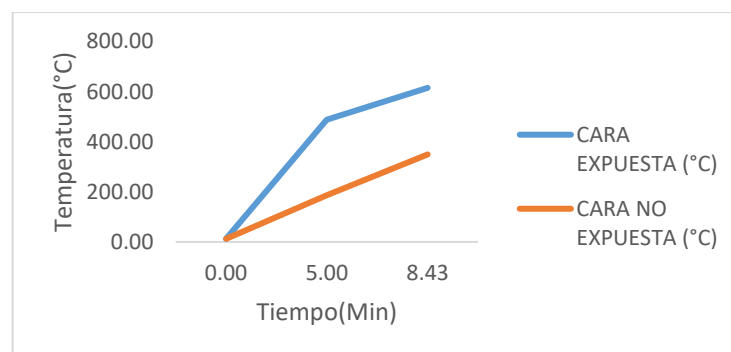
TIEMPO (Min)	TEMPERATURA	
	CARA EXPUESTA	CARA NO EXPUESTA
	(°C)	(°C)
0.00	12.67	12.33
5.00	487.00	186.00
8.43	614.67	349.00
<b>RADIO DE QUEMADURA(cm)</b>		6.46

*Nota:* La cara expuesta no diferencia tanto de la cara no expuesta por la poca duración de la totora al fuego.

El panel de totora espesor 2.0cm tipo Kesana solo tiene una resistencia al fuego de menor de 10 minutos, siendo este no apto según normativa Norma Técnica DIN 4102, que nos indica que deben de resistir al menos una hora.

**Figura 38**

*Tiempo de duración de las caras del panel totora espesor 2.0cm tipo Kesana.*



*Nota:* La cara expuesta no diferencia tanto de la cara no expuesta por la poca duración de la totora al fuego.

**Tabla 25**

*Resistencia al fuego del panel de totora espesor 2.0cm tipo Hilada.*

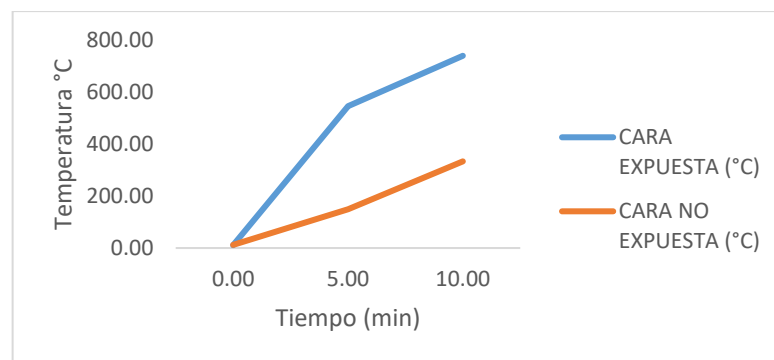
TIEMPO (Min)	TEMPERATURA	
	CARA EXPUESTA	CARA NO EXPUESTA
	(°C)	(°C)
0.0	10.5	11.2
5.0	561.0	155.7
10.0	745.3	352.3
<b>RADIO DE QUEMADURA (CM)</b>		8.58

*Nota:* Elaboración Propia

El panel de totora espesor 2.0cm tipo Hilada. solo tiene una resistencia al fuego de menor de 10 minutos, siendo este no apto según normativa Norma Técnica DIN 4102, que nos indica que deben de resistir al menos una hora.

**Figura 39**

*Tiempo de duración de las caras del panel totora espesor 2.0 cm tipo Hilada.*



*Nota:* La cara expuesta no diferencia tanto de la cara no expuesta por la poca duración de la totora al fuego.



**Tabla 26**

*Resistencia al fuego del panel de totora espesor 1.5cm tipo Hilada.*

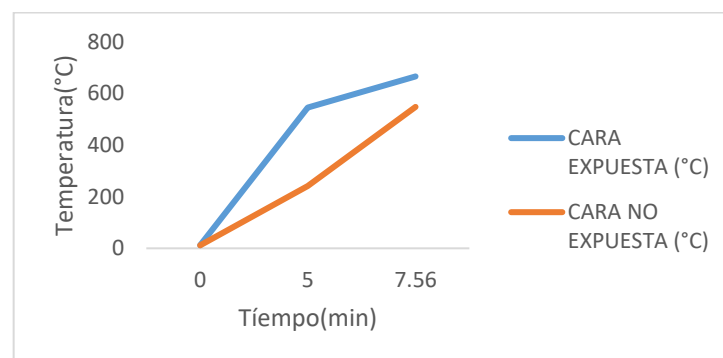
TIEMPO (Min)	TEMPERATURA	
	CARA EXPUESTA	CARA NO EXPUESTA
	(°C)	(°C)
0	12	11.6
5	545	242
7.56	666	548
<b>RADIO DE QUEMADURA(cm)</b>	<b>8.5</b>	

*Nota:* Elaboración Propia

El panel de totora espesor 1.5cm tipo Hilada solo tiene una resistencia al fuego de menor de 10 minutos, siendo este no apto según normativa Norma Técnica DIN 4102, que nos indica que deben de resistir al menos una hora.

**Figura 40**

*Tiempo de duración de las caras del panel totora espesor 1.5cm tipo Hilada.*



*Nota:* La cara expuesta no diferencia tanto de la cara no expuesta por la poca duración de la totora al fuego.

**Tabla 27**

*Resistencia al fuego del panel de totora espesor 1.0cm tipo Hicalina.*

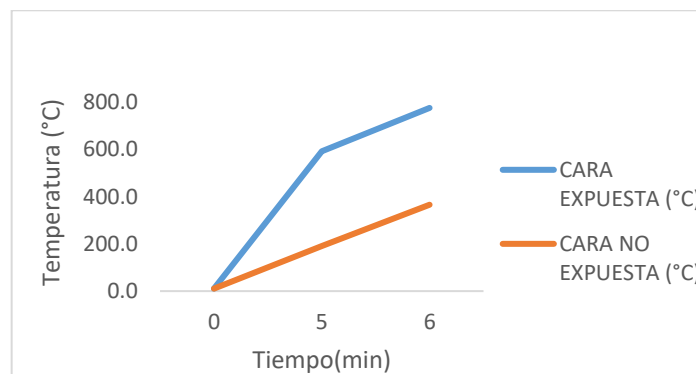
TIEMPO (Min)	TEMPERATURA	
	CARA EXPUESTA (°C)	CARA NO EXPUESTA (°C)
0	10.7	10.7
5	591.7	190.3
6	775.5	365.7
<b>RADIO DE QUEMADURA(cm)</b>		<b>7.77</b>

*Nota:* Elaboración Propia

El panel de totora espesor 1.0cm tipo Hicalina. solo tiene una resistencia al fuego de menor de 10 minutos, siendo este no apto según normativa Norma Técnica DIN 4102, que nos indica que deben de resistir al menos una hora.

**Figura 41**

*Tiempo de duración de las caras del panel totora espesor 1.0cm tipo Hicalina.*



*Nota:* La cara expuesta no diferencia tanto de la cara no expuesta por la poca duración de la totora al fuego.

Los paneles de totora no tienen buena resistencia al fuego, debido a que la totora es inflamable por su composición porosa, resistiendo menos de 10 minutos al ser expuesta al fuego constante.

#### 4.2.3.2 Paneles de totora revestidas con yeso

A continuación, se presenta los resultados promedios de los paneles de totora revestida con yeso de 0.5cm y 1.0cm.

**Tabla 28**

*Resistencia al fuego del panel de totora espesor 2.5cm tipo Kesana y yeso 0.5cm*

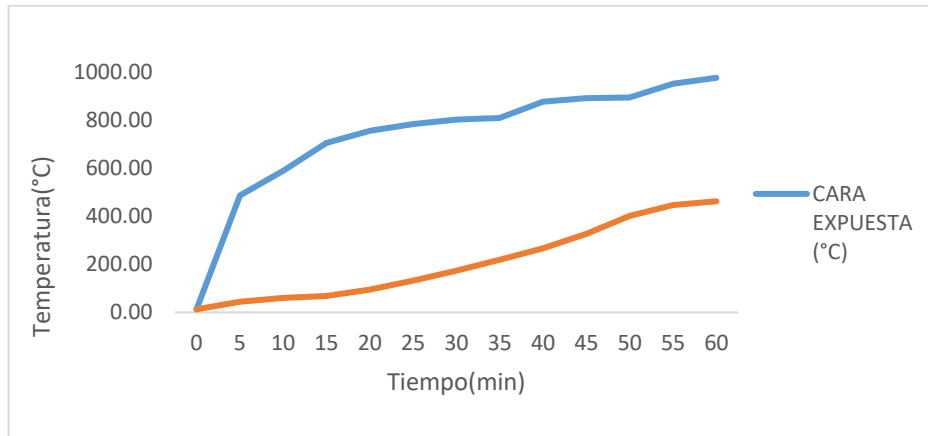
TIEMPO (Min)	TEMPERATURA	
	CARA EXPUESTA (°C)	CARA NO EXPUESTA (°C)
0	12.68	12.67
5	485.98	44.70
10	588.97	60.61
15	704.83	68.66
20	755.25	94.41
25	784.22	131.95
30	802.45	173.79
35	808.89	218.85
40	876.48	267.13
45	891.50	326.13
50	894.00	401.23
55	951.13	446.28
60	976.15	462.37
	RADIO DE QUEMADURA(cm)	7.60

*Nota:* Elaboración Propia

En la tabla 28 el panel de totora espesor 2.5cm tipo Kesana, con revestimiento de yeso en una cara de 0.5cm. presenta una duración de una hora (momento donde se presenta fisuras y desprendimientos en la cara no expuesta) con una temperatura de 462.37°C en la cara no expuesta y 976.15°C en la cara expuesta, con lo que cumple los requerimientos de normativa, siendo este óptimo para los cielos falsos.

**Figura 42**

*Tiempo de duración de las caras del panel totora espesor 2.5cm tipo Kesana y 0.5cm de yeso en una cara.*



*Nota:* La cara expuesta difiere más de la no expuesta debido a la resistencia al fuego que añade el yeso al panel de totora.

**Tabla 29**

*Resistencia al fuego del panel de totora espesor 2.0cm tipo Kesana y 0.5cm yeso*

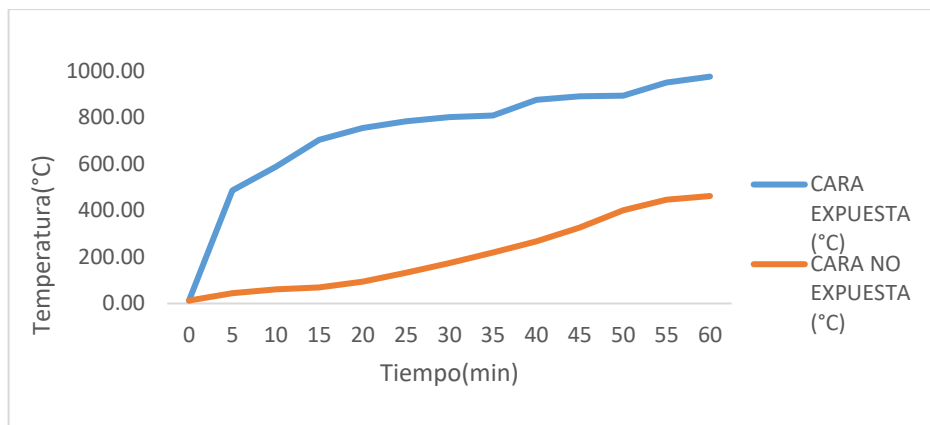
TIEMPO (Min)	TEMPERATURA	
	CARA EXPUESTA (°C)	CARA NO EXPUESTA (°C)
0	11.58	13.59
5	456.02	52.35
10	552.66	56.88
15	661.38	64.43
20	708.69	88.59
25	735.87	123.82
30	752.99	163.08
35	759.03	205.36
40	822.45	250.66
45	836.54	306.03
50	847.61	376.49
55	903.99	418.77
60	927.27	445.13
RADIO DE QUEMADURA (cm)		8.08

*Nota:* Elaboración Propia

En la tabla 29 el panel de totora espesor 2.0cm tipo Kesana, con revestimiento de yeso en una cara de 0.5cm. presenta una duración de una hora (momento donde se presenta fisuras y desprendimientos en la cara no expuesta) con una temperatura de 445.13°C, en la cara no expuesta y 927.27°C en la cara expuesta, con lo que cumple los requerimientos de normativa, siendo este óptimo para cielo falsos.

### Figura 43

*Tiempo de duración de las caras del panel totora espesor 2.0cm tipo Kesana y 0.5cm de yeso en una cara.*



*Nota:* La cara expuesta difiere más de la no expuesta debido a la resistencia al fuego que añade el yeso al panel de totora.

**Tabla 30***Resistencia al fuego del panel de totora espesor 2.0cm tipo Hilada y 0.5cm de yeso*

TIEMPO (Min)	TEMPERATURA	
	CARA EXPUESTA	CARA NO EXPUESTA
	(°C)	(°C)
0	12.35	12.35
5	451.96	48.00
10	547.74	57.02
15	655.49	63.85
20	702.38	87.80
25	729.32	122.72
30	746.28	161.63
35	752.27	203.53
40	815.12	248.43
45	844.33	303.30
50	861.22	373.14
55	896.67	415.04
60	903.33	458.67
RADIO DE QUEMADURA(cm)		6.43

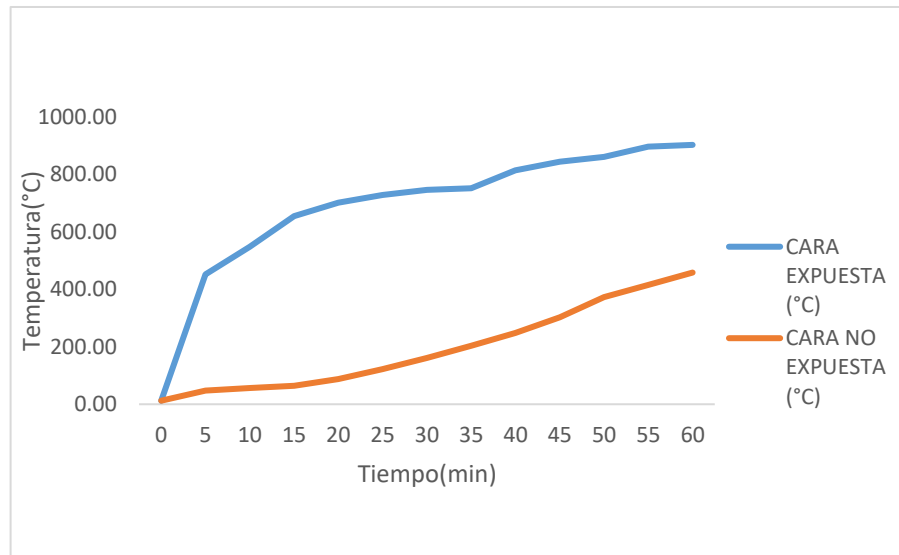
*Nota:* Elaboración Propia

En la tabla 30 el panel de totora espesor 2.0cm tipo Hilada, con revestimiento de yeso en una cara de 0.5cm. presenta una duración de una hora (momento donde se presenta fisuras y desprendimientos en la cara no expuesta) con una temperatura de 458.67°C, en la cara no expuesta y 903.33°C en la cara expuesta, con lo que cumple los requerimientos de normativa, siendo este óptimo para cielo falsos.

Teniendo un radio de quemadura en la cara no expuesta de 6.43cm el que se interpreta el área más propensa a ceder o caer.

### Figura 44

*Tiempo de duración de las caras del panel totora espesor 2.0cm tipo Hilada y 0.5cm de yeso en una cara.*



*Nota:* La cara expuesta difiere más de la no expuesta debido a la resistencia al fuego que añade el yeso al panel de totora.

**Tabla 31***Resistencia al fuego del panel de totora espesor 1.5cm tipo Hilada y 0.5cm de yeso*

TIEMPO (Min)	TEMPERATURA	
	CARA EXPUESTA	CARA NO EXPUESTA
	(°C)	(°C)
0	12.35	12.35
5	484.85	40.59
10	549.11	49.90
15	655.49	63.85
20	669.51	98.54
25	729.32	122.72
30	740.03	150.50
35	752.27	205.28
40	783.67	245.82
45	844.33	303.30
50	861.22	373.14
55	889.33	461.90
60	900.00	472.17
RADIO DE QUEMADURA		6.43

*Nota:* Elaboración Propia

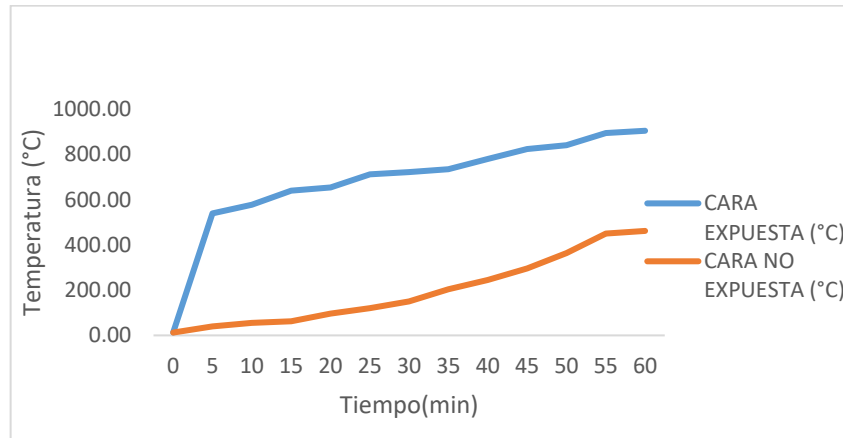
En la tabla 31 el panel de totora espesor 1.5cm tipo Hilada, con revestimiento de yeso en una cara de 0.5cm. presenta una duración de una hora (momento donde se presenta fisuras y desprendimientos en la cara no expuesta) con una temperatura de 472.17°C, en la cara no expuesta y 900.00°C en la cara expuesta, con lo que cumple los requerimientos de normativa, siendo este óptimo para cielo falsos.

Teniendo un radio de quemadura en la cara no expuesta de 6.43cm el que se interpreta el área más propensa a ceder o caer.



### Figura 45

*Tiempo de duración de las caras del panel totora espesor 1.5cm tipo Hilada con revestimiento de yeso de 0.5cm en una cara.*



*Nota:* La cara expuesta difiere más de la no expuesta debido a la resistencia al fuego que añade el yeso al panel de totora.

**Tabla 32**

*Resistencia al fuego del panel de totora espesor 1.0cm tipo Hicalina y 1.0cm de yeso  
ambas caras*

TIEMPO (Min)	TEMPERATURA	
	CARA EXPUESTA (°C)	CARA NO EXPUESTA (°C)
0	15.23	15.27
5	537.55	27.17
10	673.39	42.69
15	692.79	40.75
20	725.78	48.52
25	729.67	52.40
30	761.69	55.31
35	770.42	56.28
40	785.94	57.44
45	795.65	60.26
50	810.20	66.95
55	823.78	68.60
60	852.89	96.74
65	860.44	104.31
70	867.72	106.73
75	877.67	111.58
80	900.80	135.84
85	952.32	253.92
90	975.66	313.97
95	991.11	350.59
100	997.47	368.71
105	1001.00	388.02
110	1001.66	393.32
115	1004.95	407.53
120	1019.08	436.64

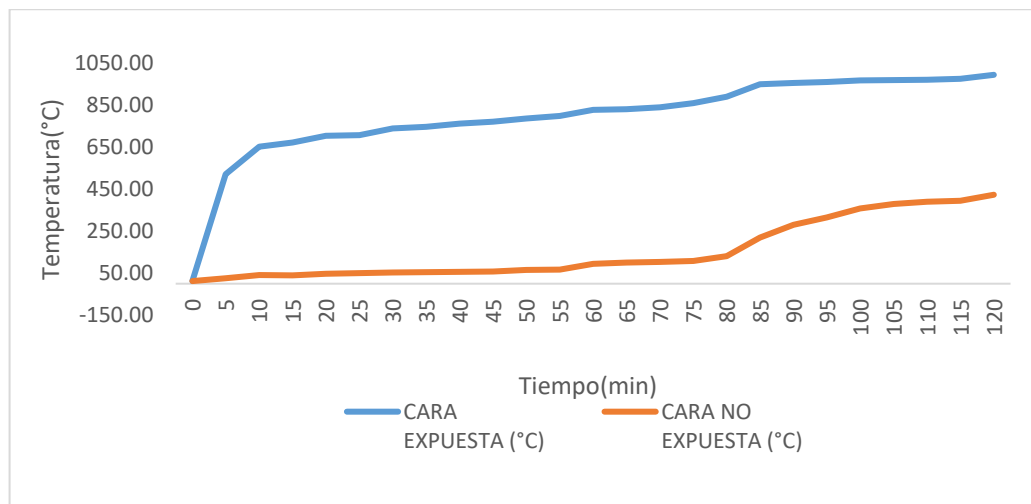
*Nota:* Elaboración Propia

En la tabla 32 el panel de totora espesor 1.0cm tipo Hicalina, con revestimiento de yeso en ambas caras de 0.5cm cada una. presenta una duración de dos horas (momento donde se presenta fisuras y desprendimientos en la cara no expuesta) con una temperatura

de 436.64°C, en la cara no expuesta y 1019.08°C en la cara expuesta, con lo que cumple los requerimientos de normativa, siendo este óptimo para cielo falsos.

### Figura 46

*Tiempo de duración de las caras del panel totora espesor 1.0cm tipo Hicalina y 1.0cm de yeso, 0.5cm en cada cara*



*Fuente:* Elaboración Propia

En donde se tiene que el recubrimiento de yeso aporta de una manera muy significativa la resistencia al fuego, obteniendo de esta forma que los paneles con revestimiento de 0.5cm de yeso cumplen con lo establecido en normativa respecto al tiempo de resistencia al fuego (1 hora como mínimo); así también se tiene una mayor resistencia al revestirlo con 0.5cm de yeso por ambas caras, resistiendo hasta 2 horas.

Finalmente se tiene que los paneles revestidos con yeso son los más apropiados para la resistencia al fuego debido a que presentan una duración de 1 hora a 2 horas ante el fuego.

#### 4.2.4 Ensayo de Resistencia al impacto del cuerpo duro

Se realizó el ensayo a los paneles de totora revestidos con yeso tanto de una cara y de dos caras, obteniéndose los siguientes resultados.

**Tabla 33**

Resultados del impacto duro según el criterio Seguro en su uso.

TIPO-ESPESOR	Criterio - Seguro en uso Billa 1kg-10N			FAVORABLE		
	Sin Rotura	Sin Penetración	Sin Proyección	Sin Rotura	Sin Penetración	Sin Proyección
KESANA 2.5CM + 0.5CM YESO 1 CARA	Mantuvo su integridad manteniendo su propio peso	La muestra no fue atravesada	Se presenta fisuras y grietas leves desprendimientos no cortantes	SI	SI	NO
KESANA 2.0CM + 0.5CM YESO 1 CARA	Mantuvo su integridad manteniendo su propio peso	La muestra no fue atravesada	Se presenta fisuras y grietas	SI	SI	NO
HILADAS 2.0CM +0.5CM YESO 1 CARA	Mantuvo su integridad manteniendo su propio peso	La muestra no fue atravesada	Se presenta fisuras y grietas	SI	SI	NO
HILADAS 1.5CM +1CM YESO 1 CARA	Mantuvo su integridad manteniendo su propio peso	La muestra no fue atravesada	Se presenta fisuras y grietas	SI	SI	NO
HICALINA 1.0CM + 1.0CM YESO 2 CARAS	Mantuvo su integridad manteniendo su propio peso	La muestra no fue atravesada	Se presenta fisuras y grietas	SI	SI	NO

*Fuente:* Elaboración Propia

En la tabla 33 se puede apreciar que en los paneles de totora revestida con yeso ante el ensayo muestran fisuras, grietas y pequeños desprendimientos que si bien no penetran ni comprometen al panel, pero estos, si generan una proyección de falla que tienen que ser reparados para ser seguro en su uso, por lo que en este criterio ante una fuerza de 10N no es favorable en su totalidad los paneles.

**Tabla 34**

Resultados del impacto duro según el criterio Funcionalidad.

TIPO-ESPESOR	Criterio - Funcionalidad Billa 0.5kg-5N		FAVORABLE	
	Sin Penetración	Sin Degradación	Sin Penetración	Sin Degradación
KESANA 2.5CM + 0.5CM YESO 1 CARA	La muestra no fue atravesada	Se presentó un ligero hundimiento en el área de impacto, sin fisuras	SI	SI
KESANA 2.0CM + 0.5CM YESO 1 CARA	La muestra no fue atravesada	Se presentó un ligero hundimiento en el área de impacto, sin fisuras	SI	SI
HILADAS 2.0CM +0.5CM YESO 1 CARA	La muestra no fue atravesada	Se presentó un ligero hundimiento en el área de impacto, sin fisuras	SI	SI
HILADAS 1.5CM +1CM YESO 1 CARA	La muestra no fue atravesada	Se presentó un ligero hundimiento en el área de impacto, sin fisuras	SI	SI
HICALINA 1.0CM + 1.0CM YESO 2 CARAS	La muestra no fue atravesada	Se presentó un ligero hundimiento en el área de impacto, sin fisuras	SI	SI

*Fuente:* Elaboración Propia

En la tabla 34 se puede apreciar que los paneles de totora revestida con yeso cumplen con el criterio de funcionalidad de una manera favorable ante la penetración y degradación ocasionados por la energía de impacto de 5N.

### 4.3 COMPARACION DE COSTOS

#### 4.3.1 Análisis de Costos

El presente proyecto de tesis determino el precio unitario por metro cuadrado del panel termoacustico a base de totora, así también se realizó la comparación con productos similares que se encuentran en el mercado.

**Tabla 35**

*Costo unitario por metro cuadrado y unidad del panel de totora con revestimiento de yeso.*

PANELES	TEMPERATURA	
	COSTO/M2 (S/)	COSTO/UNIDA D (S/)
Panel de Totora	19.30	17.18
Panel de Totora revestida 0.5cm Yeso 01 cara	27.55	10.25
Panel de Totora revestida 0.5cm Yeso ambas caras	35.80	13.32

*Nota:* Elaboración Propia

**Tabla 36**

*Comparativo de precios con los paneles más utilizados en cielo raso en el mercado.*

TIPOS DE PANELES	COMPARATIVOS DE PANELES MAS UTILIZADOS	
	ESPESOR(mm)	P.U./M2 (S/)
Fibra Mineral moldeado al húmedo	20	46.80
Fibra mineral	15	43.00
Yeso revestido con vinil	12.7	34.25
Fibro cemento	4-10	16.79
Totora(Kesana,Hilada,Hicalina)	10-30	19.30
Revestida 01 cara con yeso 0.5cm	10-25	27.55
Revestida 02 caras con yeso 0.5cm	20-30	35.80

*Nota:* Recolectado acorde los precios en el mercado - Elaboración Propia

En las tablas No 35 y No 36 se puede apreciar que el precio del panel de totora y el panel con revestimiento de yeso son económicos respecto a los que se tiene en el mercado.

Comparando de esta forma el panel de totora con y sin revestimiento de yeso, donde se evidencia que el panel sostenible es económico a los que se encuentra en el mercado, así también se tiene que en la zona rural algunas viviendas no cuentan con ningún tipo de revestimiento en los techos por lo que este panel sostenible sería una nueva alternativa económica y amigable con el medio ambiente.

#### **4.3.2 Colocación e instalación de los paneles**

Al ser estos paneles modulares y acorde a las medidas que se encuentra en el mercado de 61x61cm su colocación e instalación es la misma que se tiene actualmente en el sistema drywall con baldosas, teniendo como estructura de soporte a los perfiles de aluminio, así también estos pueden colocarse sobre perfiles de madera

A continuación, se muestra la instalación de los paneles adecuados a los sistemas que actualmente existen.

#### ***Figura 47***

*Comparación de paneles instalados en los cielo falsos*



a) Paneles del Drywall Vinilo

b) Paneles de Totora

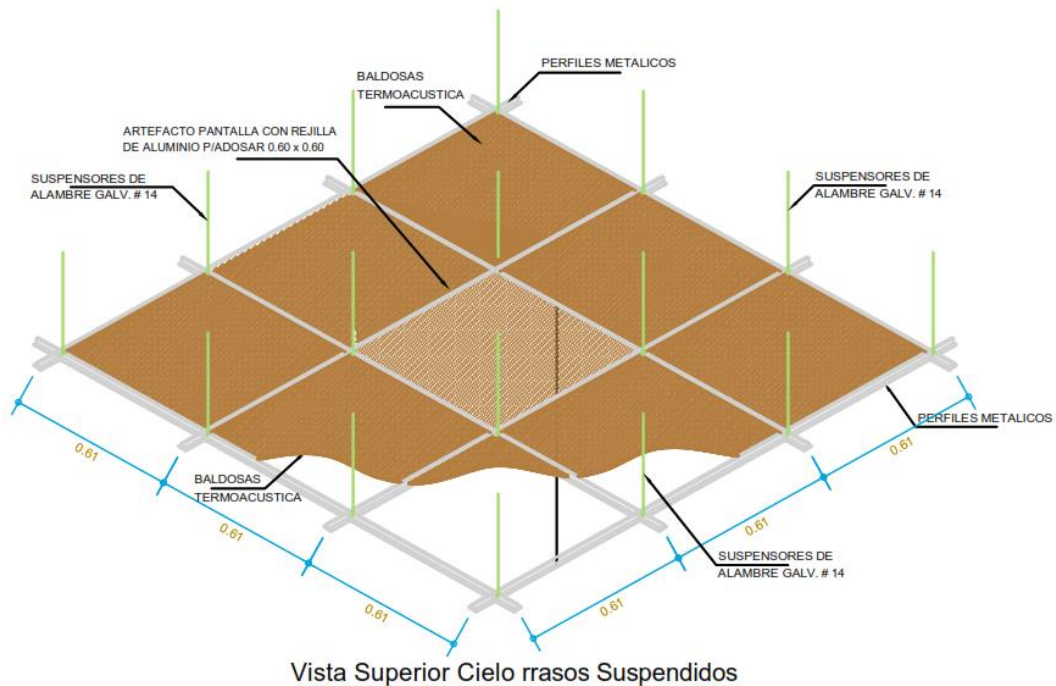
c) Paneles de Totora revestida con yeso

*Nota:* Elaboración Propia

Con respecto a su instalación se tiene el siguiente detalle de la estructura a soportar los paneles sostenibles de totora.

### **Figura 48**

*Detalle de sistema de instalación para los paneles*



*Nota:* Elaboración Propia

#### **4.3.3 Ventajas y desventajas de los paneles**

Las ventajas y desventajas del panel termoacústico sostenible de totora como módulos de cielo falso son las siguientes:

##### **Ventajas**

- Es económica en comparación de las que se tiene en el mercado.
- Amigable y sostenible con el medio ambiente.
- Facilidad de instalación y reparación.
- Nos evoca a ser parte de nuevas construcciones sostenibles.
- Mitigamos la contaminación del medio ambiente.





- Reducimos los residuos que se utilizan en las fábricas al crear materiales industrializados.
- Nueva alternativa de elemento de construcción.

### **Desventajas**

- Su peso, en comparación con paneles termoacústicos es hasta 5 veces más
- No es tan durable en el tiempo, por lo que necesita mantenimiento más seguido.
- La falta de resistencia ante impactos mayores o iguales a 10N.
- La reparación que necesita por golpes mayores 7N.
- La falta de flexibilidad ante otro tipo de secciones.

Acorde a los pros y contras de los paneles de totora, se tiene que aún se puede profundizar y mejorar esta nueva alternativa de paneles sostenible, revalorando así el recurso de la totora que con el pasar de los años está perdiendo importancia.



## V. CONCLUSIONES

- Del objetivo general se concluye que, el panel sostenible de totora revestida con espesores de yeso de 0.5cm y 1.cm cumplen los requerimientos según normativa para ser considerado modulo en los cielos falsos en viviendas rurales de la ciudad de Puno, debido a que el panel está compuesto principalmente con recursos naturales, y según los resultados obtenidos se observó que el revestimiento de yeso aumenta la capacidad termoacústica del panel y la resistencia al fuego.
- Del primer objetivo específico se concluye que, el panel termoacústico de totora en sus diferentes espesores presenta una densidad relativa seca OD entre 0.273 a 0.531 y una densidad superficialmente seca saturada entre 1.289-2.122, contenido de humedad promedio de 9.833%, porcentaje de absorción promedio de 347.56% y una alta resistencia al hongo, presentando de esta forma una alta capacidad absorbente y una densidad relativa variable debido a la porosidad de la totora.
- Del segundo objetivo específico se concluye que, el panel termoacústico de totora con sus diferentes tejidos(Kesana, Hilada, Hicalina) y espesores de 1.0cm, 1.5cm, 2.0 y 2.5cm tienen un porcentaje de 28 - 36% de reducción del ruido, una conductividad térmica de 0.076- 0.061W/m°K y una resistencia al fuego promedio de 10 minutos; y el panel de totora revestida con 0.5cm y 1.0cm de yeso tiene un porcentaje de 46- 49% de reducción del ruido, una conductividad térmica de 0.069- 0.053W/m°K y una resistencia al fuego de 1 hora con revestimiento de 0.5cm y de 2 horas con 1.0cm; donde se tuvo un mejor comportamiento a las pruebas necesarios para el cielo raso al ser revestida con 0.5cm de yeso y un panel de totora de 2.0cm tejido por hiladas.
- Del tercer objetivo específico, se comparó los costos del panel termoacústico con otros materiales utilizados en revestimientos en cielos falsos de viviendas rurales



de la ciudad de Puno, concluyéndose que el panel termoacustico sostenible de totora revestida es económico en comparación a las que se tiene en el mercado.

- La propuesta del panel termoacústico sostenible de totora como módulos de cielo falso es una alternativa nueva, amigable con el medio ambiente con buenas propiedades termoacústicas, y de esta forma iniciar construcciones sostenibles con materiales naturales, evitando así de esta forma el desaprovechamiento de este recurso natural por la quema intempestiva de los totorales.



## VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda para posteriores estudios analizar el comportamiento del panel de totora con otros tipos de revestimientos que sean amigables con el medio ambiente, de tal forma tener mayores alternativas de materiales sostenibles.
- Dado que los ensayos de conductividad térmica aislamiento acústico y resistencia al fuego, se recomienda que puedan realizar con equipos de laboratorio para mayor precisión en la obtención de datos.
- Dado que la totora es un material inflamable, se recomienda proponer un revestimiento ligero y amigable con el medio ambiente que pueda utilizarse como panel.
- Se recomienda proponer nuevas propuestas de investigación de la totora para crear nuevos elementos de construcción que tengan similitud con los últimos materiales prefabricados.
- Se recomienda aumentar la variedad de tipos de tejidos de totora con el fin de mejorar el análisis estadístico de datos.



## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AIDER-RNT. (2015). *Plan de manejo de totora y llacho de la Reserva Nacional del Titicaca*. . Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas - SERNANP, Reserva Nacional del Titicaca.
- Ascencio , N. L., & Pineda, J. V. (2010). *Plan de Desarrollo Urbano de la ciudad de Puno 2008-2012*. Puno: Municipalidad Provincial de Puno.
- Atahuachi Layme, G. M., & Carcausto Quispesayhua, Y. N. (2018). *Aislante termoacústico a base de stipa ichu para atenuar el ruido y cambios drásticos de temperatura en viviendas de sectores de expansión urbana de la ciudad de Puno*. Puno, Perú: Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura - Universidad Nacional del Altiplano.
- Aza Medina, L. C. (2016). *La totora como material de aislamiento térmico: propiedades y potencialidades*. Barcelona: Escuela Tecnica Superior de Arquitectura de Barcelona - Universidad Politecnica de Calatunya.
- Cámara chilena de la construcción. (2012). *Cielos Falsos: Rasos y Modulares*. Santiago de Chile: corporación de desarrollo tecnológico, cdt.
- Carranza Chavarría, A. V., & Tovar Palomino, L. M. (2014). *Determinación de la capacidad de Absorción Sonoro de Barreras Acústicas a Partir de Residuos Orgánicos*. Callao: Universidad Nacional del Callao.
- Carrión Isbert, A. (1998). *Diseño acústico de espacios arquitectónicos*. Barcelona: Universidad Politécnica de Cataluña.
- Concha, M. (2013). *Impacto ambiental del crecimiento urbano*. Cusco: Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.



- Consejo Colombiano de Construcción Sostenible. (Noviembre de 23 de 2011). *Elemento clave para la nueva economía verde y responsable*. Obtenido de [www.andi.com.co/Archivos/file/GERENCIA%20RSE/Encuentro2011/Cristina%20Gamboa.pdf](http://www.andi.com.co/Archivos/file/GERENCIA%20RSE/Encuentro2011/Cristina%20Gamboa.pdf) >
- Consejo Colombiano de Construcción Sostenible. (5 de Setiembre de 2012). *Construcción Sostenible: Una Agenda para Colombia*. Obtenido de <http://www.cccs.org.co/construccion-sostenible/que-es>
- Consejo Colombiano de Construcción Sostenible. (2012). *Foro Manejo de residuos de demolición y construcción*.
- D.S. N° 001-2012-VIVIENDA. (7 de Enero de 2012). Crean el Programa de Apoyo al Habitat Rural. *El Peruano*, págs. 458805-458807.
- Decreto Supremo N° 011-2006-VIVIENDA. (2006). Reglamento Nacional de Edificaciones. *El Peruano*.
- Eduardo Palomino, C. L., & Zegarra Lazo, L. (2015). *Tabiquería Ecológica, empleando Totorá como revestimiento de yeso o mortero, como técnica de bioconstrucción en la ciudad de Puno*. Puno, Perú: Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura - Universidad Nacional del Altiplano.
- En Obra. (23 de Noviembre de 2014). *Las Ventajas De La Construcción Sostenible*. Obtenido de <http://www.en-obra.com.co/las-ventajas-de-la-construccion-sostenible.htm>
- González, H. Á., Salazar, E. G., & Cabrera, C. (Junio de 2008). Cálculo de coeficiente de reducción de ruido (NRC), de materiales, utilizando una cámara de insonorización. *Scientia et Technica Año XIV*, 119-124.



- Goyzueta Camacho, G. (2009). *Totorales del lago Titicaca Importancia, conservación y gestión ambiental*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano de Puno.
- Gutierrez, E., & Arivilca, M. (2009). *Monitoreo de objetos de conservación. Reserva Nacional del Titicaca*. Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas.
- Herrero del Cura, S. (2016). *Influencia de la dosificación y granulometría del caucho de neumáticos fera de uso (NFU) y de las dimensiones físicas en las propiedades térmicas, acústicas y mecánicas de placas de mortero de yeso caucho*.
- Hidalgo C., J. F. (2007). *Aprovechamiento de la Totora como Material de Construcción*. Cuenca, Ecuador: Facultad de Arquitectura - Universidad de la Cuenca.
- Hugo Merchán, A. P. (2018). *Totora: Paneles Prefabricados para Cubiertas mediante uso de Resina de Poliéster*. Cuenca, Ecuador: Carrera de Arquitectura y Urbanismo - Universidad Católica de Cuenca.
- Humpiri Lazarte, L. (2016). *Vivienda rural saludable como estrategia de desarrollo en la comunidades de Coline, Cayco (Crucero Alto) y Alto Huancané, del distrito de Santa Lucia - Lampa - Puno*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano .
- Igua, Y. R. (2005). *Diseño de aislamiento y acondicionamiento acústico para los estudios de emisión y grabación de la nueva sede de la emisora kennedy*. Bogota: Universidad de San Buenaventura.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2018). *Perú: Perfil Sociodemográfico. Informe Nacional. Censos Nacionales 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas*. Lima: INEI.
- Instituto Valenciano de la Edificación. (2011). *Catálogo de Soluciones Constructivas de Rehabilitación*. Valencia: Generalitat Valenciana.



- Kambis, A. D., & Levine, J. S. (1996). *Biomass burning and the production of carbon dioxide: a numerical study*. MIT Press, Cambridge: in Levine, Joel S.
- Lemieux, P. M., Lutes, C. C., & Santoianni, D. A. (2004). Emissions of organic air toxics from open burning: a comprehensive review. *ELSEVIER*.
- Mansilla, L. d. (14 de Enero de 2022). *Hogarista*. Obtenido de Tipos de cielo raso y sus características: [https://www.hogarista.com/tipos-de-cielo-raso#Desventajas\\_del\\_cielo\\_raso](https://www.hogarista.com/tipos-de-cielo-raso#Desventajas_del_cielo_raso)
- Miranda, L., Neira, E., Torres, R., & Valdivia, R. (2018). Cambio Climático. La construcción sostenible en el Perú. *Economía y Sociedad*, 38-47.
- PELT. (2000). *Evaluación de la Totora en el Perú estudio 21.02*. Puno: Proyecto Especial Binacional Lago Titicaca. Obtenido de ADESU: <https://cupdf.com/document/ttorales-lago-titicaca.html>
- Resolución Ministerial N° 025-2008-PCM. (29 de Enero de 2008). Constituyen Grupo de Trabajo Multisectorial que se encargará de revisar Proyecto de Ley y, de corresponder, elaborar un nuevo Proyecto de "Ley de creación del Ministerio del Medio Ambiente". *El Peruano*, págs. 365290-365291.
- Rougeron, C. (1977). *Aislamiento Acustico y Termico en la Construccion*. (Reverte, Ed.) Barcelona, España: Editores Técnicos Asociados S.A.
- Segura Cuesta, R. S. (2019). *Paneles de cielo raso fabricados con cascara de mani y cascara de huevo*. Bogota: Universidad la Gran Colombia.
- Susunaga Monroy, J. M. (2014). *Construcción sostenible, una alternativa para la edificación de viviendas de interes social y prioritario*. Bogotá: Universidad Católica de Colombia.





- Velasco, L., Goyos, L., Delgado, R., & Quezada, Y. (Julio - Diciembre de 2015).  
Evaluación de Paneles Aislantes Fabricados en Fibras de Tatora (Typha  
Latifolia). *Revista Gaceta Técnica*, XIV, 23-32.
- Velásquez, E. M. (2021). *INFORME N° 029-2021-SERNANP-RNT/ESP.EMVH*. Puno.
- Villanueva, L., & García, A. (2001). *Manual del yeso*.
- Villegas, V., & Corrales, M. (2012). *Empleo de bloques de yeso, en la construcción de  
paredes no portantes en interiores de edificaciones destinadas a viviendas,  
departamentos o similares, en la Ciudad de Huaraz 2011 - 2012*.



## ANEXOS

**Anexo No 1:** Matriz de consistencia

**Anexo No 2:** Operacionalización de variables

**Anexo No 3:** Resultados de densidad, absorción, contenido de humedad y durabilidad a hongos

**Anexo No 4:** Resultados de Aislamiento Acústico

**Anexo No 5:** Resultados de Conductividad Térmica

**Anexo No 6:** Resultados de Resistencia al fuego

**Anexo No 7:** Normativa

**Anexo No 8:** Constancia de ejecución de ensayos

**Anexo No 9:** Certificado de calibración

**Anexo No 10:** Análisis de Precios Unitarios

**Anexo No 11:** Planos de instalación y colocación de paneles

**Anexo No 12:** Panel Fotográfico