



UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR – LOJA

FACULTAD PARA EL PAISAJE, LA CIUDAD Y LA ARQUITECTURA

TESIS DE GRADO PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE ARQUITECTO

**DISEÑO DE UN MÓDULO A BASE DE YESO Y TOTORA CON
CUALIDADES TÉRMICAS PARA DIVISIONES INTERNAS, EN EL CANTÓN
LOJA.**

Autor

Jessica Cecilia Yanza Paredes

Director

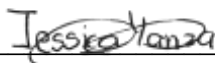
Mtr. Arq. Fernando Huanca Montalván

Loja – Ecuador

2022

Yo, Jessica Cecilia Yanza Paredes, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional, y que ha sido respaldado con la respectiva bibliografía.

Cedo mis derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que el presente trabajo sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, reglamento y leyes.



Jessica Cecilia Yanza Paredes

Yo, Jaime Fernando Huanca Montalván, certifico que conozco al autor del presente trabajo, siendo el responsable exclusivo tanto en su originalidad, autenticidad, como en su contenido.



Mtr. Arq. Jaime Fernando Huanca Montalván

Director de Tesis

*Agradezco a todas las personas que
confiaron en mí, y me dieron su apoyo
haciendo posible el desarrollo de esta
tesis; así mismo agradezco a mi familia
por nunca dejarme desfallecer en el
camino.*

Jessica Cecilia Yanza Paredes.

Resumen

La presente investigación tiene como objetivo el diseño de un panel para mampostería o tabiquería ecológica, utilizando materiales sustentables y que se encuentren en la localidad ya que ayuda a reducir el impacto ambiental y el costo en su construcción.

Se inició por conocer las propiedades físicas y morfológicas de la totora, se analizó los diversos tipos de tejido que se le puede dar a la totora como material constructivo; se buscó la adherencia de la totora con el mortero (yeso, cal, agua y goma) dicha dosificación se le realizó pruebas de ruptura en distintas fechas, el valor según la normativa NTE INEN-EN 520 debe ser de 8MPa. Para lograr el cumplimiento de la normativa se realizó 10 dosificaciones, cinco de ellas sin aditivo y cinco con aditivo siendo la dosificación nueve apta para ser usada en paneles.

Así mismo con la finalidad de obtener una base de datos comparativa se desarrollaron cuatro probetas por cada tipo de ensayo los cuales son: flexión, impacto, humedad, cohesión del núcleo a altas temperaturas (llama directa) y caja térmica, tomando como base las Normativas Nacionales e Internacionales.

Los resultados obtenidos de las probetas en los ensayos fueron favorables ya que, si cumplen con lo requerido por la normativa, por lo que se propone realizar el diseño de un panel con un módulo de totora envuelto en malla y recubierto de mortero de 900x600x70mm, siendo un material amigable con el medio ambiente y es de bajo costo.

Palabras claves: Panel, Tatora, ensayos (flexión, impacto, llama directa, humedad), mampostería, costo.

Abstract

The present research aims at the design of a panel for masonry or ecological partitioning, using sustainable materials and that are in the locality since it helps to reduce the environmental impact and the cost in its construction.

It began by knowing the physical and morphological properties of the totora, the various types of tissue that can be given to the totora as a constructive material were analyzed; the adhesion of the totora with the mortar (plaster, lime, water and rubber) was sought, this dosage was performed rupture tests on different dates, the value according to the NTE INEN-EN 520 regulation must be 8MPa. To achieve compliance with the regulations, 10 dosages were made, five of them without additive and five with additive being the dosage nine suitable for use in panels.

Likewise, in order to obtain a comparative database, four specimens were developed for each type of test which are: bending, impact, humidity, core cohesion at high temperatures (direct flame) and thermal box, based on National and International Regulations.

The results obtained from the specimens in the tests were favorable since, if they comply with the requirements of the regulations, so it is proposed to design a panel with a totora module wrapped in mesh and coated with mortar of 900x600x70mm, being an environmentally friendly material and is low cost.

Keywords: Panel, Totorá, tests (bending, impact, direct flame, humidity), masonry, cost.

“DISEÑO DE UN MÓDULO A BASE DE YESO Y TOTORA CON CUALIDADES
TÉRMICAS PARA DIVISIONES INTERNAS, EN EL CANTÓN LOJA”

Resumen.....	iv
Abstract.....	v
Índice de Figuras.....	xiii
Índice de Tablas	xvii
Índice de Gráficas	xix
Índice de Anexos.....	xx
CAPITULO I	1
1. Plan Investigativo.....	2
1.1. Tema:	2
1.2. Introducción	2
1.3. Problemática	4
1.4. Justificación	6
1.5. Metodología	8
1.6. Objetivos	9
Capítulo II	10
Marco Teórico.....	10
2. Paneles.....	11
2.1. Antecedentes de la construcción en seco	11
2.2. Definición de Panel	12

2.3.	Estructura de un Panel.....	12
2.3.1.	Tipos de Borde Longitudinal:	13
2.4.	Características de los Paneles.....	14
2.5.	Tipo de Paneles o Placas	15
2.6.	Tamaño de los Paneles o Placas	18
2.7.	Medidas de Paneles en la Localidad	20
2.8.	Proceso de Elaboración	21
2.9.	Armado de la Estructura.....	22
2.9.1.	Montantes de Madera	22
2.9.2.	Montantes de Perfiles de Acero Galvanizado (Steel Framing)	24
2.10.	Colocación de Paneles de Yeso en Obra.....	25
2.11.	Uniones entre Paneles	27
2.12.	Usos.....	27
3.	Totora	28
3.1.	Antecedentes	28
3.2.	Definición.....	28
3.2.1.	Características	28
3.2.1.1.	Características Morfológicas.....	29
3.2.1.2.	Características Físicas.	32
3.2.2.	Proceso de Extracción	33
3.2.3.	Usos.....	33

4.	Yeso.....	35
4.1.1.	Proceso de Extracción	35
4.1.2.	Material de Construcción	36
4.1.3.	Clasificación.....	37
4.1.4.	Propiedades Físicas	39
4.1.5.	Propiedades Mecánicas	40
4.1.6.	Usos del Yeso en la Arquitectura.....	42
5.	Investigaciones de Paneles con Fibras Naturales.....	43
5.1.	Paneles de Bahareque Prefabricado y Aplicación a una Vivienda.....	43
5.2.	Manual del Promotor Técnico para la Construcción de Viviendas Altoandinas	45
5.3.	Aplicación de la Fibra de Totorá en Diseño de Materiales	48
	CAPÍTULO III.....	50
	MARCO NORMATIVO	50
6.	Marco Normativo	51
6.1.	Tejido de la Totorá	51
6.1.1.	Tejido Amarrado en Bulto (Tejido Plano)	51
6.1.2.	Tejido Estera Tradicional (Tejido Plano).....	51
6.1.3.	Tejido Estera Cuadro Especial (Tejido Plano).....	52
6.1.4.	Tejido Mazorca por la Zona del Maíz (Tejido Plano).....	53
6.1.5.	Tejido Espiga (Tejido Plano)	53
6.1.6.	Tejido Pegado Paralelo (Tejido Plano):	54

6.1.7. Ejemplo del Uso de Tejidos	55
6.2. Uniones o ensambles	56
6.2.1. Cubierta con Presa o Totorá Prensada:	56
6.2.2. Cubierta Doblada o Totorá Doblada	57
6.2.3. Totorá Prensada.....	58
6.2.4. Rollos	59
6.2.5. Pérgola con Prensas.....	59
6.2.6. Totorá Cosida	60
6.2.7. Tejido en Malla	61
6.2.8. Tipo Gavión.....	62
6.2.9. Sobre Lienzo	63
6.2.10. Bloques.....	64
6.2.11. Textura Móvil.....	65
6.3. Otros Materiales Agregados con la Totorá	66
6.3.1. Materiales Añadidos a la Totorá	66
6.3.1.1. Bórax..	66
6.3.1.2. Ácido Bórico.	67
6.3.1.3. Dicromato de Sodio.....	67
6.3.2. Materiales Complementarios con la Totorá	68
6.3.2.1. Yeso.....	68
6.3.2.2. Cal.	68

6.3.2.3. Acetato de Polivinilo (PVA).....	69
6.4. Marco Normativos en Paneles.....	69
CAPÍTULO IV.....	74
MATERIALES Y MÉTODOS	74
7. Materiales y Métodos	75
7.1. Herramientas para Realizar las pruebas	75
7.2. Dosificación del Yeso para Paneles	80
7.3. Normas Aplicadas	81
7.4. Diseño de Probetas de Acuerdo a las Normas NTE INEN-EN 520, Adicionalmente UNE-EN 13279-2: 2014.....	81
7.5. Método de Secado del Mortero	82
7.6. Método de Resistencia a la Flexión.....	84
7.7. Método de resistencia el impacto	85
7.8. Método de resistencia a la humedad	86
7.9. Método de Resistencia al Fuego o Cohesión del Núcleo a Altas Temperaturas (llama directa)	87
7.10. Método para Pruebas Térmicas	89
CAPÍTULO V	93
8. Experimentación y resultados	94
8.1. Ensayo de secado del mortero.....	94
8.2. Dosificación del Yeso para Paneles	95
8.3. Ensayo de Adherencia.....	103

8.3.1. Primeras Pruebas	103
8.3.1.1. Análisis de la Probeta 1 y 2.....	103
8.3.1.2. Análisis de la Probeta 3 y 4.....	108
8.3.1.3. Análisis de la Probeta 5 y 6.....	114
8.3.1.4. Análisis de la Probeta 7.....	119
8.3.1.5. Conclusión.....	121
8.3.2. Tejidos para Empleados en Ensayo.....	122
8.4. Ensayo de Resistencia a la Flexión	123
8.5. Ensayo de Resistencia al Impacto	127
8.6. Ensayo de resistencia a la humedad	130
8.7. Ensayo de Resistencia al Fuego o Cohesión del Núcleo a Altas Temperaturas (llama directa)	136
8.8. Ensayo para Pruebas Térmicas	141
8.8. Diseño de Panel Prefabricado	145
8.9. Costo de Paneles (factor económico).....	155
8.10. Definir el Costo Total de cada Panel.....	156
CAPÍTULO VI.....	159
9. Análisis de Resultados	160
9.1. De la Dosificación del Yeso.....	160
9.1.1. Análisis de la Dosificación 1.....	160
9.1.2. Análisis de la dosificación 2.....	161
9.1.3. Análisis de la dosificación 3.....	161

9.2. De la Resistencia a la Flexión	163
9.3. De Resistencia el Impacto	164
9.4. De Resistencia a la Humedad.....	165
9.5. De Cohesión del Núcleo a Altas Temperaturas (llama directa)	166
9.6. De Pruebas Térmicas.....	167
10. Conclusiones	168
11. Recomendaciones	170
12. Bibliografía	171
Anexos	176

Índice de Figuras

Figura 1 Estructura de un panel	112
Figura 2 Borde de un panel – afinado.....	13
Figura 3 Borde de un panel – cuadrado	13
Figura 4 Borde de un panel – redondo.....	13
Figura 5 Borde de un panel – biselado	14
Figura 6 Borde de un panel – afinado.....	14
Figura 7 Placa estándar	15
Figura 8 Placa hydro	16
Figura 9 Placa resistente al fuego	16
Figura 10 Placa acústica	17
Figura 11 Placa extradura	17
Figura 12 Medidas de un panel.....	18
Figura 13 Proceso de fabricación de productos de yeso	21
Figura 14 Vivienda en madera, construida con tipología “Ballon Framing”.	23
Figura 15 Sistema de entramado de la vivienda en el tiempo, construida con tipología “Ballon Framing”.	24
Figura 16 Panel portante	26
Figura 17 Uso de paneles de yeso.....	27
Figura 18 Totoral	28
Figura 19 Plantas heliófitas en medio acuático.	29
Figura 20 Schoenoplectus californicus	29
Figura 21 Rizomas totora.....	30
Figura 22 Tallos Totora.	30
Figura 23 Corte longitudinal del xilema y el floema en la totora.	31

Figura 24 Plantas Totoras Hojas	31
Figura 25 Plantas heliófitas en medio acuático.	32
Figura 26 Las islas flotantes artificiales de los Uros	33
Figura 27 Proceso de fabricación del yeso	35
Figura 28 Uso del yeso	42
Figura 29 Armado de los paneles de tierra	44
Figura 30 Viviendas Rurales de la comunidad de Orduña	45
Figura 31 Detalles constructivos del prototipo	46
Figura 32 Sistema Constructivo del Prototipo Planteado	47
Figura 33 Tejido amarrado en bulto	51
Figura 34 Tejido estera tradicional	52
Figura 35 Tejido estera cuadro especial	52
Figura 36 Tejido mazorca	53
Figura 37 Tejido espiga.	53
Figura 38 Tejido pegado paralelo	54
Figura 39 Tejido pegado paralelo	54
Figura 40 Cubo de totora	55
Figura 41 Cubo de totora	56
Figura 42 Cubierta con presa	57
Figura 43 Cubierta doblada.....	58
Figura 44 Panel Exterior - Totoras Prensadas.....	58
Figura 45 Panel Exterior – Rollos.....	59
Figura 46 Panel Exterior – Pérgola.....	60
Figura 47 Panel Exterior – Totoras Cosidas	61
Figura 48 Panel Interior – Tejido en Malla.....	62

Figura 49 Panel Interior – Tipo Gavión.....	63
Figura 50 Panel Interior – Sobre Lienzo.....	63
Figura 51 Panel Interior – Bloques.....	64
Figura 52 Panel Interior – Textura Móvil.....	65
Figura 53 Bórax	67
Figura 54 Ácido Bórico	67
Figura 55 Dicromato de sodio	68
Figura 56 Vicat Modificado.....	75
Figura 57 Máquina automática de compresión y flexión.	77
Figura 58 Conductividad térmica	78
Figura 59 Probetas con dosificación.....	80
Figura 60 Esquema de la máquina para determinar la resistencia a la flexión.....	85
Figura 61 Esquema de ensayo para determinar la dureza superficial.....	86
Figura 62 Esquema para pruebas de fuego	88
Figura 63 Caja caliente o térmica	92
Figura 64 Componentes (sin aditivos).....	96
Figura 65 Probetas (sin aditivos)	97
Figura 66 Ruptura de probetas (sin aditivos).....	99
Figura 67 Componentes (con aditivo)	99
Figura 68 Probetas (con aditivo).....	100
Figura 69 Ruptura de probetas (con aditivo)	102
Figura 70 Vistas de la probeta 5.	115
Figura 71 Carga a la probeta 5.....	116
Figura 72 Vistas de la probeta 6.	118
Figura 73 Carga a la probeta 6.....	118

Figura 74 Vistas de la probeta 7.	120
Figura 75 Tejido Tipo I.....	122
Figura 76 Tejido Tipo II	122
Figura 77 Tejido Tipo III	123
Figura 78 Tejido Tipo IV.....	123
Figura 79 Ensayo de flexión	124
Figura 80 Ensayo de impacto.....	127
Figura 81 Ensayo de humedad.....	131
Figura 82 Ensayo de resistencia a las llamas directas	136
Figura 83 Ensayo a altas temperaturas	141
Figura 84 <i>Caja Térmica</i>	142
Figura 85 Paneles.....	147
Figura 86 Estructuras de los paneles.....	147
Figura 87 Totorales en Loja.....	150

Índice de Tablas

Tabla 1 Placas standard: ST	19
Tabla 2 Para Especiales.....	19
Tabla 3 Tipo de placas	20
Tabla 4 Características físicas de la Totora	32
Tabla 5 Características de las fases del sulfato de calcio.....	39
Tabla 6 Valores de resistencia iniciales.	42
Tabla 7 Solución fría.....	68
Tabla 8 Norma carga de rotura a flexión INEN-EN 520.	70
Tabla 9 Carga de rotura a flexión NCh.....	71
Tabla 10 Norma Térmica Chilena NCh	73
Tabla 11 Piezas del Vicat Modificado	76
Tabla 12 Materiales usados en la prueba de resistencia al fuego.....	77
Tabla 13 Materiales para la estimación experimental de la conductividad térmica. ..	78
Tabla 14 Elaboración de la caja térmica.	90
Tabla 15 Materiales para la estimación experimental de la conductividad térmica. ..	91
Tabla 16 Dosificación 1	95
Tabla 17 Dosificaciones 2.....	96
Tabla 18 De resultados de las Dosificaciones 2.....	98
Tabla 19 Dosificaciones 3.....	99
Tabla 20 De resultados de las Dosificaciones 3.....	101
Tabla 21 Proceso de elaboración de la probeta 1.....	104
Tabla 22 Fisuras de la probeta 1.	105105
Tabla 23 Proceso de elaboración de la probeta 2.....	106
Tabla 24 Fisuras de la probeta 2.	107

Tabla 25 Proceso de elaboración de la probeta 3.....	108
Tabla 26 Fisuras de la probeta 3.	109
Tabla 27 Proceso de elaboración de la probeta 4.....	111
Tabla 28 Fisuras de la probeta 4.	112
Tabla 29 Proceso de elaboración de la probeta 5.....	114
Tabla 30 Proceso de elaboración de la probeta 6.....	117
Tabla 31 Proceso de elaboración de la probeta 7.....	119
Tabla 32 Resultados de ruptura a flexión en sentido longitudinal.....	124
Tabla 33 Resultados de resistencia al impacto.....	128
Tabla 34 Resultados de la resistencia a la humedad.	131
Tabla 35 Resultados del porcentaje de humedad en la fibra.....	133
Tabla 36 Resultados del ensayo de humedad.....	133
Tabla 37 Resultados del porcentaje absorción de humedad en la probeta.....	134
Tabla 38 Resultados a altas temperaturas.	137
Tabla 39 Resultado del tiempo a altas temperaturas.....	140
Tabla 40 Resultados de la Resistencia Térmica.....	143
Tabla 41 Tabla de modulación.....	146
Tabla 42 Costos generales.....	151
Tabla 43 Materiales usados en panel de 600x900.....	151
Tabla 44 Costos por m2.	152
Tabla 45 Porcentaje de ruptura sin aditivos.	156
Tabla 46 Porcentaje de ruptura con aditivos.	156
Tabla 47 De resultados de impacto.	159

Índice de Gráficas

Gráfica 1 Resultados de las dosificaciones sin aditivo.	98
Gráfica 2 Resultados de las dosificaciones con aditivo.	102
Gráfica 3 Resultados de la flexión.	126
Gráfica 4 Resultados de impacto.	130
Gráfica 5 Resultados de la resistencia a la humedad.	132
Gráfica 6 Resultados de la resistencia absorción de humedad en las probetas.	135
Gráfica 7 Resultados de la resistencia a altas temperaturas.	140
Gráfica 8 Resultados de la resistencia térmica.	145
Gráfica 9 Análisis comparativo de costos por m ²	153
Gráfica 10 Resultados de las dosificaciones con aditivo.	157
Gráfica 11 Resultados media de la ruptura a flexión.	158
Gráfica 12 Resultados media de prueba de impacto.	159
Gráfica 13 Resultados media de prueba resistencia a la humedad.	160
Gráfica 14 Resultados media de prueba a altas temperaturas.	161
Gráfica 15 Resultados media de pruebas térmicas.	162

Índice de Anexos

Anexo A: Cosecha de Totorá	17773
Anexo B: Materiales.....	17773
Anexo C: Moldes para realizar probetas de ensayo.	17773
Anexo D: Dosificaciones.....	17874
Anexo E: Ruptura.....	18177
Anexo F: Fórmulas para el Software EES.	18479

CAPITULO I
PLAN INVESTIGATIVO

1. Plan Investigativo

1.1.Tema:

Diseño de un módulo a base de yeso y totora con cualidades térmicas para divisiones internas, en el cantón Loja.

1.2. Introducción

En esta investigación se pretende conocer sobre el uso de la totora como material de construcción. Este tema de investigación es de gran importancia ya que permite crear un panel sustentable, el cual podrá ser utilizado como mampostería para divisiones internas. El desarrollo de la presente investigación aporta nuevos conocimientos en paneles sustentables con materia prima que no genere mayor impacto ambiental como son el yeso y cal, de igual manera la conservación de la fibra natural “totora” ante los factores externos.

Se han realizado trabajos previos sobre el tema, si como es el proyecto de Hernández, G. en el cual elabora un panel para cielo falso cuya medida es de 670x670x20mm compuesto por un panel de granel de totora, pegado de la malla de cabuya y un mortero (compuesto por: yeso, cemento y agua). Este trabajo es novedoso porque pretende conservar el coeficiente térmico en las viviendas con un aislante de fibra natural como lo es la totora, el panel propuesto mide 600x900x70mm y está compuesto por un módulo interno de totora (cubierto con resina), envuelta por una malla metálica y un mortero (de yeso, cal, agua y goma).

Teniendo en cuenta esta problemática se formula la pregunta de investigación; ¿Cómo evitar la pérdida del confort térmico en las viviendas construidas con mampostería tradicional (bloque y ladrillo)? Para dar respuesta a la pregunta de investigación se ha planteado el tema de estudio: Diseño de un módulo a base de yeso y totora con cualidades térmicas para divisiones internas, en el cantón Loja. El objetivo general propuesto para el desarrollo de la presente investigación fue: Desarrollar un módulo de yeso con características térmicas a base de fibras

naturales, para divisiones internas, el cual será de menor costo. Como objetivos específicos se plantearon cuatro, los cuales fueron:

1. Realizar una revisión bibliográfica sobre paneles de yeso.
2. Identificar por medio de un análisis cualitativo las propiedades de la totora para ser empleada como material de construcción.
3. Describir las normativas que rigen la regularización en paneles de yeso prefabricado.
4. Determinar por medio de la experimentación el comportamiento físico y térmico del módulo de yeso y totora para que así cumplan con las normas nacionales e internacionales en divisiones internas.

La presente investigación, cuenta con un marco teórico estructurado en IV capítulos, en el Capítulo I se describe los antecedentes del sistema constructivo en seco, características, proceso de extracción y usos de la Totora y Yeso. El Capítulo II se aborda toda la información relacionada al marco normativo tanto normativas naciones como internacionales. El Capítulo III se detalla los materiales y métodos. Finalmente, en el Capítulo IV se incluye información sobre la experimentación lo los resultados obtenidos de los ensayos.

La investigación fue de tipo experimental con enfoque cualitativo, en la que inicialmente se elaboraron morteros con varias dosificaciones, mismos que fueron expuestos a diferentes pruebas para determinar si cumplen con la normativa; posteriormente se desarrollaron algunas probetas (paneles) con la dosificación que pasó las pruebas, para finalmente exponer estos paneles a otras pruebas, entre las que se encuentran: secado de mortero, adherencia, resistencia a la flexión, resistencia al impacto, resistencia a la humedad, resistencia al fuego y resistencia térmica.

1.3.Problemática

En la actualidad el calentamiento global que tiene nuestro planeta es un tema de interés, ya que no solo afecta a esta generación. La ciudad de Loja a pesar de considerarse la ciudad ecológica tiene problemas con el manejo de residuos que se generan de los materiales de construcción luego de su vida útil y con el paso del tiempo este problema se incrementara debido a la demanda de construcción de viviendas que se da por el constante crecimiento poblacional y por ende la contaminación ambiental.

Según el censo de población y vivienda (INEC, 2010), del cantón Loja tiene un total de 113 708 viviendas ubicadas en el área urbana y rural; a nivel cantonal sus porcentajes son: en madera 4%, caña o bahareque revestido o sin revestir 2%, adobe o tapia 35%, ladrillo o bloque 52% y hormigón 7%. Considerando que el material predominante en viviendas construidas en la zona urbana es el ladrillo o boque con un 71% lo que significa que se está optando a usar un sistema constructivo “moderno” y se están dejando de lado los sistemas constructivos que heredamos de nuestros antepasados estos son amigables con el medio ambiente su impacto ambiental es mínimo y respecto al coeficiente térmico en algunos es bueno.

Por tal motivo en el medio se desconoce las ventajas que el muro seco de yeso ofrece a la vivienda, como: confort térmico, aislación acústica, resistencia al fuego y al impacto; tres de estas características se las puede conseguir con la mampostería tradicional pero el confort térmico no en su totalidad.

Comercialmente existen varios aislantes térmicos con buen coeficiente térmico entre ellos están: las lanas minerales como la lana o fibra de vidrio y lana de roca que tiene un costo elevado y son perjudicial para la salud con el paso del tiempo (Arroyo, 2003) y en los sintéticos encontramos “el poliestireno expandido, poliestireno extruido y espuma de poliuretano brindan

confort térmico, pero contaminan el medio ambiente al no ser materiales biodegradables generan emisión de gases como el CO₂” (Palomo, 2017).

Actualmente, la mampostería tradicional es relativamente costosa ya que en la mampostería interna abarca varios rubros y estos no brindan confort térmico adecuado a las mismas, de igual manera no se les coloca aislantes térmicos por ende su transmitancia es media, por lo cual se busca materiales que aparte de ser amigables con el ambiente es reducir costos en la construcción y desechos de obra.

Para lo cual se busca la alternativa de materiales de origen natural, que posean características térmicas, entre ellos tenemos los paneles de totora los cuales son aislantes térmicos y acústicos naturales cuyas propiedades han sido comprobadas mediante diversos estudios (Aza, 2016).

1.4. Justificación

La investigación se lleva a cabo ya que el sistema constructivo “moderno” está ganando terreno en la ciudad de Loja como lo indica el censo (INEC, 2010), el cual no da paso a otros sistemas de mampostería, ya sea por el miedo a que no funcionen o sean inseguras las edificaciones, obviando que estos sistemas pueden brindar confort térmico dentro de las viviendas y representan un menor gasto en cuanto a su construcción, siendo el sistema de mampostería en seco el más recomendable, el cual usa paneles de yeso.

En esta investigación se analizarán las ventajas de las fibras naturales (tatora) a los muros secos tipo yeso, brindando confort térmico a las viviendas, el cual se ha ido perdiendo con los nuevos sistemas constructivos, generando un menor impacto ambiental ya que se utilizan materiales naturales además se busca reducir el costo de construcción en mampostería interna de igual manera el impacto ambiental que se genera durante su elaboración.

Dentro del factor económico tenemos que la mampostería tradicional (ladrillo o bloque) presenta dos rubros, uno sería de mampostería interior que tiene un costo aproximado de 15 dólares el metro cuadrado, el otro rubro de enlucido interior con mortero 1:3 de dos caras de pared tiene un costo aproximado de 9,50 dólares el metro cuadrado, generando un valor total de 24,50 dólares el metro cuadrado, mientras que el costo en la mampostería de yeso el costo por metro cuadrado es de 20,88 dólares, siendo un solo rubro el cual abarca la instalación, empaste y acabado (Obras 5.0, 2019).

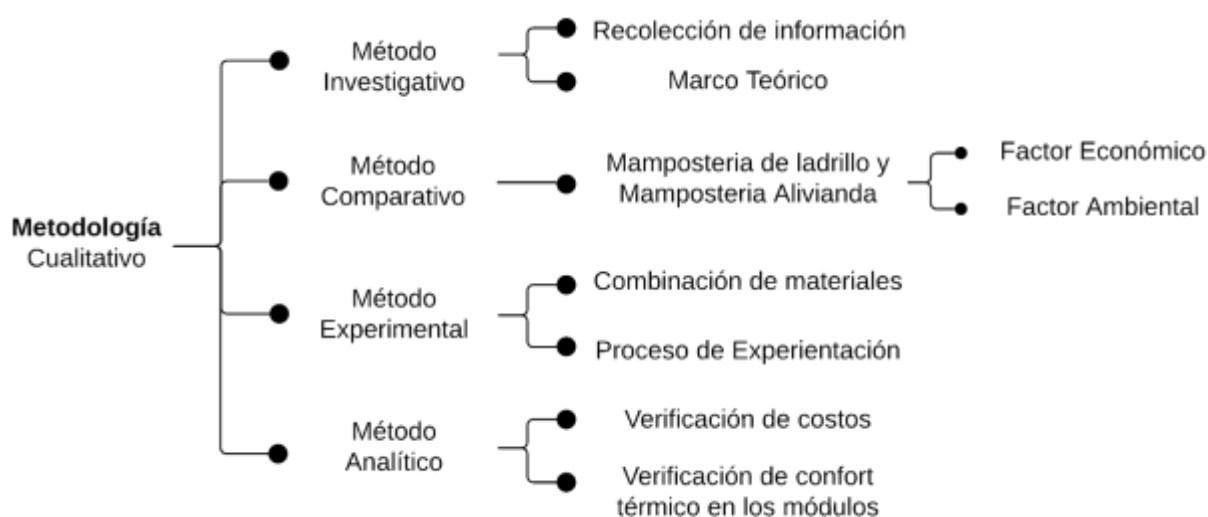
La finalidad de realizar paneles de yeso y tatora prefabricado para divisiones internas es reducir: el tiempo de construcción, el costo en mampostería interna, brindar confort térmico en las viviendas y obtener alternativas más amigables con el medio ambiente.

En el presente trabajo se desarrolla un módulo (panel) de totora para mampostería interna, el cual está compuesto por un módulo interno de totora, envuelta por una malla metálica y un mortero (mismo que está elaborado con yeso, cal, agua y goma), la medida del panel es de 600x900x70mm; diferenciándose así del proyecto de Hernández, G., puesto que este desarrollo un módulo de yeso para cielo falso, el cual está compuesto por un panel de granel de totora, pegado de la malla de cabuya y un mortero (compuesto por: yeso, cemento y agua) con una medida de 670x670x20mm.

1.5. Metodología

La presente investigación será de carácter cualitativo.

- Características de las fibras naturales
- Análisis de la mampostería tradicional y mampostería del sistema de alivianado.
- Análisis de Normas NTE INEN 1685, NEC, ASTM, INEN
- Proceso de elaboración de un panel de yeso.
- Elaboración de panel de yeso (método experimental)
- Verificación del confort término del panel de yeso con las fibras naturales



1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo General

Desarrollar de un módulo de yeso con características térmicas a base de fibras naturales, para divisiones internas, el cual será de menor costo.

1.6.2. Objetivo Específico

- Realizar una revisión bibliográfica sobre paneles de yeso.
- Identificar por medio de un análisis cualitativo las propiedades de la totora para ser empleada como material de construcción.
- Describir las normativas que rigen la regularización en paneles de yeso prefabricado.
- Determinar por medio de la experimentación el comportamiento físico y térmico del módulo de yeso y totora para que así cumplan con las normas nacionales e internacionales en divisiones internas.

Capítulo II
MARCO TEÓRICO

2. Paneles

2.1. Antecedentes de la construcción en seco

Desde la antigüedad se venía utilizando el sistema de construcción en seco siendo su materia prima la madera (Cáceres, 2018, p.20), a finales del siglo XIX se dio a conocer otra técnica constructiva, la cual reemplazada la mampostería de madera, su componente principal es un mineral básico muy abundante en la naturaleza denominado sulfato de calcio que es químicamente combinado con agua de cristalización ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$); en sus inicios se lo recubría con papel fieltro y con el paso de los años se lo empezó a cubrir con cartón, para así llegar a formar paneles rígidos lo suficiente como para construir la mampostería de las viviendas.

La mampostería prefabricada se empezó a comercializar a inicios del siglo XX, la cual tuvo gran acogida debido a la velocidad y facilidad de construcción, puesto que la revolución industrial dio paso a un nuevo orden mundial donde surgieron nuevos conceptos en cuanto a velocidad de construcción dando origen a lo que conocemos actualmente como sistema constructivo en seco con paneles de yeso. Este sistema constructivo tubo mayor auge en 1860 en Estados Unidos como consecuencia de la expansión territorial y crecimiento poblacional (X10), el cual requería de un sistema constructivo rápido para satisfacer estas necesidades (Corcuera, 2009).

La segunda guerra mundial dejó ciudades enteras destrozadas y para el levantamiento de estas se necesitaba de un sistema constructivo que sea práctico, económico y de rápida construcción; este sistema está conformado por placas de yeso laminado o placas de yeso-cartón lo que da origen a la construcción de las primeras “viviendas prefabricadas”, y con ello este sistema empieza su amplia expansión (Cáceres, 2018).

La comercialización de las placas de yeso en Latinoamérica se dio “en la década de 1950 como país pionero Chile y a finales de 1970 se empieza a emplear en países como

Argentina, Brasil entre los países más recientes tenemos Perú, Ecuador, Colombia, incluyendo a Centroamérica” (Cáceres, 2018).

2.2. Definición de Panel

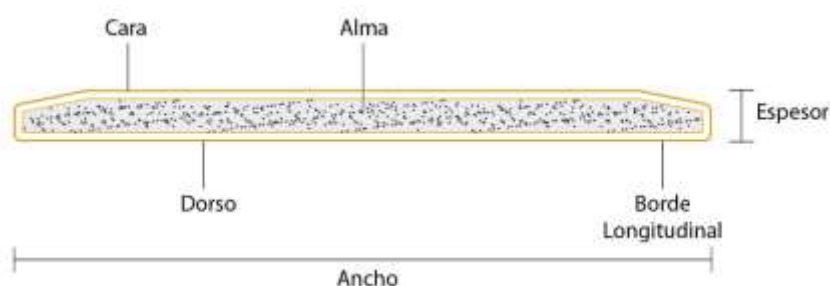
Un panel de yeso es un material constructivo, el cual es usado en mampostería interior y revestimiento de techos y paredes. Es un tablero los cuales “están fabricados de un núcleo de yeso no combustible envuelto por un papel resistente, el cual tiene un acabado liso en su cara anterior y un acabado natural en su cara posterior” (El manual de construcción de yeso, 2000).

2.3. Estructura de un Panel

Los paneles están estructura de la siguiente manera: por cara, dorso, alma y borde longitudinal.

Figura 1

Estructura de un panel



Nota. Adaptada de *Placas Pladur*, de “elaboración propia”, 2007, Manual Básico Pladur.

Cara es el área del panel la cual se extiende hasta cubrir los bordes longitudinales.

- Dorso es el área posterior de la cara.
- Alma es el núcleo del panel el cual puede estar compuesto por aditivos, de la misma manera estos son denominados aislantes.
- Borde Longitudinal es el área longitudinal del panel cuyas terminaciones cumplen una función determinada.
- Espesor es el espacio entre la cara y dorso, sin tomar en cuenta los bordes longitudinales.

- Ancho es el área total del panel la cual abarca la cara, el borde longitudinal y dorso; el cual es determinado por el fabricante.

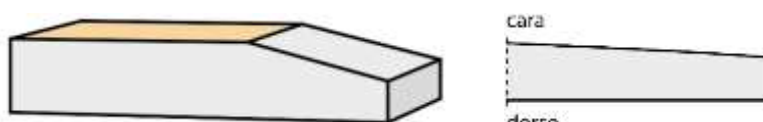
2.3.1. Tipos de Borde Longitudinal:

La terminación en bordes longitudinales se las fabrica en cinco formas, las cuales cumplirán una función destinada.

- **Afinado (BA).** Son totalmente lisos y continuos, sin juntas aparentes.

Figura 2

Borde de un panel – afinado

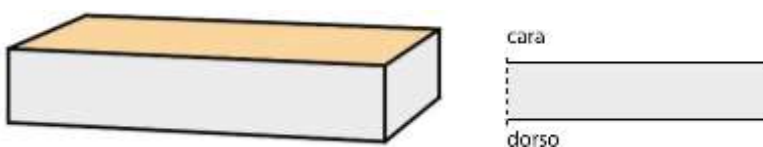


Nota. Adaptada de *Tipos de Borde*, de “elaboración propia”, 2007, Manual Básico Pladur.

- **Cuadrado (BC).** Son sistemas, con juntas aparentes vistas, con perfilaría de remate.

Figura 3

Borde de un panel – cuadrado

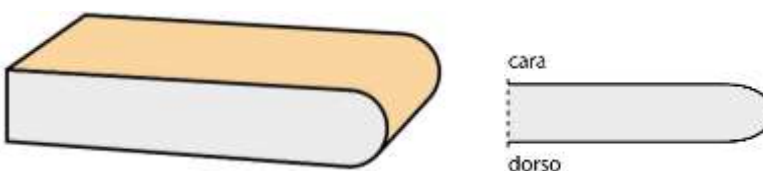


Nota. Adaptada de *Tipos de Borde*, de “elaboración propia”, 2007, Manual Básico Pladur.

- **Redondo (BR).** Con parámetros decorativos, con juntas vistas.

Figura 4

Borde de un panel – redondo

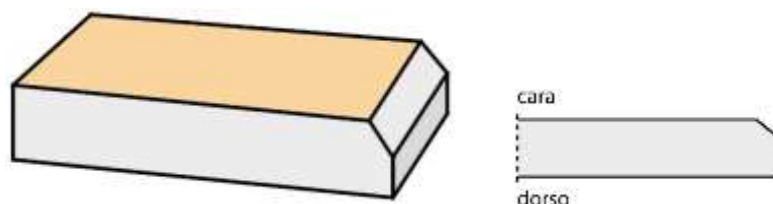


Nota. Adaptada de *Tipos de Borde*, de “elaboración propia”, 2007, Manual Básico Pladur.

- **Biselado (BB).** Con parámetros predecorados, con juntas vistas decorativas.

Figura 5

Borde de un panel – biselado

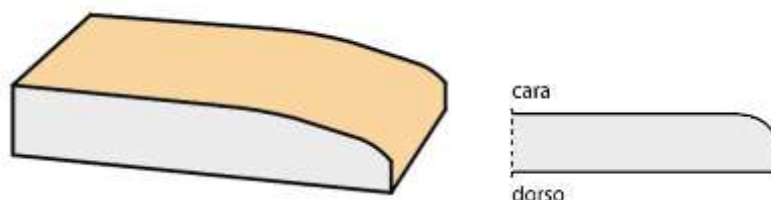


Nota. Adaptada de *Tipos de Borde*, de “elaboración propia”, 2007, Manual Básico Pladur.

- **Afinado – Cuarto de Circulo (BA - CC).** Para las terminaciones de juntas sin cinta.

Figura 6

Borde de un panel – afinado



Nota. Adaptada de *Tipos de Borde*, de “elaboración propia”, 2007, Manual Básico Pladur.

2.4. Características de los Paneles

Los paneles presentan algunas características como son de protección y seguridad, resistencia al fuego, control acústico, durabilidad, bajo costo de instalación, rápida instalación, fácil decoración, versatilidad, entre otras características tenemos:

- El costo de los paneles o placas es bajo.
- Son ligeros y poseen menor espesor.
- Permite ser de rápida instalación de paneles debido a la modulación, reduciendo el plazo de la obra.
- Al ser elementos prefabricados estos deben cumplir con las normas requeridas para que responda a la función determinada.
- Tiene mayor resistencia a los esfuerzos.

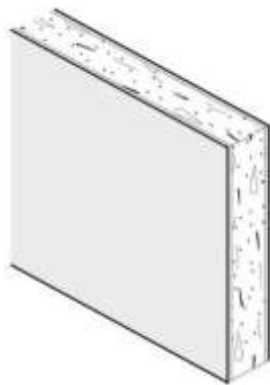
- Posee resistencia al fuego, también se le puede otorgar características como antihumedad, acústicos y térmicos.
- Facilita la colocación de instalaciones sanitarias y eléctricas, reduciendo también el costo de mano de obra.
- El armado de la estructura reduce el peso de la mampostería interna.
- La resistencia al maltrato

2.5. Tipo de Paneles o Placas

Estos tipos de placas están fabricados bajo estrictas normas las cuales son NTP 334:185:2015, UNE EN 520:2005, NTE INEN-EN 520:2018-06 y ASTM C 1396, los paneles más utilizados son:

Figura 7

Placa estándar



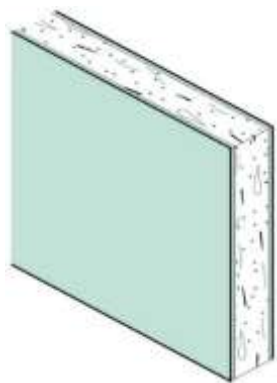
Placa estándar – ST (Gris Claro); este panel es usado en un 80% de los casos, el cual tiene un costo más bajo que las demás placas.

Nota. Adaptada de *Tipos de placas*, de “elaboración propia”, 2007, Manual Básico Pladur.

Las Placas Especiales:

Figura 8

Placa hydro

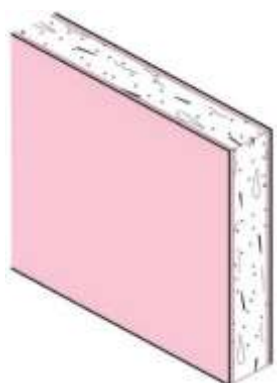


Nota. Adaptada de *Tipos de placas*, de “elaboración propia”, 2007, Manual Básico Pladur.

Placa Hydro – RH (Verde); se las utiliza en zonas húmedas de una vivienda, aconsejan hasta un 70% de la humedad del ambiente. Su composición interna está dada por hydrofugante el cual permite una mejor resistencia a la humedad. Son fabricadas cumpliendo las especificaciones de las normas ASTM C 1396, C36.

Figura 9

Placa resistente al fuego

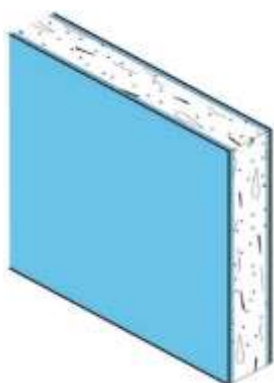


Nota. Adaptada de *Tipos de placas*, de “elaboración propia”, 2007, Manual Básico Pladur.

Placa resistente al fuego – RF (Rosa); su núcleo es de roca de yeso y aditivos basados en fibra de vidrio, tanto cara como dorso están revestidas con papel de celulosa reciclado. Al tener mayor cantidad de fibra de vidrio aumenta su RF. Son fabricadas cumpliendo las especificaciones de las normas ASTM C36 y ASTM E119.

Figura 10

Placa acústica

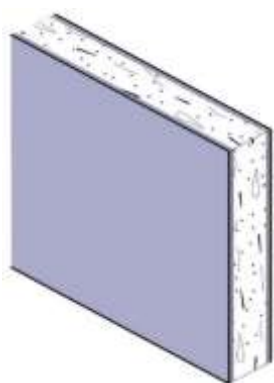


Placa acústica (Azul); estas placas son más densas que las placas estándar, se las usa para mejorar el aislamiento acústico.

Nota. Adaptada de *Tipos de placas*, de “elaboración propia”, 2007, Manual Básico Pladur.

Figura 11

Placa extradura



Placa ExtraDura – ED (Lila); su núcleo es de roca de yeso de alta densidad, tanto cara como dorso están revestidas con papel de celulosa gruesa de alto gramaje mejorando su desempeño hacia desgaste, grietas e impactos duros y blandos. Son fabricadas cumpliendo las especificaciones de las normas ASTM E 695, ASTM C 1629, ASTM D 4977, ASTM D 5420.

Nota. Adaptada de *Tipos de placas*, de “elaboración propia”, 2007, Manual Básico Pladur.

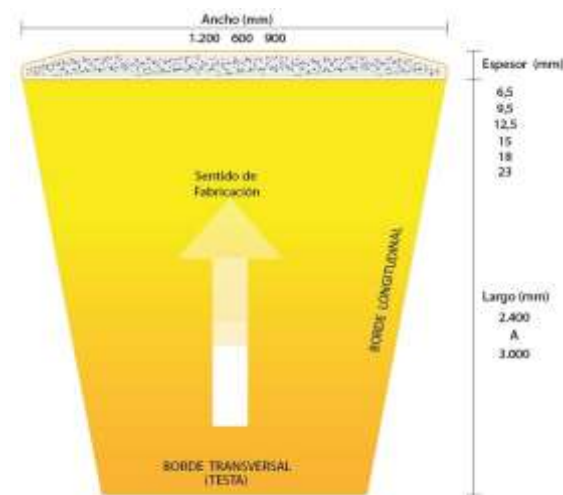
2.6. Tamaño de los Paneles o Placas

En el Ecuador se fabrican en base a la Norma UNE 102.023 en la cual indica las características técnicas y físicas que deben cumplir, están representados en forma de tableros con un ancho estándar de 1200mm, con distintas longitudes y espesores. (PLADUR, 2007)

Los paneles pueden tener varios espesores que van desde los 6,5 mm y 23mm; adicionalmente su ancho varía entre 900mm y 1200mm, asimismo el largo de un panel va desde 2400mm hasta los 3000mm.

Figura 12

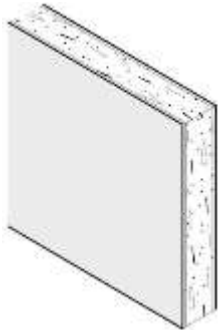
Medidas de un panel



Nota. Adaptada de *Placas Pladur* (p.8), de “elaboración propia”, 2007, Manual Básico Pladur.

Los tamaños de los paneles varían, los cuales dependen de las especificaciones solicitadas, se debe tomar en cuenta que algunos factores: donde van a ser implementadas, que función van a cumplir, según estos factores se le otorgara al panel características específicas para cada función.

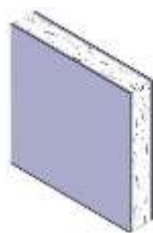
Tabla 1*Placas standard: ST*

	Medida	Usos
	1.22 m x 2.44 m x 3/8" (9.5 mm)	se los usa en cielos rasos
	1,22m X 2,44m X 1/2" (12,5 mm)	por lo general es la más usada
	Los tableros de 1,22m X 2,44m X 5/8" (15,9 mm); 1,22m X 2,44m X 12mm; 1,22m X 2,44m X 1/2" (12,5 mm)	(Para tabiques y revestimientos) se los utiliza en paredes divisorias los cuales mejoran el aislamiento térmico y reducen la acústica.

Nota. Adaptada de *Placas Pladur* (p.12), de “elaboración propia”, 2007, Manual Básico Pladur.

Tabla 2*Para Especiales*

Tipo de placa	Medida	Usos
Placa resistente a la Humedad: RH 	1,22m X 2,44m X 1/2" (12,5 mm) 1,22m X 2,44m X 5/8" (15,9)mm	se los utiliza en paredes divisorias en zonas húmedas, revestimientos. (cocinas, lavanderías, baños, piscinas)
Placa resistente al Fuego: RF 	1,22m X 2,44m X 1/2" (12,5 mm); 1,22m X 2,44m X 5/8" (15,9 mm).	se lo utiliza en revestimiento de chimeneas decorativas, cielos rasos, en paredes divisorias o muro secos, tabiques contra fuego y revestimientos.
Placa Acustica 	1,22m X 2,44m X 1/2" (12,5 mm)	(auditorios, teatros, cines, etc.,)
Placa ExtraDura: ED	1,22m X 2,44m X 15,9 mm	se los usa en zonas de alto impacto como áreas de circulación.



Cielos rasos y muros
revoque

Nota. Adaptada de *Placas Pladur* (p.12), de “elaboración propia”, 2007, Manual Básico Pladur.

2.7. Medidas de Paneles en la Localidad

Los resultados de la investigación realizada terminaron que los paneles más utilizados en la ciudad de Loja, es de tipo estándar Placa ST de 8mm y 10mm, con un ancho de 1,20m y largo de 2,40m. Los demás tipos de paneles si se los comercializa y son utilizados en menor cantidad.

Tabla 3

Tipo de placas

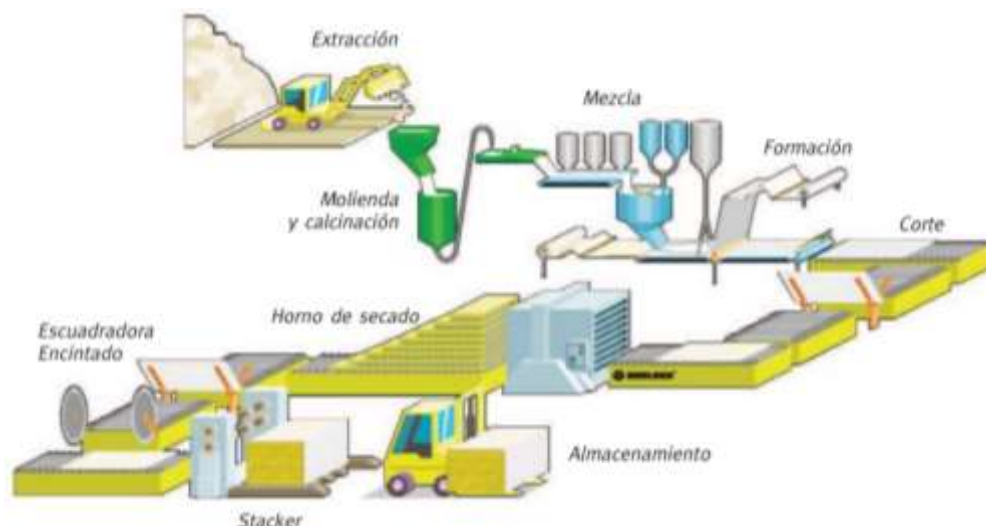
Tipo de Placas		Tipo de Panel	Borde	Espesor (mm)		Ancho m		Largo m		Peso (kg/m2)	
Estándar	Placa	ST	BB	8	-	1,00	1,20	2,30	2,40	3,00	5,79*
	Placa	ST	BR	10	-	1,00	1,20	2,30	2,40	3,00	6,94*
	Placa	ST	BR	12,5	-	-	1,20	2,30	2,40	3,00	8,81
	Placa	ST	BR	15	-	-	1,20	2,30	2,40	3,00	10,68
Resistent e a la Humedad	Placa	RH	BR	10	-	-	1,20	-	2,40	-	6,94
	Placa	RH	BR	12,5	-	-	1,20	-	2,40	3,00	8,86
	Placa	RH	BR	15	-	-	1,20	-	2,40	3,00	10,73
Resistent e al Fuego	Placa	RF	BR	12,5	-	-	1,20	-	2,40	3,00	9,88
	Placa	RF	BR	15	-	-	1,20	-	2,40	3,00	11,91
Extra Resistent e	Placa	ER	BR	15	-	-	1,20	-	2,40	3,00	15,26
Extra Resistent e Hidro	Placa	ERH	BR	15	-	-	1,20	-	2,40	3,00	15,16
Estándar	Placa	ST	BB	25	0,60	-	-	2,30	2,40	-	19,20
	Placa	ST	BR	25	0,60	-	-	-	-	3,00	19,20
	Placa Doble	ST	BB	30	0,60	-	-	2,30	-	3,00	23,56
	Placa Doble	ST	BR	30	0,60	-	-	-	2,40	-	23,56
	Placa Triple	ST	BR	45	0,60	-	-	2,30	2,40	3,00	35,40

Nota. Tomado de *tabla de dimensiones*, de “elaboración propia”, 2010, Romeral.

2.8. Proceso de Elaboración

Figura 13

Proceso de fabricación de productos de yeso



Nota. Reproducida de *Elementos del sistema* (p. 6), de Durlock, 2011, Durlock.

En la elaboración de todo producto de yeso se inicia con la extracción del mineral llamado yeso, el cual puede tener un color ser gris o blanco. Este mineral básico está compuesto de sulfato de calcio químicamente combinado con agua de cristalización, ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). El agua combinada el cual representa aproximadamente un 20% del peso del mineral de yeso. Esta característica le brinda al yeso propiedades de resistencia al fuego y resultando flexible para la construcción (USG, 2000).

Luego de la extracción del mineral de yeso, se procede a triturarlo y se muele hasta tener una consistencia parecida a la harina, posteriormente se la calcina para eliminar por medio del vapor gran parte del agua químicamente combinada, resultando un yeso calcinado el cual es conocido como yeso de París el cual es mezclado con agua y aditivos, siendo utilizado posteriormente para la fabricación de elemento de yeso (USG, 2000).

La materia prima constituye el “alma” de los paneles de yeso son fabricados a base de yeso, agua y aditivos (estos van a depender de la función que deba cumplir cada panel), cada

ingrediente es colocado en contenedores los cuales caen en proporciones en la cinta, luego pasan al mezclador donde se incorporan los ingredientes, pasando a la cinta donde se da forma a las dos láminas de celulosa multi-hoja, las cuales pasan a través de rodillos laminadores formando el ancho, espesor y el tipo de borde de placa (PLADUR, 2007).

La placa al ser laminada pasa sobre una banda continuando con el tiempo de fraguado, “circula por un camino de rodillos donde es cortada mediante cizallamiento a la medida requerida. El proceso de secado al que es sometido luego del corte, le otorga características mecánicas y físicas estables” (PLADUR, 2007).

Finalmente son agrupadas de dos en dos, cuidando la cara que va a servir de decoración, las placas son encintadas para posteriormente ser almacenadas y despachadas. La planta donde se realiza todos los procedimientos esta computarizada y motorizada, durante todo el proceso de fabricación se ejecutan varios controles de calidad, retirando las placas que no cumplan con las rigurosas especificaciones de elaboración mediante zonas de desecho colocados para este fin (PLADUR, 2007).

2.9. Armado de la Estructura

En la construcción en seco existen dos formas de armado de estructura, los montantes de madera y los montantes de perfiles de acero galvanizado.

2.9.1. Montantes de Madera

Empieza a desarrollarse en Chicago a partir del siglo XIX haciéndose muy conocido en Estados Unidos por la facilidad y rapidez de montaje; siendo las dimensiones más pequeñas que el método de construcción tradicional, el cual era con pilares y vigas, y requería de mano de obra especializada; con este sistema solo se usa un tercio de madera que, con el anterior sistema, reduciendo el tiempo de la obra como también el costo de la misma. Las uniones de los elementos de madera que forman el entramado se usaba

clavos y conectores. El tipo de madera usada en montantes en sus inicios eran de pino, eucalipto o álamo (Escobedo, 2012).

Figura 14

Vivienda en madera, construida con tipología “Ballon Framing”.



Nota. Reproducida de *Great Balloon Framing Scale Model of a Home*, por 1stdibs, 2015, 1stdibs (<https://bit.ly/3sad4Gd>). CC-O

La definición de “Balloon Framing” el uso de Stud (Montantes) siendo el esqueleto estructural, el cual tiene la elevación total de edificio por lo general son de dos plantas, las vigas de entrepiso están sujetas lateralmente a los montantes, permaneciendo al interior de la volumetría de la vivienda. Este sistema evoluciono por lo que hoy se lo conoce “Plataform Framing” se basa en el mismo concepto constructivo de “Balloon Framing” la diferencia está en los montantes tienen la altura de cada planta, el entrepiso que los separa se sobrepone entre los montantes, transmitiendo axialmente sus cargas; mientras que el “Balloon Framing” lo hace excéntricamente; en el “Plataform Framing” los montantes al ser de menor altura se puede realizar un panelizado fuera de la obra, sin tener restricciones de transporte, también presentan un mejor comportamiento ante el fuego. (Corcuera, 2009).

Figura 15

Sistema de entramado de la vivienda en el tiempo, construida con tipología “Ballon Framing”.



Nota. Reproducida de *Sistema platform frame*, por Escobedo, 2012, urbancraft (<https://bit.ly/348BJTI>). CC-O

2.9.2. Montantes de Perfiles de Acero Galvanizado (Steel Framing)

Este sistema está relacionado con “Platform Framing” ya que es la evolución de este.

La definición de “Steel Framing” empieza con el término “Frame” “conforma el esqueleto estructural compuestos por elementos livianos los cuales son diseñados para dar forma y soporte de una edificación, y el término “Framing” es el proceso por el que se unen, vinculan los elementos” (Corcuera, 2009).

Este sistema está compuesto por sub-sistemas los cuales son: de instalaciones, estructurales, de aislaciones, de terminaciones interiores y exteriores, etc. formando en conjunto, permitiendo el correcto funcionamiento de la edificación. Los conceptos a continuación ayudan a optimizar los recursos como son: materiales, mano de obra, tiempo de ejecución, finalmente reduciendo el costo total de la obra (Corcuera, 2009).

Los conceptos que definen el “Steel Framing”:

Abierto. - se lo puede combinar con otros materiales dentro de la misma estructura, siendo utilizados únicamente como elementos estructurales. Tenemos que en los edificios en altura se los utiliza para subdivisiones interiores y como estructura secundaria para revestimiento de fachada. En viviendas y en edificios de menor altura puede ser el único

material estructural utilizado como base para los sustratos en cubiertas y fachadas (Corcuera, 2009).

Flexible. – “porque se puede diseñar sin condiciones lo cual permite crear etapas de ampliación, ya que no posee un módulo determinad, se recomienda usar de 0,40 a 0,60m. en terminaciones interiores y exteriores se puede cambiar” (Corcuera, 2009).

Racionalizado. – “debido a sus características y procesos se trabaja con 3 decimales, precisando la documentación de la obra como también su ejecución, la precisión es una cualidad del material permitiendo un mejor control de calidad” (Corcuera, 2009).

Confort y Ahorro de energía. “permite planear y realizar de manera más eficiente las instalaciones, las aislaciones y todos los ítems que abarquen en un mayor confort de construcción” (Corcuera, 2009).

Optimización de los recursos. – al ser un sistema liviano es rápido el ensamble del panelizado como la colocación de los montantes, al igual que las instalaciones; esto beneficia a la obra ya que se aprovecha de los materiales, de la mano de obra, por lo que su planificación se hace más sencilla; cumpliendo con los costos ya planificados y el tiempo. La identificación de problemas en las tuberías es más sencilla, por lo que su reparación es muy simple (Corcuera, 2009).

Durabilidad. – este sistema “emplea materiales inertes y nobles como el acero galvanizado resultando un material durable a través del tiempo” (Corcuera, 2009).

Reciclaje. – “Los elementos de acero actualmente incluyen más de un 60% de acero reciclado, por lo que es amigable con el medio ambiente y es muy eficiente” (Corcuera, 2009).

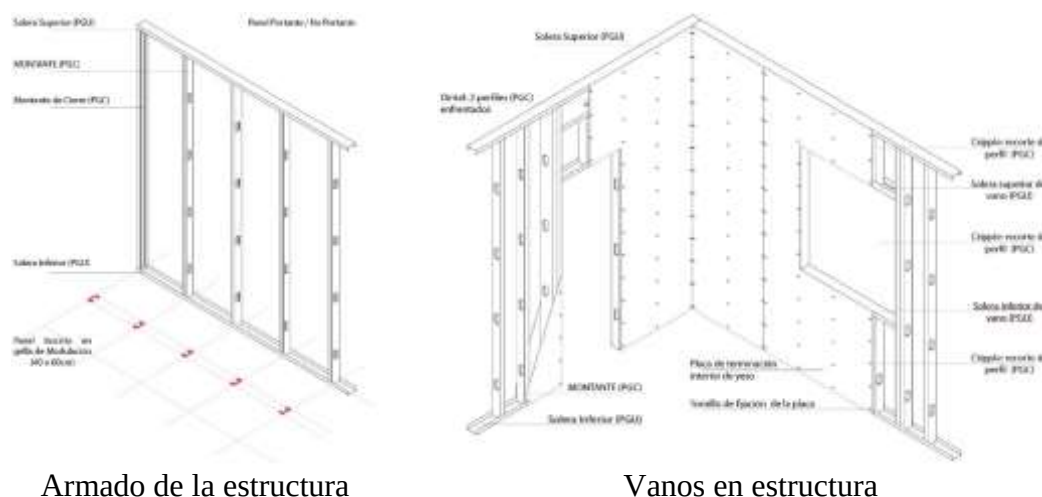
2.10. Colocación de Paneles de Yeso en Obra

Armado de la estructura. – “se utilizan perfiles de acero galvanizado, soleras de 70mm y montantes de 69mm” (Gypsum, 2015).

Primero se marca la ubicación de la pared, la verticalidad es comprobada con la plomada. Luego se fijan las soleras inferior y superior de (70mm) conservando la verticalidad con la plomada; las fijaciones utilizadas son tacos fisher y su torillo correspondiente, se los coloca cada 40 o 60 cm, también se coloca una banda elástica bajo la solera. Finalmente se colocamos los montantes de (69mm) su altura es de la pared solicitada, se le debe cortar 1cm de la altura total, estos encajan en las solera inferior y superior con una separación de 40cm, se fijan con tornillos T1 punta aguja; si necesitara la pared de instalaciones se utilizan las perforaciones de los montaste para su colocación la cual será antes del emplacado (Gypsum, 2015).

Figura 16

Panel portante



Nota. Adaptada de *Paneles*, por “elaboración propia”, 2011, blogger (<https://bit.ly/3rqPEgM>).

CC-0

Emplacado

Primero se fijan las placas de yeso en la parte posterior de la estructura con tornillos T2, punta de agua con una separación de 25cm o 30cm en el centro de la placa y en los bordes coincidentes son 15cm y los bordes sobre los perfiles es 1cm. Luego se coloca el aislante acústico y se sella con la placa de gypsum. Finalmente se instalan los perfiles

de terminación estas van en aristas y juntas de trabajo, se utiliza tornillos T2 punta aguja con una separación de 15cm. En las placas se dejará 15mm de separación del suelo para evitar la humedad por capilaridad, también se colocará un zócalo en la parte inferior de la pared (Gypsum, 2015).

2.11. Uniones entre Paneles

La unión entre cada panel es por medio del masillado; primero las superficies deben estar limpias, sin polvo; en las uniones se aplica masilla con una espátula y se la deja secar (sin importar el tiempo que lleve), se hace el mismo proceso para luego pegarle una cinta de papel (este debe tener una correcta adherencia), se retira el excedente de masilla y se deja secar. Finalmente se aplica una tercera mano de masilla que cubre el papel y se deja secar (Gypsum, 2015).

2.12. Usos

Los paneles de yeso son utilizados en mampostería externa, interna, cielo falso, mobiliario y pisos.

Figura 17

Uso de paneles de yeso



Nota. Adaptada de *Placa yeso-cartón*, por “elaboración propia”, 2014, Especificar.cl (<https://docer.com.ar/doc/c58v1s>). CC-O.

3. Totorá

3.1. Antecedentes

La totora es una planta acuática muy antigua, existen registros de su uso hace 8000 a.C., su uso se intensificó en el Periodo Regional. En la región andina las culturas lo usaban en artículos que servían de almacenaje y recolección de productos, como también para usos domésticos como esteras y tapetes los cuales eran formados por tejidos de tallos. En el Ecuador, la cultura Cara Caranqui poseían grandes cultivos de totora, ya que esta planta tenía gran valor y beneficiaba la economía de los pueblos de la Región Andina (Farfán, 2015).

3.2. Definición

Figura 18

Totora



UBICACIÓN TAXONÓMICA	
Familia	Cyperaceae
Género	Schoenoplectus
Especie	Oenoplectus californicus
Nombre Común	Totora

Nota. Reproducida de *Humedales Totora*, (s.f), issuu (<https://bit.ly/3oqgBiK>). CC BY-NC

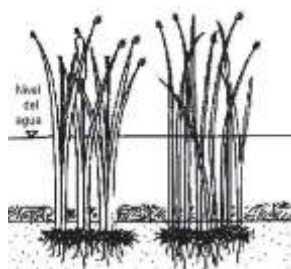
Su nombre científico es “Cyperaceae o *Scripus californicus*” más conocida como Totora siendo una planta acuática, “posee tallos subterráneos (rizomas), sus hojas salen de la base las cuales se caracterizan por ser largas y angostas de 30cm a 3m. Las espigas son racimos compuestos, las flores son poco vistosas y no se distinguen” (Hidalgo, 2001)

3.2.1. Características

La totora es una planta acuática y se caracteriza por crecer de manera silvestre en ríos, riachuelos, lagos, pantanos, lagunas, y se adaptan a las condiciones climáticas del lugar.

Figura 19

Plantas heliófitas en medio acuático.



Nota. Reproducida de *Plantas heliófitas en medio acuático*, de UB, (s.f)

La humedad artificial la utilizan las heliófitas en especial la totora, “es una planta vascular que absorbe los nutrientes desde la raíz hasta el tallo, siendo una planta acuática y terrestre, no debe estar sumergida en su totalidad para que cumpla su función de crecer y absorber los nutrientes” (Camacho, 2010).

3.2.1.1. Características Morfológicas.

Figura 20

Schoenoplectus californicus



CARACTERÍSTICAS	
Altura de la planta	3,20 a 4,20 m.
Espesor	0,5 a 5,0 cm de diámetro
Densidad	280 tallos aéreos/m ²
Composición química	Hemicelulosa: 30.71%
	X – celulosa 66.79%
	Lignina 27.8%

Nota. Reproducida de *Schoenoplectus*, de Bulrush, (s.f), álbum (<https://bit.ly/3goUcO4>). CC BY-NC

Los Rizomas. – “son tallos subterráneos que crecen paralelamente a la base del suelo; dependiendo del estado de madurez esta va a poder germinar nuevas plantas, posee una textura esponjosa y de color rojo oscuro” (Aza Medina, 2016).

Figura 21

Rizomas totora.



Nota. Reproducida de *Comest, de INTA, (s.f)*, álbum (<https://bit.ly/3Bb1pLz>). CC BY-NC

El Tallo. – se caracteriza por tener forma triangular, por ser erguido, liso, flexible y liviano, no tiene nudos debido a que no presenta ramificación alguna; internamente consta de aerénquimas o aeríferos son cámaras de aire las cuales llevan aire a la parte sumergida, además permite que los tallos floten ya que son livianos. (Hernández, 2019).

Figura 22

Tallos Totora.



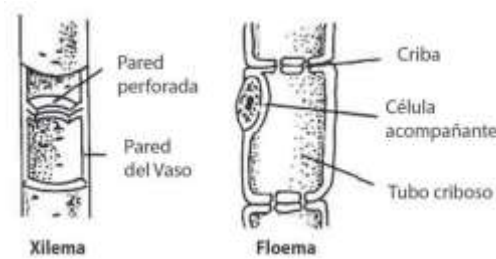
Nota. Reproducida de *Totora*, por “elaboración propia”, 2021

Xilema. – Está compuesta por vasos leños o tráqueas. Contienen las denominadas traquiedas estructuradas por células alargadas con orificios comunicándose entre sí.

Floema. – Están formados por tubos o células cribosas y entre ellas hay tabiques con agujeros obstaculizan las bajas temperaturas dificultando el paso de sustancias orgánicas.

Figura 23

Corte longitudinal del xilema y el floema en la totora.



Nota. Reproducida de *Floema*, de UB, (s.f)

La estructura de la totora (los tallos) está formada por cámaras de aire el cual permite tener un material más liviano y puede ser usado en sistemas constructivos como aislantes térmicos, acústicos, etc.

Las Hojas. - su formación se origina en conjunto con la base del tallo tomando forma de vaina, aparecen de 3 a 4 hojas las cuales en la base son rojizas y la punta tiene forma de V.

Figura 24

Plantas Totoras Hojas



Nota. Reproducida de *Planta de totora*, de álbum, (s.f), álbum (<https://bit.ly/3rowub1>). CC BY-NC

Las Flores. - Nacen en la parte superior del tallo en grupos (racimos) formando una inflorescencia en umbela, se encuentra de dos formas; usualmente abierto y en ocasiones compacto, tienen de 3 a 40 espiguillas (racimos) unas solas y otras agrupadas, ocurre durante todo el año y en épocas de lluvia predomina.

Figura 25

Plantas heliófitas en medio acuático.



Nota. Reproducida de *Espigas florales en racimos compactos*, de K. Chayka, (s.f), Minnesota Wildflowers, (<https://bit.ly/34xEoG4>). CC BY-NC

3.2.1.2. Características Físicas.

Según las investigaciones realizadas en la tesis de Hidalgo, J. (2007), señala algunas propiedades físicas que se las explica a continuación.

Tabla 4

Características físicas de la Totorá

Características	
Densidad	El atado de totora se le aplicó una presión media con la finalidad de no alterar su volumen, teniendo un peso de 180kg/m ³ .
Absorción	Sin presión la muestra fue sumergida totalmente en agua (24h.), el cual peso cuatro veces más a diferencia de su peso inicial. Con poca presión de igual manera fue sumergida totalmente en agua (24h.), el cual aumento un 50% del peso inicial.
Velocidad de absorción	Su velocidad inicial de absorción se aprecia a los 20min. de la inmersión el cual tiene un 7% del peso inicial/min. tanto la velocidad de secado general y su estado de saturación equivale a un 0.3%/min.
Velocidad perdida de Humedad	La muestra tomada a los 20min se aprecia el secado el cual es de 0.3% peso/min. el secado final es de 0.13%/min. llegando al peso original de secado.
Aumento de volumen	En el estado de saturación demostró que la muestra aumento su volumen seco en un 16.6%, causado por el ensanchamiento de los tallos debido a la longitud su porcentaje vario poco.
Tensión	Un tallo de totora llevo hasta los 38kg/cm ² , la sección promedio de los tallos es de 0.433cm ² .

Compresión

Un tallo de totora aislado llega alrededor de los 15kg/cm^2 , su resistencia aumenta si se unen los tallos en grupos y más aún si estos son amarrados con presión, pueden llegar a tener una resistencia de 40kg/cm^2 o más.

Nota. Tomado de *propiedades físicas*, de “elaboración propia”, 2007, Aprovechamiento de la Totora como Material de Construcción.

3.2.2. Proceso de Extracción

La totora “alcanza su máximo crecimiento en épocas de lluvia en los meses de enero, febrero, marzo y se realiza el corte en el mes de agosto y septiembre dando paso al nuevo crecimiento (retoño)” (Aza, 2014-2015).

Primero se observa el tallo de la totora, si es de color verde y la flor brotó, se procede a su corte; para que retoñe se deberá cortar a 25cm sobre el agua; para el secado se deberá colocar la totora en una misma zona, este proceso dura aproximadamente ocho días (dependiendo del clima) cuando presenta un color blanco-amarillento es señal de que ya está seco; una vez seco se realiza un atado llamado “chingas” por sus habitantes y se lo traslada al lugar de fabricación; se corta los tallos a diferentes medidas, los grandes desde 2,15m y los pequeños a 1,60m, el sobrante se lo utiliza como abono y finalmente se clasifica a la totora por su grosor y tamaño para ser destinadas a una finalidad (Farfán, 2015).

3.2.3. Usos

Los usos de la totora en la arquitectura está dado en la Isla Flotante de los Uros:

Figura 26

Las islas flotantes artificiales de los Uros



Nota. Reproducida de *Los Uros*, de Incappuiño, (s.f), Inkayni (<https://bit.ly/3rqZtLs>). CC-O

Las islas flotantes artificiales de los Uros, está ubicado a las orillas del lago Titicaca a 7km de la ciudad de Puno, estas islas forman parte de la Reserva Nacional de Titicaca; la técnica constructiva tradicional utiliza la totora como materia prima la cual permite crear: utensilios, balsas, viviendas hasta islas flotantes artificiales, aprovechando el material del lugar manteniendo el equilibrio del ecosistema y hábitat (Aza Medina, 2016).

En la isla las construcciones poseen una estructura de madera con marcos de base, el cual permite levantarlos, la duración de una isla es de 20 a 30 años dependiendo del mantenimiento. El principal problema es la putrefacción de las capas bajas debilitando el suelo de la isla; la humedad afecta a los habitantes de la isla generando problemas de gripe y reumatismo (Hidalgo, 2007).

Viviendas

La totora como materia prima frecuentemente se la utiliza en artesanías, actualmente se la está tomando en cuenta para su uso en la construcción de viviendas.

En una cabaña vive una familia completa de tres a cinco integrantes, la dimensión promedio es de 6mx3m, posee una estructura de madera tipo eucalipto o troncos (pingos) son traídos de la ciudad de Puno; esta estructura es armada con tiras y troncos clavados entre sí, antiguamente se amarraba los elementos con cuerdas hechas con tallos de totora enrollada (Hidalgo, 2007).

Luego de tener el armado de la estructura se procede a colocar los paneles de totora tejido los cuales envuelven la vivienda. Este tejido se realiza uniendo los tallos de la totora con cuerdas la cual atraviesa los tallos para mantenerlos juntos. Los paneles miden 9m x 2,4 y 3cm a 5cm de espesor. La desventaja que presenta hacer el mismo panel para cubiertas, en tiempo de lluvia tiende a pasar el agua por las fisuras que presenta el tejido afectando a la vivienda (Hidalgo, 2007).

En otra comunidad llamada Pacaje, la temperatura llega a -4°C debido a la altitud, las viviendas son de adobe y se les ha implementado un revestimiento de paneles de totora con barro para lo cual se utiliza una malla que permite unir la pared de adobe con el panel de totora, se realiza este proceso para obtener mayor confort térmico al interior de la vivienda, siendo de $23,89^{\circ}\text{C}$ (Ninaquispe-Romero et al., 2012).

4. Yeso

El yeso es el material más antiguo empleado en la construcción, decoración, campos de la medicina y la alimentación, su utilización se da desde el neolítico donde se realizaban cimientos, muros y soportes pictóricos. El estuco de yeso aparece en paredes interiores de algunas pirámides egipcias aproximadamente de 5000 años (LM, 2013).

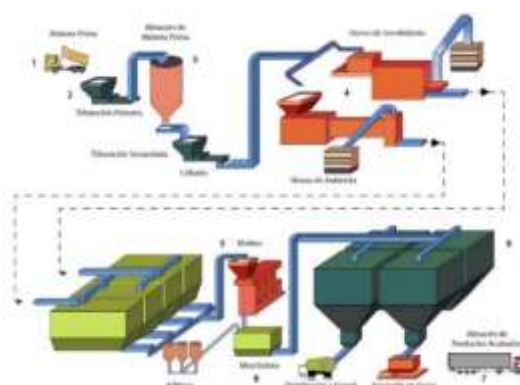
En las canteras faraónicas de Egipto “se lo emplea para revocar los paramentos pétreos en tumbas y templos, pasta en juntas entre sillares de sus pirámides también en los revestimientos de suelos y paredes del palacio Knossos” (Villanueva, 2004).

Existen registros que en el siglo IX a.c, en Catal-Huyukg (Turquía), el yeso “se lo usaba como materia prima en la elaboración de revestimientos, junto con la cal. En Jericó, en el siglo VI a.c. surgen moldeados de yeso. En la civilización griega, el yeso era es muy utilizado como material de revestimiento, en estucos y guarnecidos” (Villanueva, 2001).

4.1.1. Proceso de Extracción

Figura 27

Proceso de fabricación del yeso



Nota. Adaptada de *Fabricación de yeso* (p. 28), por “elaboración propia”, 2013.

Para la obtención del yeso como material para la construcción; se inicia con la extracción de la materia prima la cual es la piedra de yeso o aljez ($\text{SO}_4\text{Ca} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) la misma que se encuentra en canteras subterráneas, este proceso se lo hace a cielo abierto; posteriormente pasa por la primera trituración siendo almacenado para seguir con la segunda trituración, pasando por el cribado el cual es transportado a los hornos de cocción (una parte es conducido al horno de Semihidrato y la otra parte al horno de Anhidrita) una vez seco es almacenado para continuar a los molinos, pasando a la mezcladora donde se integran con varios aditivos este producto pasa a ser almacenado y comercializado en dos formas la cual es en Granel y es envasado en seco finalmente es llevado al lugar de almacenaje donde se colocan los productos para ser distribuidos y comercializados.

4.1.2. Material de Construcción

El yeso es un excelente material para ser empleado en la construcción ya que cuando este se lo calienta pierde con gran facilidad hidratación obteniendo yeso calcinado el cual puede tener una deshidratación parcial o total, recuperando la estructura cristalina al ser hidratado. Como se lo explica a continuación.

El yeso de construcción es el resultado de la cocción de la piedra de yeso siendo un producto pulverulento, el cual al ser mezclado con agua (proporcionado) y fragua al entrar en contacto con el aire. La piedra de yeso o sulfato de calcio dihidrato está compuesto por dos moléculas de agua débilmente unidas al sulfato de calcio, al ser sometido a un incremento de temperatura (entre 150°C y 180°C) perdiendo agua en forma de vapor quedando $\frac{1}{2}$ molécula de agua únicamente, el producto conocido como sulfato de calcio semihidrato molido ($\text{CaSO}_4 + \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$) comúnmente llamado escayola de construcción (Aza Medina, 2016).

Para eliminar la $\frac{1}{2}$ molécula de agua del hemihidrato la cual está fuertemente ligada al sulfato de calcio se necesita incrementar la temperatura para obtener sulfato de calcio anhidro con su fórmula química CaSO_4 formada por cloruros y sulfatos de calcio, magnesio y potasio (Aza Medina, 2016).

Presenta algunas fases las cuales se da dependiendo de la temperatura de cocción que se le otorgue, entre ellas tenemos:

$\text{CaSO}_4 - 2\text{H}_2\text{O}$ denominado Sulfato de calcio dihidrato

$\text{CaSO}_4 - \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$ llamado Sulfato de calcio hemihidrato en sus distintas variedades alotrópicas α o β ; para formar hemihidrato α es necesaria una atmosfera, dentro del horno para la saturación, permite mayor compactación que el β , microscópicamente es sedoso y brillante con multitud de cristales, obteniendo mayor resistencia mecánica. El hemihidrato β es esponjoso, no presenta cristales, posee mayor contenido energético y presenta menor estabilidad.

CaSO_4 : Anhidrita III, o soluble, en sus variedades: III β , III' β , III α ; Anhidrita II, en sus variedades: AII-s (soluble), AII-u (insoluble), AII-E (disociada parcialmente) y Anhidrita I (Berná, 2013).

4.1.3. Clasificación

Yeso negro o gris (YG), o yeso grueso (YG/L), construido por yeso semihidratado ($\text{CaSO}_4 + \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$) y anhidrita (CaSO_4), adquiere este color como resultado de calentar la piedra de yeso con el combustible, este yeso presenta impurezas, es de muy baja calidad por lo que es más económico. Es usado en obras no vistas ya que tiene 50% de yeso semihidrato, permite incorporar aditivos reguladores de fraguado.

Yeso blanco o fino (YF), es de mejor calidad y tiene una granulometría más fina que el yeso negro, está formado por yeso semihidrato y anhidrita, presenta pocas impurezas. Consta de 66% de yeso semihidrato y permite la incorporación de aditivos reguladores de fraguado.

Yeso escayola (YE), designados por E-30 (clase normal) y E-30/L (clase lenta) adquieren este nombre por la función de los periodos de plasticidad. Posee un 80% de yeso semihidrato, con esta cantidad permite incorporar aditivos reguladores de fraguado y presenta una resistencia mínima a flexotracción de 30 Kp/cm².

Yeso hidráulico (YH), en el proceso de cocción, se calienta la piedra de yeso a una temperatura de 800° y al llegar a los 1000° C se produce una disociación del sulfato cálcico, lo que da como solución cierta cantidad de cal actuando como acelerador de fraguado. Finalmente se obtiene un yeso que se fragua debajo del agua, llamado yeso hidráulico.

4.1.4. Propiedades Físicas

Las propiedades físicas más importantes en las fases del sulfato de calcio ($\text{SO}_4\text{Ca} + \text{H}_2\text{O}$) se las explica a continuación.

Tabla 5

Características de las fases del sulfato de calcio.

Nombre	Dihidrato	Semihidrato α	Semihidrato β	Anhidrita III	Anhidrita II	Anhidrita I
Otros nombres	Aljez, Piedra de yeso, Doble hidrato	Hemihidrato α , Semihidrato cristalizado	Hemihidrato β , Semihidrato microporoso	Anhidrita soluble, Anhidrita III	Anhidrita insoluble, Anhidrita β Sobrecocido	Anhidrita alta temperatura. Anhidrita α
Símbolo	DH	SH α	SH β	An III	An II	An I
Formula química	$\text{SO}_4\text{Ca} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	$\text{SO}_4\text{Ca} \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$	$\text{SO}_4\text{Ca} \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$	$\text{SO}_4\text{Ca} \cdot \text{minimH}_2\text{O}$	SO_4Ca	SO_4Ca
Sistema cristalino	Monoclinico	Hexagonal	Hexagonal	Hexagonal	Ortorrombico	Ortorrombico
Agua (%)	20,29	6,21	6,21	< 1	0	0
Peso específico (gr/cm ³)	2,31	2,75	2,63	2,58	2,93 – 2,97	
Peso molecular	172,17	145,15	145,15	136,14 + E	136,14	
Solubilidad (gr/l) a 20°C				6,95		
Ref A	2,05	6,65	8,90		3,00	
Ref. AII	2,58	7,11	9,52			
Calor de hidratación (Cal/mol)		4100±20	4600±20	6150±20 7210±20	4030±20	

Nota. Tomado de *Fases del sulfato de calcio*, de “elaboración propia”, 1995, Vademecum del yeso.

4.1.5. Propiedades Mecánicas

Solubilidad. - El yeso es soluble en agua con presencia de sales, desafortunadamente la salinidad siempre aparece al contacto con el exterior. Se recomienda usar el yeso en el interior, la solubilidad aumentará también por factores como la finura del yeso.

Finura de molienda. - El yeso luego de ser deshidratado debe ser molido para su utilización. Al volver a hidratar el yeso este adquiere nuevas propiedades las cuales se determinarán dependiendo la finura de la molienda. El uso del yeso en construcción al ser mezclado con agua y ser amasado se forma una pasta, reaccionando y endureciéndose formando un conjunto compacto. Por lo tanto, la finura del yeso es directamente proporcional a la calidad del producto final.

Así mismo la velocidad de fraguado es igual al grado de disolución, por lo que se puede confirmar que el yeso fragua en poco tiempo, delimitando el tiempo al trabajarlo y en caso de que el yeso presente una muerte rápida este se lo puede usar para enlucidos o en acabados pequeños.

Velocidad de fraguado. – Una de las características del yeso es su rápido fraguado, debido a esto se recomienda que al usarlo se lo hidrate en pequeñas cantidades, esta propiedad depende de tres factores:

Primero depende del propio yeso tomando en cuenta el grado de finura, de pureza y punto de cocción; segundo las condiciones de hidratación como son: la temperatura del agua, la concentración del yeso en el agua, la manera de amasar la pasta al hidratarlo y tercero a los agentes externos como temperatura o humedad.

Resistencia mecánica. – El yeso deberá tener un alto grado de finura, una velocidad de fraguado, concentración de yeso, temperatura del agua y de atmósfera con estos factores se obtendrá un yeso de alta resistencia mecánica.

Grado de cocido. – La temperatura deberá ser exacta para su cosido, caso contrario esto afectará a las propiedades anteriormente mencionadas, se recomienda no emplear el yeso recién cocido debido a que aceleraría la rapidez de fraguado, lo cual impide trabajar con facilidad.

Permeabilidad. – La característica que aún no se ha podido perfeccionar es la permeabilidad para el uso en exteriores, debido a que la solubilidad del yeso presenta un alto grado de porosidad. Motivo por el cual el agua penetra ágilmente a través de la red capilar, esto genera una mayor disolución así mismo se produce la pérdida del material. A lo largo del tiempo se ha demostrado que el yeso no es apto en áreas expuestas al exterior, al contrario, se lo usa en paredes internas ya que ha sido más duradero y no se le colocan aditivos que son costosos.

Adherencia. – El yeso por su naturaleza se adhiere fácilmente con las superficies, cuando está en estado de plasticidad, tanto con materiales pétreos como metálicos también se lo puede usar su masa con materiales naturales como: el carrizo, corcho y sintéticos como la fibra de vidrio actuando a manera de refuerzo. A esta propiedad se la puede mejorar con adhesivos a base de yeso, los cuales tengan resina sintética para obtener pegamientos de gran calidad (Berná, 2013).

Corrosión. - Al estar en contacto con el metal este se corroe y en presencia de agua disminuye.

Resistencia al fuego. - Al ser resistente al fuego se lo considera buen aislante.

Resistencias iniciales. – Se consigue a los siete días, dependiendo de las condiciones climáticas, al obtener una pasta de yeso esta tiene la suficiente resistencia con la cual se puede crear productos prefabricados sean desmoldados después del fraguado son almacenados y transportados para ser comercializados (Berná, 2013).

Tabla 6

Valores de resistencia iniciales.

Tipo de producto	Resistencia a Flexotracción (N/mm ²)			
	Después de 2 horas en Cámara húmeda		Valor final en seco	
	Media	Desviación típica	Media	Desviación típica
Yeso Escayola	1,5	0,3	3,5	0,3
Yeso fino de construcción	0,6	0,3	2,5	0,4
Yeso grueso de construcción	0,4	0,1	1,2	0,4

Nota. Se detalla los intervalos de secado y su respectiva flexotracción de los tres tipos de yeso.

Tomado de R.I., de “elaboración propia”, 1999.

4.1.6. Usos del Yeso en la Arquitectura

El yeso es utilizado en moldes de yeso 3D, nivelación de pisos, mortero para revestimientos, enlucidos, cornisas y zoclo.

Figura 28

Uso del yeso



Nota. Adaptada de Estudio del yeso tradicional y sus aplicaciones en la arquitectura del pallas sobirá, de “elaboración propia”, 2016

Estado del arte

5. Investigaciones de Paneles con Fibras Naturales

Con el objetivo de reducir el impacto ambiental que deja la construcción, se reconsidera utilizar las técnicas constructivas ancestrales e innovarlas.

5.1. Paneles de Bahareque Prefabricado y Aplicación a una Vivienda

En el estudio realizado por la arquitecta Vacacela Nina, 2015 retoma e innova la utilización del sistema constructivo ancestral (con bahareque) utilizando recursos renovables como caña, madera, tierra; la vinculación con la comunidad permite reducir el costo del panel, siendo prefabricados de bahareque, los paneles se los realiza siguiendo las siguientes normativas. La norma utilizada es E 0.80 construcción en tierra, manual de diseño para madera del grupo andino, NEC (vivienda y la eficiencia energética cap.13), en la parte experimental se desarrolló cálculo estructural del armado del panel, aplicación de carga (ruptura) con sacos de arena, consideró el tiempo de armado y el transporte del mismo. Desarrollando tres propuestas cuyos paneles se diseñan con una estructura modular de madera, aislante natural (térmica y acústica) y revoque de tierra.

En la primera propuesta, cuya medida del panel es de 240x90x11cm con una estructura modular de madera (pino) y un entramado de tiras de caña guadua, aislante natural viruta (espiral extraído de la madera); este ensayo se le colocó dos capas de revoque la primera es de 2cm de barro y paja de cerro cubriendo el entramado y el aislante, la segunda capa es de 0,5cm de barro cubriendo las fisuras de la primera capa, el empañete es de 3mm; en la prueba de ruptura se le aplicó una carga de 250kg (con sacos de arena) el cual no presento cambios.

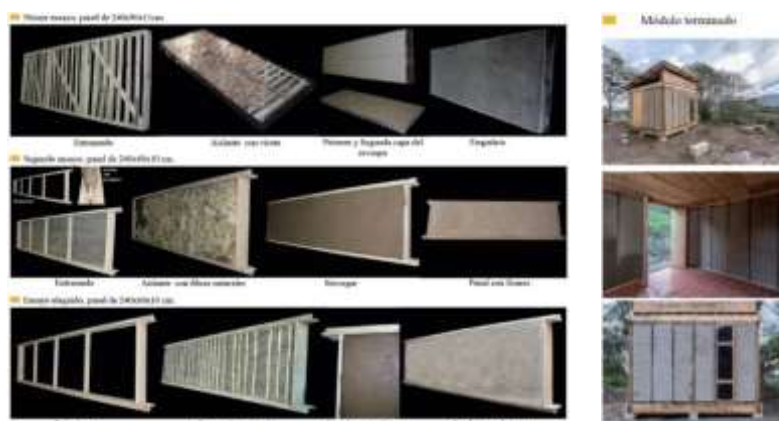
En la segunda propuesta, tiene una medida de 240x60x10cm, con una estructura modular cuyas piezas de pino miden 10x240cm en forma de T, el entramado es sustituido por malla de gallinero grapada a la estructura, el aislante es de fibras naturales de mayor tamaño (pucón compactado) las cuales están comprimidas con la malla, se colocó una capa de barro

con cabuya, el empañete se lo realiza con barro y paja de pino; la prueba de ruptura presento fisuras debido al empañete el cual está compuesto por paja de pino no siendo apto para trabajar con carga, para las instalaciones eléctricas se dejan canales entre los paneles.

En la Tercera propuesta, toma en cuenta las desventajas de los anteriores paneles resultando un módulo de 240x60x10cm (para mejor movilización), se toma 2 piezas de pino de 10x240cm en forma de T, se utiliza dos tipos de entramado con tiras de madera y carrizo, el aislante es de fibras naturales las cuales están amarradas con cabuya y compactadas a los carrizos, se aplica una capa de revoque la cual es de barro, paja de cerro o cabuya (el empañete es de manera opcional); en la prueba de ruptura el panel no presenta fisuras, pasando la prueba de agentes externos.

Figura 29

Armado de los paneles de tierra



Nota. Adaptada de *Paneles de Bahareque Prefabricado y Aplicación a una Vivienda*, de “elaboración propia”, 2015

Conclusiones

La estructura empleada en la modulación del panel ayuda con la humedad por lo que reduce las afectaciones por la misma. Este sistema prevalece ante la construcción de ladrillo y bloque tanto en confort térmico, acústico y de humedad.

La tercera propuesta planteada fue la elegida para aplicarla en el proyecto de una vivienda la cual se vincula con la comunidad, demostrando su sostenibilidad ambiental. La desventaja de este panel sería el tiempo de secado del panel ya que tardaría de 2 a 3 meses, la cual es justificada por la rápida colocación en obra.

El costo del panel prefabricado de bahareque ya terminado es de \$45.13m² sin minga y \$29.37m² con minga, resulta caro en comparación con el m² en ladrillo y bloque; al reducir el tiempo de puesto en obra se justificaría su precio.

5.2. Manual del Promotor Técnico para la Construcción de Viviendas Altoandinas

Para Rodríguez-Larraín et al., (2016) las condiciones climáticas en el altoandino (en invierno son muy bajas y en verano son muy altas) están afectando la salud de las comunidades Alpaqueras de la localidad de Orduña - Puno (4700 m.s.n.m.). Las viviendas rurales son realizadas rústicamente con materiales del sector (de fácil transportación, económicos) como son: piedra seca y mortero de barro, con esta técnica constructiva no brinda confort térmico. Por lo tanto, el prototipo planteado busca reducir la huella ecológica cumpliendo con los criterios básicos de sostenibilidad.

Figura 30

Viviendas Rurales de la comunidad de Orduña



Nota. Adaptada de a) viviendas rurales de la comunidad, de *Manual del promotor técnico* (p. 6), 2016. b) materiales y técnicas constructivas, de *Guía para la mejora de la implementación del programa “mi abrigo”* (pp. 25-26), 2021.

mayor resistencia) cada 30cm esta modulación permite cortarlo, para unir dos colchones la costura se la realiza con doble hilo en las costuras laterales formando una X.

“La transmitancia térmica del muro de adobe+titora (42+4cm) es de 0,667 W/m² °C este resultado se pudo observar en las dos intervenciones” (Wieser et al., 2020).

Figura 32

Sistema Constructivo del Prototipo Planteado



Nota. Adaptada de a) viviendas rurales de la comunidad, de *Manual del promotor técnico* (pp. 49-53-59-63-69-73-77-83), 2016.

El proceso constructivo como se observa en la figura 32, en el muro mejorado se lo desarrollo bajo la normativa NTE-080 Adobe para obtener una vivienda sismo resistente. El adobe debe ser cuadrado (40x40x10 cm) con mortero (tierra cernida y paja de 10cm), las juntas tienen un espesor 1-2cm; los pasadores sirven para formar la malla de driza (evitando grietas y deterioro del muro en sismos) la cual está conectada desde el cimiento, muros y cubierta. El aislante está colocado internamente para evitar la pérdida del confort térmico el cual fue adquirido en el día, el colchón de totora (aislante) es fijado a la viga collar con clavos. El revestido de estos muros es con mortero de barro-paja el cual cubre el colchón de totora y la malla de driza.

Conclusiones

Uno de los objetivos al realizar este prototipo es alcanzar los 10°C dentro de la vivienda, utilizando materiales de la localidad (naturales), económicos reduciendo la huella ecológica. El confort térmico se consiguió en la segunda intervención que tuvo este prototipo, sin la necesidad de sistemas mecánico (se consiguió con el sistema constructivo ancestral mejorado).

Se mejoró la calidad de vida de las comunidades debido que el sistema constructivo mejorado desde los cimientos y pisos del prototipo son regulan la humedad (ya que este aislante de fibras naturales), en vanos (la puertas y contraventa) tienen aislante (lana de oveja) de esta manera se evitaría la pérdida de temperatura en las noches.

5.3. Aplicación de la Fibra de Totora en Diseño de Materiales

A la totora se la está considerando un elemento más para la construcción de viviendas y no solo como un elemento de artesanías. Demostrando mediante la experimentación que es muy resistente; el coeficiente térmico que brinda la totora lo hace un muy buen aislante.

En la investigación realizada por Eduardo, (2015) con la finalidad de reducir el impacto ambiental producido por los sistemas constructivos actualmente empleados en la construcción en Puno, propone una tabiquería ecológica el cual tenga un buen comportamiento ante los agentes externos. Los paneles están compuestos por un tejido K'esana de 1,80m x 1,20m y un espesor de 5cm, las costuras (hiladas) desde 4 a 6; el armado del panel es de un armado rectangular de eucalipto el cual se le colocan cuatro clavos para amarrar el tejido a la estructura; se aplicó un revestimiento: el primero es de yeso y el segundo es un mortero (cemento-arena) para la fase experimentación los dos tipos de revestimiento se lo realizo en tres espesores 0,5cm, 1cm y 1,5cm. Los ensayos realizados fueron de impacto blando, confort térmico (en yeso con espesor de 1cm es de $0,013\text{W/m}^{\circ}\text{K}$ y en mortero con espesor de 1cm es de $0,007\text{W/m}^{\circ}\text{K}$), aislamiento acústico y al fuego se puede utilizar cualquiera de los dos ya que obtuvo buenos resultados; análisis de costos demostró que la tabiquería ecológica con revestimiento de yeso es un 2,35% más barata que el muro de adobe y en caso del mortero este es más 27,33% más económica que los muros de ladrillo.

Para Aza, (2016) en su investigación demostró que la formación de juntos de totora con un espesor de 1,58cm se obtiene un coeficiente térmico de $0,058\text{W/m}^{\circ}\text{K}$, también realizó

pruebas de resistencia (fuerza máxima 331N/mm²) y de comportamiento al fuego (favorable debido a la aplicación de alumbre o ácido bórico a los juncos de totora).

De las tres propuestas realizadas por Jara, (2018), con la que obtuvo mejores resultados fue con el tablero de totora y médula de maíz, siguiendo los parámetros de la normativa NEC 2014 (madera) dichos valores son admisibles para OSTB TOTORA (compresión paralela 7MPa y perpendicular 1MPa). Al ser un material noble se lo puede usar en: mampostería, vigueta (la flexión con carga máxima en la muestra 90cm fue de 17,2KN con una deformación de 24,67mm y la muestra de 180cm fue de 25,7KN con una deformación de 36,88mm), cielo falso interno (con capa de papel de totora), posiblemente para aplicación de formas curvas. En 2019 Jara desarrolla un tablero compuesto el cual está compuesto por 40% fibra natural totora, 10% de aluminio y 50% de polietileno (termo fusión) en los ensayos físicos el esfuerzo de flexión es de 133,61MPa y de ruptura 9,81 MPa; de conductividad térmica es de 0,22W/m°K, de absorción de agua en 24 horas es de 0,4% y su aislamiento acústico va de 30-35 db. Los valores obtenidos del tablero demuestran que son una muy buena opción para la construcción.

CAPÍTULO III
MARCO NORMATIVO

6. Marco Normativo

6.1. Tejido de la Totora

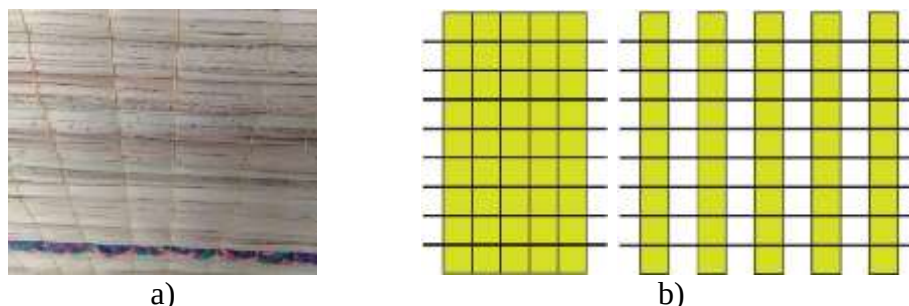
El tejido es la culminación de entretejer diversas fibras o hilos, tenemos dos tipos: los planos y los con punto. Para lo cual se analizó visualmente cada uno, los más usados son en trama y cruzados.

6.1.1. Tejido Amarrado en Bulto (*Tejido Plano*)

Se reúne varias totoras con una misma medida, se los agrupa paralelamente para posteriormente tejerlos con un hilo de fibra natural (como yute, cabuya, etc.) apretándolos entre sí, logrando firmeza y mayor resistencia. Este proceso se repite varias veces.

Figura 33

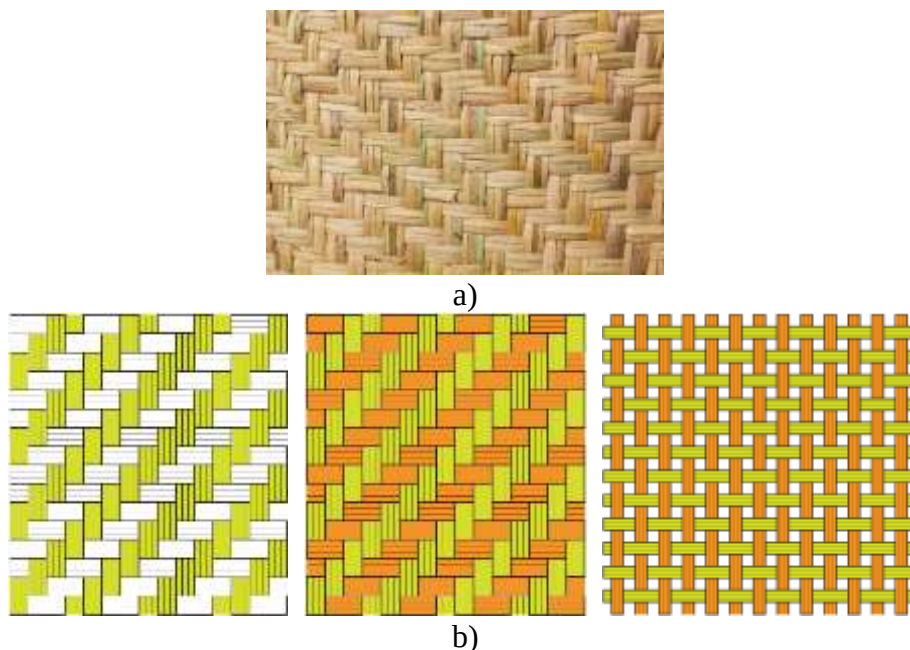
Tejido amarrado en bulto



Nota. a) Reproducida de *Totora Hogar San Rafael de la Laguna*, (28, 01, 2017), Facebook (<https://bit.ly/3ssTEfZ>), CC-O. b) Adaptada de *Tejidos de totora* (p. 27), 2017

6.1.2. Tejido Estera Tradicional (*Tejido Plano*)

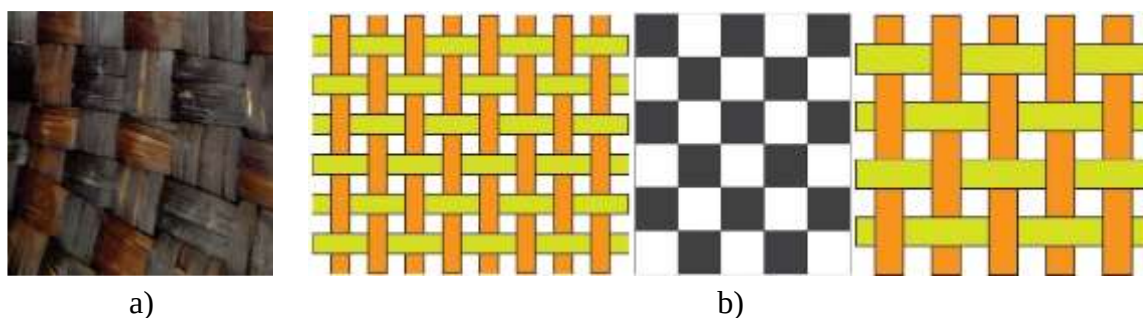
Se une grupos de tres totoras para formar el tejido con una misma medida, el proceso de elaboración se da; por cada grupo horizontal descende dos grupos verticales (formando un ángulo recto) con la finalidad de ir enlazando el tejido. Este proceso se repite varias veces.

Figura 34*Tejido estera tradicional*

Nota. a) Reproducida de *Artes de totora*, de Hidalgo, 2017, dreamstime (<https://bit.ly/34p1xuX>). CC-O. b) Adaptada de *Tejidos de totora* (p. 27), 2017.

6.1.3. Tejido Estera Cuadro Especial (Tejido Plano)

Al igual que en el modelo anterior, este varía en el proceso de elaboración, ya que por cada grupo horizontal desciende uno grupo vertical (formando una malla) y finalmente se crea el tejido. Este proceso se repite varias veces.

Figura 35*Tejido estera cuadro especial*

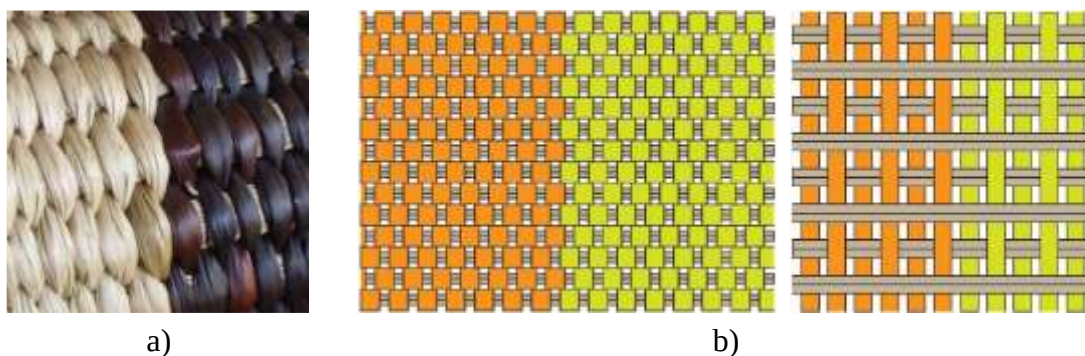
Nota. a) Reproducida de *Tejidos de totora* (p. 27), de Farfán, 2015. b) Adaptada de *Tejidos de totora* (p. 27), 2015.

6.1.4. *Tejido Mazorca por la Zona del Maíz (Tejido Plano)*

Para el proceso de elaboración se une dos totoras horizontales el cual desciende una totora vertical formando un entrelazado, este proceso se repite varias veces, la forma final se asemeja a una mazorca de ahí su nombre.

Figura 36

Tejido mazorca



Nota. a) Reproducida de *Tejidos de totora* (p. 28), de Farfán, 2015. b) Adaptada de *Tejidos de totora* (p. 28), 2015.

6.1.5. *Tejido Espiga (Tejido Plano)*

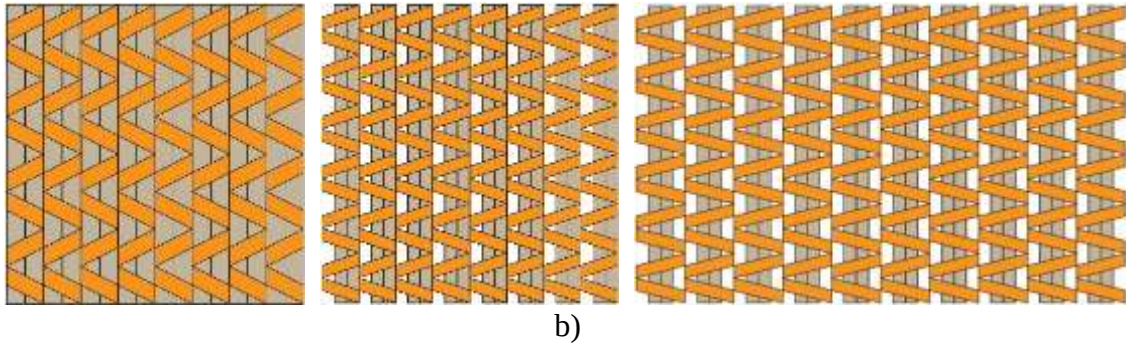
Se forman grupos de tres totoras las cuales serán colocadas de forma vertical, posteriormente se entrelazará una totora de forma diagonal; este proceso se realiza varias veces hasta obtener el tamaño deseado y el resultado final del tejido será en forma de espiga.

Figura 37

Tejido espiga.



a)



Nota. a) Reproducida de *Tejidos de totora* (p. 28), de Farfán, 2015. b) Adaptada de *Tejidos de totora* (p. 28), 2015.

6.1.6. Tejido Pegado Paralelo (Tejido Plano):

Para elaborar este tejido se corta los juncos de totora de un mismo tamaño, se los adhiere (con pegamento sintético o natural) uno junto a otro hasta obtener el tamaño deseado y luego se deja secar; este procedimiento se realiza varias veces hasta crear tres placas donde la segunda placa será invertida para otorgarle mayor resistencia al tejido.

Figura 38

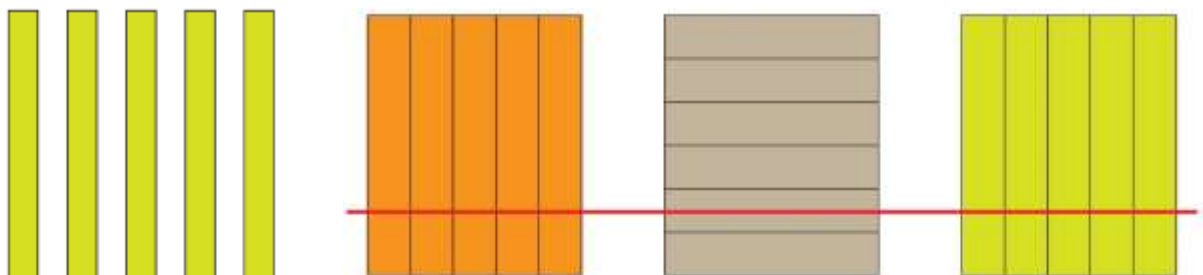
Tejido pegado paralelo



Nota. Reproducida *Probetas de caña de entera* (p. 62), de Aza, 2015.

Figura 39

Tejido pegado paralelo



Nota. Adaptada de *tipos de uniones en totora* (p.39), de Hernández, 2019.

6.1.7. Ejemplo del Uso de Tejidos

Los arquitectos de Archquid think-act tank desarrollaron un proyecto de vinculación con la comunidad indígena también con otras instituciones de la parroquia San Rafael de la Laguna ubicada en Otavalo, tiene por objeto “compartir conocimientos del tratado de la totora entre comunidades. El proyecto se basa en la investigación de la Totora como material de construcción cuya finalidad es crear espacios arquitectónicos flexivos; siendo la materia prima la Totora y la madera” (José Tomas Franco, 2016).

Figura 40

Cubo de totora



Nota. Reproducida de “*Cubo de Totora*”, por José Tomás Franco, 2016, Plataforma Arquitectura (<https://bit.ly/3JhJR2Z>). CC-O

El proyecto final se llama El “Cubo de Totora” el cual tiene una modulación de 3 metros por cada lado, compuesto por 9 paneles en cada una de las caras del cubo, cada panel tiene un tejido diferente los cuales son realizados por los artesanos del lugar, en el cual se aprecian cualidades técnicas como estructurales y expresivas (José Tomas Franco, 2016).

Figura 41*Cubo de totora*

Nota. El manejo de la luz se lo realizo en diferentes horas del día, este experimento duro varios días demostrando que cada tipo de tejido da un resultado diferente. Reproducida de “Cubo de Totorá”, por José Tomás Franco, 2016, Plataforma Arquitectura (<https://bit.ly/3JhJR2Z>). CC-O

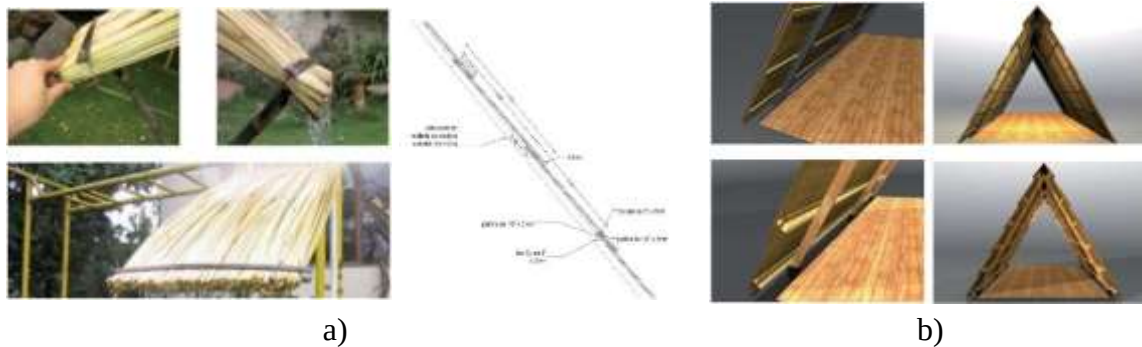
6.2. Uniones o ensambles

(Hidalgo, 2007), en la investigación “Aprovechamiento de la Totorá como Material de Construcción”, realiza varias propuestas utilizando la Totorá como material para la construcción arquitectónica. Propone tres categorías de paneles los cuales están destinados para cubiertas, paneles exteriores e internos. Los métodos empleados permiten optimizar su construcción y montaje.

En los Paneles para Cubiertas presenta dos tipos:

6.2.1. Cubierta con Presa o Totorá Prensada:

Los tallos rectos de Totorá que miden 1m, a 10cm del extremo lleva dos prensas de madera o de metal las cuales están unidas por un perno o tornillo otorgándole compactación a los tallos de Totorá. El ensamble de la cubierta es cada 80cm entre cada panel y tiene un traslape de 17cm, su estructura puede ser metálica y de madera.

Figura 42*Cubierta con presa*

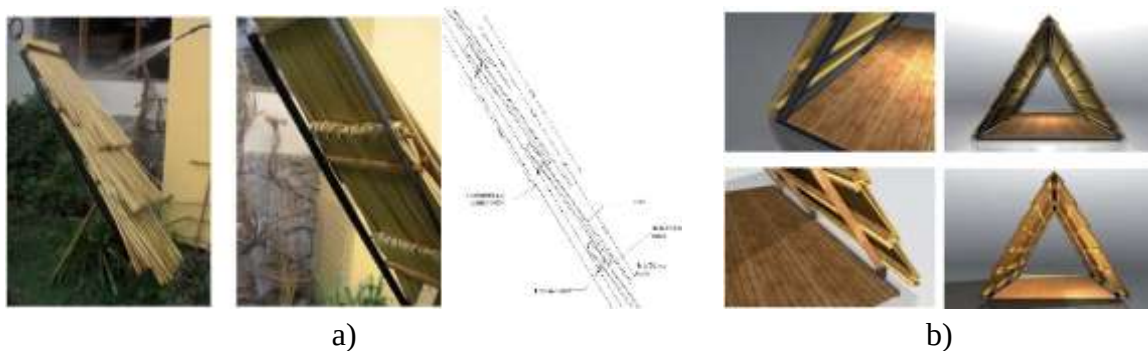
Nota. Comportamiento del panel con el exterior y detalle del montaje. a) Práctica b) Propuesta.

Reproducida de *Paneles para cubierta* (p. 96-100), por Hidalgo, 2007.

Conclusión: El costo del m² en este panel sería de \$5, su costo dependerá del tipo de prensas e impermeabilizantes utilizados.

6.2.2. Cubierta Doblada o Totora Doblada

Los tallos de Totora se los dobla 94cm y la otra parte tiene 74cm, aproximadamente a 15cm del extremo se coloca las dos prensas de madera o de metal las cuales están unidas por un perno o tornillo otorgándole compactación a los tallos de Totora. El ensamble de la cubierta es cada 60cm ente cada panel y tiene un traslape de 17cm, su estructura puede ser metálica y de madera.

Figura 43*Cubierta doblada*

Nota. Comportamiento del panel frente al agua y detalle del montaje. a) Práctica b) Propuesta.

Reproducida de *Paneles para cubierta* (p. 102-104), por Hidalgo, 2007.

Conclusión: las propuestas planteadas resisten bien al agua ya que se usó barnices e impermeabilizantes, cuando se las coloca una pendiente de 30% se empieza a filtrar gotas de agua en pequeñas cantidades por lo que recomienda utilizar una pendiente del 50%. Las ventajas de este panel son por la ligereza del panel, facilita la construcción y su costo es bajo ya que estaría ente \$3 o \$4 /m², depende de los materiales a utilizar.

En los Paneles para Exteriores presenta cuatro tipos:

6.2.3. *Totora Prensada*

Se los debe colocar separado del suelo para evitar daños por la humedad, el proceso de elaboración se realiza colocando los tallos de Totora pudiendo llegar a tener una longitud de 3m ya sea en sentido de los tallos y en el otro, a 10cm del extremo lleva dos prensas de madera o metálicas, las cuales están unidas por un perno o tornillo otorgándole compactación a los tallos de Totora resultando un solo panel y la estructura puede ser metálica y de madera. Se debe tener cuidado con las uniones entre cada panel.

Figura 44

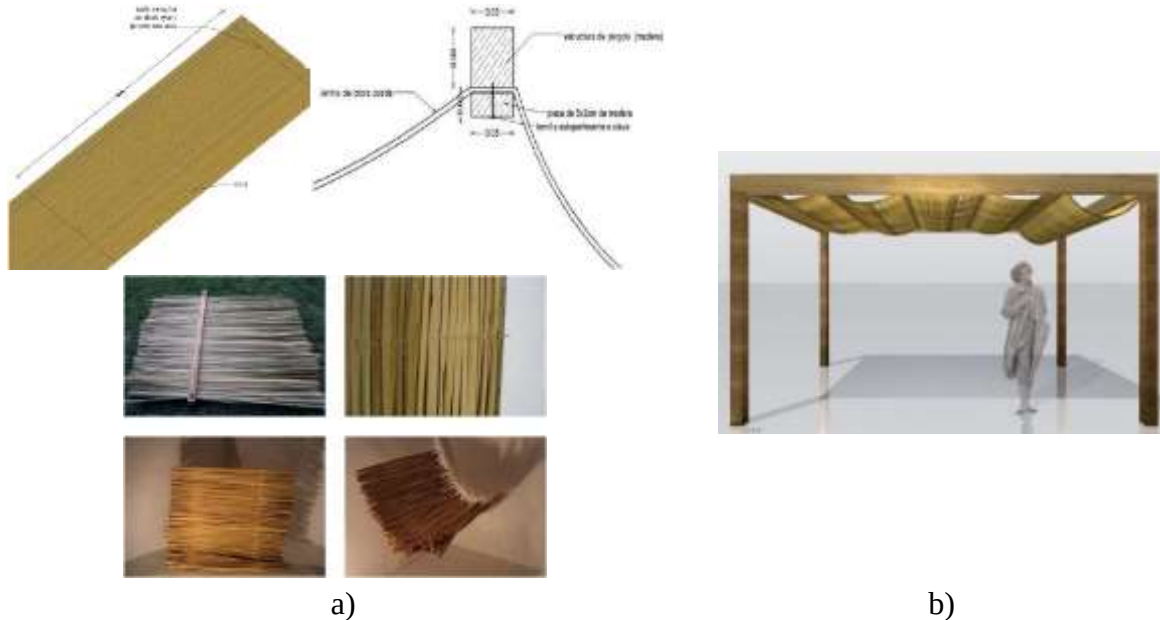
Panel Exterior - Totora Prensada



Nota. Detalle de las prensas realizadas con diferentes materiales. a) Práctica b) Propuesta.

Reproducida de *Paneles para cubierta* (p. 111-113), por Hidalgo, 2007.

Conclusión: El costo del m² en este panel sería de \$4, su costo dependerá del tipo de prensas e impermeabilizantes utilizados.

Figura 47*Panel Exterior – Totorá Cosida*

Nota. Armado y detalle del montaje del panel con totora cosida. a) Práctica b) Propuesta.

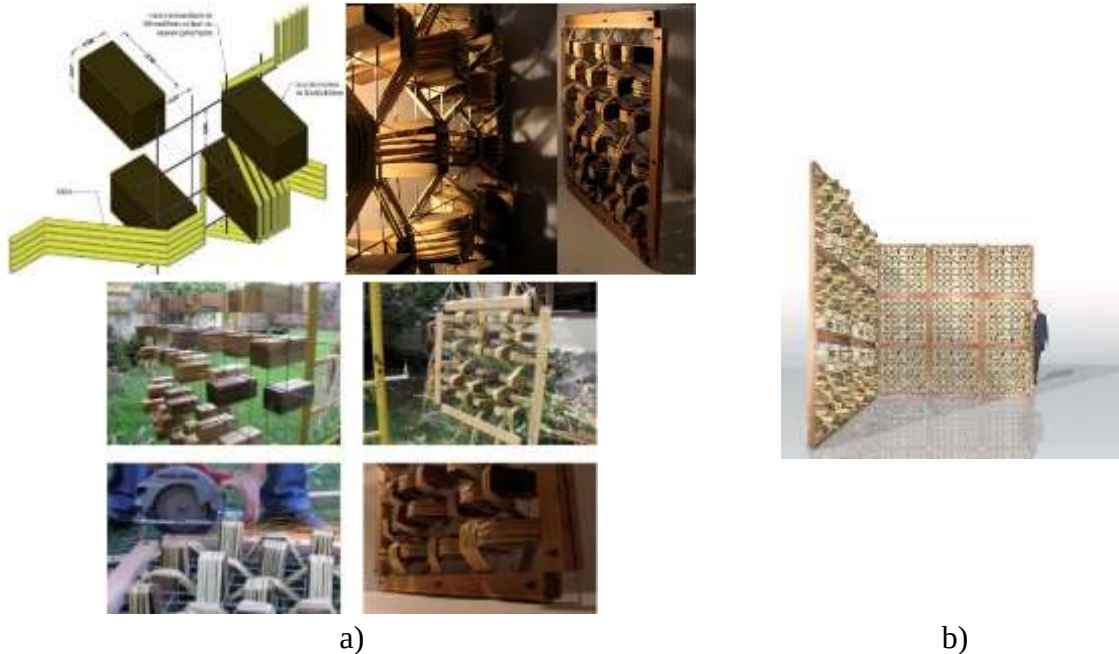
Reproducida de *Paneles para cubierta* (p. 124-127), por Hidalgo, 2007.

Conclusión: El costo del m² en este panel sería de \$3, su proceso de elaboración es rápido y simple, se hace uso de una maquina industrial y al coser se debe tener en cuenta el espesor del panel.

En los Paneles para Interiores presenta cinco tipos:

6.2.7. Tejido en Malla

Su elaboración simula el tejido de estera, para lo cual se hace uso de una malla electrosoldada con medida 5x5cm x 3mm, en sus espacios se colocan tacos de madera de canelos, el cual forma las intersecciones del tejido, el cual es realizado en grupos de 5 tallos. Para evitar que los tallos se quiebren previamente se la humedece. (Hidalgo, 2007)

Figura 48*Panel Interior – Tejido en Malla*

a) b)

Nota. Armado y detalle del montaje del panel. a) Práctica b) Propuesta. Reproducida de *Paneles para interiores* (p. 131-135), por Hidalgo, 2007.

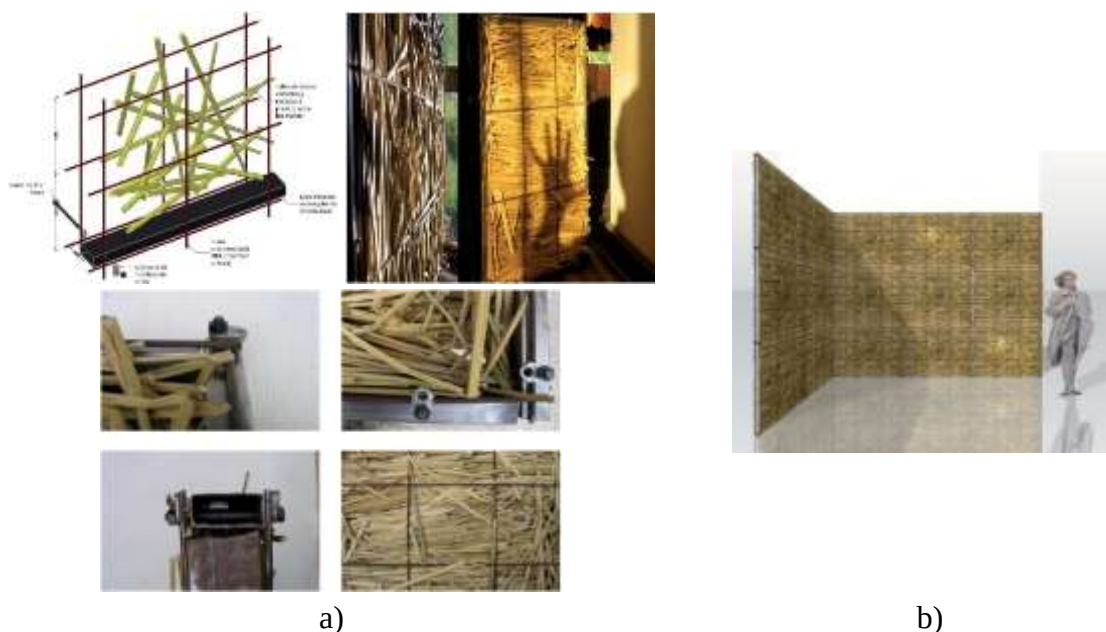
Conclusión: El costo del m² en este panel sería de \$18, su costo es alto debido a la mano de obra y los materiales.

6.2.8. Tipo Gavión

La estructura empleada es metálica, para lo cual “se hace uso de una malla electrosoldada con medida 15x15cm x 4mm, de tubos metálicos son de 4cm x2cm x3mm, los cuales están sujetan las mallas con pernos, tuercas y abrazaderas de mordaza” (Hidalgo, 2007) los tallos de totora son cortados de diferentes tamaños, se los coloca por la parte superior del panel siendo colocados al azar, pero en forma transversal.

Figura 49

Panel Interior – Tipo Gavión



Nota. Armado y detalle del montaje del panel. a) Práctica b) Propuesta. Reproducida de *Paneles para interiores* (p. 136-140), por Hidalgo, 2007.

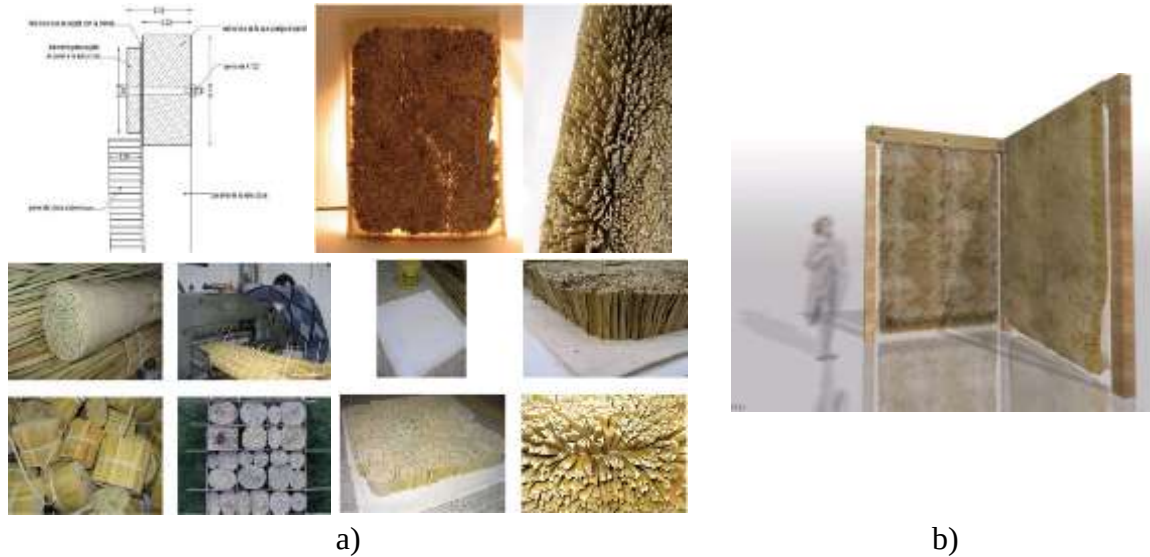
Conclusión: El costo del m2 en este panel sería de \$15, su costo varía por los materiales utilizados.

6.2.9. Sobre Lienzo

Para la elaboración de este panel se utilizó un lienzo grueso, con una hoja de papel filtro pegada a este, el cual permite una mejor adherencia de los tallos de totora, posteriormente se coloca una capa de goma blanca y los tallos de totora los cuales miden 8cm. Los rollos son cortados con una guillotina de imprenta estos rollos están atados en grupos con abrazaderas cada 8cm. (Hidalgo, 2007)

Figura 50

Panel Interior – Sobre Lienzo



Nota. Armado y detalle del montaje del panel. a) Práctica b) Propuesta. Reproducida de *Paneles para interiores* (p. 141-147), por Hidalgo, 2007.

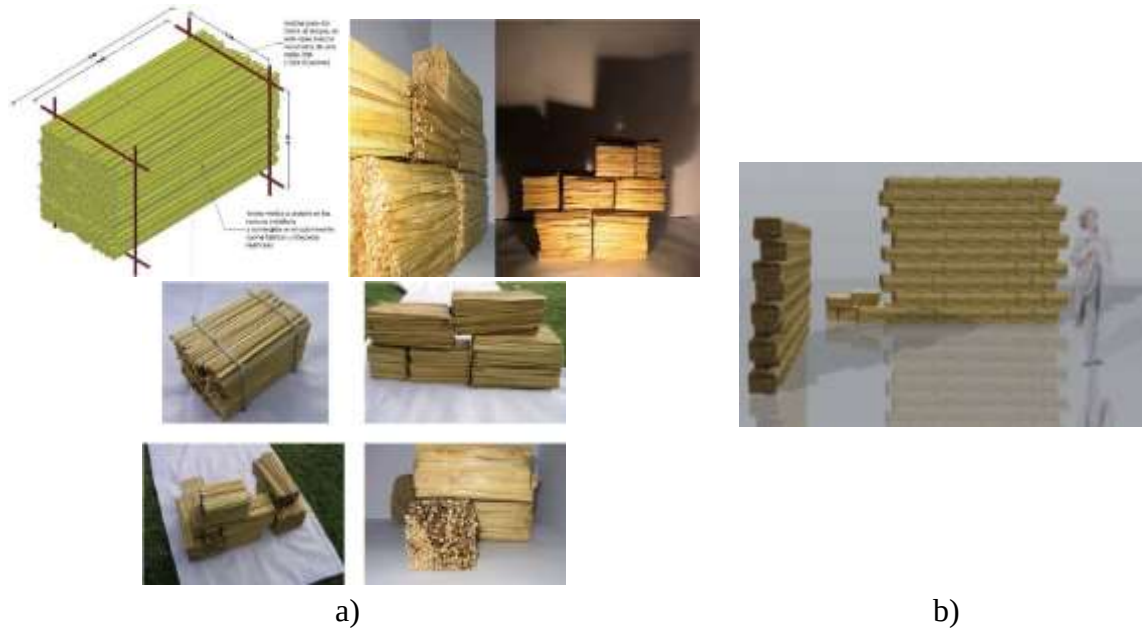
Conclusión: El costo del m² en este panel sería de \$10, en este caso la organización, el proceso de corte pegado de la totora aumentaría su costo.

6.2.10. Bloques

El tamaño de los tallos de la totora se los corta de la medida que sea necesaria, son colocados a presión en los marco del molde, posteriormente se introduce el molde en aglomerante por 10 segundos, se lo retira y se los coloca de manera horizontal dejando secar de manera natural. Para unir los bloques entre si se utiliza cola blanca o resinas. (Hidalgo, 2007)

Figura 51

Panel Interior – Bloques



Nota. Armado y detalle del montaje del panel. a) Práctica b) Propuesta. Reproducida de *Paneles para interiores* (p. 148-152), por Hidalgo, 2007.

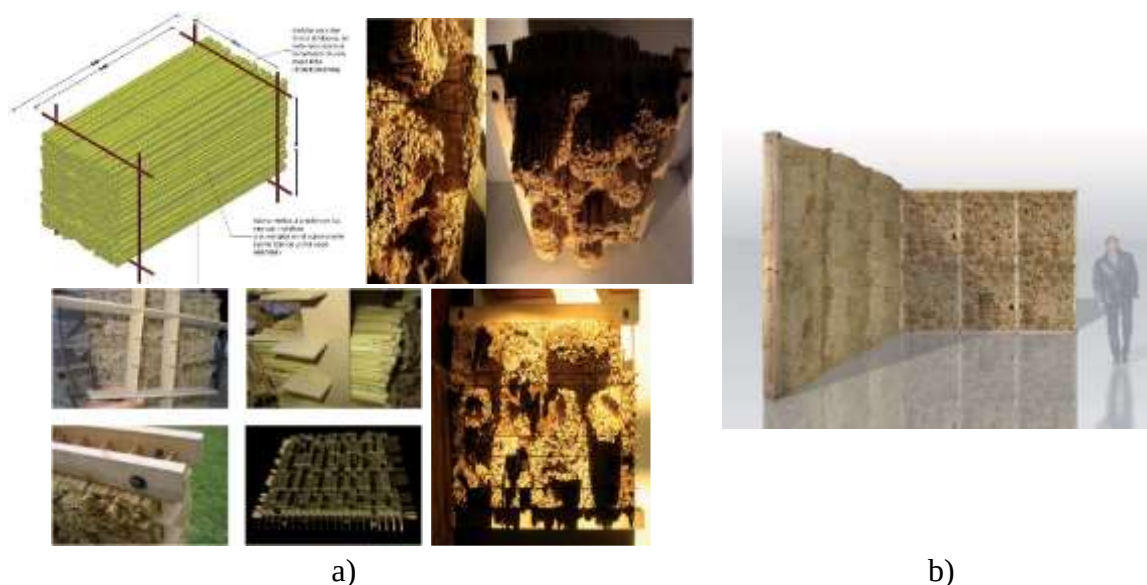
Conclusión: El costo del m² en este panel sería de \$6, este precio podría variar debido a los productos aglomerantes.

6.2.11. Textura Móvil

La malla está hecha con tiras de trupán con una medida de 5cm x3mm entrelazadas creando marcos anchos, el tamaño de los tallos dependerá cuanto relieve desee en una de las caras del panel. También se puede utilizar mallas prefabricas de platinas metálicas, se recomienda colocar el panel separado del suelo para evitar daños por la humedad. (Hidalgo, 2007)

Figura 52

Panel Interior – Textura Móvil



Nota. Armado y detalle del montaje del panel. a) Práctica b) Propuesta. Reproducida de *Paneles para interiores* (p. 153-159), por Hidalgo, 2007.

Conclusión: El costo del m2 en este panel sería de \$18, este precio podría variar debido al proceso de construcción; en caso de ser comercializado este costo bajaría.

6.3.Otros Materiales Agregados con la Totora

La totora al ser una fibra natural con el paso del tiempo esta se deteriora, para ralentizarlo se le coloca aditivos, como se los detalla a continuación.

6.3.1. Materiales Añadidos a la Totora

Estos materiales ayudan a evitar el deterioro de los tallos de la totora de la fibra natural. Para llevar a cabo el proceso de ignifugar y de inmunización se lo realiza basándose en la tesis de (Hidalgo, 2007) la cual se toma el método 3 siendo el más favorable; este método se lo realiza utilizando los siguientes materiales: ácido bórico, bórax y dicromato de sodio (disuelto en agua). A continuación, se describen las características de cada uno de ellos.

6.3.1.1. Bórax. Su fórmula es $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ es un compuesto químico importante del boro, el cual es usado en lo doméstico, urbano y jardinería como insecticida (no muy eficaz). Se recomienda no dejarlo al aire libre ya que rápidamente

se convierte en tincalconita ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$) al perder poco a poco su hidratación, pero este compuesto se disuelve fácil con el agua (Mejía, 2020).

Figura 53

Bórax



Nota. Reproducida de *Bórax*, de Indiamart, (s.f), Indiamart (<https://bit.ly/3Lp629r>). CC-O

6.3.1.2. Ácido Bórico. Su fórmula es H_3BO_3 , compuesto químico con un nivel de acidez leve al cual se lo debe usar con precaución ya que es tóxico, siendo de uso limitado (antiséptico, insecticida, entre otras aplicaciones); debido a que es un insecticida ayuda a combatir las plagas por lo que ayuda a preservar las fibras naturales. Este compuesto es poco soluble en agua fría y es retardante al fuego.

Figura 54

Ácido Bórico



Nota. Reproducida de *Ácido*, de G, (s.f), Industry (<https://bit.ly/3JpTE7m>). CC-O

6.3.1.3. Dicromato de Sodio. Su fórmula es $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, compuesto químico peligroso, se lo usa para acabados metálicos, productos orgánicos, pigmentos, cerámica, como funguicida, protección acuosa y retardador a altas temperaturas.

Figura 55*Dicromato de sodio*

Nota. Reproducida de *Cromo*, de Alpenglow, (2014), Industry (<https://bit.ly/3sFyafE>). CC-O

Por consiguiente, se utilizó la siguiente solución:

Tabla 7*Solución fría*

La solución fría consiste en:	
Sustancias:	agua, bórax, ácido bórico, dicromato de sodio.
Proporción:	para 200 partes de agua
	1 de bórax
	1 de ácido bórico
	0,5 de dicromato de sodio.

Nota. Tomado de *Prueba con Inmunizantes*, de elaboración propia, 2007, Aprovechamiento de la Totorá como Material de Construcción.

6.3.2. Materiales Complementarios con la Totorá

6.3.2.1. **Yeso.** Se considera “uno de los materiales más utilizados en el sector de la construcción, ya que su rendimiento es bueno en condiciones de habitabilidad, gran resistencia y durabilidad con el paso del tiempo, también es seguro frente al fuego” (Feragama, 2017).

6.3.2.2. **Cal.** Al igual que el yeso este material también es el utilizado en el sector de la construcción, si se trata de aprovechar todos sus beneficios se consideraría superior al cemento. Antiguamente las edificaciones estaban construidas a base de cal, no solo se la usa para revestimiento y pinturas. La Cal Hidratada se la utiliza en construcciones ya que enriquece

la plasticidad del mortero y la retención de agua, también ayuda a evitar la eflorescencia y el curando las fisuras pequeñas.

6.3.2.3. Acetato de Polivinilo (PVA). El acetato de polivinilo se lo descubrió en Alemania en el año 1912 por Fritz Klatte. Es un polímero sintético gomoso, ampliamente usado de adhesivo; es conocido como cola blanca, cola para madera y cola de carpintero, es de fácil acceso y biodegradable, además posee las siguientes características: no mancha, seca rápido y tiene excelente resistencia mecánica (Quezada, 2015).

6.4.Marco Normativos en Paneles

En la construcción de paneles se han establecido algunas normas constructivas las cuales permiten regularizar los parámetros de seguridad y calidad de los materiales para garantizar el producto. Las normas utilizadas son; la norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), las Norma de Servicio Ecuatoriano de Normalización (INEN), la Norma Técnica Ecuatoriana (NTE); se utilizan normas internacionales como: la Norma Internacional de la Sociedad Americana para Pruebas y Materiales ASTM (estándares en códigos de construcción) categoría C y la Norma Chilena de Construcción (NCh).

Con la finalidad de garantizar la calidad de los productos de yeso (planchas o placas de yeso-cartón) en las normas mencionadas anteriormente establecen parámetro que se deben cumplir estos son: de resistencia a la flexión, resistencia al fuego, aspectos térmicos, acústicos, de comportamiento al fuego y resistencia a la humedad.

❖ Prueba de secado del mortero

En la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1688 se utiliza un Vicat Modificado para realizar la prueba secado de mortero, en el cual indican las partes del Vicat, seguido de los procedimientos para hacer la prueba como lo es la determinación del tiempo de fraguado en el

que indica los intervalos de tiempo en el que se debe inyectar la aguja en la muestra incluido cuando esta no toque la muestra.

De igual manera, este proceso se puede encontrar detallado en las siguientes normas: Norma UNE 102-031-82 y Norma ITINTEC 339.054.

❖ Resistencia a la flexión

Normativa Ecuatoriana NTE INEN-EN 520

En la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-EN 520 la carga de rotura a flexión de las placas de yeso, será determinada a través del método de ensayo, cuyos valores en los productos no deben ser inferiores a los indicados en la tabla 22.

Tabla 8

Norma carga de rotura a flexión INEN-EN 520.

Espesor	Espesor nominal de la placa (mm)	Carga de rotura a flexión N	
		Sentido transversal	Sentido longitudinal
Común	9,5	160	400
	12,5	210	550
	15,0	250	650
Otros espesores	t	$16,8*t$	$43*t$

Nota. Tomado de *Resistencia a flexión*, de elaboración propia, 2018, Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-EN 520

Normativa Chilena NCh 146 sección 1

En la Norma Chilena contempla la norma internacional ISO 6308 1980 Gypsum Plasterboard, en la cual señala los requisitos a la carga de rotura aplicada a las planchas de yeso, los valores individuales inferiores no deben superar al 10% del total de la cantidad de las probetas ensayadas; dichos valores serán expresados en N.

Tabla 9*Carga de rotura a flexión NCh*

Espesor (mm)	Carga de rotura a flexión N	
	Apoyo de probeta respecto a borde longitudinal Paralela Cara y dorso	Perpendicular Cara y dorso
8	110	280
10	140	370
12,5	180	500
15	220	650
25	380	900

Nota. Tomado de *Resistencia a flexión*, de elaboración propia, 2000, Norma Chilena NCh 146

❖ **Resistencia al impacto**

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-EN 520 para realizar este método se utiliza una esfera de acero cuyo diámetro es $50\text{mm} \pm 1\text{mm}$ y su masa es $510\text{ gr.} \pm 10\text{gr.}$ para el análisis del método se medirá el diámetro del impacto en las probetas el cual no deberá ser superior a 20mm.

De igual manera dicho proceso se encuentra en la normativa ISO 146 sección 2

❖ **Resistencia a la humedad**

La Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-EN 520, para realizar este método se sumerge las probetas en agua cuya temperatura debe estar $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, el tiempo que debe estar sumergida durante $2\text{ h} \pm 2\text{ min}$, de ahí se determinara el porcentaje de aumento de masa.

De igual manera dicho proceso se encuentra en la normativa ISO 146 sección 2.

❖ **Método de resistencia al fuego o cohesión del núcleo a altas temperaturas (llama directa)**

Normativa Ecuatoriana NTE INEN-EN 520

Basa su resistencia en la ruptura que presenta el núcleo del panel cuando es sometido a altas temperaturas (llama directa) y su esfuerzo de tracción simultáneamente (se rompe la probeta en pedazos), se toma en cuenta el tiempo de ruptura y si este es inferior a 15min. el panel no pasa. Para ello se realiza 6 probetas de las cuales 3 probetas deberán cumplir con la norma.

Normativa Chilena NCh 146 (sección 1 y 2)

Está basada en la norma internacional ISO 6308 1980 Gypsum Plasterboard, de igual manera la probeta será sometida a altas temperaturas (llama directa) y presentará una ruptura por el esfuerzo de tracción, el tiempo de ruptura debe ser en un tiempo superior a 30min. (no se deberán romper antes de los 20 min.) Para ello se realiza 5 probetas de las cuales 4 probetas deberán cumplir con la norma.

Consideraciones: el comportamiento del fuego hacia el material es visible ya que es notorio el cambio, siendo este la pérdida de masa debido a la exposición al fuego durante 20min. para ello se debe tomar en cuenta las siguientes características:

- Se deberá realizar cinco lecturas mínimas de temperatura las cuales no deben exceder de los 50 °C como temperatura inicial.
- De las cinco lecturas la media en temperatura (inicial y final) no deberá exceder los 50 °C.
- La media en la pérdida de masa no deberá superar el 50% de la masa original.

❖ Resistencia Térmica

Normativa ASTM C1774-13

En esta norma señala que los materiales usados lleven a cabo la función de aislar térmicamente cuyo coeficiente debe estar entre en un rango de 0.01 W/mK – 0.10 W/mK.

A través de esta norma se crea la Norma NEC 11 y la norma chilena NCh con respecto a la resistencia térmica.

Normativa NTE INEN-ISO 8990

En esta normativa se encuentra los métodos utilizados a nivel internacional, en la que se encuentra el coeficiente de transmisión de calor o transmitancia térmica (U), el coeficiente térmico (λ) y la resistencia térmica (R_T) de cada material. Cabe mencionar que esta normativa es una traducción idéntica de la norma ISO 8990:1994 e IDT.

Normativa para el cumplimiento del artículo 4.1.10 de la O.G.U.C. (MIDUVI)

Esta norma chilena está vigente desde el 2000, forma parte de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción (O.G.U.C.). En el artículo 4.1.10. incluye los estándares mínimos de aislamiento según la zona térmica.

Da una solución constructiva de aislamiento térmico y la resistencia térmica que se debe cumplir en muros, Chile tiene 7 zonas térmicas a diferencia de Ecuador el cual tiene 6 zonas según la NEC-HS – EE de acuerdo a los rangos de temperatura según datos del INAMHI. Para la ciudad de Loja la resistencia térmica mínima es de $U=2,35 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ ya que pertenece a la zona climática 3 (continental lluviosa).

Tabla 10

Norma Térmica Chilena NCh

Zona Térmica	Muros	
	U $\text{W} / \text{m}^2\cdot\text{K}$	R_T $\text{m}^2\cdot\text{K} / \text{W}$
1	4,00	0,25
2	3,00	0,33
3	1,90	0,53
4	1,70	0,59
5	1,60	0,63
6	1,10	0,91
7	0,60	1,67

Nota. Tomado de *Zona Térmica*, de elaboración propia, (s.f.), Normativa de cumplimiento MIDUVI

CAPÍTULO IV
MATERIALES Y MÉTODOS

7. Materiales y Métodos



7.1.Herramientas para Realizar las pruebas

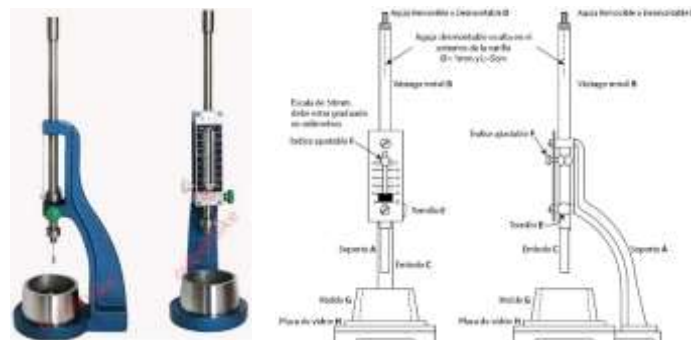
A continuación, se especifica los materiales que se utilizarán para realizar las diferentes pruebas como son de secado del mortero, de compresión y flexión, resistencia al fuego y de conductividad térmica.

Prueba de secado del mortero

En la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1688 indica el procedimiento a realizar en ensayos físicos del yeso (se utiliza exclusivamente en el área de la construcción), para realizar este ensayo se utilizará un Vicat Modificado con la que se realizará la prueba de compresión de mortero.

Figura 56

Vicat Modificado



Nota. Adaptada de *Aparato de Vicat manual* (p.17), por ASTM C191-08, 2013, NTG.

Tabla 11*Piezas del Vicat Modificado*

Pieza	Características
Soporte A	Soporte metálico el cual es el armazón del Vicat.
Vástago Móvil B	Tiene un peso de 300gr $\pm$ 5gr y es de acero inoxidable.
Émbolo C	Su diámetro es de 10mm cuya longitud mínima es de 50mm, o del diámetro especificado por el método de referencia.
Aguja removible o Desmontable D	Es de acero, su diámetro es de 1mm y su longitud es de 50mm, estas medidas dependerán del tipo de método que haga referencia.
Tornillo E	Es reversible y permite sostener al Vástago móvil en la posición requerida gracias al tornillo de ajuste.
Índice ajustable F	Se mueve sobre el tablero el cual tiene una escala cuya medida es en milímetros (generalmente de 50mm, graduada en mm) y esta unidad fijamente al soporte.
Molde G	Anillo cónico rígido el cual es resistente a la corrosión y no absorbente cuyas medidas son: el diámetro interno de la base es 70 $\pm$ 3mm y 60 $\pm$ 3mm en la parte superior, su altura es de 40 $\pm$ 1mm.
Placa de vidrio H	En la que se coloca el molde circular el cual debe ser de vidrio plano, cuadrado con una medida de 100mm de lado.

Nota. Tomado de NTE INEN 1688 (1989); Norma Técnica Guatemalteca NTG 41003 h10 (2013).

Máquina automática de compresión y flexión

Las máquinas para realizar las pruebas de compresión y flexión son: prensa de hormigón la cual tiene una capacidad de 200 toneladas, su resultado puede ser expresado en Mpa, PSI, kg/cm² y para la prueba de flexión es máquina de ensayo Marshall y C.B.R. la cual tiene una capacidad de 10.000 lb.

Para realizar las pruebas las probetas deberán cumplir con la norma INEN 520 y UNE-EN 13279-2: 2014.

Figura 57

Máquina automática de compresión y flexión.



Sistema de resistencia al fuego

El sistema para realizar la prueba de resistencia al fuego o cohesión del núcleo a altas temperaturas se toma en cuenta la norma INEN 520, donde señala el proceso, tiempo de ignición y los materiales para el desarrollo de la misma.

Tabla 12

Materiales usados en la prueba de resistencia al fuego

	Material	Características
	Sujetador	Es el soporte metálico el cual ayuda a mantener la probeta suspendida.
	Termocupla	Cumple las funciones de un sensor de temperatura la cual genera y transmite impulsos eléctricos proporcionales a la temperatura del lugar, permitiendo medir y controlar la cantidad de fuego hacia la probeta.
	Mechero Meker	Abarca mayor superficie y alcanza altas temperaturas. Así mismo su llama es usada directamente a cada una de las caras de la probeta.

Nota. Tomado de Norma Chilena NCh 146 parte 2 (2000).

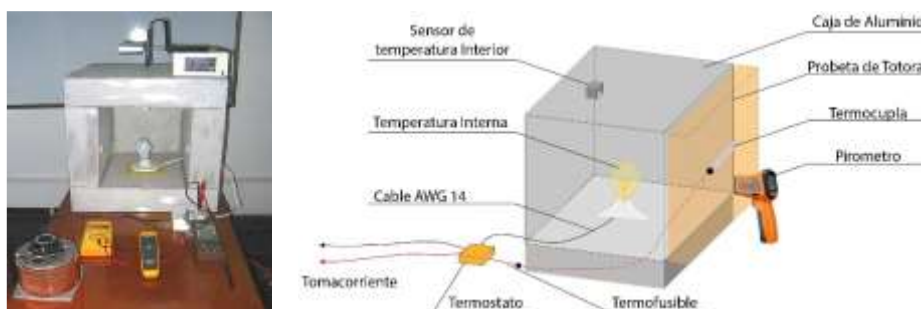
Caja Térmica

Las pruebas térmicas en paneles de yeso - totora se construirá una caja térmica la cual está se escrita en la norma NTE INEN-ISO 8990 y en el artículo Método para la estimación experimental de la conductividad térmica de algunos materiales comunes en Colombia para

aplicaciones HVAC/R, donde señala el proceso, los materiales para realizar la caja térmica los mismos que permiten obtener datos los cuales miden el coeficiente y la resistencia térmica en las probetas de experimentación.

Figura 58

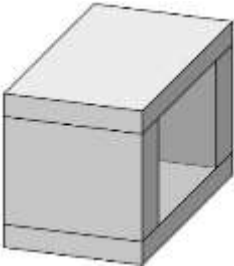
Conductividad térmica



Nota. Adaptada de Método para la estimación experimental de la conductividad térmica, Scientia et Technica, Vol.2, Núm.39, (2008), CC-O

Tabla 13

Materiales para la estimación experimental de la conductividad térmica.

	Material	Características
	Caja de poliestireno	Permite aislar el calor del interior hacia el exterior.
	Cables de Conexión	Permiten dirigir los datos a través de los circuitos.



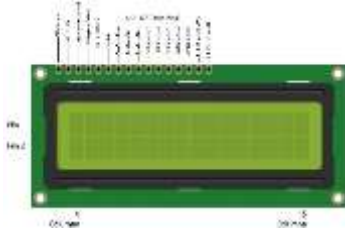
Termocupla Tipo K con tarjeta de adaptación

Los dos sensores de temperatura los cuales están en contacto con el material permiten analizar los datos que se produce en un material dichos datos son transportados al arduino.



Multímetro

Permite calcular la cantidad de corriente e intensidad que se conduce por el circuito.



Pantalla LCD

Permite visualizar los datos leídos por el arduino, de manera más legible los cuales están expresados en °C.



Arduino uno R3 ATMEGA328PU genérico

Es una placa electrónica que funciona como el cerebro del proyecto, el cual se encarga de analizar los sensores térmicos, procesar la información y convertirlos en datos.



Variador de corriente

Permite controlar paso de corriente que se transmite por el circuito, el cual es necesario para producir la cantidad de calor requerida.



Sensor DHT22

Los dos sensores de temperatura ambiental permiten analizar los datos que se produce en un espacio y ser transmitidos al arduino.

Nota. Tomado del Artículo Método para la estimación experimental de la conductividad térmica de algunos materiales comunes en Colombia para aplicaciones HVAC/R (2008).

7.2.Dosificación del Yeso para Paneles

Para lograr una dosificación óptima se realiza varias pruebas las cuales serán analizadas y se determinara cuál de estas muestras es óptima para el uso en paneles de yeso con totora (fibra natural). Para ello se toma como referencia la norma establecida UNE-EN 13279-2: 2014 señalando la toma de tres probetas en forma de cubo (50x50mm), posteriormente de su secado será llevado a ruptura en la cual se le ejercerá una fuerza la que permitirá verificar su ruptura, si esta fuerza llegara a alcanzar los 8Mpa es óptima para realizar paneles de yeso.

❖ Procedimiento para la realización de probetas

Primero se realiza la dosificación para luego verterla en el molde y el exceso de este se deberá quitar con una regla metálica o un nivelador con movimiento de sierra; dicho proceso deber ser rápido ya que una vez fraguado no hay posibilidad de nivelarlo, finalmente una vez secas las probetas se procede a desmoldar con mucho cuidado ya que los filos de las probetas pueden llegar a ser delicadas.

Las probetas deberán estar acondicionadas a una temperatura de $22^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ y con una humedad relativa del $65\% \pm 10$ por 12 horas.

Figura 59

Probetas con dosificación



7.3. Normas Aplicadas

Las normas aplicadas son las siguientes: Norma NTE INEN 1 685: 2010 cuyo nombre es “Yeso para la construcción, requisitos”, la norma específica que esta norma es reemplazada por la Norma Internacional ASTM (estándares en códigos de construcción) en esta norma se tratan los siguientes temas: las especificaciones, los métodos de prueba, las practicas, las clasificaciones y la terminología; en relación a los paneles de yeso se la presentan en la categoría C de dicha norma.

La Norma Internacional ASTM C-1396 tiene tres pruebas la primera es la fuerza flexural (se los prueba boca arriba y abajo, este no debe ser inferior a dichos datos), la deflexión humidificada (el cual debe tener una desviación media) y resistencia al tirón de uñas (las muestras tendrán una resistencia media a la extracción de clavos).

La norma vigente para la construcción de paneles de yeso es NTE INEN-EN 520 “Placa de yeso laminado. definiciones, especificaciones y métodos de ensayo” (primera edición) la cual es una traducción idéntica a la norma EN 520:2004+A1:2009 su versión oficial es elaborada por AENOR. En la cual se encuentran pruebas para paneles tales como: resistencia a la flexión, resistencia de impacto, resistencia a la humedad; de igual manera se toma en cuenta para la prueba de resistencia a las llamas descrita en la Norma Internacional Chilena NCh 146.of2000.

7.4. Diseño de Probetas de Acuerdo a las Normas NTE INEN-EN 520, Adicionalmente

UNE-EN 13279-2: 2014

Para el diseño de las probetas se debe seguir el procedimiento explicado en las normas las cuales indican las diferentes dimensiones y el número de probetas que se debe tomar para que sean analizadas por los diferentes métodos para determinar mediante la experimentación la fiabilidad y garantizar un panel de buena calidad.

Para las pruebas de flexión, impacto, humedad y resistencia al fuego se sigue la norma técnica ecuatoriana NTE INEN-EN 520 y la norma chilena NCh 146 sección 1 y 2, indicado los valores que deben cumplir los paneles. La prueba térmica se encierra detalla en la norma ecuatoriana y en el artículo Método para la estimación experimental de la conductividad térmica.

7.5.Método de Secado del Mortero

Para realizar esta prueba se debe tomar en cuenta que los materiales estén libres de impurezas ya que estos pueden alterar su resultado, las piezas del Vicat Modificado deben estar completamente limpias y el agua deberá ser destilada ya que esta está libre de cloruros y de sulfatos. Todas estas precauciones permitirán tener mejores resultados.

Determinación de la cantidad de agua libre; la muestra no debe pesar menor a 450g del material y se deberá usar agua destilada (debido a su pureza).

Para determinar la finura; se tamiza 50gr de muestra seca, en un tamizador de 212 μ m evitar el contacto con el tamizador y realizar este proceso por tres minutos; esta muestra será depositada en una bandeja para ser pesada nuevamente, dicho peso no deberá variar en 0,1gr.

Consistencia normal; limpiar las piezas del Vicat perfectamente, luego aplicar una fina capa de aceite mineral sobre la placa y superficie interna del molde con la finalidad de evitar pérdida del material durante el ensayo; se tamizará 200gr de muestra seca en un tamizador de 2,36mm, vaciarlo en un recipiente con agua destilada en la cual previamente se le ha añadido 0,02gr de citrato de sodio (retardador comercial) por cada 100gr. de muestra, dejar que la muestra se remoje por 2 min. y batir uniformemente por 1min. hasta conseguir una pasta homogénea, colocar la muestra dentro del molde sin burbujas ni topar los bordes del molde.

Aceitar el Émbolo e introducirlo en el centro de la muestra para la toma de datos se verificará que la escala este en cero y realizar la primera lectura se suelta el Émbolo para evitar errores este precediendo se lo realiza tres veces por cada mezcla, siempre verificando que las piezas a utilizar estén completamente limpias.

Sera considerara normal cuando su penetración sea de $30\text{mm} \pm 2\text{mm}$ y el agua necesaria por cada 100gr. de yeso se expresa en cm^3 .

Tiempo de fraguado; de igual manera las piezas del Vicat deberán estar completamente limpias, aplicar una fina capa de aceite mineral sobre la placa y superficie interna del molde para evitar perdida de muestra durante el ensayo; se tamizará 200gr de muestra seca en un tamizador de 2,36mm mezclar con cierta cantidad de agua (sin retardador de fraguado) hasta obtener una consistencia homogénea, su tiempo de fraguado empieza desde que hace contacto con el agua.

El proceso de mezclado se deja que la muestra se remoje por 2min. y se bate uniformemente por 1min. hasta conseguir una pasta homogénea, colocar la muestra dentro del molde sin burbujas ni topar los bordes del molde y es almacenado en una cámara de humedad con una temperatura entre 20°C y 22°C

Aceitar la Aguja y bajar a la superficie céntrica de la muestra verificar que marque cero en la escala (tomar la lectura inicial) y soltar inmediatamente el Vástago dejando que la aguja penetre la muestra una vez estabilizado realizar la segunda lectura en la escala. Se repite este procedimiento limpiando la aguja por cada vez que penetre la muestra y realizarla en diferentes lugares.

La frecuencia de con la que se realiza la penetración la primera es a los 15min. y las siguientes cada 5min. esto dependerá delas características del material, se dará por finalizado cuando la aguja ya no pueda penetrar el fondo de la muestra y se finalizará la medición del tiempo.

Resistencia a la compresión; la muestra será mezclada con agua destilada hasta obtener mínimo 1000cm³ de pasta homogénea la cual previamente fue dejada en reposo por 2min. y será mezclado por 1min. La pasta obtenida será colocada en 6 moldes que previamente ya fueron aceitados (con aceite mineral) colocándolo en capas de 25mm de espesor golpeándolo transversalmente 10 veces, con una espátula de 25mm de ancho se extrae el exceso de pasta sobre el molde nivelándolo y eliminando burbujas de aire todo esto antes de que frague.

Las probetas deberán estar 24h. en los moldes los cuales deberán tener una temperatura entre 90% al 100% de humedad relativa y una temperatura entre 15°C y 38 °C hasta obtener una masa constante verificada, la ruptura de las muestras se las hace durante 7 días. La carga aplicada debe ser constante y sin golpes cuya velocidad constante es de 103 a 276KPa/s.

Se analizará cinco especímenes, los resultados dicen que, si uno o dos especímenes dan una resistencia que varía más del 15%, se debe descartar esos valores y se reportara el promedio de los especímenes restantes; se debe repetir la prueba y descartarla si tres o más valores se apartan más del 15% del promedio.

7.6. Método de Resistencia a la Flexión

Este método esta descrito en la norma técnica ecuatoriana NTE INEN-EN 520 y la norma internacional chilena NCh 146 sección 2. Of2000 que describe:

❖ Preparación de probeta

Las probetas medirán 400mm ±1x 300mm ±1, las cuales deberán estar acondicionadas a una temperatura de 22°C ± 5°C y con una humedad relativa del 65% ±10% por 12 horas.

❖ Máquina de ensayo

La máquina a utilizar aplica una carga con una precisión del 2%, la cual aplica la carga necesaria a una velocidad de (250 ± 125) N/min.

❖ Procedimiento

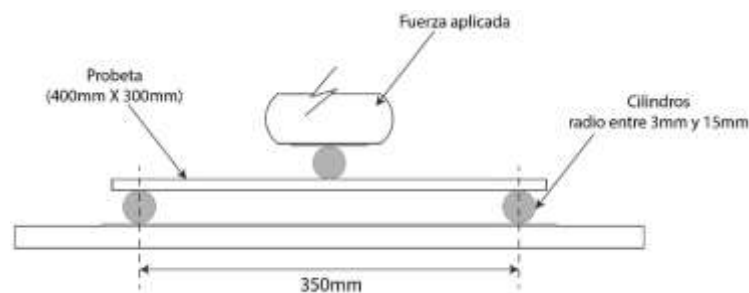
Se coloca la probeta sobre los dos cilindros cuyo radio es entre 3mm y 15mm, los cuales se encuentran fijos (nivelados) y paralelamente separados a $350\text{mm} \pm 1\text{mm}$ entre sus ejes; de forma centrada y posteriormente se le aplica una carga. El largo de los cilindros debe ser igual al de la muestra.

La carga aplicada a la muestra cuya velocidad es de $(250 \pm 125) \text{ N/min}$ en el centro del $\pm 2\text{mm}$ del vano hasta llegar a la ruptura; se registrará cada valor de la carga de ruptura con una precisión de 1 N.

El período transcurrido durante la aplicación de la carga y el momento que se produce la ruptura deberá ser superior a los 20 s.

Figura 60

Esquema de la máquina para determinar la resistencia a la flexión



Nota. Adaptada de NTE INEN-EN 520 (p.9), por Norma Técnica Ecuatoriana, 2018

7.7.Método de resistencia el impacto

Este método está descrito en la norma técnica ecuatoriana NTE INEN-EN 520 y la norma internacional chilena NCh 146 sección 2. Of2000 que se describe a continuación:

❖ Preparación de probeta

Las probetas para este ensayo medirán $400\text{mm} \pm 1 \times 300\text{mm} \pm 1$, las cuales deberán estar acondicionadas a una temperatura de $22^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ durante 12 horas.

❖ Máquina de ensayo

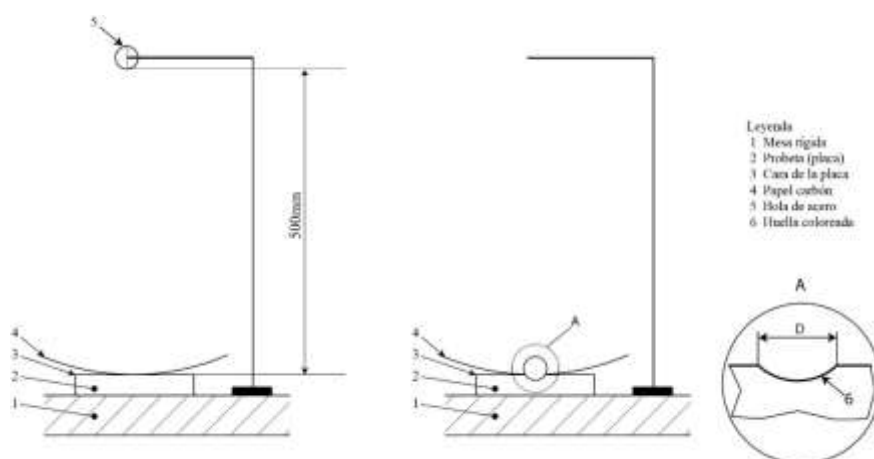
Se utilizará una bola de acero de diámetro $50\text{mm} \pm 5$ y de masa (510 ± 10) gr.

❖ Procedimiento

En la probeta se deja caer la bola de acero libremente tres veces a una altura de 500mm tomada desde la cara superior de la probeta la cual está colocada de manera horizontal, posteriormente se mide con una regla graduada (mm) metálica el diámetro del impacto en la probeta. El diámetro del impacto no deberá ser superior a los 20mm.

Figura 61

Esquema de ensayo para determinar la dureza superficial



Nota. Adaptada de NTE INEN-EN 520 (p.25), por Norma Técnica Ecuatoriana, 2018

7.8.Método de resistencia a la humedad

Para este método se utiliza la norma técnica ecuatoriana NTE INEN-EN 520 y la norma internacional chilena NCh 146 sección 2. Of2000 (absorción total del agua) que se la describe a continuación:

❖ Preparación de probeta

Las probetas para este ensayo medirán $300\text{mm} \pm 1,5\text{mm} \times 300\text{mm} \pm 1,5\text{mm}$ cada placa, el ensayo se lo realiza en la cara de la probeta. las cuales deberán estar acondicionadas a una temperatura de $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ y $50^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ de humedad relativa.

❖ **Máquina de ensayo**

Adicional una balanza que permita lecturas de 0,01gr. y un recipiente que entre la probeta.

❖ **Procedimiento**

Se coloca las probetas en el recipiente se cubre de agua con 25mm a 35mm y se deja por $2h \pm 2min$ la probeta se la coloca de manera horizontal sin que se apoye en el fondo del recipiente.

Una vez culminado el tiempo de inmersión se extrae la probeta donde se elimina el exceso de agua superficial de la probeta y se pesa inmediatamente.

Para leer los resultados se calcula el aumento entre masa seca y húmeda en cada probeta. El valor de absorción de agua se analizará por el porcentaje, medio y de aumento de masa.

7.9.Método de Resistencia al Fuego o Cohesión del Núcleo a Altas Temperaturas (llama directa)

En este método describe la norma técnica ecuatoriana NTE INEN-EN 520 y la norma internacional chilena NCh 146 sección 2. Of2000 basándose en la resistencia de las probetas al fuego (laminas directas) el cual se describe a continuación:

❖ **Preparación de probeta**

Se tomará cinco probetas por cada formulación cuyas medidas son de $50mm \pm 1 \times 300mm \pm 1$, con el lado de 300mm paralelo al borde longitudinal. En la cual se realizará dos perforaciones de 2mm y 3mm de diámetro, en cada extremo como se indica en la figura 47.

❖ **Máquina de ensayo**

Se utilizará dos mecheros Meker cuyo diámetro de la boquilla es de $19mm \pm 1mm$ y la abertura de la salida del gas es de $0,75mm \pm 0,05mm$ adicional la Termocupla de aluminio-cromo (tipo K).

❖ Procedimiento

El ensayo se realizará con los dos mecheros Meker, esta suministrado de gas propano (comercial) los cuales están ubicados a $60\text{mm} \pm 1\text{mm}$ a los extremos de la salida del gas como se observa en la figura 47.

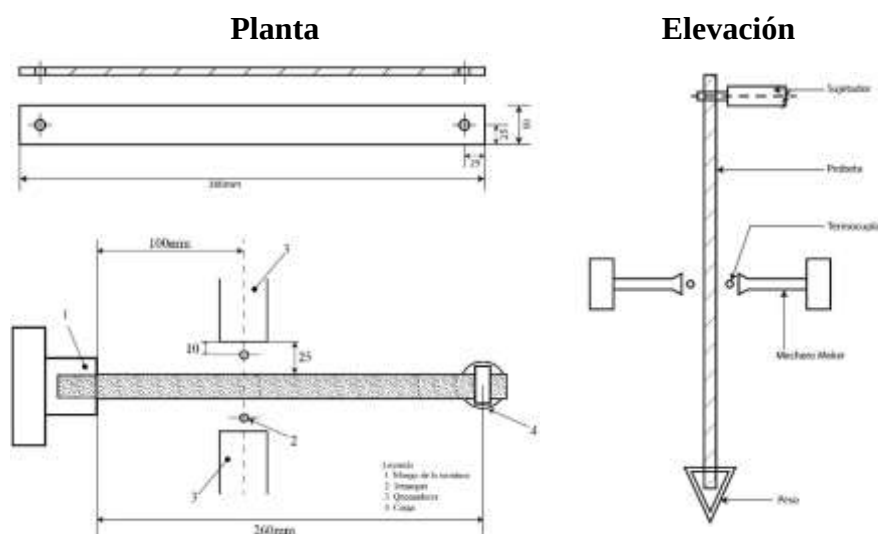
Para comprobar la temperatura se la realiza por las Termocuplas de aluminio-cromo (tipo K) las cuales se deben colocar a $15\text{mm} \pm 1\text{mm}$ del extremo de la salida del gas de cada quemador (mechero). Las perforaciones realizadas dan estabilidad a la probeta ya que esta se encuentra suspendida.

Una vez encendidos los mecheros se toma el tiempo con un cronometro. Se debe ajustar la salida del gas ya que a los 3 min. de ensayo las temperaturas de las Termocuplas estén en intervalos de $970\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 40^{\circ}\text{C}$ y

Finalmente se anotará el tiempo transcurrido en minutos hasta que la probeta se haya roto en pedazos. Si cuatro de las probetas llegan a pasar los 15min, y estos no presentan fisuras (rotura) se las considera validas caso contrario no son útiles.

Figura 62

Esquema para pruebas de fuego



Nota. Adaptada de NTE INEN-EN 520 (p.21), por Norma Técnica Ecuatoriana, 2018

7.10. Método para Pruebas Térmicas

Para realizar este método se conoce dos técnicas, el primero está en la norma técnica ecuatoriana NTE INEN-ISO 8990 en la que describe el método de la caja caliente guardada y calibrada, la segunda es por el Método para la estimación experimental de la conductividad térmica de algunos materiales comunes en Colombia para aplicaciones HVAC/R, elaborada por Fonseca Díaz y Tibaquirá de la Universidad Tecnológica de Pereira.

En la norma técnica ecuatoriana se describe el método de experimentación y de construcción de la caja caliente y los materiales a utilizar se deben usar con precisión y el costo de la misma es muy alto, el cual no permite tener una experimentación exploratoria.

El método realizado por la Universidad Tecnológica de Pereira explica la elaboración del ensayo de manera más sencilla la cual permite evaluar la conductividad térmica en diferentes materiales, el modelo matemático implementado se resuelve mediante el software EES. Adicionalmente se presenta un análisis de incertidumbre el cual permite determinar el grado de confianza presentado en los resultados; con respecto a los materiales a usar son más accesibles y de fácil alcance para su elaboración como es la caja caliente (térmica). Siendo este método el más sencillo y confiable para realizar las pruebas de resistencia térmica.

❖ Preparación de probeta

En el artículo Método para la estimación experimental de la conductividad térmica de algunos materiales comunes en Colombia para aplicaciones HVAC/R. describe el procedimiento para realizar la caja caliente y el proceso a usar en el software EES para calcular el balance térmico de cada probeta.

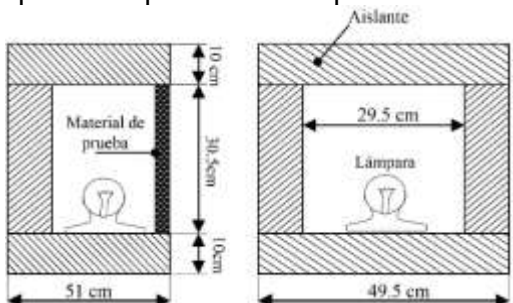
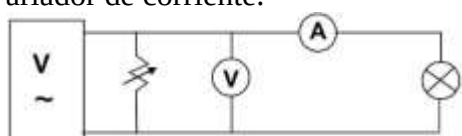
Para obtener un porcentaje de fiabilidad se tomará tres probetas por cada muestra cuyas medidas son de 300mmx300mm.

❖ Máquina de ensayo

Se necesita una caja caliente o térmica la cual está construida con materiales aislantes de calor, de igual manera los materiales de la Tabla 24. permiten domotizarla teniendo una lectura de valores más clara.

Tabla 14

Elaboración de la caja térmica.

Materiales	Procedimiento
- Para realizar este panel se necesitan 5 placas de poliestireno expandido de 10cm.  Figura. Vistas de la caja térmica - Lámpara (foco) con unidad de carga de 60W - Voltímetro de exactitud $\pm 1,2\%$ - Variador de corriente.  Figura. Vistas de la caja térmica	Las placas son pegadas de poliestireno son cubiertos con aislante (pintura o lamina de aluminio). Para formar la caja se pega con silicona líquida y se sellan los bordes para evitar filtraciones del ambiente exterior. Su instalación está conectada al circuito eléctrico de alimentación. El voltímetro mide la intensidad consumida por la lámpara; el variador de corriente regula la intensidad de la corriente transmitida por la lámpara. Los sensores miden la temperatura del aire exterior e interior de la caja caliente, de la misma manera la termocupla pero de la cara interna y externa de la probeta. El Arduino es el sistema operativo en el cual se procesa la información recibida de los sensores la cual es interpretada por la programación del arduino. Pantalla LCD aquí llega la información procesada por el arduino. Mide el área superficial y el espesor de la probeta.
- Sensor dht22 - Termopila tipo K - Arduino uno R3 - Pantalla LCD - Calibrador de medidas con una exactitud $\pm 0,5\text{mm}$	

Nota. Tomado de Diseño de un panel de yeso (2019).

A continuación, se describe las fórmulas aplicadas en el software EES para el cálculo del balance térmico.

Tabla 15

Materiales para la estimación experimental de la conductividad térmica.

Significado	Formulas
• P: potencia eléctrica (W) • V: voltaje • I: intensidad de corriente • A1 al A5: área de las paredes de poliestireno de la caja • D1: temperatura interna del aire • D2: temperatura externa del aire • T1: temperatura interna de la cara de la probeta • T2: temperatura externa de la cara de la probeta • U1: coeficiente global de transferencia de calor • Q1 al Q5: transferencia de calor transmitida por las paredes de poliestireno de la caja • Qm: transferencia de calor de la probeta • Km: coeficiente térmico de la probeta • Am: área de la probeta • Lm: espesor de la probeta. • hcri: coeficiente combinado de flujo de calor por convección y radiación interior • hcre: coeficiente combinado de flujo de calor por convección y radiación exterior • Lais: ancho de las paredes de poliestireno.	• $P = V \cdot I$ • $P = A1 \cdot U1 \cdot (T_{ai} - T_{ae}) + A2 \cdot U1 \cdot (T_{ai} - T_{ae}) + A3 \cdot U1 \cdot (T_{ai} - T_{ae}) + A4 \cdot U1 \cdot (T_{ai} - T_{ae}) + A5 \cdot U1 \cdot (T_{ai} - T_{ae}) + Qm$ • $Qm = km \cdot Am \cdot ((T_{mi} - T_{me}) / Lm)$ • $Qm = hcri \cdot Am \cdot (T_{ai} - T_{mi})$ • $Qm = hcre \cdot Am \cdot (T_{me} - T_{ae})$ • $U1 = 1 / ((1/hcri) + (Lais/Kais) + (1/hcre))$ Constantes • Kais = 0.02 • A1, A2, A3, A4, A5 • Lais = 0.10 Variables • D1 = Tai • D2 = Tae • T1 = Tmi • T2 = Tme • Lm • Am • V • I

Nota. Tomado de Diseño de un panel de yeso (2019).

❖ Procedimiento

Con la caja caliente ya terminada se mide el grosor de la probeta y área de la misma con un calibrador, se colocan la termocuplas en la cara interna y externa se las pega con cinta aislante, luego se introduce la probeta en la caja con mucho cuidado para evitar que las termocuplas se despeguen, se sellan las uniones entre la caja y la probeta con cinta aislante con la finalidad de evitar filtraciones de temperatura exterior y así tener una lectura libre de errores. Una vez realizado estos pasos se produce a encender la lámpara y su calorímetro debe estar entre 60W y 65W, para que se estabilice la temperatura se debe dejar alrededor de 10min. luego se mide las variables las cuales son: temperatura interna y externa (sensores), la temperatura interna y externa de probeta (termocuplas) y el voltaje de intensidad, este proceso se lo realiza tres veces durante 5 min. los resultados se los promedia. Finalmente, los resultados son utilizados para colocarlos en el software EES en el punto de variables el cual permite obtener el coeficiente de conductividad térmica y el flujo de calor trasferido por la probeta.

Figura 63

Caja caliente o térmica



Nota. Método para la estimación experimental de la conductividad térmica

CAPÍTULO V
EXPERIMENTACIÓN Y RESULTADO

8. Experimentación y resultados

8.1. Ensayo de secado del mortero

Este ensayo se llevó a cabo en la realización de las probetas para dosificación tomando en cuenta las características del secado del mortero como son:

Para determinar la finura se tamizan los componentes secos con la finalidad de lograr una mejor mezcla y una mejor soldadura del material.

La consistencia normal se logra solo tamizando los componentes secos y mezclando bien los componentes líquidos cuyas cantidades deben estar determinadas por el usuario de esto dependerá la consistencia de la dosificación. Ej. Si el mortero tiene mayor cantidad de agua su mortero será más líquido.

El tiempo de fraguado es relativo ya que si a mayor cantidad de agua mayor tiempo de secado.

La resistencia a la compresión se la puede observar en la ruptura de las probetas.

❖ Descripción de resultados.

En la elaboración del mortero para las dosificaciones se puso en práctica lo antes mencionado teniendo como resultado lo siguiente:

En estas dosificaciones su consistencia (mortero) es líquida y la dureza superficial se dio en la dosificación 1 a la 1h05min., en la 2 a la 1h., en la 3 a la 1h15min., en la 4 y en comparación con la dosificación 5 como tiene mayor cantidad de agua su consistencia (mortero) es más líquida y la dureza superficial se observó a los 50min.

En estas dosificaciones la consistencia (mortero) es espesa y la dureza superficial en la dosificación 6 se dio a los 35min, en la 7 a los 28min., en la 8 como tiene mayor cantidad de agua su consistencia (mortero) es menos espesa y la dureza superficial se observó a los 41min, la 9 a los 15min. y la 10 a los 25min.

8.2. Dosificación del Yeso para Paneles

La dosificación en paneles es relativamente consecuente de los materiales, para conseguir una buena dosificación se tendrá en cuenta el proceso de mezclado que inicia tamizando los materiales a usar con la finalidad de eliminar impurezas, de igual manera se utilizará agua destilada la cual está libre de sulfatos.

Se debe tomar en cuenta cuando el yeso fresco tiende a aumentar su volumen por la humectación y a reducirse una vez seco, produciendo variaciones entorno a los 1,5 – 2,0mm/m.

En la fase de experimentación se realizaron varias dosificaciones la primera se la indica a continuación.

Tabla 16

Dosificación 1

Formulación	Dosificación
Yeso + Agua 100%	Yeso = 2 Lb Agua = 500 ml
Yeso + Cal + Agua 62,5% + 37,5%	Yeso = 5 Lb Agua = 1200 ml Cal = 3 Lb
Yeso + Cal + Agua 62,5% + 37,5%	Yeso = 5 Lb Agua = 700 ml Cal = 3 Lb

Conclusión: Estas dosificaciones fueron de valor ya que por medio de la experimentación se pudo determinar que estas dosificaciones para el desarrollo de paneles no son las más óptimas. Como se lo indica en las Tablas (ver 4.3.); por lo que se propuso nuevas dosificaciones, tomando en cuenta los errores de las anteriores muestras, como se la indica a continuación.

Dosificación sin aditivo.

Para determinar por medio de un ensayo mecánico si la ruptura de las muestras que no llevan aditivos son favorables para la utilización en paneles se plantea las siguientes dosificaciones:

Figura 64

Componentes (sin aditivos)



Tabla 17

Dosificaciones 2

Nº	Formulación	Dosificación
1	Yeso + Cal + Agua 50% + 50%	Yeso = 300 gr Cal = 300 gr Agua = 300 ml
2	Yeso + Cal + Agua 60% + 40%	Yeso = 360 gr Cal = 240 gr Agua = 300 ml
3	Yeso + Cal + Agua 60% + 40%	Yeso = 360 gr Cal = 240 gr Agua = 450 ml
4	Yeso + Cal + Agua 40% + 60%	Yeso = 240 gr Cal = 360 gr Agua = 300 ml
5	Yeso + Cal + Agua 75% + 25%	Yeso = 450 gr Cal = 150 gr Agua = 300 ml

Las muestras de la tabla 28 se las desarrollo con el fin de obtener la correcta dosificación que permite obtener el valor que se requiere para la elaboración de paneles, en la cual se trabaja con dosificaciones cuyo porcentaje mínimo de yeso es del 40% y el máximo de 75%.

Observaciones:

- Las probetas fueron desencofradas a los 3 días.
- En la muestra 3 se le colocó una mayor cantidad de agua, siendo su valor de ruptura menor, cuya finalidad es comprobar el comportamiento de esta dosificación con una mayor cantidad de agua; dando como resultado la disminución de 2mm en las probetas.
- Las probetas sin aditivos a los 8 días para su primera ruptura aun presentaban humedad en su interior.
- Se debe tomar en cuenta la cantidad de agua ya que a mayor cantidad de agua menor será su valor de ruptura.
- Las probetas presentaron porosidades y en algunas hubo pérdida de muestra.

Figura 65

Probetas (sin aditivos)



A continuación, se observan los valores de ruptura obtenidos en diferentes fechas cuya finalidad es observar el comportamiento y la resistencia del yeso.

Tabla 18

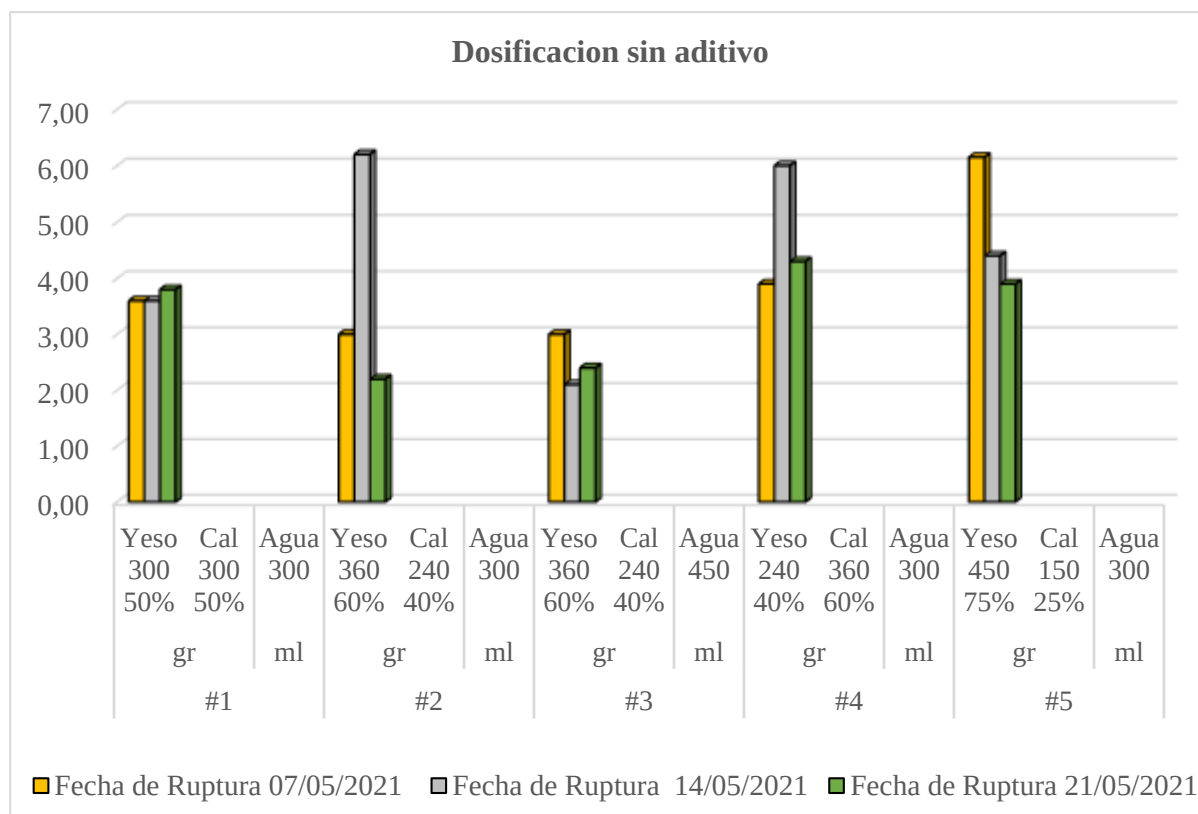
De resultados de las Dosificaciones 2.

Dosificación		Fecha de Ruptura 07/05/2021	Fecha de Ruptura 14/05/2021	Fecha de Ruptura 21/05/2021
Y + C + H₂O	#1	3,6 MPa	3,6 MPa	3,8 MPa
	#2	3,0 MPa	6,2 MPa	2,2 MPa
	#3	3,0 MPa	2,1 MPa	2,4 MPa
	#4	3,9 MPa	5,0 MPa	4,3 MPa
	#5	6,15 MPa	4,4 MPa	3,9 MPa

Nota: Los valores que se presentan por cada fecha es el equivalente a la ruptura de tres probetas por dosificación.

Gráfica 1

Resultados de las dosificaciones sin aditivo.



A continuación, se observa la ruptura de la misma dosificación en diferentes fechas y cuyos valores se pueden observar en la tabla 29.

Figura 66*Ruptura de probetas (sin aditivos)***Dosificación con aditivo.****Figura 67***Componentes (con aditivo)*

Las muestras de la tabla 30 se las desarrollo con el fin de obtener la correcta dosificación que permite obtener el valor que se requiere para la elaboración de paneles, en la cual se trabaja con dosificaciones cuyo porcentaje mínimo de yeso es del 40% y el máximo de 75% usando como aditivo la goma con una cantidad de 100gr. por cada dosificación.

Tabla 19*Dosificaciones 3*

Nº	Formulación	Dosificación
6	Yeso + Cal + Agua + Goma 50% + 50%	Yeso = 300 gr Cal = 300 gr Agua = 300 ml Goma = 100 gr
7	Yeso + Cal + Agua + Goma 60% + 40%	Yeso = 360 gr Cal = 240 gr Agua = 300 ml Goma = 100 gr

8	Yeso + Cal + Agua + Goma 40% + 60%	Yeso = 240 gr Cal = 360 gr Agua = 340 ml Goma = 100 gr
9	Yeso + Cal + Agua + Goma 75% + 25%	Yeso = 450 gr Cal = 150 gr Agua = 300 ml Goma = 100 gr
10	Yeso + Cal + Agua + Goma 70% + 30%	Yeso = 420 gr Cal = 180 gr Agua = 300 ml Goma = 100 gr

Nota: La goma cumple la función de aditivo el cual ayuda a evitar el deterioro de los materiales usados para la elaboración del panel.

Observaciones:

- De igual manera estas probetas fueron desencofradas a los 3 días.
- Las probetas con aditivos a los 8 días para su primera ruptura aun presentaban humedad en su interior en menor porcentaje.
- La dosificación 8 fue la muestra que menor valor de ruptura tubo.
- Se debe tomar en cuenta la cantidad de agua ya que a menor cantidad de agua mayor será su valor de ruptura.
- Las probetas quedaron lisas y no hubo perdida de muestra.
- En estas dosificaciones se utilizó la misma cantidad de agua y goma (aditivo).

Figura 68

Probetas (con aditivo)





A continuación, se observan los valores de ruptura obtenidos en diferentes fechas cuya finalidad es observar el comportamiento y la resistencia del yeso.

Tabla 20

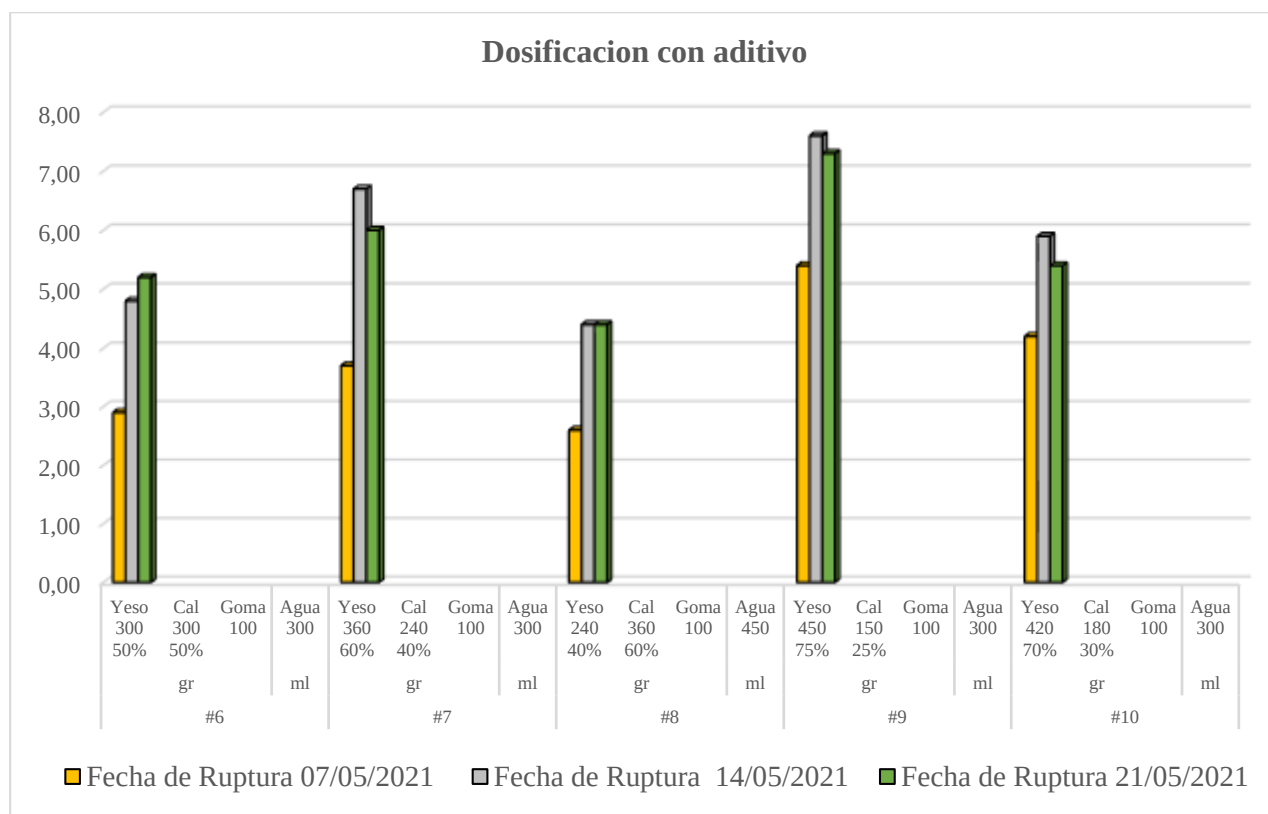
De resultados de las Dosificaciones 3

Dosificación		Fecha de Ruptura 07/05/2021	Fecha de Ruptura 14/05/2021	Fecha de Ruptura 21/05/2021
Y + C + H ₂ O + Aditivo (Goma)	#6	2,9 MPa	4,8 MPa	5,2 MPa
	#7	3,7 MPa	6,7 MPa	6,0 MPa
	#8	2,6 MPa	4,4 MPa	4,4 MPa
	#9	5,4 MPa	7,6 MPa	7,3 MPa
	#10	4,2 MPa	5,9 MPa	5,4 MPa

Nota: Los valores que se presentan por cada fecha es el equivalente a la ruptura de tres probetas por dosificación.

Gráfica 2

Resultados de las dosificaciones con aditivo.



A continuación, se observa la ruptura de la misma dosificación en diferentes fechas y cuyos valores se pueden observar en la tabla 30.

Figura 69

Ruptura de probetas (con aditivo)

**Fecha de Ruptura
07/05/2021**



**Fecha de Ruptura
14/05/2021**



**Fecha de Ruptura
21/05/2021**



❖ Descripción de resultados.

Después de analizar los resultados obtenidos con el ensayo de flexión se concluye que de las 10 dosificaciones propuestas sobresalen dos de ellas: la primera es el número 5 (sin aditivo) se la podría considerar ya que en su primera ruptura los valores fueron favorables, pero se la descarta porque los siguientes valores de ruptura disminuyen; la segunda es el número 9 (con aditivo) ya que en las tres rupturas sus valores cumplen con la normativa.

Las dosificaciones sin aditivos presentaron varios inconvenientes como se los detalla en las observaciones de la dosificación 2.

Por tal motivo la dosificación número 9 es la idónea para usarla en la investigación, debido a los resultados obtenidos en relación a la resistencia que se obtuvo una vez realizadas a pruebas. Esta dosificación será usada para la elaboración de las probetas que se detallan a partir del punto 4.3.

8.3. Ensayo de Adherencia

Para tener una correcta adherencia de la totora con el mortero de yeso se realizó algunas pruebas, las cuales sirvieron de base para garantizar una correcta adherencia y no presentar problemas durante la fabricación del panel.

8.3.1. Primeras Pruebas

A continuación, se analizan 6 probetas en la cual se experimenta de diversas formas buscando la mejor opción de adherencia y dosificación.

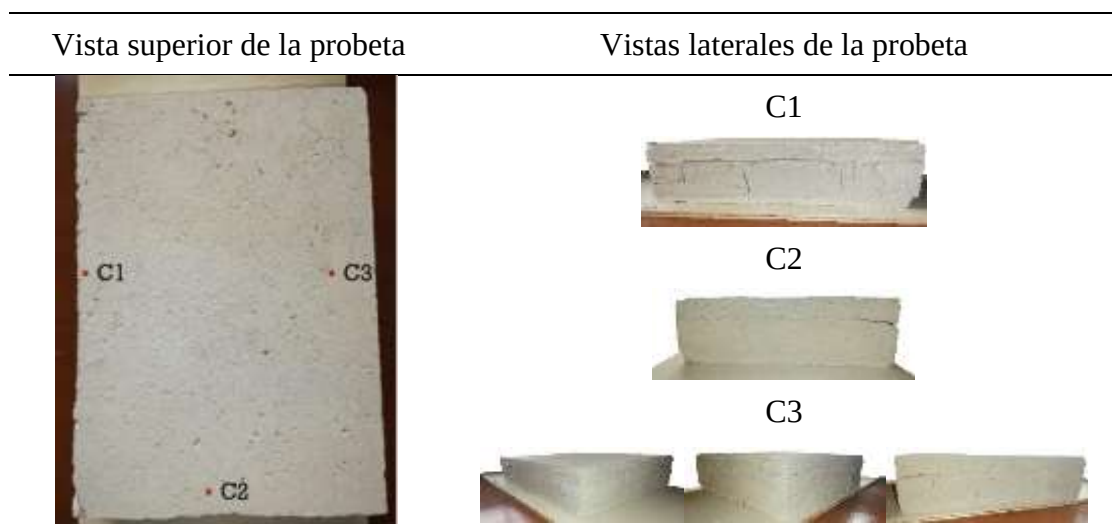
8.3.1.1. Análisis de la Probeta 1 y 2.

Prueba 1: Se realizó una probeta de 300x600x70mm. Cuya finalidad es comprobar la dosificación de la tabla 27. y la adherencia de hacia la totora. A continuación, se observa el proceso de elaboración de la elaboración de totora y yeso con la respectiva dosificación (yeso+agua).

Tabla 21*Proceso de elaboración de la probeta 1.*

Proceso	Imágenes
1. Corte de tallos de totora (50mm)	
2. Pagado en Paralelo de tallos de totora	
3. Armado del módulo de Totora	
4. Dosificación	
5. Fundido del módulo • Primera capa de mortero • Colocación del módulo de totora. • Segunda capa de mortero	

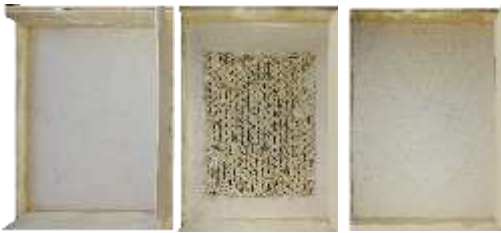
De esta prueba se presentaron varias dificultades; la primera es el tiempo de secado ya que a los 7 días que se analizó la probeta aún no se encontraba completamente seca, posteriormente se desencofro con facilidad los laterales en la cual se encontraron varias fisuras (tabla 33) siendo visible la poca adherencia de la totora con el mortero de yeso, por lo que se descartó esta dosificación.

Tabla 22*Fisuras de la probeta 1.***Observaciones:**

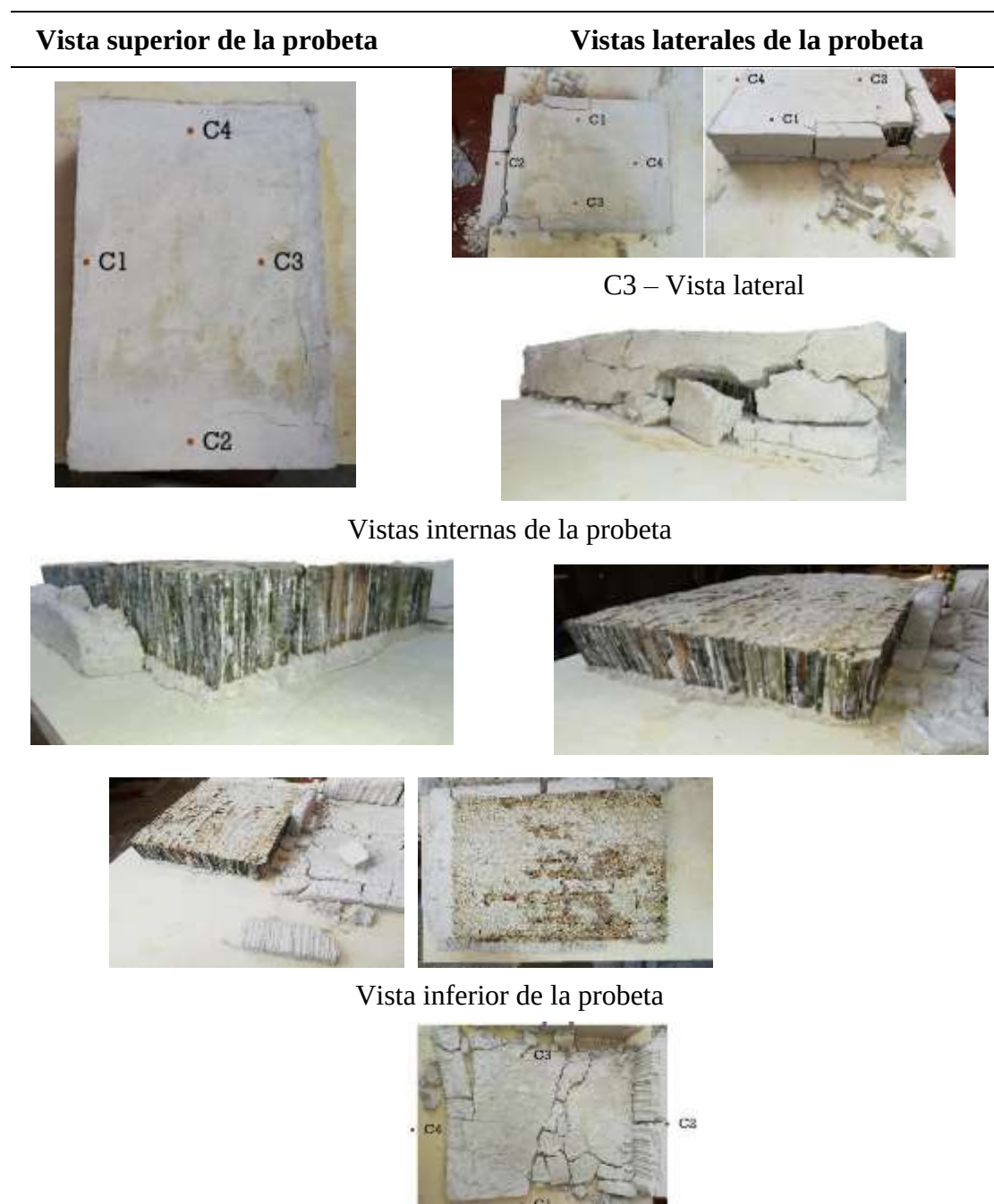
- Las capas de mortero son de 10mm de espesor.
- El módulo de totora es de 50mm de espesor, tiene un pegado en paralelo horizontal.
- En la vista superior de la probeta no se presentaron grietas.
- Las grietas son notorias en las caras de la probeta como se puede observar en la imagen C1, C2 y C3. Formándose dos capas siendo poco adherible que es esta muestra con la totora.
- Debido a la presencia de grandes grietas se descartó utilizar esta muestra.
- El mortero al tener dicha cantidad de agua tarda más en secarse.

Prueba 2: Se realizó una probeta de 300x600x90mm. Cuya finalidad es comprobar la primera dosificación de la tabla 27. y su adherencia hacia la totora. A continuación, se observa el proceso de elaboración de la probeta de totora y yeso con la respectiva dosificación (yeso+agua) con un espesor diferente.

Tabla 23*Proceso de elaboración de la probeta 2.*

Proceso	Imágenes
1. Corte de tallos de totora (70mm)	
2. Pagado en paralelo de tallos de totora	
3. Armado del módulo de totora.	
4. Dosificación	
5. Fundido del módulo • Primera capa de mortero • Colocación del módulo de totora. • Segunda capa de mortero	

En esta prueba se presentaron algunas dificultades; la primera es el tiempo de secado siendo analizada la probeta a los 7 días la cual aún no se encontraba totalmente seca, al desencofrar los laterales se encontró diversas fisuras (tabla 35) notoriamente se observa la nula adherencia de la totora con el mortero de yeso, descartándose esta dosificación.

Tabla 24*Fisuras de la probeta 2.***Observación:**

- Las capas aplicadas de mortero son de 10mm de espesor.
- El módulo de totora es de 70mm de espesor tiene un pegado en paralelo horizontal.

- En la vista superior de la probeta existe presencia de grietas en el lado C3, C2 y una pequeña grieta en la C1.
- Al tratar de manipular la probeta las grietas de la parte C3, C2 y C3 se hicieron más grandes, rompiéndose en pedazos siendo notoria la nula adherencia de la totora con el mortero como se observa en las vistas internas de la probeta.
- En la vista inferior tenía presencia de humedad hasta el día del análisis adicionalmente se encontró grietas de gran tamaño y la nula adherencia del módulo de totora con el mortero.
- El módulo de totora con el pegado en paralelo no sufrió daño alguno.

8.3.1.2. Análisis de la Probeta 3 y 4.

Prueba 3: Se realizó una probeta de 300x600x40mm. Cuya finalidad es comprobar la segunda dosificación de la tabla 27. y su adherencia hacia la totora. A continuación, se observa el proceso de elaboración de la probeta de totora y yeso con la respectiva dosificación (yeso+cal+agua) con un espesor diferente.

Tabla 25

Proceso de elaboración de la probeta 3.

Proceso	Imágenes
1. Corte de tallos de totora (20mm)	
2. Pagado en paralelo de tallos de totora	

3. Armador del módulo de totora.



4. Dosificación



5. Fundido del módulo

- Primera capa de mortero.
- Malla metálica.
- Colocación del módulo de totora.
- Segunda capa de mortero.



Las dificultades que se presentaron en esta probeta fueron varias; empezando por el tiempo de secado, esta probeta fue analizada a los 7 días la cual aún no se encontraba seca en su totalidad y la escasa adherencia del mortero (compuesto por yeso+cal+agua) hacia la totora y una malla suelta.

Tabla 26

Fisuras de la probeta 3.

Vista superior de la probeta	Vistas laterales de la probeta
	C1
	
	C2
	
	C3



C4



Vistas de la capacidad de adherencia de la probeta



Vistas internas de la probeta



Observación:

- Las capas aplicadas de mortero son de 10mm de espesor.
- El módulo de totora es de 20mm de espesor el cual tiene un pegado en paralelo horizontal.
- La vista superior de la probeta tiene dos consideraciones la primera es la presencia de un borde (marco) de mortero seco en la cual se observan las grietas y su espesor disminuyo 2mm y la segunda es la presencia de humedad sobre el módulo de totora de color amarillento esta no tubo perdida de espesor.
- Cuando se manipuló la probeta las grietas de la misma aumentaron su tamaño, separándose las capas de mortero, la malla y el módulo de totora, dejando bien

claro la nula adherencia de estos tres elementos como se aprecia en las vistas de la capacidad de adherencia de la probeta y de igual manera en las vistas internas de la probeta.

- La vista inferior estaba completamente fisurada ya que su tiempo de secado no había culminado por lo tanto estos tres elementos no se unieron correctamente dando como resultado una probeta inutilizable.
- El módulo de totora con el pegado en paralelo tubo un pequeño daño debido a la cantidad de agua usada en el mortero.

Prueba 4: Se realizó una probeta de 300x600x70mm. De igual manera la finalidad es comprobar la segunda dosificación de la tabla 27. y su adherencia con la totora. En la tabla 38 se detalla el proceso de elaboración de la probeta de totora y yeso con una dosificación (yeso+cal+agua) con un espesor diferente.

Tabla 27

Proceso de elaboración de la probeta 4.

Proceso	Imágenes
1. Corte de tallos de totora (50mm) 2. Pagado en paralelo de tallos de totora	 
3. Armador del módulo	 
4. Módulo de totora envuelto en malla.	    

5. Fundido del módulo

- Primera capa de mortero.
 - Colocación del módulo de totora con malla.
 - Segunda capa de mortero.
-

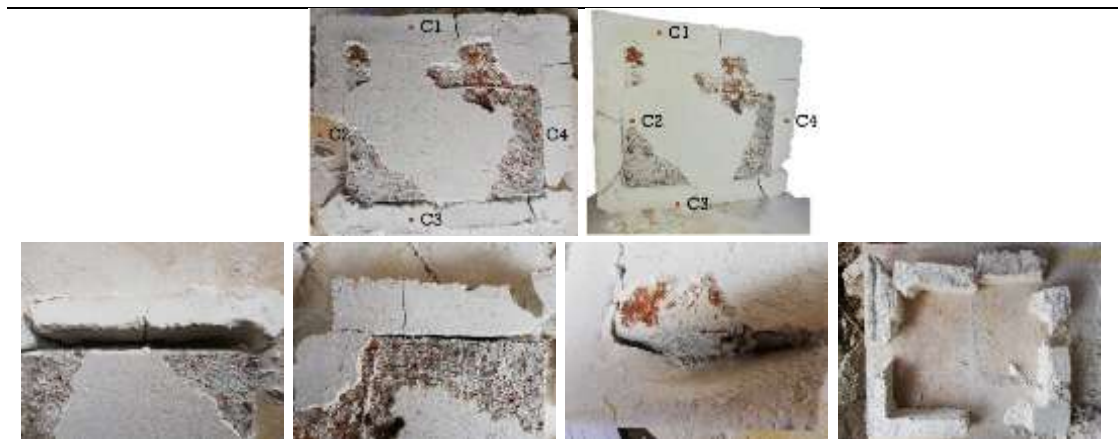


La probeta presento algunas dificultades; como es el tiempo de secado; el tiempo en el que fue analizada la probeta fue los 7 días, la cual parcialmente se encontraba seca y la adherencia del mortero (de yeso+cal+agua) hacia el módulo de totora la cual se encuentra envuelta con malla metálica.

Tabla 28

Fisuras de la probeta 4.

Vista superior de la probeta	Vistas laterales de la probeta
	C1
	C2
	C3
	C4
Vistas de la capacidad de adherencia de la probeta	



Vistas de la probeta



Observación:

- Las capas aplicadas de mortero son de 10mm de espesor.
- El módulo de totora es de 50mm de espesor el cual tiene un pegado en paralelo horizontal.
- La probeta en la vista superior presenta dos consideraciones: comenzando por la formación de un borde (marco) de mortero seco el cual tiene varias grietas en los lados del mismo y cuyo espesor disminuyo unos 3mm y en la parte céntrica de la probeta se observa una mancha de color amarillento la cual aún no se encuentra completamente seca y por lo tanto su espesor no disminuyo.
- Al manipular la probeta el borde (marco) de yeso que se formó el cual tenía grietas se desprendió del módulo de totora quedando un módulo de totora con poco mortero adherido, dejando claro que el proceso de fundido no es óptimo para realizar paneles.

- En la probeta la vista inferior tiene una adherencia casi completa a diferencia de la vista superior.
- El módulo de totora con el pegado en paralelo no tuvo un daño alguno, pero la malla que envuelve este módulo si tenía presencia de óxido debido a la cantidad de agua usada en el mortero.

8.3.1.3. Análisis de la Probeta 5 y 6.

Prueba 5: Se realizó una probeta de 300x600x70mm. Cuya finalidad es comprobar la tercera dosificación de la tabla 27. y la respectiva adherencia con la totora. En la tabla 40 se detalla el proceso de elaboración de la probeta de totora y yeso con una dosificación (yeso+cal+agua en menor cantidad) con un espesor diferente.

Tabla 29

Proceso de elaboración de la probeta 5.

Proceso	Imágenes
1. Corte de tallos de totora	
2. Pagado en paralelo de tallos de totora	
3. Armador del módulo	

4. Módulo de totora
envuelto en malla.



5. Fundido del módulo
(modo de revestido)



Para la elaboración de esta probeta su proceso fue más sencillo; el cual reduce el tiempo de elaboración, con respecto al secado este fue favorable ya que a los 7 días cuando se analizó la probeta ya se encontraba seca y para lograr una mejor adherencia el mortero se lo aplico a manera de revestido.

Figura 70

Vistas de la probeta 5.

Vista superior de la probeta



Vista posterior de la probeta



A los 28 días a esta probeta a manera de experimentación se le coloco una carga de 20,300Kg. con la finalidad de observar el comportamiento de la dosificación y del módulo de totora sometido a una carga.

Figura 71

Carga a la probeta 5.



Observación:

- Las capas aplicadas de mortero son aplicadas a manera de revestido de 10mm de espesor.
- El módulo de totora es de 50mm de espesor el cual tiene un pegado en paralelo.
- En la vista superior y posterior no presenta grandes grietas y la adherencia es casi completa.
- Al manipular la probeta esta no se rompió y su adherencia con los tres elementos es buena ya que no se separan.
- A los 7 días de secado no presentaba grietas, pero a los 28 días ya seco completamente tenía pequeñas grietas, los bordes aun eran frágiles y presentaba desgaste del material (forma de polvo blanco).

Prueba 6: Se realizó una probeta de 300x600x70mm. De igual manera la finalidad es comprobar la segunda dosificación de la tabla 27. y su adherencia con la totora. En la siguiente tabla se detalla el proceso de elaboración de la probeta de totora y yeso con una dosificación (yeso+cal+agua menor cantidad) con un espesor diferente.

Tabla 30*Proceso de elaboración de la probeta 6.*

Proceso	Imágenes
1. Corte de tallos de totora (50mm)	
2. Pagado en paralelo de tallos de totora	
3. Armador del módulo	
4. Módulo de totora envuelto en malla.	
5. Fundido del módulo (modo de revestido)	

Una de las dificultades en esta probeta fue el proceso de elaboración ya que su elaboración lleva tiempo debido a que el pagado en paralelo horizontal es más tardado; el tiempo de secado es corto a los 7 días se analizó la probeta la cual ya se encontraba seca de igual manera para lograr una mejor adherencia el mortero se lo aplico a modo de revestido.

Figura 72

Vistas de la probeta 6.

Vista superior de la probeta



Vista posterior de la probeta



A manera de experimentación a los 28 días donde la probeta ya está seca completamente se le colocó una carga de 20,300Kg. cuya finalidad de observar el comportamiento de la dosificación y del módulo de totora sometido a una carga.

Figura 73

Carga a la probeta 6.



Vista de la probeta

**Observación:**

- Las capas aplicadas de mortero son aplicadas a modo de revestido de 10mm de espesor.
- El módulo de totora es de 50mm de espesor el cual tiene un pegado en paralelo horizontal.
- En la vista superior y posterior no presenta grietas.

- Al manipular la probeta no se presentaron desprendimientos o fisuras, sus bordes quedaron frágiles y se pudo comprobar una mejor adherencia con los tres elementos.
- Se analizó la probeta a los 7 días de secado la cual no presentaba grietas y a los 28 días de secado completo no tenía grietas, los bordes eran quebradizos y presentaba desgaste del material (forma de polvo blanco).
- Cuando se le colocó la carga los bordes fueron afectados ya que hubo desprendimiento y fisuras en algunas partes de la probeta

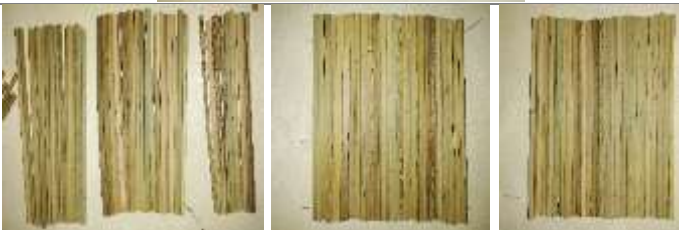
8.3.1.4. Análisis de la Probeta 7.

El resultado de las probetas 5 y 6 con respecto a la adherencia fue favorable, por lo tanto, se decidió colocar el mortero a manera de revestido. El mortero es realizado con la dosificación nueve de la tabla 30, la cual tuvo resultados que cumplen con la norma.

Prueba 7: Se realizó una probeta de 300x600x70mm. En la tabla 42 se detalla el proceso de elaboración de la probeta de módulo de totora y yeso con una dosificación Yeso + Cal + Agua + Goma.

Tabla 31

Proceso de elaboración de la probeta 7.

Proceso	Imágenes
1. Corte de tallos de totora (50mm)	
2. Amarrado en paralelo de tallos de totora	

3. Armador del módulo



4. Módulo de totora envuelto en malla.



5. Fundido del módulo (modo de revestido)



Con la finalidad de reducir el tiempo de elaboración del módulo de totora se planteó unir los tallos de totora con alambre, el tiempo de secado de esta dosificación fue a los 15min. y su secado completo se dio a los 3 días, la probeta no presentaba perdida de material una vez ya finalizado su tiempo de secado.

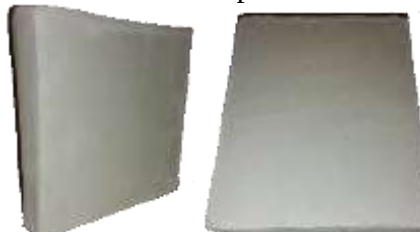
Figura 74

Vistas de la probeta 7.

Vista superior de la probeta



Vista Perspectiva



Pasado el mes se pudo observar que la probeta no presentaba perdida de material ni grietas por secado, teniendo resultados favorables tanto de adherencia como de resistencia como lo indican los ensayos realizados.

Observación:

- Las capas aplicadas de mortero son aplicadas a modo de revestido de 10mm de espesor.

- El módulo de totora es de 50mm de espesor el cual tiene un amarrado en paralelo.
- En la probeta no presentan grietas.
- La correcta adherencia de los tres elementos permite manipular la probeta con mayor seguridad, los bordes son un poco delicados, pero no representan problema alguno.
- Al cabo de un mes se analizó la probeta con la finalidad de comprobar si existía presencia de pérdida de material (forma de polvo blanco) pero esto no se dio, siendo otro punto favorable para la dosificación.

8.3.1.5. Conclusión.

Probetas del 1 al 6

- ❖ En estas dosificaciones se tuvo varios problemas de adherencia ya que el mortero no se unía con el módulo de totora y para lograr una adherencia favorable se le colocó malla metálica.
- ❖ Debido a que las dosificaciones descritas en la tabla 27, tenían la cantidad de agua incorrecta no permitía tener un correcto secado.
- ❖ En estas probetas no se le colocó ningún aditivo, dando como resultado el desgaste del material cuando llegaba a secarse por completo, este desgaste se presentaba a manera de un polvo blanco.
- ❖ Con la prueba 5 y 6 se pudo determinar que la mejor manera para lograr una adherencia del mortero y el módulo de totora es a través de un revestido.
- ❖ De igual manera la cantidad de agua es fundamental para lograr un mortero de mejor resistencia.

Probeta 7

- ❖ En la probeta 7 se tomó en cuenta todos los anteriores errores (como son: exceso de agua, dosificación) y se le aplicó ya corregidos.
- ❖ Se le aplicó la dosificación 9 de la tabla 29 la cual mediante un ensayo de ruptura se tubo valores requeridos por la normativa, obteniendo resultados favorables.

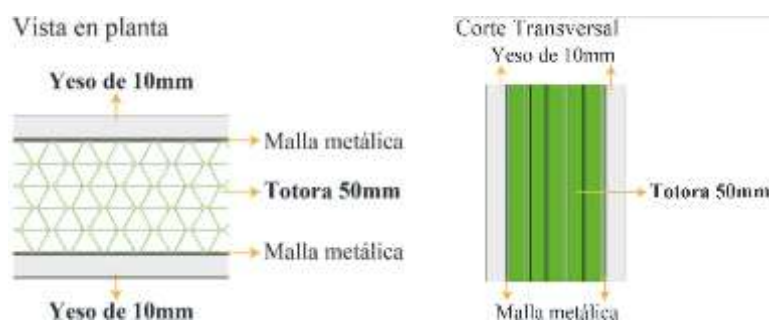
8.3.2. Tejidos para Empleados en Ensayo

Los tejidos empleados para la elaboración de los ensayos son:

El Tipo I cuyo espesor es de 70mm y está estructurado de la siguiente manera: Yeso + Módulo de totora (Pegado paralelo) envuelto en malla metálica + Yeso.

Figura 75

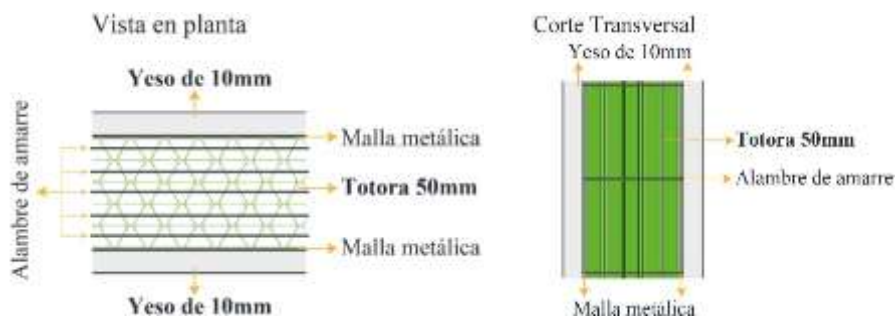
Tejido Tipo I



El Tipo II cuyo espesor es de 70mm y está estructurado de la siguiente manera: Yeso + Módulo de totora (Amarrado en paralelo) envuelto en malla metálica + Yeso.

Figura 76

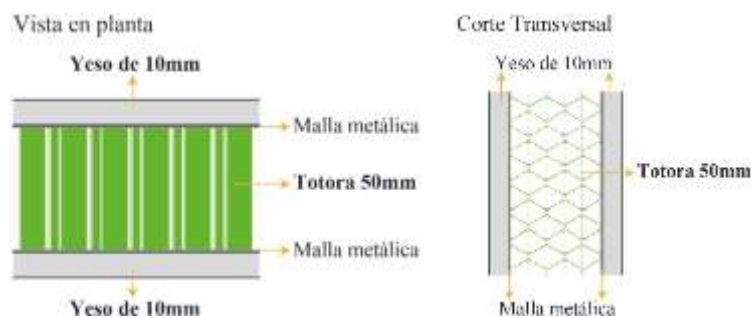
Tejido Tipo II



El Tipo III cuyo espesor es de 70mm y está estructurado de la siguiente manera: Yeso + Módulo de totora (Pegado paralelo horizontal) envuelto en malla metálica + Yeso.

Figura 77

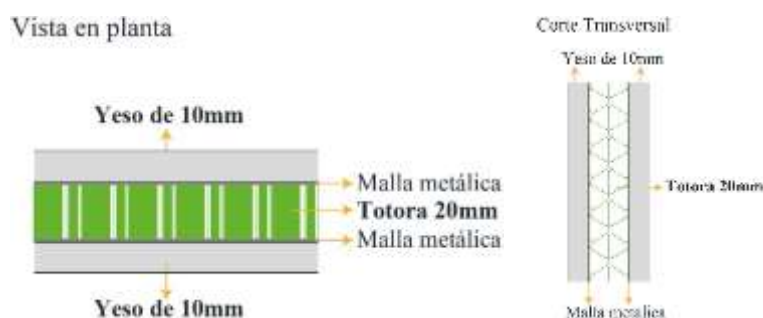
Tejido Tipo III



El Tipo IV cuyo espesor es de 40mm y está estructurado de la siguiente manera: Yeso + Módulo de totora (Pegado paralelo horizontal) envuelto en malla metálica + Yeso

Figura 78

Tejido Tipo IV



8.4. Ensayo de Resistencia a la Flexión

Este ensayo se realiza bajo la norma técnica ecuatoriana NTE INEN-EN 520 y la norma internacional chilena NCh 146 sección 2. Of2000. Para llevar a cabo este ensayo se necesitan 8 probetas las cual están estructuras de la siguiente manera: dos con pegado paralelo, dos con amarrado en paralelo, dos con pegado paralelo horizontal y dos con pegado paralelo horizontal menor espesor, se obtuvieron datos como peso de las probetas, espesor y la resistencia a la flexión expresada en N.

❖ Proceso

Primero se pesa las probetas en una balanza digital con una precisión del 0.0001gr., se mide el espesor y se mide el largo de la probeta y se señalan tres partes: la primera será la mitad de la probeta y dejará un excedente en los bordes de la probeta, este paso se realiza con la finalidad de centralizar la probeta y que la ruptura por flexión sea más exacta. Finalmente se coloca la probeta en la maquina la cual tiene tres puntos de apoyo como se lo explica en la figura 56., se aplica una fuerza de 250N/min. continuamente hasta fisurarse.

Figura 79

Ensayo de flexión



Nota. a) Máquina de ensayo Marshall b) Probetas para el ensayo

Tabla 32

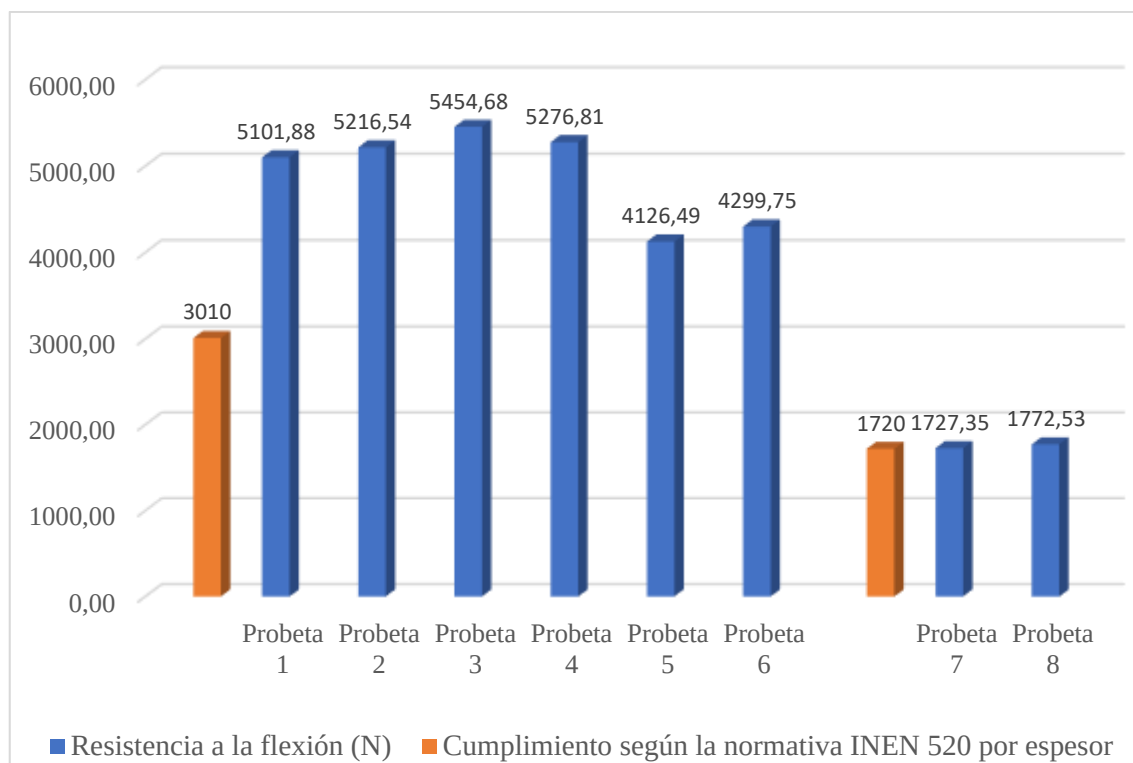
Resultados de ruptura a flexión en sentido longitudinal.

Composición	Peso (gr.)	Espesor (mm)	Cumplimiento según la normativa INEN 520	Resistencia a la flexión (N)
			Otros espesores (N)	
Tipo I: Yeso + Módulo de totora (Pegado paralelo) envuelto en malla metálica + Yeso				
Probeta 1	1702,80	70	3010	5101,88
Probeta 2	1696,40			5216,54
			(43*t) t= espesor	
			Media	5159,21

Tipo II: Yeso + Módulo de totora (Amarrado en paralelo) envuelto en malla metálica + Yeso					
Probeta 3	1734,81	70	3010	5454,68	
Probeta 4	1690			5276,81	
(43*t) t= espesor					
Media					
5365,745					
Tipo III: Yeso + Módulo de totora (Pegado paralelo horizontal) envuelto en malla metálica + Yeso					
Probeta 5	1715,60	70	3010	4910,49	
Probeta 6	1677,19			4887,75	
(43*t) t= espesor					
Media					
4899,118					
Tipo IV: Yeso + Módulo de totora (Pegado paralelo horizontal) envuelto en malla metálica + Yeso					
Probeta 7	1485,15	40	1720	1727,35	
Probeta 8	1523,56			1772,53	
(43*t) t= espesor					
Media					
1749,937					

Gráfica 3

Resultados de la flexión



❖ Descripción de resultados.

Después de analizar los resultados obtenidos con el ensayo de flexión en sentido longitudinal se concluye que de las 8 probetas cumplen con el valor determinado por la norma (NTE INEN-EN 520), no tuvo problemas con la adherencia.

En la probeta 1 y 2 su resistencia es buena ya que el pegado en el paralelo favorece a esta ruptura posteriormente presenta algunas fisuras.

La probeta 3 y 4 su resistencia es la mejor la más alta de todas las probetas e igual manera no presenta problemas de adherencia, por lo que es recomendable su uso.

La probeta 5 y 6 su resistencia va acorde a la normativa, pero en relación a las muestras anteriores son las más bajas, tubo unos pequeños inconvenientes con relación a su adherencia.

La probeta 7 y 8 debido al espesor recomendado no tuvo problemas para llegar al valor requerido por la normativa, tubo unos pequeños inconvenientes con relación a su adherencia.

8.5. Ensayo de Resistencia al Impacto

Este ensayo se realiza bajo la norma técnica ecuatoriana NTE INEN-EN 520 y la norma internacional chilena NCh 146 sección 2. Of2000. Para llevara a cabo este ensayo se necesitan 9 probetas las cual están estructuras de la siguiente manera: con pegado paralelo, con amarrado en paralelo, con pegado paralelo horizontal y con pegado paralelo horizontal menor espesor, se obtuvieron datos como peso de las probetas, espesor y diámetro del impacto expresada en mm.

❖ Proceso

Primero se pesa las probetas en una balanza digital con una precisión del 0.0001gr., se mide el espesor y posteriormente se coloca la probeta en el piso, luego de la cara de la probeta se mide 500mm (altura) se señala y por medio de un nivelador se deja caer la bola de acero por efecto de la gravedad, este proceso se realiza tres veces sobre la misma cara, finalmente se mide le diámetro del impacto este debe ser menor o igual a 20mm. Para de esta manera cumplir con la normativa.

Figura 80

Ensayo de impacto



Tabla 33*Resultados de resistencia al impacto.*

Tipo I: Yeso + Módulo de totora (Pegado paralelo) envuelto en malla metálica + Yeso			
Probeta 1	Peso (gr)	Espesor (mm)	Diámetro del impacto (mm)
Lanzamiento 1			16
Lanzamiento 2	1704,08	70	17
Lanzamiento 3			14
Media			15,67
			
Observaciones:			
La huella de impacto fue mínima ya que solo se marcó un 30% aproximadamente del diámetro de la esfera.			
Tipo II: Yeso + Módulo de totora (Amarrado en paralelo) envuelto en malla metálica + Yeso			
Probeta 2	Peso (gr)	Espesor (mm)	Diámetro del impacto (mm)
Lanzamiento 1			18
Lanzamiento 2	2090,08	70	20
Lanzamiento 3			10
Media			16,00
			
Observaciones:			
El segundo impacto es el más grande y la probeta no presenta mayor fisura que el diámetro de la esfera.			
Tipo III: Yeso + Módulo de totora (Pegado paralelo horizontal) envuelto en malla metálica + Yeso			
Probeta 3	Peso (gr)	Espesor (mm)	Diámetro del impacto (mm)
Lanzamiento 1			19
Lanzamiento 2	1854,85	70	20
Lanzamiento 3			15

Media**18,00****Observaciones:**

A pesar que posee otro tipo de pegado, el diámetro de impacto en esta probeta si cumple con la normativa.

Tipo IV: Yeso + Módulo de totora (Pegado paralelo horizontal) envuelto en malla metálica + Yeso

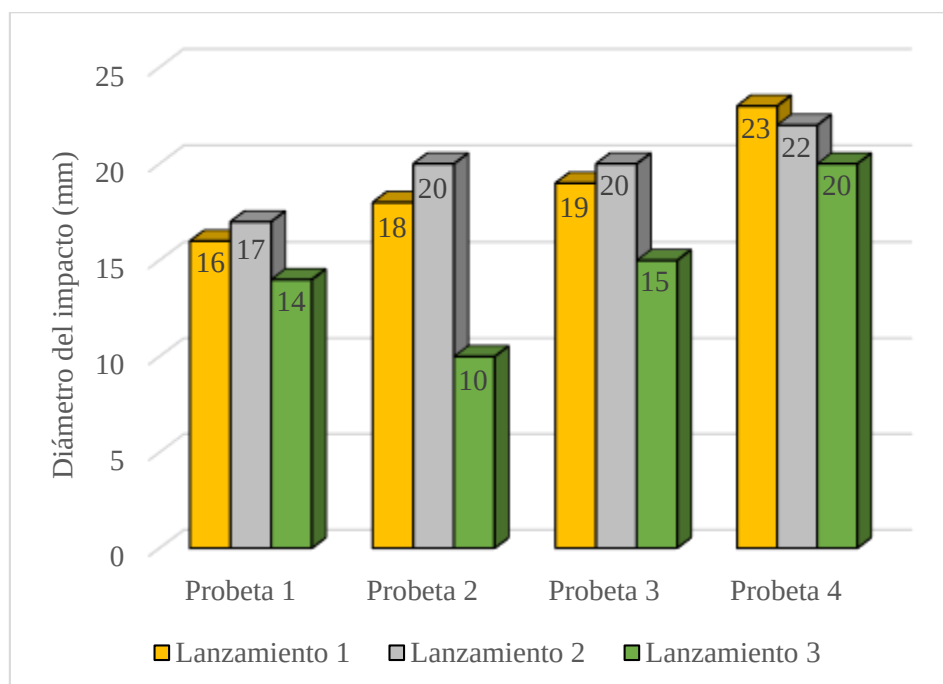
Probeta 4	Peso (gr)	Espesor (mm)	Diámetro del impacto (mm)
Lanzamiento 1			23
Lanzamiento 2	1798,48	40	22
Lanzamiento 3			20
Media			21,67

**Observaciones:**

Debido a que posee un menor espesor se pudo observar que el diámetro del impacto en esta probeta dos de ellas son mayores al diámetro establecido por la norma.

Gráfica 4

Resultados de impacto.



❖ Descripción de resultados.

Luego de analizar las cuatro probetas se concluyó que la probeta 4 cuya composición es Yeso + Módulo de totora (Pegado paralelo horizontal) envuelto en malla metálica + Yeso, los valores obtenidos no cumplen con la normativa por lo que esta quedaría descartada por el ensayo de impacto. De las tres probetas restantes la que tiene menores valores del diámetro de impacto es la probeta 1, seguida por la probeta 2. Siendo factibles para la utilización en paneles.

8.6. Ensayo de resistencia a la humedad

Este ensayo se realiza bajo la norma técnica ecuatoriana NTE INEN-EN 520 y la norma internacional chilena NCh 146 sección 2. Of2000. Para llevar a cabo este ensayo se necesitan 2 probetas las cuales están estructuradas de la siguiente manera: con pegado paralelo, con amarrado en paralelo, se consiguieron datos como peso de la probeta inicial (secas), espesor y el porcentaje de aumento de peso (húmedas).

❖ Proceso

Se utiliza una probeta cuyas medidas son 300mm x 300mm a la cual se la divide a la mitad obteniendo dos probetas. Se pesa la probeta seca, se mide el espesor de la misma luego se las coloca de manera horizontal sin que la probeta toque el fondo se cubre de agua de 25mm y se deja reposar por 2h $\pm$ 2min. finalmente se seca el excedente de agua y se pesa la probeta nuevamente. Su resultado será dado por el porcentaje de aumento de masa (peso).

Figura 81

Ensayo de humedad.



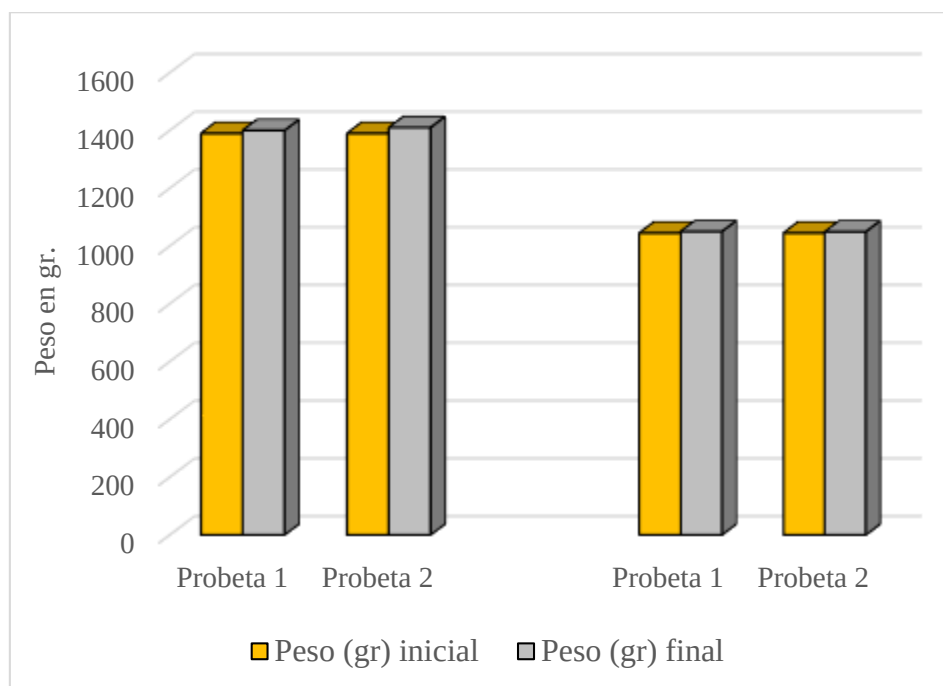
Tabla 34

Resultados de la resistencia a la humedad.

Tipo I: Yeso + Módulo de totora (Pegado en paralelo) envuelto en malla metálica + Yeso				
	Espesor (mm)	Peso (gr) inicial	Peso (gr) final	%
Probeta 1	70	1390	1400	0,50
Probeta 2		1390	1410	0,51
		2780	Media	0,51
Tipo II: Yeso + Módulo de totora (Amarrado en paralelo) envuelto en malla metálica + Yeso				
	Espesor (mm)	Peso (gr) inicial	Peso (gr) final	%
Probeta 1	70	1045	1050	0,50
Probeta 2		1045	1049	0,50
		2780	Media	0,50

Gráfica 5

Resultados de la resistencia a la humedad.



❖ Humedad en la fibra.

Para determinar el porcentaje de humedad en la fibra se tomó como referencia la Normativa Técnica Colombiana NTC 5525 Métodos de ensayo para determinar las propiedades físicas y mecánicas de la *Guadua Angustifolia Kunth.*, debido que la guadua es un material orgánico utilizado en la construcción.

Para calcular la pérdida de masa (los tallos de totora se los seca en horno por aproximadamente 1 a 2 horas, hasta obtener un peso constante) dichos resultados serán expresados en porcentaje para lo cual se utilizará la siguiente fórmula:

$$CH = \frac{m - m_o}{m_o} \times 100$$

En donde:

m: es la masa de la probeta antes del secado.

m_o : es la masa de la probeta después del secado.

En este ensayo se utilizó 100 muestras de 280mm se las agrupó de 10 en 10, primero se las pesó y enumeró para posteriormente ser secadas en horno por aproximadamente 2 horas

a una temperatura de $103^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, en intervalos de 30 min se verificaba para evitar que se quemara y lograr un secado homogéneo cuando el peso de las fibras sea constante se determina que la fibra ya está seca. En la siguiente tabla se observa los valores obtenidos.

Tabla 35

Resultados del porcentaje de humedad en la fibra.

1 al 10		Humedad (W%)	11 al 20		Humedad (W%)	21 al 30		Humedad (W%)
1 peso	2 peso	Media	1 peso	2 peso	Media	1 peso	2 peso	Media
21	14	1,1	22	20	1,2	24	19	1,4
31 al 40		Humedad (W%)	41 al 50		Humedad (W%)	51 al 60		Humedad (W%)
1 peso	2 peso	Media	1 peso	2 peso	Media	1 peso	2 peso	Media
19	18	0,9	17	17	0,7	19	18	0,9
61 al 70		Humedad (W%)	71 al 80		Humedad (W%)	81 al 90		Humedad (W%)
1 peso	2 peso	Media	1 peso	2 peso	Media	1 peso	2 peso	Media
21	18	1,1	21	17	1,1	20	18	1,2
91 al 100		Humedad (W%)						
1 peso	2 peso	Media						
20	1,0	1,0						

Una vez ya secas las fibras se procedió a armar el módulo de totora y adicional se recubrió el módulo de totora con resina epóxica con la finalidad de proteger a la fibra de la humedad esta propiedad se la observo en el ensayo.

Tabla 36

Resultados del ensayo de humedad.

Tipo I: Yeso + Módulo de totora (Pegado en paralelo) + envuelto en malla metálica + Yeso	
Ensayo al sumergir la probeta Durante 2h. 15min.	Ensayo al sumergir la probeta Durante 2h. 15min.



Tipo V: Yeso + Módulo de totora (Pegado en paralelo) + recubierto de resina epóxica + envuelto en malla metálica + Yeso

Ensayo por aspersión
Durante 30min.



Ensayo por rocío
Durante 30min.



Las probetas que fueron sumergidas por 2h 15min., la capacidad de absorción no fue notoria ya que el agua requerida por la normativa es de 25mm a 35mm y la humedad se dio superficialmente.

Las probetas que fueron ensayadas por aspersión y rocío durante 30 min, estas absorbieron toda el agua, aumentado la masa de las probetas; no hubo problemas con el módulo de totora ya está recubierta de resina epóxica.

Tabla 37

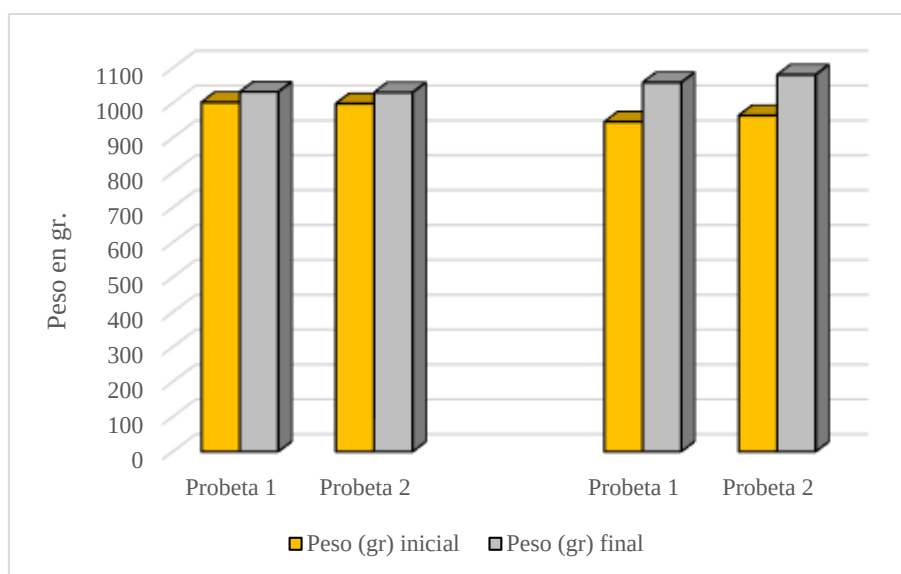
Resultados del porcentaje absorción de humedad en la probeta.

Tipo I: Yeso + Módulo de totora (Pegado en paralelo) + envuelto en malla metálica + Yeso				
	Espesor (mm)	Peso (gr) inicial	Peso (gr) final	%
Probeta 1	70	1002	1032	0,51
Probeta 2		998	1030	0,48
		2000	Media	0,50
Tipo V: Yeso + Módulo de totora (Pegado en paralelo) + recubierto de resina epóxica + envuelto en malla metálica + Yeso				

	Espesor (mm)	Peso (gr) inicial	Peso (gr) final	%
Probeta 1	70	946	1059	1,12
Probeta 2		964	1081	0,89
		1910	Media	1,01

Gráfica 6

Resultados de la resistencia absorción de humedad en las probetas.



❖ Descripción de resultados.

En el primer ensayo se analizó las cuatro probetas y se concluyó que pasadas las 2h. las probetas aumentaron su peso en un 0,50% y 0,51%, siendo un valor bastante bajo ya que no alcanza ni el 1% de absorción de agua.

En el segundo ensayo de humedad en la fibra, en las probetas de los ensayos por rocío y aspersión el porcentaje de humedad es de 1,01% equivalente a la media, por lo que en una probeta de 300mmx150mmx70mm el porcentaje de humedad es alrededor del 1%.

Debido al recubrimiento de resina que tiene el módulo de totora evita que se deteriore las fibras por la humedad.

8.7. Ensayo de Resistencia al Fuego o Cohesión del Núcleo a Altas Temperaturas (llama directa)

Este ensayo se realiza bajo la norma técnica ecuatoriana NTE INEN-EN 520 y la norma internacional chilena NCh 146 sección 2. Of2000. Para llevar a cabo este ensayo se necesitan 9 probetas las cual están estructuras de la siguiente manera: con pegado paralelo como se detalla en las probetas 5,6 y 7, se tomará los siguientes datos como peso, espesor y tiempo máximo en minutos de resistencia a altas temperaturas hasta que las probetas se separen, fisuren.

❖ Proceso

Se utiliza probetas cuyas medidas son 300mm x 50mm, la cual deberá estar centrada en medio de dos mecheros la salida del gas debe estar en medio de la probeta (para equilibrar su ruptura), para evitar que la probeta se mueva por la fuerza de las llamas se le coloca un peso en la parte inferior de la misma.

Una vez encendidos los mecheros y que entren en contacto con la probeta se toma el tiempo y cada 5 min. se observa alguna variación en la probeta, si pasados los 15min. no presentan observación alguna pasan el ensayo de resistencia a la llama directa.

Figura 82

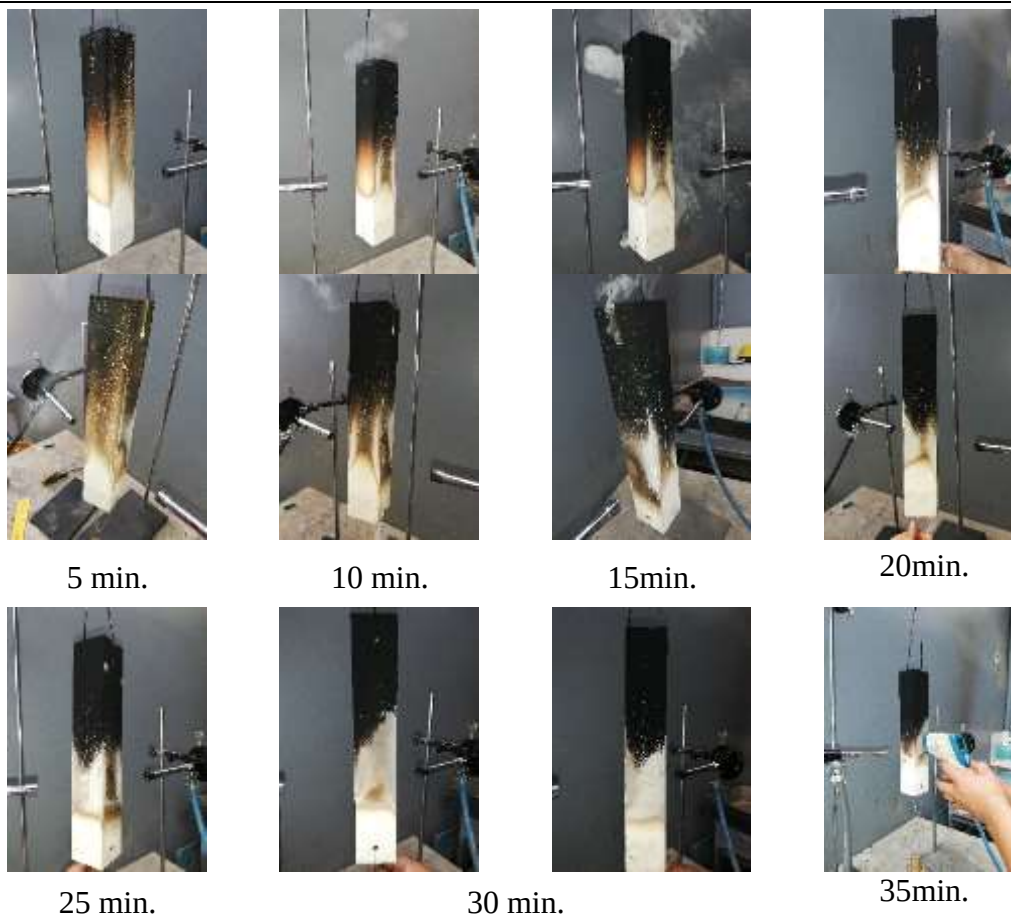
Ensayo de resistencia a las llamas directas



Tabla 38*Resultados a altas temperaturas.*

Tipo I		
		
5 min.	10 min.	15min.
En el ensayo de las probetas Tipo I, al llegar a los 5min. no presentaron fisuras, a los 10min. aparecieron pequeñas grietas en las dos de sus caras y a los 15min. la probeta presento varias fisuras a lo largo de la probeta las cuales fueron más notorias e internamente empezó a quemarse la totora; no presento desprendimientos debido a la correcta adherencia con la malla, simplemente se torno de un color negro (característico de quemado), por lo tanto, paso la prueba de resistencia a la llama directa.		

Tipo II



En las muestras Tipo II se aplicó calor por 35min máximo, con la finalidad de evidenciar su comportamiento pasados los 15min., se pudo observar los siguientes resultados que al llegar a los 5min. no presento fisuras, a los 10min. la probeta presento pequeñas grietas en las dos de sus caras, internamente la totora se empezó a quemar y a los 15min. la probeta presento varias fisuras las cuales fueron más notorias y aumentaban su tamaño mínimamente; al llegar a los 35min, no presento desprendimientos debido a la correcta adherencia con la malla, y la totora quedo quemada, externamente se torno de un color negro (característico de quemado). Llegado a los 35min. el yeso se quemó y perdió sus propiedades como material constructivo de igual manera la totora se encontraba hecho cenizas.

Tipo III



5 min.



10min.



15min.

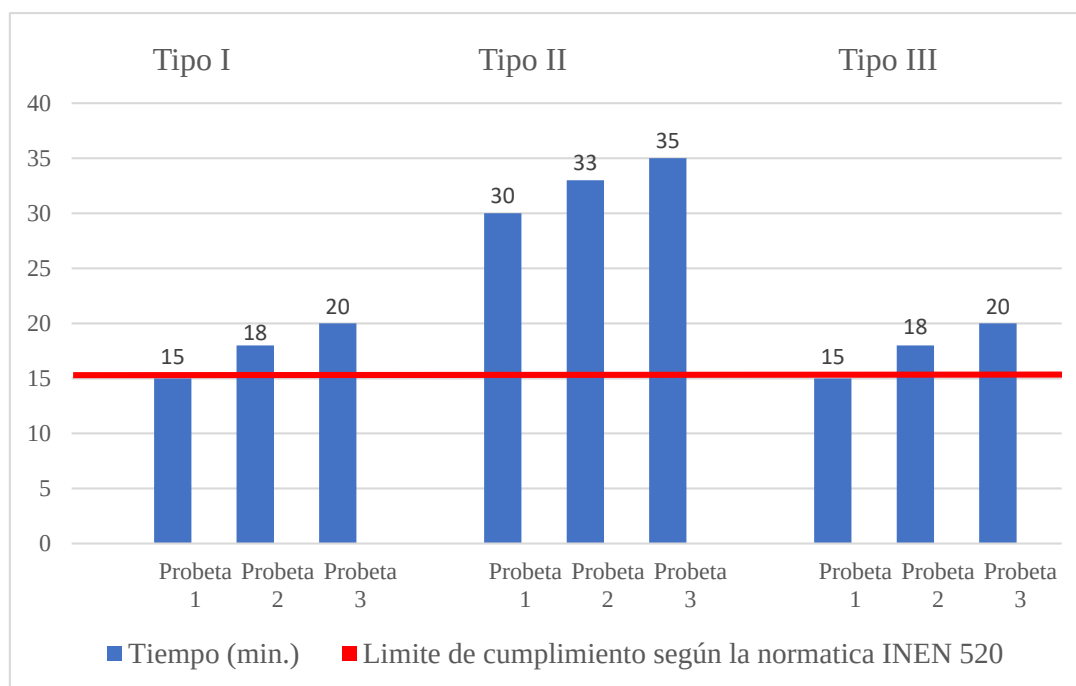


20 min.

A las muestras Tipo III se les aplicó calor por 20min máximo, al llegar a los 5min. no presento fisuras, a los 10min. la probeta presento pequeñas grietas, a los 15min. presento varias fisuras las cuales fueron más notorias y empezó a quemarse la totora y los 20min. las fisuras en la probeta aumentaron su tamaño, pero no hubo desprendimientos.

Tabla 39*Resultado del tiempo a altas temperaturas.*

	Espesor (mm)	Tiempo (min.)
Tipo I: Yeso + Módulo de totora (Pegado paralelo) envuelto en malla metálica + Yeso		
Probeta 1		15
Probeta 2	70	18
Probeta 3		20
Tipo II: Yeso + Módulo de totora (Amarrado en paralelo) envuelto en malla metálica + Yeso		
Probeta 1		30
Probeta 2	70	33
Probeta 3		35
Tipo III: Yeso + Módulo de totora (Pegado paralelo horizontal) envuelto en malla metálica + Yeso		
Probeta 1		15
Probeta 2	70	18
Probeta 3		20

Gráfica 7*Resultados de la resistencia a altas temperaturas.*

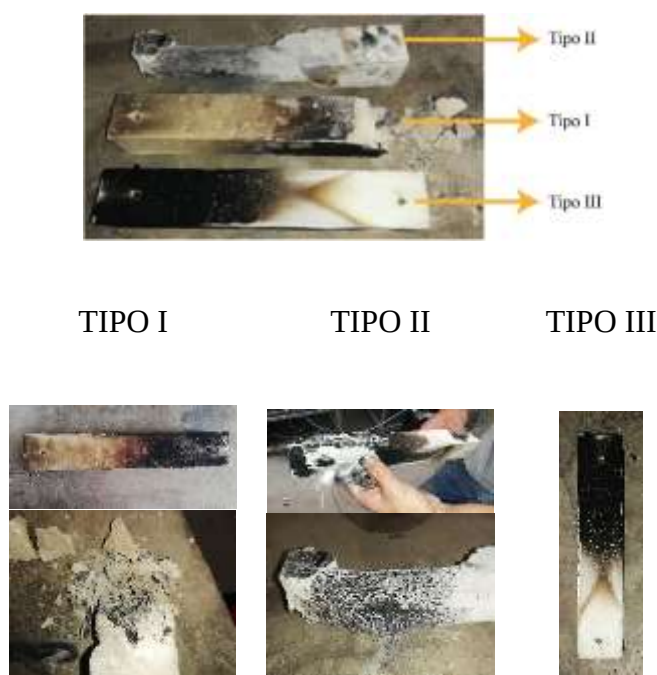
❖ Descripción de resultados.

Luego de analizar probetas de los tres tipos se concluye que el proceso de realización de la probeta es muy bueno ya que su adherencia permite resistir altas temperaturas por lo tanto pasa la prueba de resistencia al fuego.

Cabe mencionar que pasado los 35min. la probeta sigue entera, pero si se le aplica fuerza esta se triza fácilmente como se observa a continuación.

Figura 83

Ensayo a altas temperaturas



8.8. Ensayo para Pruebas Térmicas

Este ensayo se realiza bajo la norma técnica ecuatoriana NTE INEN-ISO 8990 y la normativa ecuatoriana de la construcción NEC-11 señala que los materiales con características térmicas deberán cumplir con el coeficiente de conductividad térmica equivalente a $(0,01 \text{ W/mK} - 0.10 \text{ W/mK})$.

Para el desarrollo de este ensayo se tomará los siguientes datos como espesor, área, voltaje, intensidad, temperatura interna y externa de las caras de la probeta como la temperatura

interna y externa del aire, la lectura de datos a analizar se realiza tres veces cada 5 min. para obtener la media de dichos datos.

❖ **Proceso**

Los paneles se clasifican en cuatro tipos: Tipo I (Pegado paralelo), Tipo II (Amarrado en paralelo), Tipo III (Pegado paralelo horizontal) y Tipo IV (Pegado paralelo horizontal menor espesor). De estas probetas se obtendrán los siguientes datos de temperatura en °C, como la temperatura interna de la cara de la probeta (T1), temperatura externa de la cara de la probeta (T2), temperatura interna del aire (D1), temperatura externa del aire (D2), el voltaje y la intensidad.

Figura 84

Caja Térmica



Tabla 40

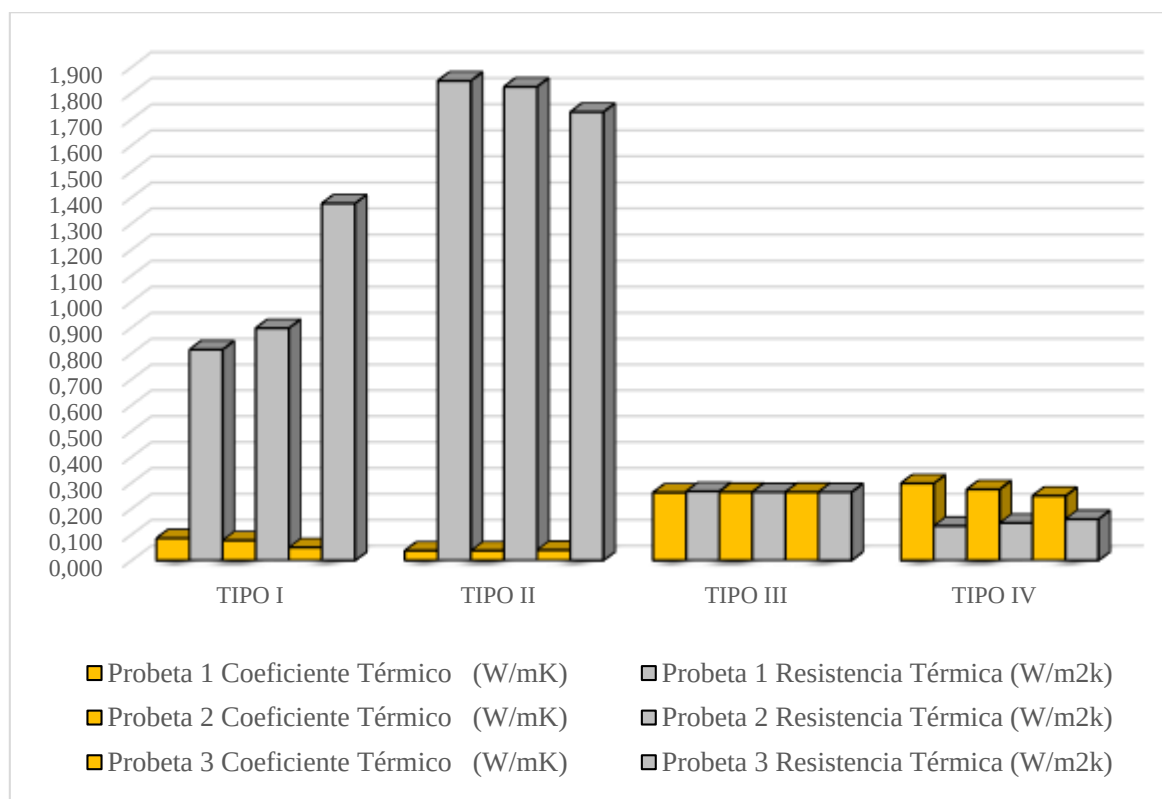
Resultados de la Resistencia Térmica

	Espesor Lm (m)	Área Am (mm)	Voltaje (V)	Intensidad (A)	T1 (°C)	T2 (°C)	D1 (°C)	D2 (°C)	Coficiente Térmico (W/mK) 0,01 – 0,1	Resistencia Térmica (W/m²K)
Tipo I: Yeso + Módulo de totora (Pegado paralelo) envuelto en malla metálica + Yeso										
Probeta 1					77,10	18,80	81,40	20,50	0,086	0,815
Probeta 2	0,070	0,090	62	0,28	80,30	18,80	83,60	21,50	0,078	0,898
Probeta 3					88,80	18,90	92,10	20,90	0,051	1,377
				Media	82,07	18,83	85,70	20,97	0,072	1,030
Tipo II: Yeso + Módulo de totora (Amarrado en paralelo) envuelto en malla metálica + Yeso										
Probeta 1					85,40	18,20	87,90	24,20	0,038	1,848
Probeta 2	0,070	0,090	62	0,28	83,90	18,10	85,70	21,30	0,038	1,825
Probeta 3					82,70	18,50	84,50	20,90	0,041	1,728
				Media	84,00	18,27	86,03	22,13	0,039	1,800
Tipo II: Yeso + Módulo de totora (Amarrado en paralelo) envuelto en malla metálica + Yeso										
Probeta 1					53,60	19,80	59,80	26,90	0,263	0,267
Probeta 2	0,070	0,090	62	0,28	52,90	18,90	58,20	26,30	0,265	0,264
Probeta 3					53,40	19,70	53,30	20,80	0,265	0,264
				Media	53,30	19,47	57,10	24,67	0,264	0,265
Tipo IV: Yeso + Módulo de totora (Pegado paralelo horizontal) envuelto en malla metálica + Yeso										
Probeta 1	0,040	0,090	62	0,28	50,20	18,50	54,70	25,90	0,298	0,134

Probeta 2	51,80	19,10	55,40	23,40	0,275	0,145
Probeta 3	54,60	18,70	53,90	21,80	0,250	0,160
Media	52,20	18,77	54,67	23,70	0,274	0,147

Gráfica 8

Resultados de la resistencia térmica.



❖ Descripción de resultados.

Luego de analizar las probetas de los cuatro tipos los resultados obtenidos de la resistencia térmica se verifican si estos cumplen con los parámetros normativos establecidos por las normativas nacionales NTE INEN-ISO 8990, NEC-11 y el Miduvi; siendo favorables los resultados ya que si clasifican como materiales constructivos con buena resistencia térmica.

Según los resultados obtenidos las probetas del tipo II la resistencia térmica (1,800 W/m2K) es mayor con respecto a las otras probetas y su coeficiente térmico es el más bajo de 0,039 W/mK con relación a las otras probetas.

8.8. Diseño de Panel Prefabricado

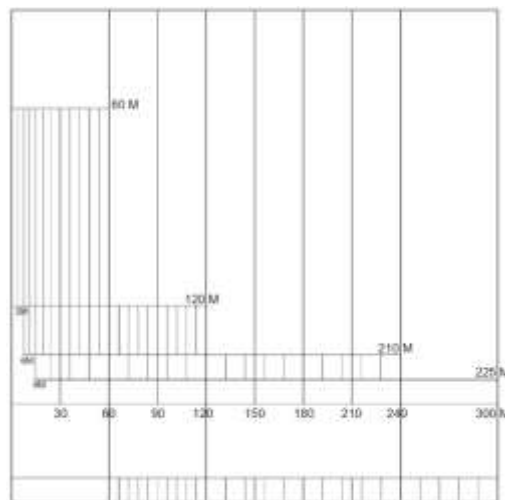
La norma NTE INEN 310 cuyo nombre es “Coordinación Modular de la Construcción Serie Modular Norma de Medidas”, la serie modular se desarrolla en múltiplos y submúltiplos

creando módulos, la base es de 10cm (0,10 M) el cual se va creciendo hasta transformarse en módulos.

Tabla 41

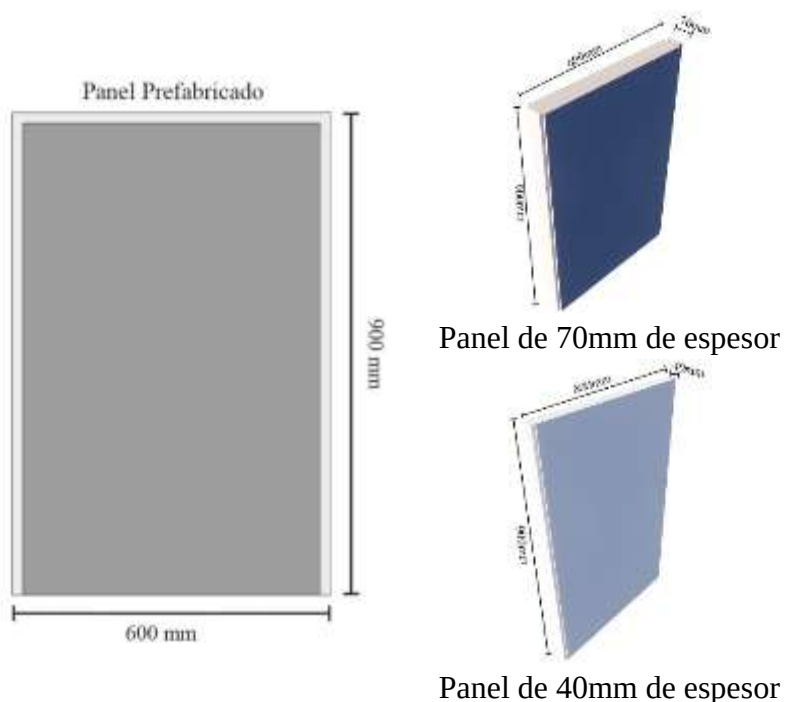
Tabla de modulación.

Múltiplos y submúltiplos del módulo normal		
Módulo	Limites de aplicación	
0,01 M = mm	desde 0,01 M	hasta 0,1 M
0,1 M = cm	desde 0,01 M	hasta 1 M
M = 10 cm		
n. M =	desde 1 M	hasta 60 M
n. 3M =	desde 3 M	hasta 120 M
n. 6M =	desde 6 M	hasta 240 M
n. 12M =	desde 12 M	en adelante
Siendo n un número entero, positivo y distinto de cero. El valor del módulo normal M es de 10cm		

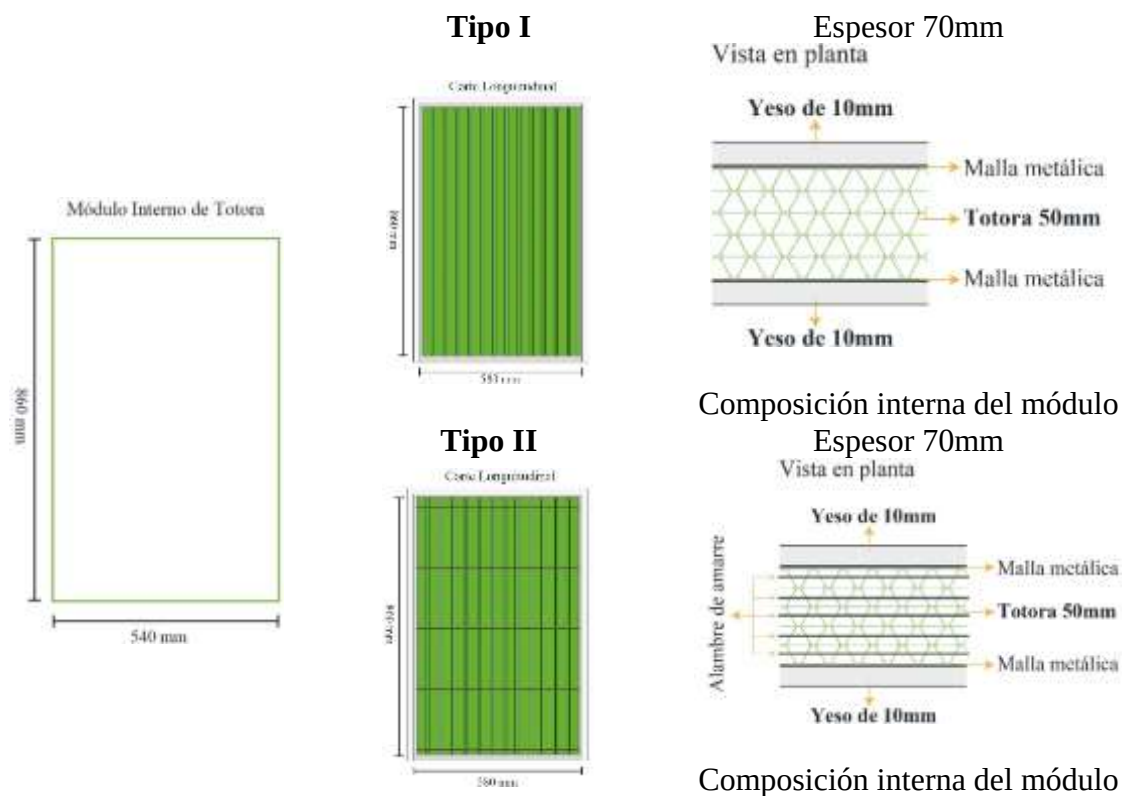


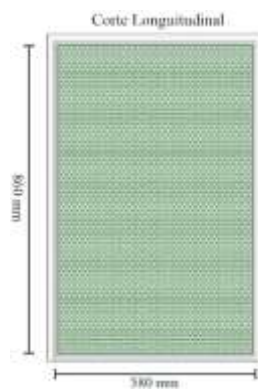
Nota. Tomado de NTE INEN 310 (2010)

El dimensionamiento del módulo va en función de las necesidades que presenta la vivienda, tomando en cuenta la ubicación de pasillos, ventanas, puertas, instalaciones, entre otros. Para lo cual el módulo a utilizar es de 600x900x70mm, compuesto por módulos internos de totora, los cuales están ubicados horizontalmente; la finalidad de utilizar esta técnica es otorgar mayor resistencia al panel.

Figura 85*Paneles*

Internamente el panel está estructurado como se detalla a continuación:

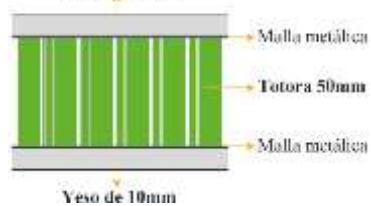
Figura 86*Estructuras de los paneles*

Tipo III

Espesor 70mm

Vista en planta

Yeso de 10mm



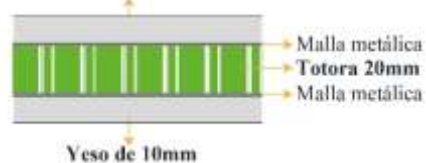
Composición interna del módulo

Tipo IV

Espesor 40mm

Vista en planta

Yeso de 10mm



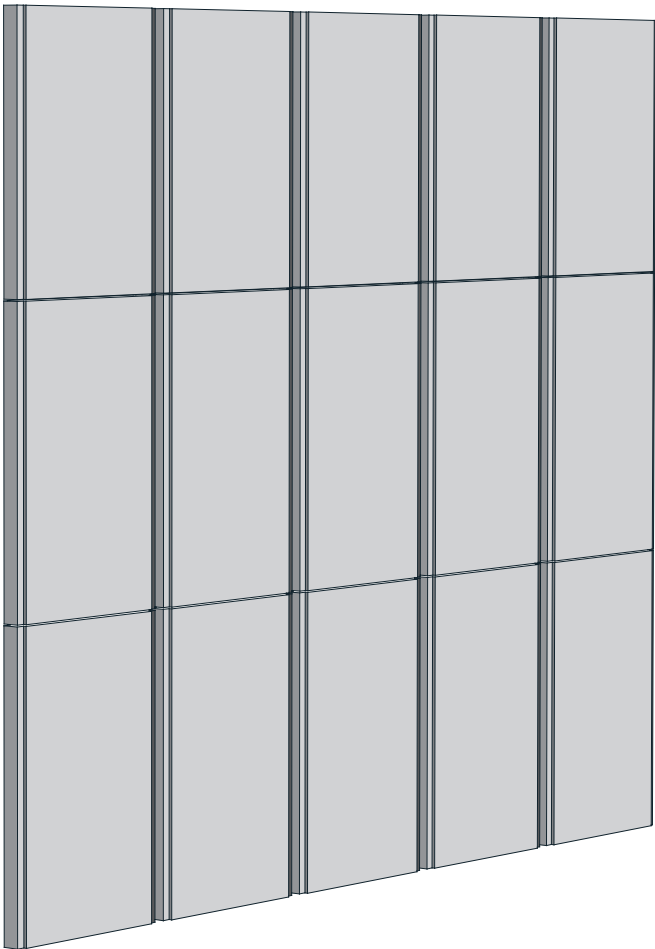
Composición interna del módulo

Perspectiva expoltada del montante de madera

Escala Gráfica



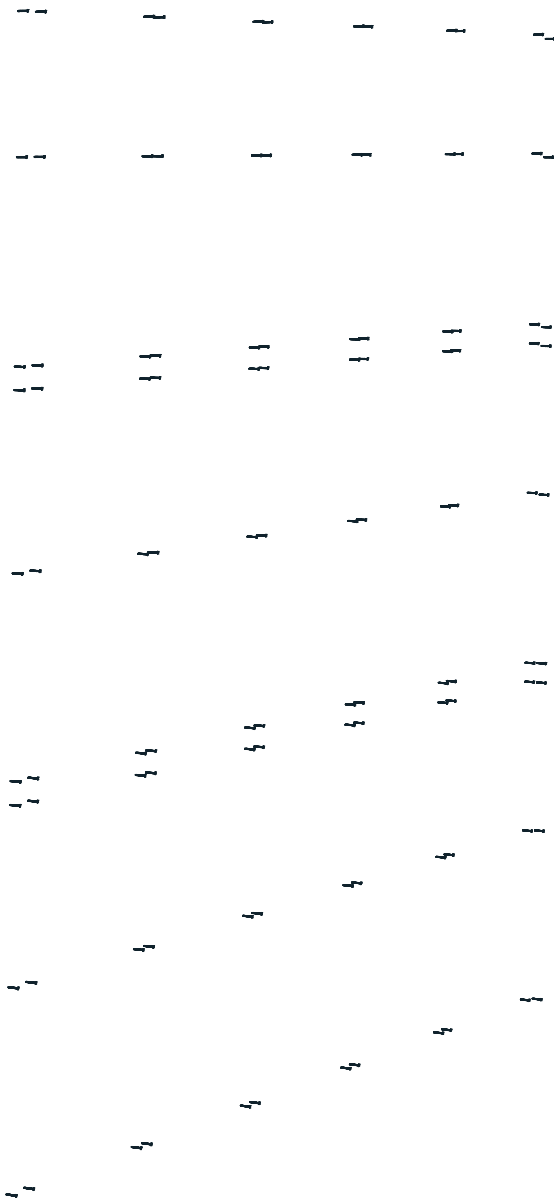
Montantes de madera
60mmX70mm



Panel de yeso y totora
60cmX90cm



Tira de madera
80mmX10mm



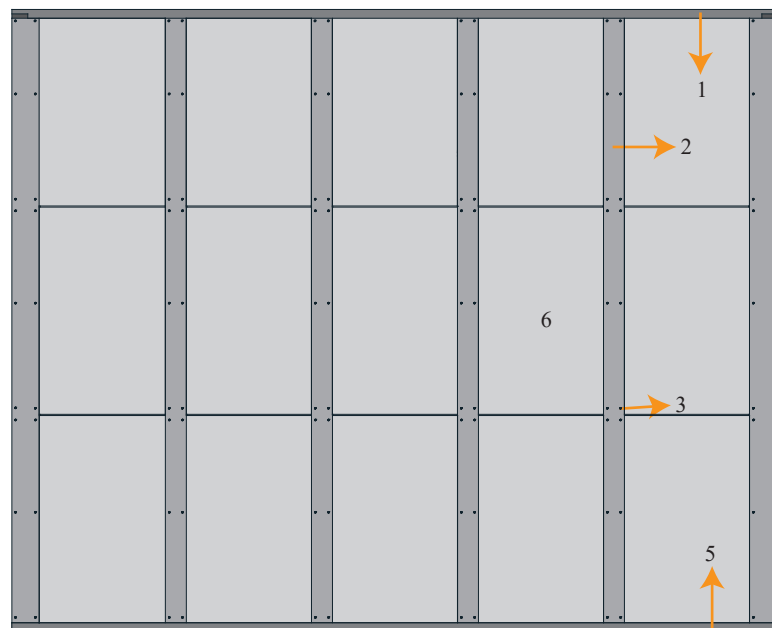
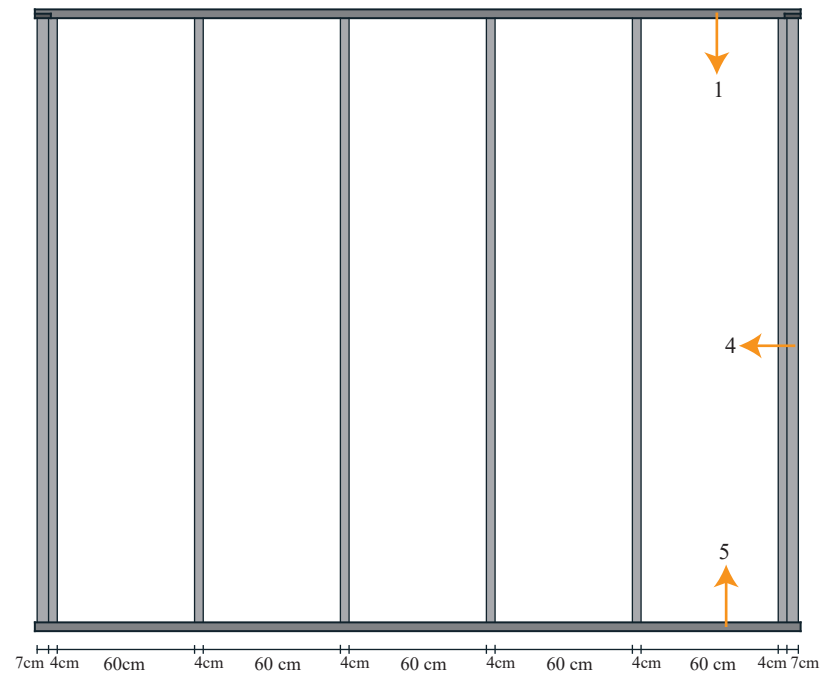
Tornillo Madera (drywall autoperforante)
10 x 2 1/2

	Proyecto: Panel para divisiones internas de yeso y totora	Contiene: Detalles Constructivos	Autor: Jessica Yanza Paredes	Lámina: 1/6
			Tutor: Arq. Fernando Huanca	

Montante de madera

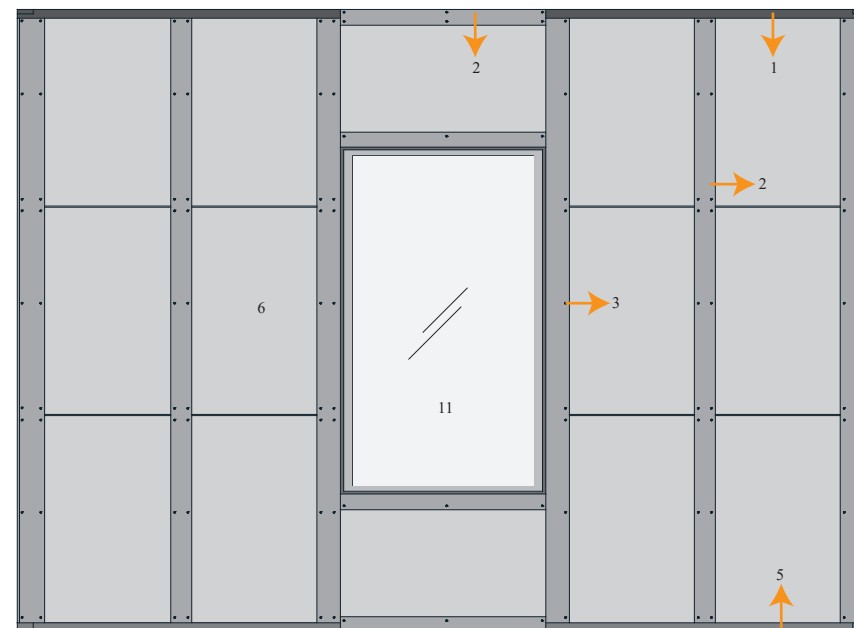
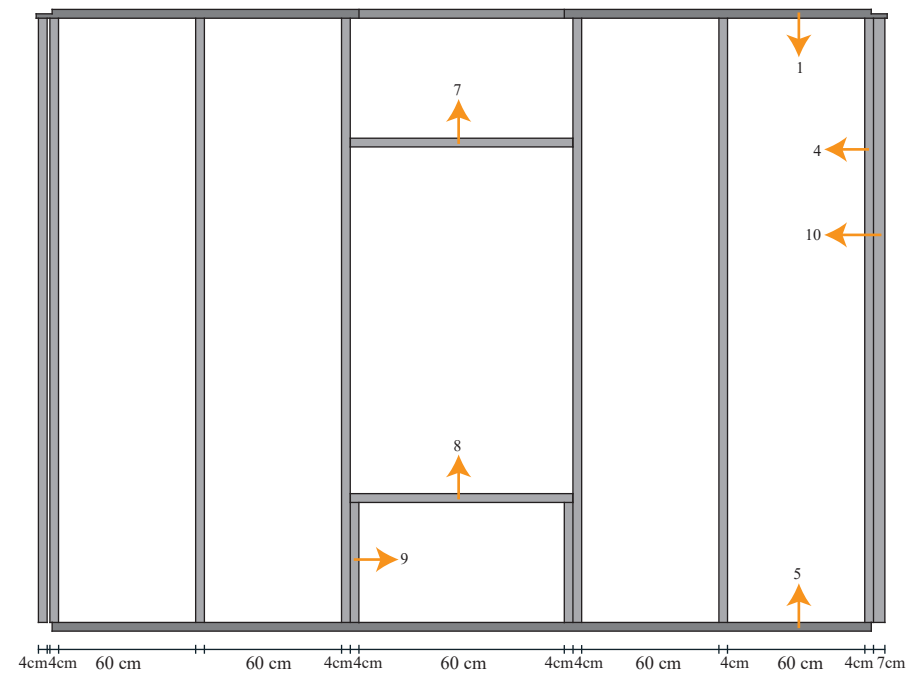
Mamposeria sin abertura

Escala Gráfica



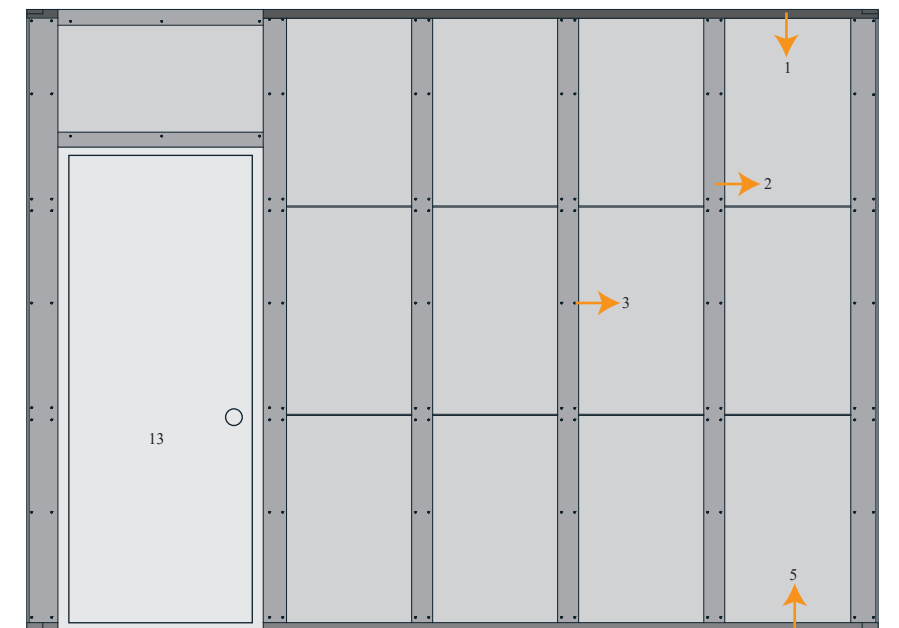
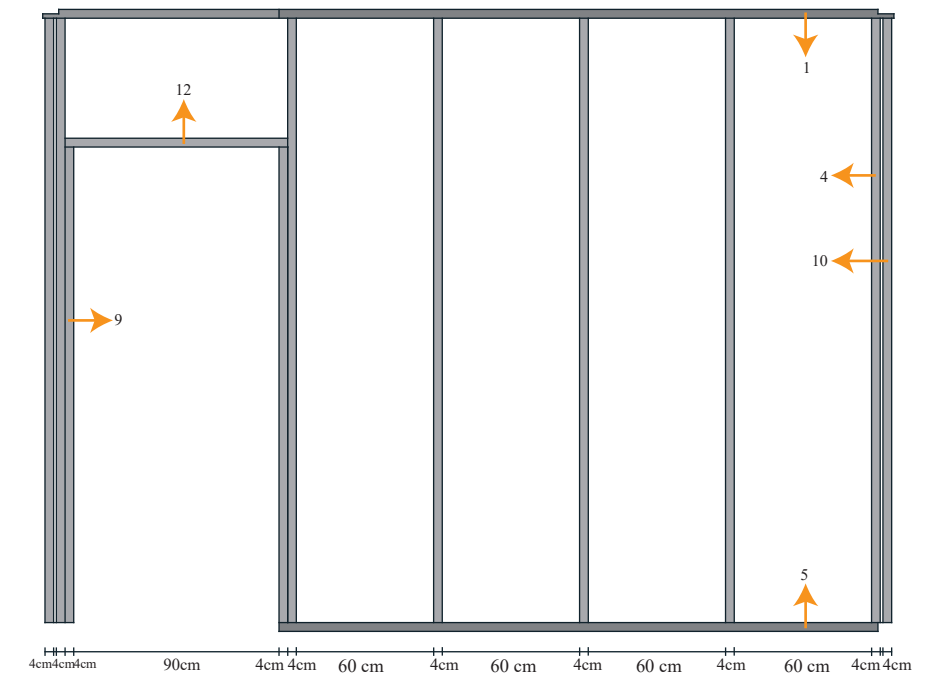
Mamposteria con abertura (ventana)

Escala Gráfica



Mamposteria con abertura (puerta)

Escala Gráfica



Proyecto:
Panel para divisiones internas
de yeso y totora

Contiene:

Detalles Constructivos

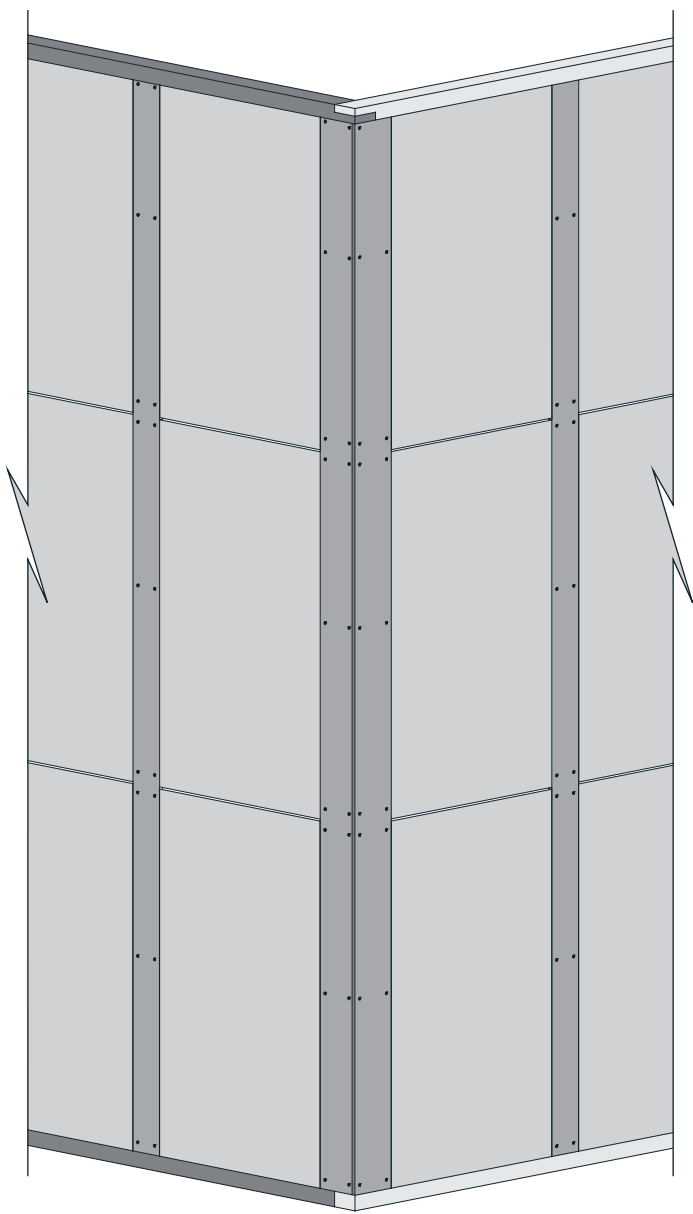
Autor:
Jessica Yanza Paredes

Tutor:
Arq. Fernando Huanca

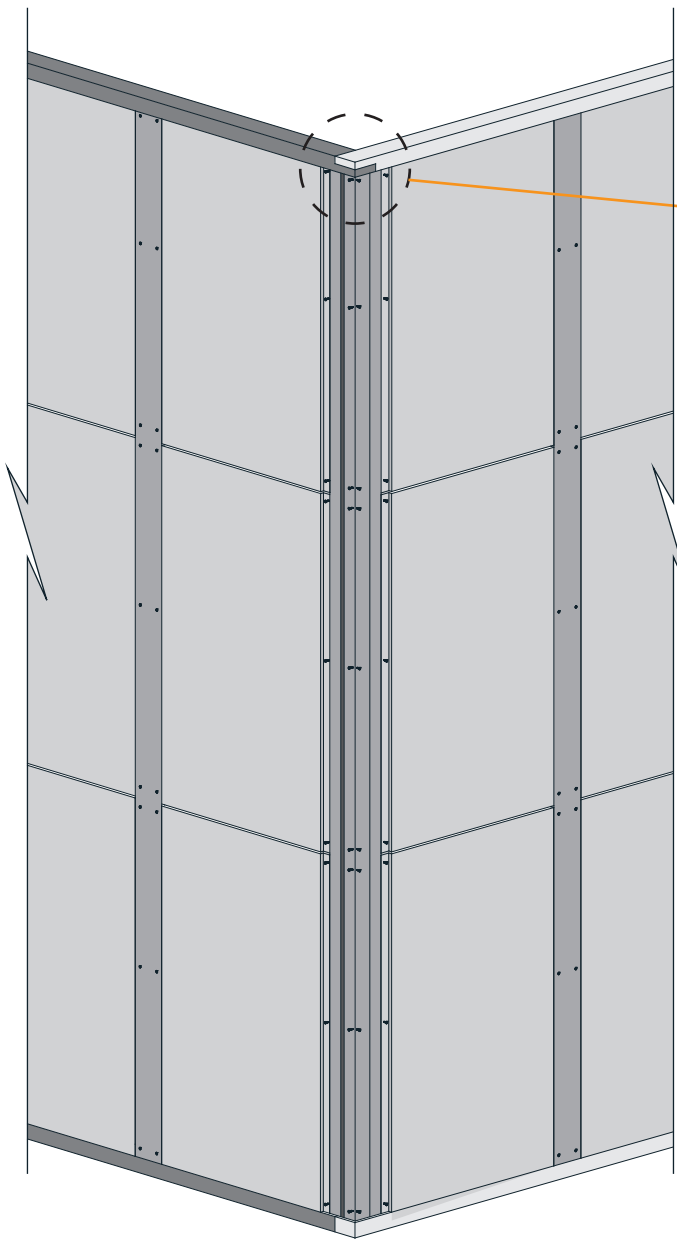
Lámina:
2/6

Detalle esquinero de montante de madera

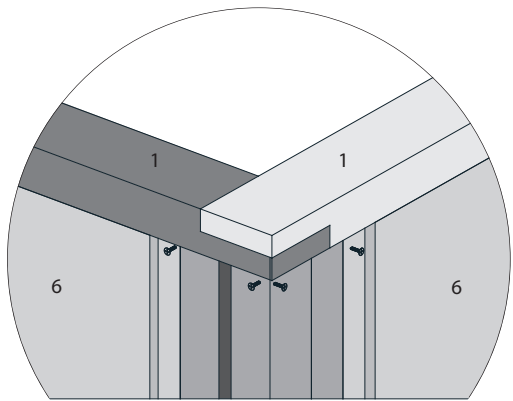
Escala Gráfica



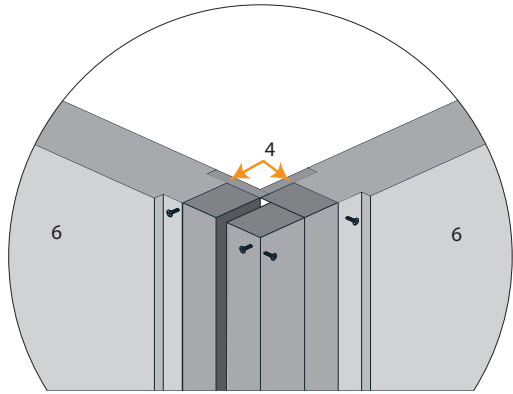
Detalle esquinero con tira de madera



Detalle esquinero descubierto sin tira de madera



Detalle de solera superior

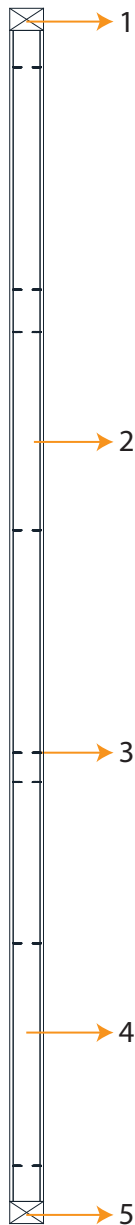
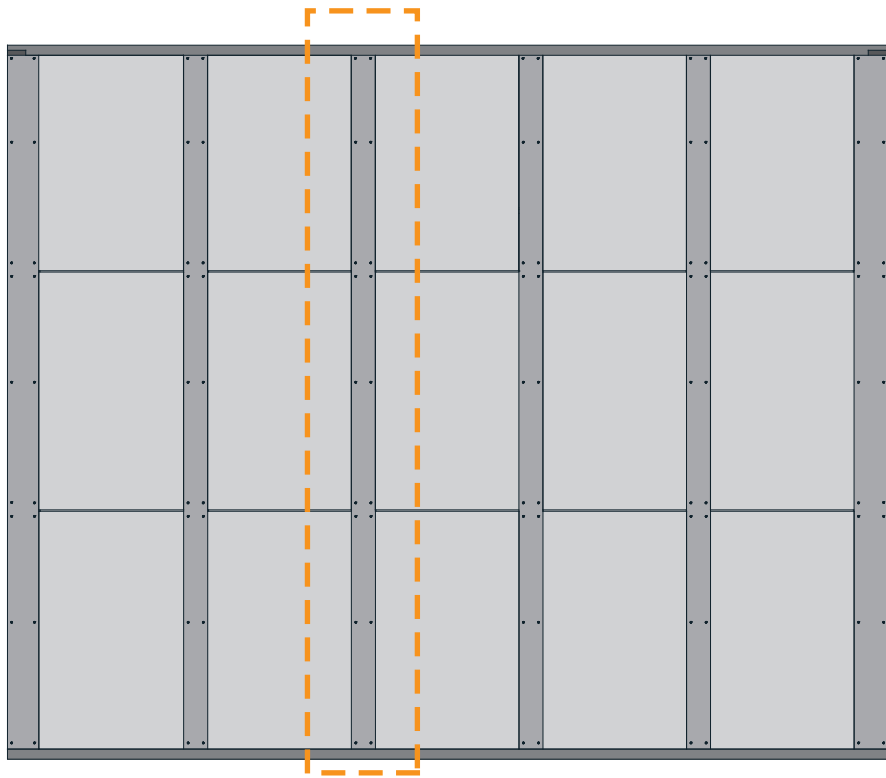


Detalle de Pie Derecho

- Nomenclatura**
- 1. Solera superior 60mmX70mm
 - 2. Tira de madera 80mmX10mm
 - 3. Tornillo madera (drywall autopercutor) 10 x 2 1/2
 - 4. Pie derecho 40mmX70mm
 - 5. Solera de amarre 60mmX70mm
 - 6. Módulo de yeso totora 60cmX90cmX07cm
 - 7. Dintel ventana 4cmX5cmX98cm
 - 8. Alfeizar 4cmX5cmX98cm
 - 9. Jamba 4cmX5cm
 - 10. Cornijal 40mmX70mm
 - 11. Ventana
 - 12. Dintel puerta 4cmX5cmX98cm
 - 13. Puerta

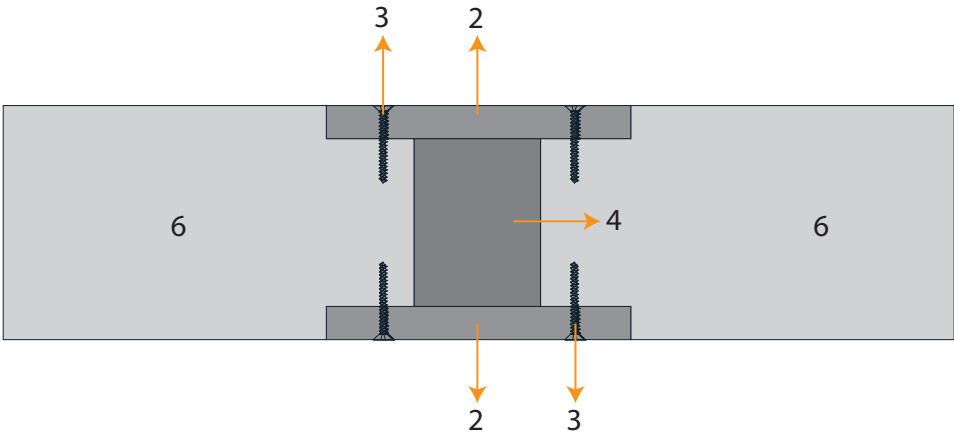
Detalle de sección de montante de madera

Escala Gráfica



Sección de montante de madera

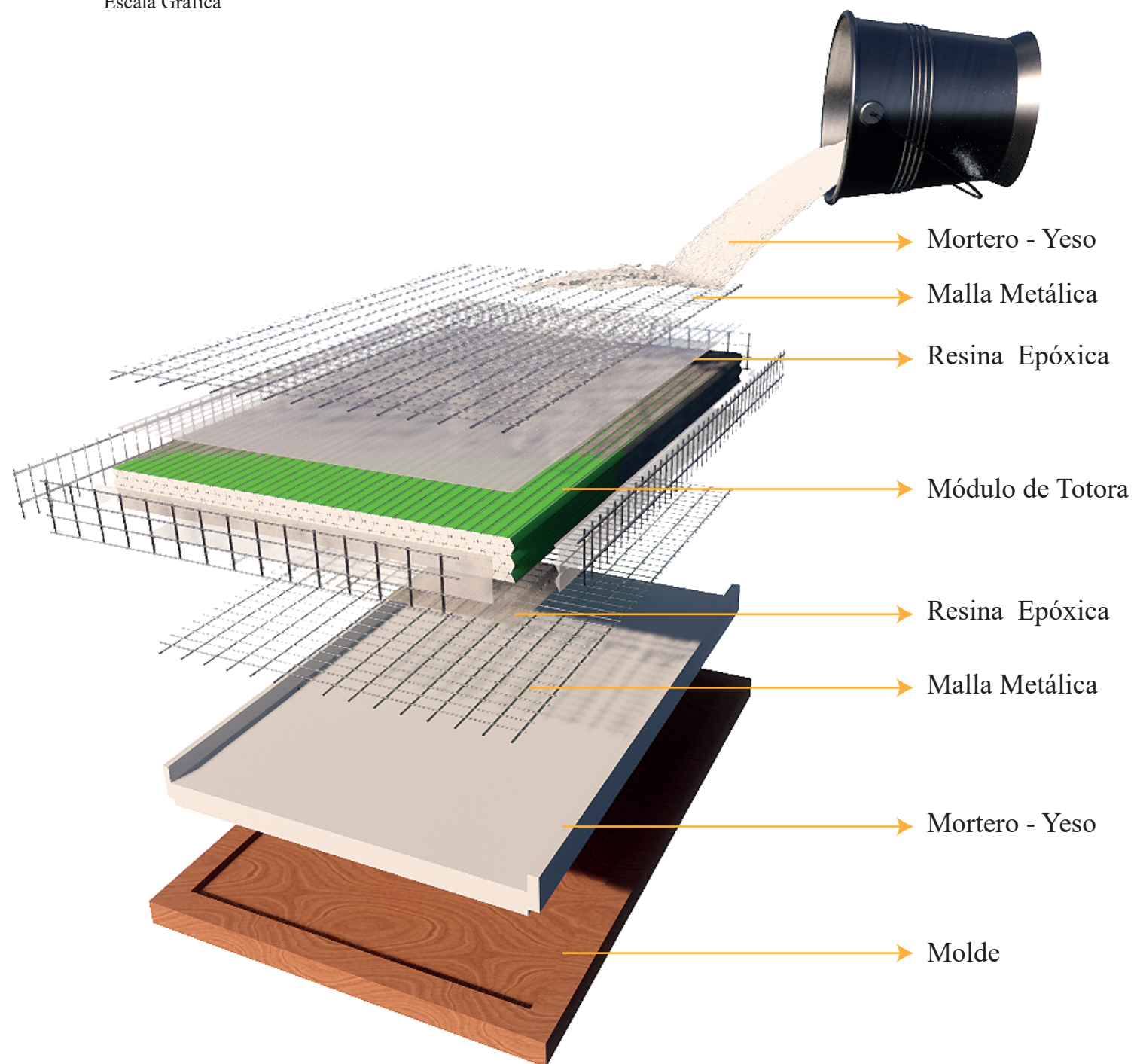
- Nomenclatura**
- 1. Solera superior 60mmX70mm
 - 2. Tira de madera 80mmX10mm
 - 3. Tornillo madera (drywall autoperforante) 10 x 2 1/2
 - 4. Pie derecho 40mmX70mm
 - 5. Solera de amarre 60mmX70mm
 - 6. Módulo de yeso totora 60cmX90cmX07cm



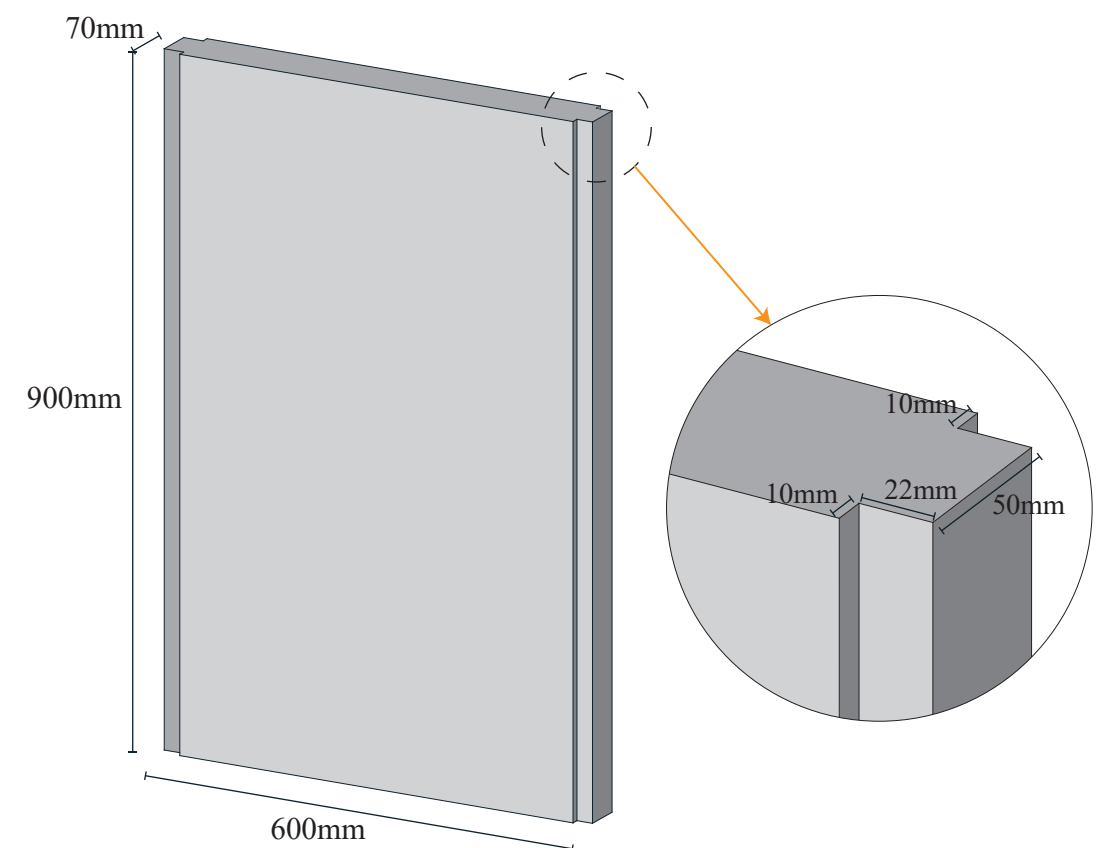
Sección de montante de madera

	Proyecto: Panel para divisiones internas de yeso y totora	Contiene: Detalles Constructivos	Autor: Jessica Yanza Paredes	Lámina: 4/6
			Tutor: Arq. Fernando Huanca	

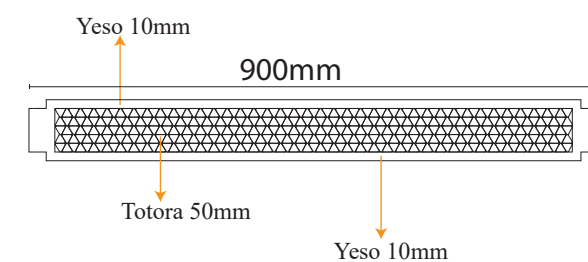
Perspectiva explotada de la elaboración del panel
Escala Gráfica



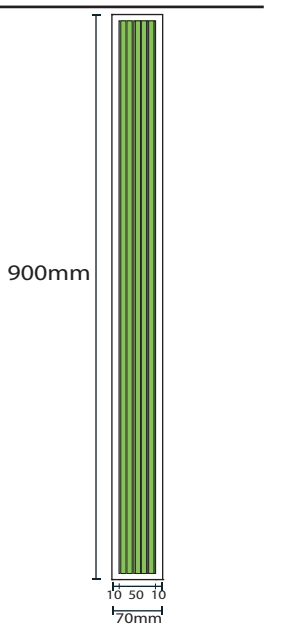
Panel de Yeso Totorá
Escala Gráfica



Corte Transversal

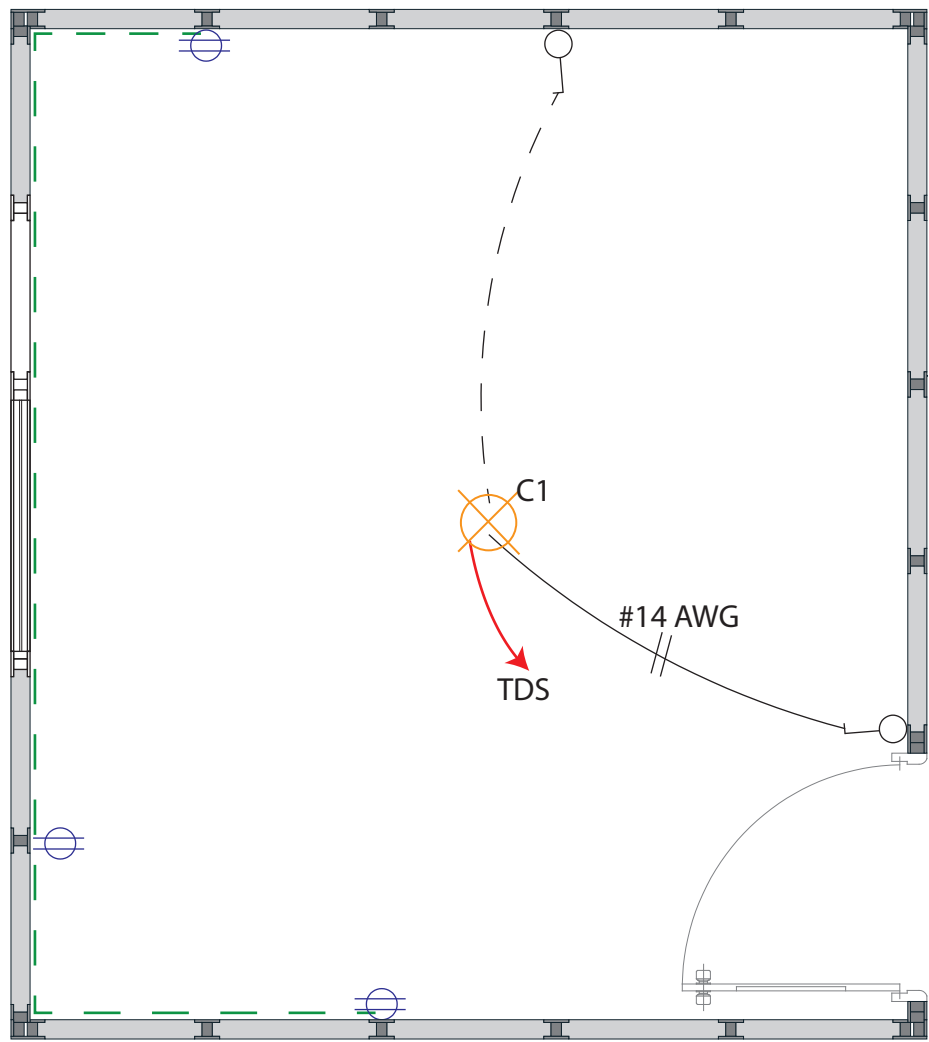


Corte Lateral



Planta de Intalaciones

Escala Gráfica

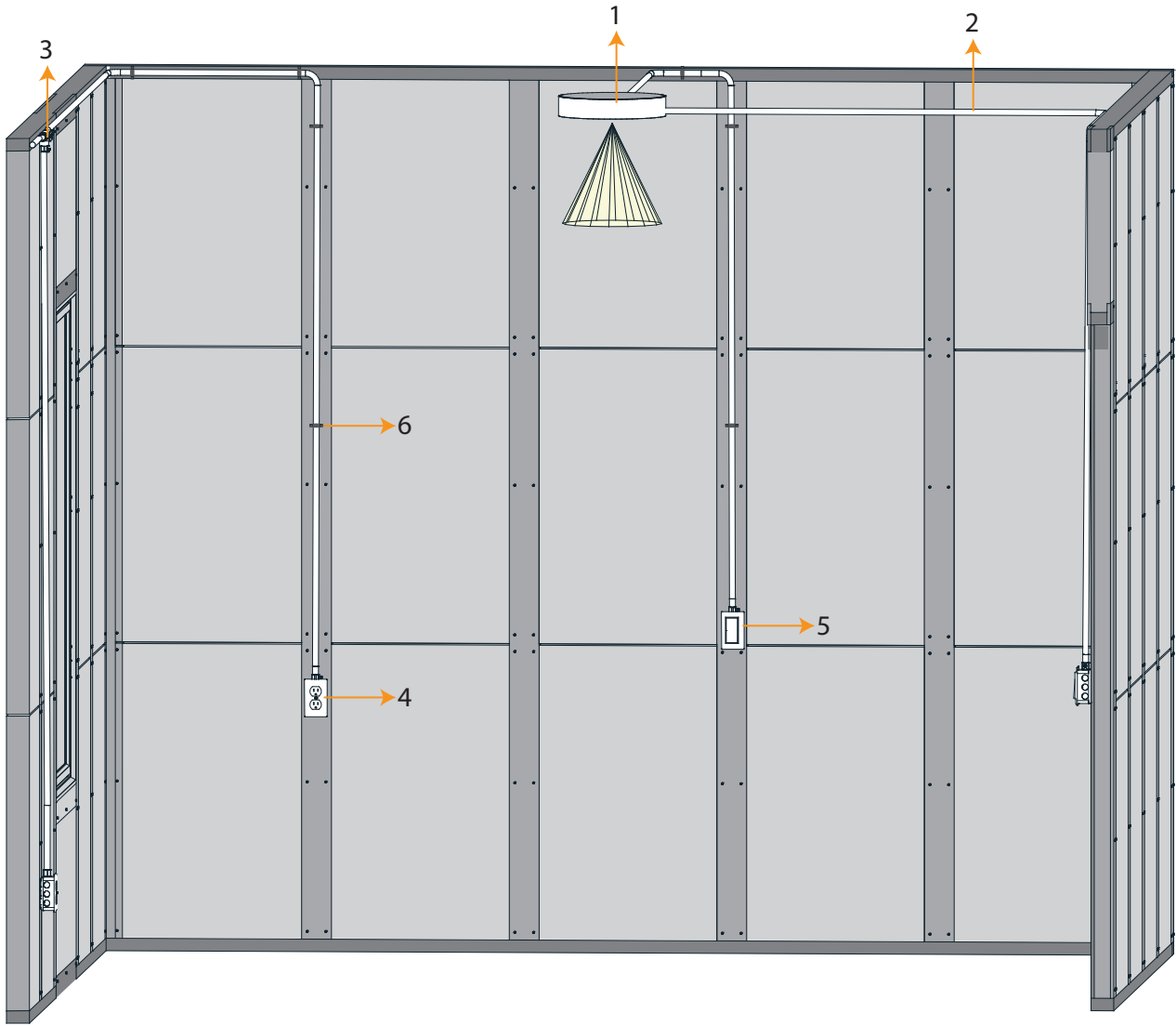


SIMBOLOGÍA

- Foco
- Conductor
- Alimentador
- Interruptor Simple
- Tomacorriente 110V
- Conductor electrico de circuito de fuerza
- Linea de alimentación

NOMENCLATURA

- 1. Lampara de techo
- 2. Tubo conduit IMC 1/2"
- 3. Conduit Bodies T 1/2"
- 4. Tomacorriente
- 5. Interrupto
- 6. Abrazadera



Sección de las instalaciones eléctricas

 Powered by Arizona State University	Proyecto: Panel para divisiones internas de yeso y totora	Contiene: Detalles Constructivos	Autor: Jessica Yanza Paredes	Lámina: 6/6
			Tutor: Arq. Fernando Huanca	

8.9. Costo de Paneles (factor económico)

❖ Crecimiento de totorales en la ciudad de Loja.

Después de haber realizado un análisis de mercado, he determinado en la ciudad de Loja, no existe un punto de distribución para la materia prima. Cabe recalcar que a las afueras de la ciudad si existen pequeñas áreas donde se encuentra Totorá, en el sector de Motupe, Zalapa y otros lugares que sean pantanosos. Hipotéticamente en caso de realizarse este proyecto en masa se usaría como puntos de distribución para la fabricación de los paneles.

Figura 87

Totorales en Loja



Motupe



Zalapa

❖ Costo por metro cuadro en mampostería tradicional y gypsum.

Los resultados de la investigación realizada determinaron que el costo del m² en mampostería en paneles Gypsum en la ciudad de Loja esta entre \$5,50 y \$6,50 este costo es sin acabados (el cual abarca la instalación) y el costo con acabados es de entre \$12 y \$13. Este costo varía ya que depende del tipo de placas a utilizar.

En comparación con la mampostería tradicional (ladrillo o bloque) el costo por m² es aproximadamente de \$24,50, ya que consta de dos rubros; mampostería tradicional el cual tiene un costo de \$15 y enlucido interior con mortero 1:3 a dos caras de la pared tiene un costo de \$9,50. Esta técnica constructiva no es amigable con el medio ambiente ya que una vez que cumple su vida útil pasa a ser parte de escombros.

8.10. Definir el Costo Total de cada Panel

La definición del costo del panel por metro cuadrado está relacionada con varios parámetros tanto directos como indirectos, de la misma manera el costo de mano de obra se toma en cuenta los valores que están establecidos por la Contraloría General del Estado.

Tabla 42

Costos generales.

Materiales	Cantidad	Costo	Transporte
Juncos de totora	500 – 600 unidades	\$ 10,00	\$ 14,50 De Otavalo a la ciudad de Loja
Malla metálica	1	\$ 3,00 El metro (1m * 0,90m)	-
Alambre de amarre	1 Rollo	\$ 6,00	
Cal Hidratada	1	\$ 9,00 Saco de 25kg	-
Yeso	1	\$ 15,50 Saco de 90 kg	-
Goma – Cola blanca	1 Galón	\$ 6,00 La unidad	-
Mano de obra para elaborar el módulo de totora	30 min.	3,62 por hora	-
Mano de obra para elaborar el panel yeso-totora	10 min.	3,62 por hora	-
Resina Epóxica	A – 2000ml B – 1000ml	\$ 57	\$ 7,00

Tabla 43

Materiales usados en panel de 700x900.

	# de tallos del módulo de totora	# de tallos del módulo de totora	Distancia	Metros a usar	Materiales
Tipo I	34 - 45	948	30 cm	284,40 m	Secos= 7 Kg. Malla= 1,30m Aditivo= 1 Kg. Goma.
Tipo II					Alambre= 3,60 m

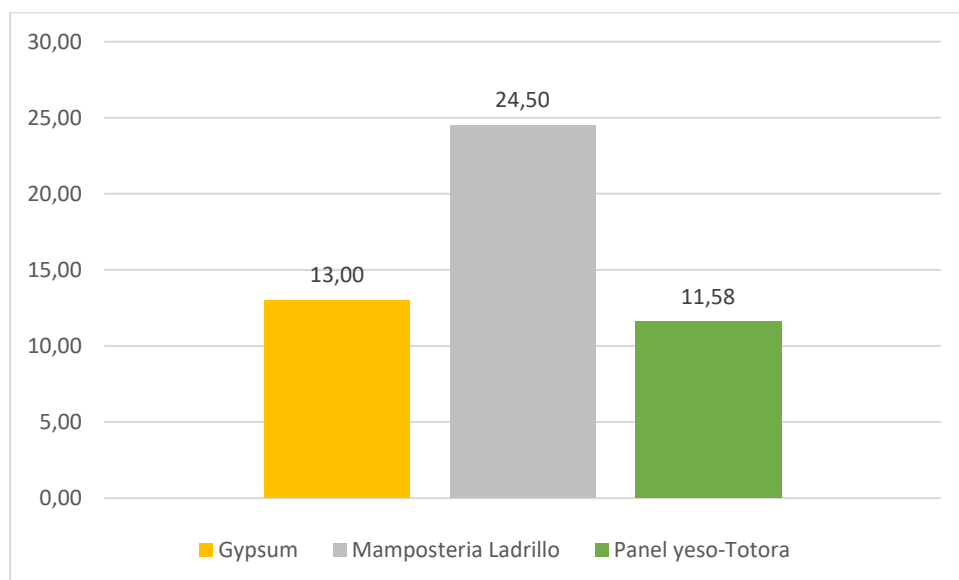
Tipo III	37 – 43	5476	5 cm	273,80 m	Secos= 7 Kg. Goma= 400gr. Malla= 1,30m Aditivo= 1 Kg. Goma. Resina = 52 gr
Tipo IV			2 cm	109,52 m	Malla= 1,23m

Tabla 44*Costos por m2.*

Materiales	Cantidad Por M²	Costo	M² - Costo
Juncos de totora	280 m	\$ 10,00	3,89
Malla metálica	1,30m * 1,82m	\$ 3,00	4,50
Alambre de amarre	3,60 m	\$ 6,00	0,216
Cal Hidratada	1750 kg	\$ 9,00 Saco de 25kg	0,630
Yeso	5250 kg	\$ 15,50 Saco de 90 kg	0,896
Goma – Cola blanca	1000 kg	\$ 6,00 La unidad	0,00143
Resina Epóxica	52 gr.	\$57 A – B (catalizador)	0,988
Mano de obra para elaborar el módulo de totora	30 min.	3,62 por hora	1,09
Mano de obra para elaborar el panel yeso- totora	10 min.	3,62 por hora	0,36
Precio total			12,57

Gráfica 9

Análisis comparativo de costos por m2.



El panel llega a costar \$ 11,58 el m² en el cual se abarca varios rubros, el m2 de otros materiales es mayor al que se propone.

CAPÍTULO VI
ANÁLISIS DE RESULTADO

9. Análisis de Resultados

El análisis a realizar será mediante el cumplimiento normativo nacional e internacional (ver capítulo IV) por medio de los ensayos mecánicos y térmicos determinados para el diseño de paneles de yeso, cuya finalidad es comprobar la hipótesis y resolver la problemática planteada. Finalmente se eligió la dosificación de yeso + cal + aditivo (goma) + agua, con un módulo de totora (pegado en paralelo) envuelto en una malla metálica ya que fue la que obtuvo mejores resultados. A continuación, se presenta el análisis de la fase experimental.

9.1. De la Dosificación del Yeso

9.1.1. Análisis de la Dosificación 1

Atraves de la fase experimental demostrado en el capítulo 4 (sección 4.3.) se concluyó que estas dosificaciones no eran las óptimas para utilizarlas en paneles de yeso.

Conclusión:

- En estas dosificaciones se tuvo varios problemas de adherencia ya que el mortero no se unía con el módulo de totora y para lograr una adherencia favorable se le colocó malla metálica.
- Debido a que las dosificaciones descritas en la tabla 25, tenían la cantidad de agua incorrecta no permitía tener un correcto secado.
- En estas probetas no se le colocó ningún aditivo, dando como resultado el desgaste del material cuando llegaba a secarse por completo, este desgaste se presentaba a manera de un polvo blanco.
- Con la prueba 5 y 6 se pudo determinar que la mejor manera para lograr una adherencia del mortero y el módulo de totora es a través de un revestido.
- De igual manera la cantidad de agua es fundamental para lograr un mortero de mejor resistencia.

9.1.2. Análisis de la dosificación 2

Se realizó esta dosificación con la finalidad de comprobar la ruptura en dosificaciones que no lleven aditivos y de esta manera verificar si pueden ser usados para paneles. A continuación, se detallan los resultados.

Tabla 45

Porcentaje de ruptura sin aditivos.

	Nº	Fecha de Ruptura 07/05/2021	Porcentaje	Fecha de Ruptura 14/05/2021	Porcentaje	Fecha de Ruptura 21/05/2021	Porcentaje
	#1	3,60	45,00%	3,6	45,00%	3,8	47,50%
	#2	3,00	37,50%	6,2	77,50%	2,2	27,50%
Y + C + H₂O	#3	3,00	37,50%	2,1	26,25%	2,4	30,00%
	#4	3,90	48,75%	6	75,00%	4,3	53,75%
	#5	6,15	76,88%	4,4	55,00%	3,9	48,75%

Para que las muestras sean aplicadas en paneles estas deben llegar en su primera ruptura a un 60% o 70% del valor final, de las cinco primeras muestras la que llega a tener este valor es la dosificación 5 la cual en su primera ruptura llega a un 76,88% y las dos rupturas siguientes este valor baja, quedando descartada.

9.1.3. Análisis de la dosificación 3

A continuación, se detalla el porcentaje obtenido en la ruptura.

Tabla 46

Porcentaje de ruptura con aditivos.

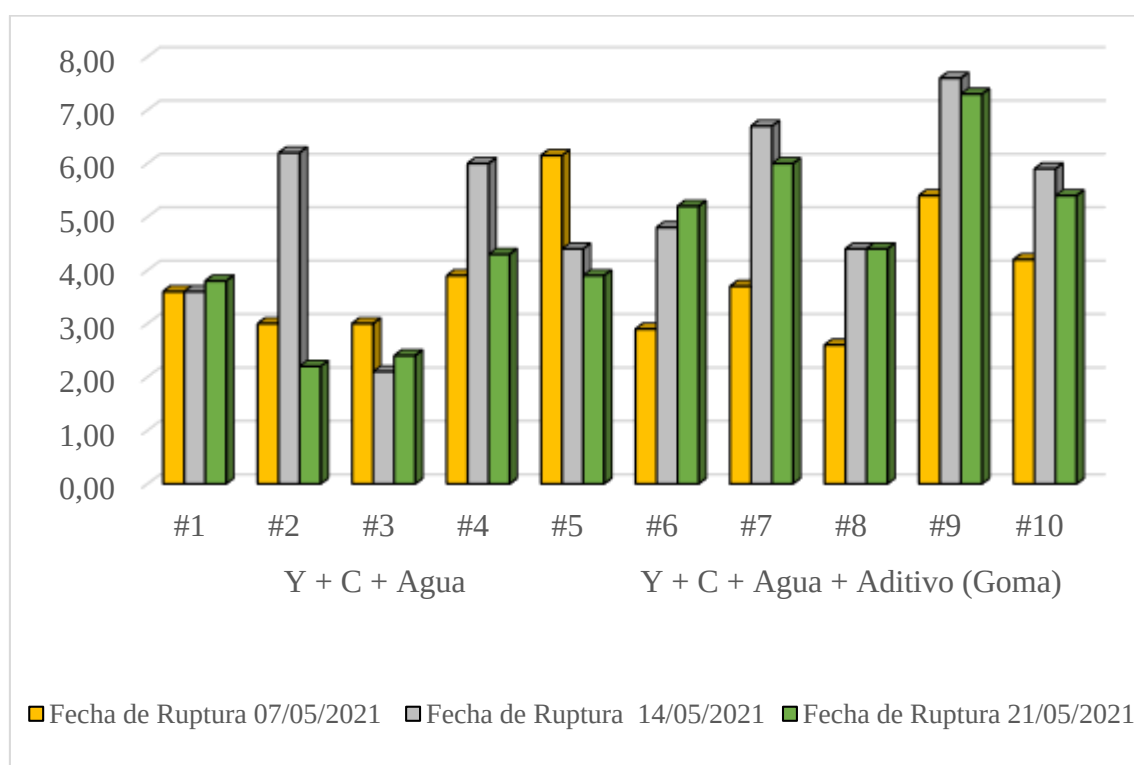
		Fecha de Ruptura 07/05/2021	Porcentaje	Fecha de Ruptura 14/05/2021	Porcentaje	Fecha de Ruptura 21/05/2021	Porcentaje
Y + C + Agua + Aditivo (Goma)	#6	2,90	36,25%	4,8	60,00%	5,2	65,00%
	#7	3,70	46,25%	6,7	83,75%	6	75,00%

#8	2,60	32,50%	4,4	55,00%	4,4	55,00%
#9	5,40	67,50%	7,6	95,00%	7,3	91,25%
#10	4,20	52,50%	5,9	73,75%	5,4	67,50%

En las 5 dosificaciones siguientes se le agrega un aditivo el cual ayuda a prevenir el deterioro del material, teniendo como resultado la dosificación 9 la cual en su primera ruptura llega a un 67,50%, su segunda ruptura 95,00% y finalmente su tercera ruptura fue a los 91,25%, siendo esta dosificación la correcta para ser aplicada en paneles; a los 28 días alcanzo una ruptura de 7,9 MPa la cual equivale a 98,75%.

Gráfica 10

Resultados de las dosificaciones con aditivo.



Conclusión:

- Las 5 primeras dosificaciones fueron eliminadas debido a que no se utilizaron aditivos ya que sin aditivos presenta desgaste del material y no cumple con los porcentajes requeridos para ser utilizados en paneles.

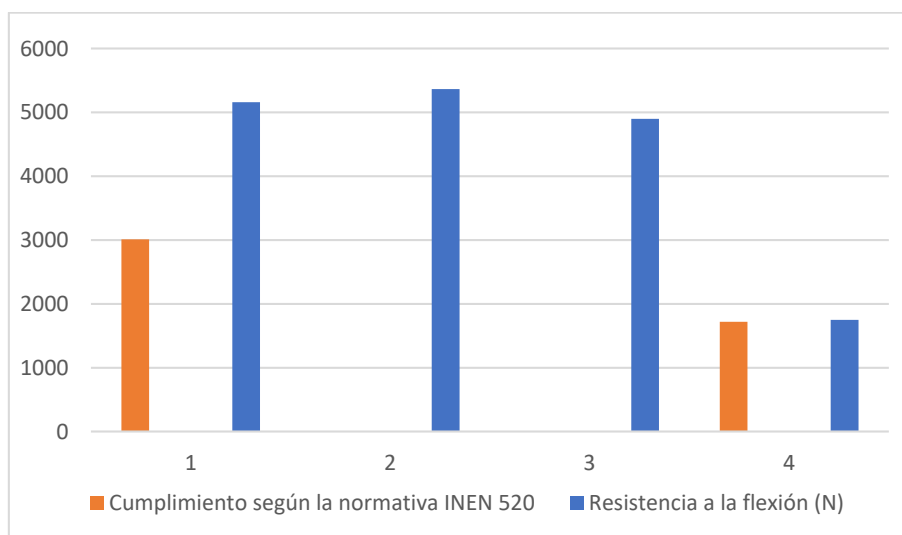
- Las 5 dosificaciones siguientes se obtuvo resultados favorables que, si entran en el rango de porcentajes requeridos para paneles, de ellas la más factible es la dosificación 9.

9.2. De la Resistencia a la Flexión

A continuación, se detalla la media obtenida de los valores obtenidos de la ruptura a flexión.

Gráfica 11

Resultados media de la ruptura a flexión.



Conclusión:

- Las probetas tipo II son las que mayor valor de ruptura a flexión obtuvo y las fisuras en la probeta eran pequeñas.
- Las probetas tipo III son las que menor valor de ruptura a flexión obtuvo.
- Las probetas tipo I, II y III cumplen con la normativa INEN 520 - Otros espesores (3010 N) y estas probetas pasan la prueba de flexión. De igual manera el tipo IV.

- Estos resultados se dan por la utilización de la malla metálica la cual permite una mejor adherencia de tres elementos por lo que la resistencia a la flexión es mayor a la requerida por la normativa.

9.3. De Resistencia el Impacto

El resultado de impacto obtenidos en las probetas se sacó la media con la finalidad de verificar el cumplimiento de la norma, los cuales se detalla a continuación.

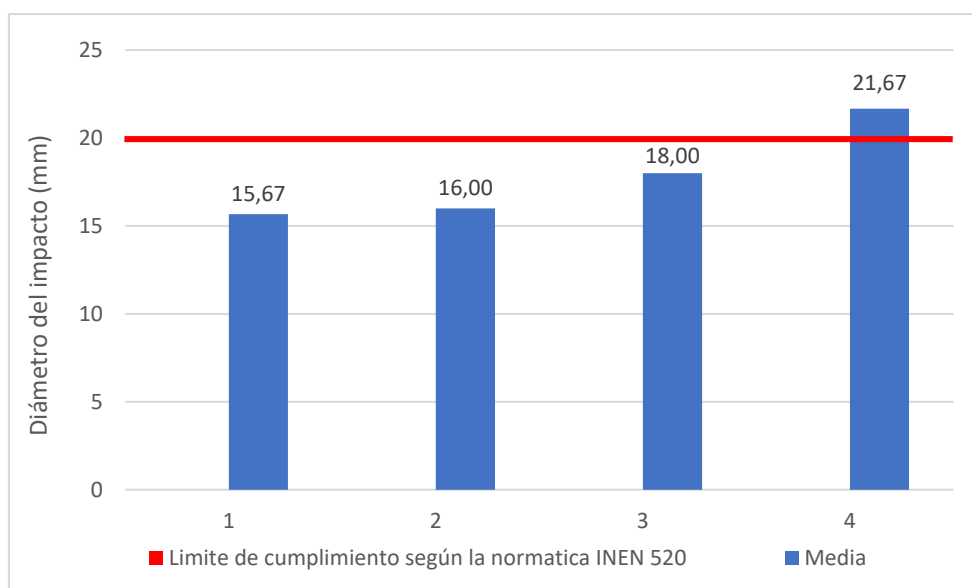
Tabla 47

De resultados de impacto.

	Lanzamiento 1	Lanzamiento 2	Lanzamiento 3	Media
Diámetro del impacto (mm)				
Tipo I	16	17	14	15,67
Tipo II	18	20	10	16,00
Tipo III	19	20	15	18,00
Tipo IV	23	22	20	21,67

Gráfica 12

Resultados media de prueba de impacto.



Conclusión:

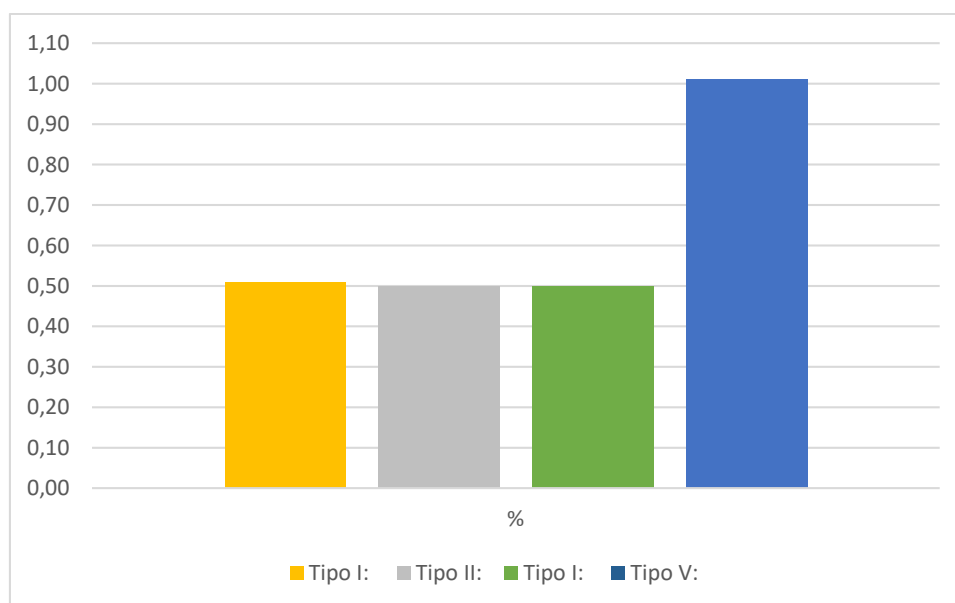
- Estas pruebas son realizadas en base a la normativa INEN 502 y la normativa chilena NCh 146 parte 2.
- Las probetas tipo I, II y III cumplen con la normativa ya que cuyo diámetro es menor a 20mm.
- La probeta IV no pasa la prueba de resistencia al impacto ya que su diámetro de impacto en la probeta es mayor a 20mm.
- Por lo que se puede tomar cualquiera de los tres tipos para ser usado en mampostería.

9.4. De Resistencia a la Humedad

A continuación, se observa la media obtenida de la resistencia a la humedad de las probetas tipo I y tipo II cuya finalidad es verificar el porcentaje de absorción de agua, siguiendo la normativa INEN 520.

Gráfica 13

Resultados media de prueba resistencia a la humedad.



Conclusión:

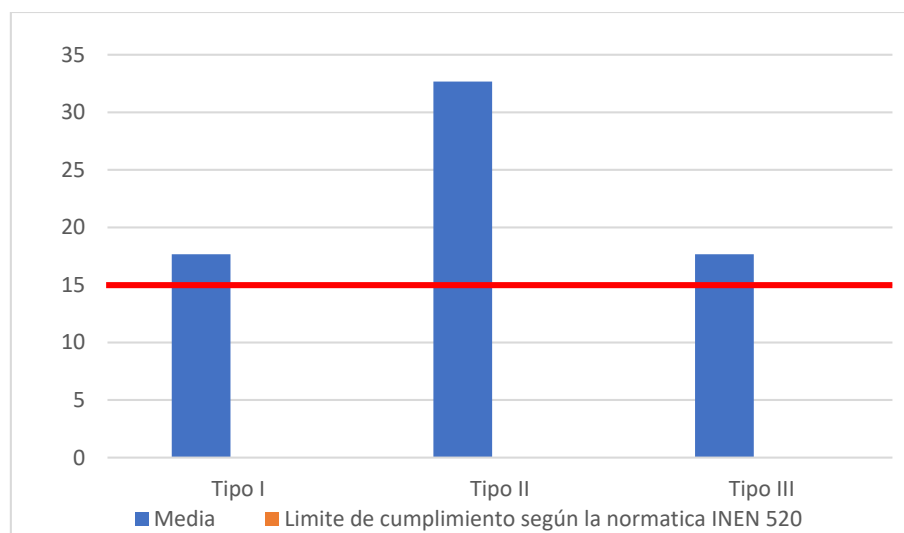
- En los tres tipos de probetas su capacidad de absorción es del 0,50% es un porcentaje bajo ya que no llega ni al 1%, por lo que las probetas tienen buena capacidad de absorción, en estas probetas no se le colocó recubrimiento al módulo de totora.
- La probeta tipo V la capacidad de absorción es de 1,01%, para lograr mayor capacidad de absorción se protegió al módulo de totora con un recubrimiento de resina epóxica, logrando proteger las fibras de la humedad.

9.5. De Cohesión del Núcleo a Altas Temperaturas (llama directa)

Las probetas analizadas se le sacó la media con la finalidad de verificar si los valores obtenidos cumplen con la normativa INEN 520 y la normativa chilena.

Gráfica 14

Resultados media de prueba a altas temperaturas.



Conclusión:

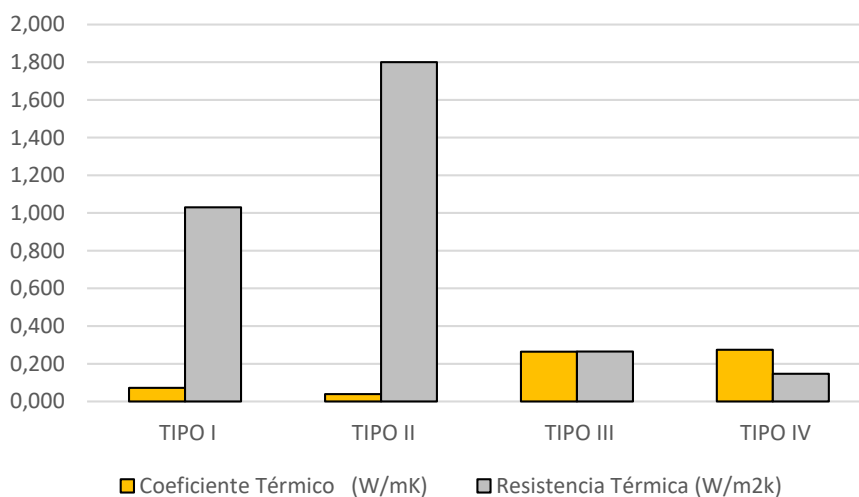
- Este ensayo si cumple con la normativa INEN 520 ya que debido a la utilización de la malla metálica se evita el desprendimiento de las probetas analizadas, por lo que permite resistir altas temperaturas.

9.6. De Pruebas Térmicas

Los resultados obtenidos en este ensayo cumplen con las normativas ya que el coeficiente térmico requerido por la normativa es de 0,01 a 0,1 W/mK.

Gráfica 15

Resultados media de pruebas térmicas.



Conclusión:

- Las probetas analizadas en este ensayo permiten obtener resultados favorables debido al espesor planteado por cada probeta.
- Como mejor resistencia térmica tenemos a la probeta Tipo II, cuyo coeficiente térmico es menor con relación a las demás probetas.
- Con respecto a la temperatura interna en el ensayo llego la máxima a 92.10°C del tipo I y la mínima a 53.30°C del tipo III.

10. Conclusiones

Los resultados obtenidos en la presente investigación, permite llegar a las siguientes conclusiones:

- ❖ Localmente no existe un lugar que se pueda comprar totora, pero debido al crecimiento rápido que tiene este material permite ser cosechado con facilidad en los lugares pantanosos en la localidad.
- ❖ Con la finalidad de que el panel propuesto utilice materiales sustentables se realizó dosificaciones en base a yeso + cal + agua, generando resultados poco favorables para la investigación, a raíz de estos resultados se plantearon nuevas dosificaciones que por medio del ensayo de flexión permitió tener mejores resultados; siendo la dosificación #9 la más óptima para realizar esta investigación.
- ❖ La dosificación #9 está compuesta por a yeso (75%) + cal yeso (25%) + agua (100gr) + aditivo (100gr), se le realizó ensayos de ruptura (el cual debe dar un valor de 8Mpa) en tres diferentes fechas llegando a tener en su tercera ruptura un valor de 7,9Mpa como fuerza máxima, demostrando ser la más óptima para utilizar en paneles prefabricados.
- ❖ Con esta dosificación se realizaron ensayos de adherencia, secado de mortero y se utilizó para elaborar las probetas para las pruebas como: resistencia a la flexión, de impacto, a la humedad, al fuego o cohesión del núcleo a altas temperaturas (llama directa).
- ❖ La mejor forma de adherencia que se obtuvo por medio de la experimentación el cual está demostrado en la prueba 7.
- ❖ Se desarrolló cuatro tipos de módulos de totora con la finalidad analizar su comportamiento en cada ensayo requerido por la normativa.

- ❖ La totora al tener propiedades térmicas ayuda a que se lo utilice como material constructivo esto queda demostrado en los ensayos de la caja caliente cuyos datos fueron utilizados en el software EES que permite tener el coeficiente térmico del panel.
- ❖ Los ensayos fueron realizados bajo las normativas nacionales e internacionales, las cuales describe: el número de probetas a usar para el ensayo, los materiales necesarios para llevar a cabo el ensayo y el proceso de la ejecución del ensayo.
- ❖ Por medio de la experimentación se analizaron las probetas en cada ensayo realizado, estas pasaron las pruebas por lo que se lo puede utilizar como material para la construcción de paneles de yeso-totora.
- ❖ Colocarle resina epóxica al módulo de totora ayuda a evitar el deterioro de la fibra por humedad.
- ❖ El costo del panel sube debido a la resina ya que es más costosa.

11. Recomendaciones

Van dirigidas a futuros investigadores cuyo interés sea utilizar materiales sustentables y tengan como objetivo reducir el impacto ambiental generado por los materiales usados en la actualidad.

- ❖ En la experimentación para la elaboración del panel se debe tomar en cuenta la adherencia de los elementos (módulo de totora, mortero), caso contrario se debe plantear algún elemento adicional como una malla, hasta lograr una correcta adherencia de los elementos.
- ❖ Se debe conocer las propiedades de la totora tanto morfológicas como físicas, de igual manera el yeso.
- ❖ Para realizar las dosificaciones se las debe hacer en base a porcentajes ya que permiten tener datos más acertados al realizar las pruebas de ruptura.
- ❖ Los ensayos realizados en el laboratorio deben basarse en las normativas nacionales con la finalidad de tener resultados más eficaces.
- ❖ Para que este módulo sea utilizado para exterior se debe colocar un aditivo el cual proteja al mortero de los factores (externos) climáticos.

12. Bibliografía

- ASTM C 22/C 22M – 00. (2005). Norma Internacional American Society for Testing and Materials. Especificación para yeso.
- ASTM C 472-99R04. (2007). Norma Internacional American Society for Testing and Materials. Test Methods for Physical Testing of Gypsum, Gypsum Plasters and Gypsum Concrete.
- ASTM C 1396. (2007). Norma Internacional American Society for Testing and Materials. Test Methods for Physical Testing of Gypsum,
- Aza, L. (2014-2015), *La totora como material de aislamiento: propiedades y potencialidades* [Tesis de Maestría, Universidad Politécnica de Catalunya]. UPCommons. <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/88419?show=full>
- Berná, JM. (2013). *Evolución de las propiedades mecánicas de los morteros aditivados de yeso con vermiculita* [Tesis Doctoral, Universidad Miguel Hernández]. RediUMH. <http://dspace.umh.es/handle/11000/1482?mode=full>
- Cáceres, C. (2018). *Análisis comparativo técnico-económico de un sistema tradicional aporticado y un sistema estructural liviano para la construcción de viviendas* [Tesis de Pregrado, Pontificia Universidad Católica del Ecuador]. Repositorio de Tesis de Grado y Posgrado PUCE. <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/14631>
- Camacho, P. (2010). Depuración de aguas residuales por medios humedales artificiales. Cochabamba: Nelson Antequera Durán.
- CGE. (2021). Contraloría General del Estado, Salarios Mano de Obra. Tabla de salarios mínimos de las diferentes categorías ocupacionales para la construcción. <https://www.contraloria.gob.ec/WFDescarga.aspx?id=2711&tipo=doc>
- Corcuera, M. (2009), *Estudio de investigación para el desarrollo de viviendas sociales de bajo coste en la Ciudad de Lima-Perú* [Tesis de Posgrado, Universidad Politécnica de

- Catalunya]. UPCommons. <https://docplayer.es/15230016-Estudio-de-investigacion-para-el-desarrollo-de-viviendas-sociales-de-bajo-coste-en-la-ciudad-de-lima-peru.html>
- Del Rio Merino, M. (1999), *Elaboración y aplicaciones constructivas de paneles prefabricados de escayola aligerada y reforzada con fibra de vidrio E y otros aditivos* [Tesis de Doctorado, Universidad Politécnica de Madrid]. Archivo Digital UPM <http://oa.upm.es/612/>
- Delgadillo, O.; Camacho, A.; Pérez, L.; Andrade, M. (2010). Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales. Nelson Antequera Durán. https://www.academia.edu/26144488/Depuraci%C3%B3n_de_aguas_residuales_por_medio_de_humedales_artificiales
- Días, F. (2011), Paneles. Disponible en: http://construccionesdh.blogspot.com/2011/03/paneles_16.html
- Escobedo, M. (2012, noviembre 13). Urban Craft - Sistema constructivo. Urban Craft. <https://urbancraftuah.wordpress.com/2012/11/13/sistema-constructivo/>
- Farfán, V. (2015), *Experimentación de la Fibra de totora para uso en indumentaria*. [Tesis de Pregrado, Universidad de Azuay]. Dspace de la Universidad del Azuay. <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/4768>
- Feragama, (2017, febrero 12), Material aglomerante: yeso. <https://www.slideshare.net/feragama/material-aglomerante-yeso-72066506>
- Fonseca Diaz, N., & Tibaquirá, J. (2008, septiembre). Método para la estimación experimental de la conductividad térmica de algunos materiales comunes en Colombia para aplicaciones HVAC/R. Scientia Et Technica, XIV, 2 (39), 464-469. ISSN: 0122-1701. <https://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/3185>

- García, C. (2015-2016), *Estudio del yeso tradicional y sus aplicaciones en la arquitectura del pallars sobirá* [Tesis de Master, Universidad Politécnica de Catalunya]. UPCommons. <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/88199?locale-attribute=es>
- Gyplac. (s.f.). Manual Técnico del Sistema de Construcción en seco (DRYWALL). <https://es.scribd.com/doc/116842845/Manual-Tecnico-GYPLAC>
- Gypsum. (2015), Definición de gypsum. Disponible en: <https://vdocuments.mx/gypsum-55c09496dabe4.html>
- Gomis Yagüe, V. (2013), El yeso como materia prima. Universidad d'Alacant. Ref ID: 117
- Hernández, A. (2019), *Diseño de un panel de yeso-totora con cualidades térmicas para cielo falso*. [Tesis de Pregrado, Universidad Internacional del Ecuador]. Repositorio Digital UIDE. <https://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/3940>
- Hidalgo, J. (2007), *Aprovechamiento de la Totora como Material de Construcción* [Tesis de Pregrado, Universidad de Cuenca]. Repositorio Institucional Universidad de Cuenca. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/6180>
- Hidalgo, Z. A.-C.-P. (2001). Guía de plantas útiles de los páramos de Zuleta, Ecuador. Quito: Patricio Mena [Ministerio del ambiente]. Pág. 35.
- IDEAM. (2018, mayo 27). Dicromato de Sodio. Guía 11 sección 4.11. <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/018903/Links/Guia11.pdf>
- Jara, O. (2015-2016). “Análisis Cubo de Totora” Anexo de investigación, Proyecto desde la Eco Arquitectura. <https://issuu.com/oscarjaravinueza/docs/portafolio014019>
- Jara, O. (2014-2018). Investigación artes y oficios (constructivos) en totora como vinculación material al diseño y detalle arquitectónico. https://issuu.com/oscarjaravinueza/docs/expo_inov_uce_2014_2018
- José Tomas Franco, (2016, diciembre 23) “Cubo de Totora” en Ecuador: fortaleciendo la identidad local a través de un diseño flexible y multiprogramático.

- <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/801921/cubo-de-totora-en-ecuador-fortaleciendo-la-identidad-local-a-traves-de-un-diseno-flexible-y-multiprogramatico>
- LM, N. (2013). Historia del yeso. <https://bit.ly/3ijY3gs>
- Mejía, E. (2020, abril 16). Borax. <https://es.scribd.com/document/456752674/borax-docx>
- Nieto, J. (2014, junio). *Diseño de una vivienda de dos plantas con soluciones prefabricadas* [Tesis de Maestría, Universidad de Cuenca]. Repositorio Institucional Universidad de Cuenca. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/20398>
- Ninaquispe-Romero, L., Semanas, S., & Huelman, P. (2012). Totora: A Material de aislamiento Sostenible Para las partes andina de Perú.
- NTE INEN 310. (2010). Norma Técnica Ecuatoriana. Instituto Ecuatoriano de Normalización. Coordinación Modular de la Construcción Serie Modular Norma de Medidas.
- NTE INEN-EN 520. (2018). Norma Técnica Ecuatoriana. Instituto Ecuatoriano de Normalización. Placa de yeso laminado. definiciones, especificaciones y métodos de ensayo.
- Pladur. (2007), Manual Básico Pladur. Madrid
- Rodríguez-Larraín, S., Alvarino, M., Onnis, S., Wieser, M., Jimenez, C., Meli, G., Vargas Neumann, J., y Sosa, C. (2016). Manual del promotor técnico para la construcción de la vivienda altoandina segura y saludable: Pontificia Universidad Católica del Perú, Perú.
- Romeral, (2010), Placa yeso-cartón del sistema Gyplac. <https://bit.ly/37AMwqU>
- USG, C. (2000), The Gypsum Construction Handbook ix
- Velasco, L., Goyos, L., Nicolás, F., y; Naranjo, C. (11, noviembre 2014). Investigación y desarrollo de aislantes térmicos naturales basados en residuos de biomasa para su aplicación en la mejora de la eficiencia energética de las edificaciones en américa latina. *Revista Ingeniería y Sociedad UC.* 10 (1), 08-21. <http://servicio.bc.uc.edu.ve/ingenieria/revista/IngenieriaYSociedad/a10n1/art01.pdf>

- Villanueva, L. d. (2004). Evolución histórica de la construcción con yeso. Informe de la construcción.
- Villanueva, L. d. y. García, A. (2009). Manual del yeso de ATEDY. [Editorial Cie Dossat, 2000]. Madrid.
- Villaseñor, A. (2014, mayo 28), Ácido Bórico.
<https://es.scribd.com/document/226791122/ACIDO-BORICO>
- Wieser, M., Rodríguez-Larraín, S. y Onnis, S. (2021). Estrategias bioclimáticas para clima frío tropical de altura. Validación de prototipo en Orduña, Puno, Perú. (p. 9-19), *Estoa. Revista de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca*, 10(19), <https://doi.org/10.18537/est.v010.n019.e01>

Anexos

Anexo A: Cosecha de Totorá



Lugar a las afueras de Loja



Corte de totora



Anexo B: Materiales



Yeso



Cal



Aditivo - goma



Agua

Anexo C: Moldes para realizar probetas de ensayo.

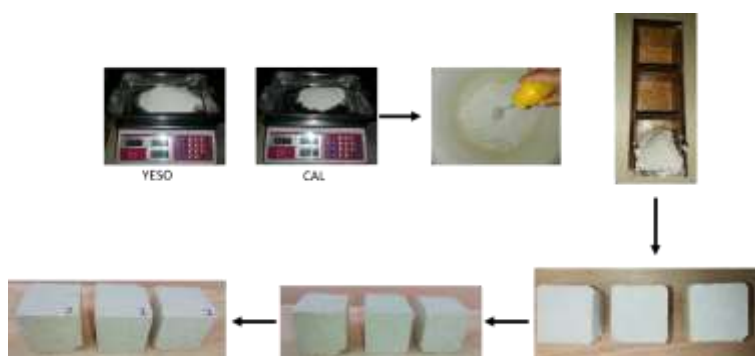


Anexo D: Dosificaciones.

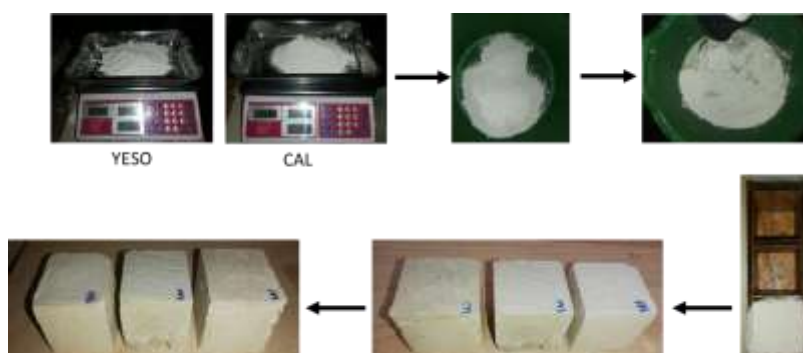
# 1	YESO	CAL	Total	AGUA
DOSIFICACIÓN	520 gr.	520 gr.	1,040 Kgr.	600 ml
	50%	50%	100%	



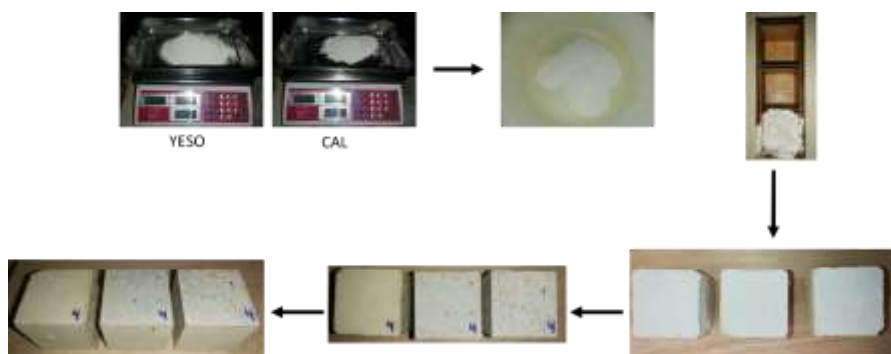
# 2	YESO	CAL	Total	AGUA
DOSIFICACIÓN	360 gr.	240 gr.	600 gr.	300 ml
	60%	40%	100%	



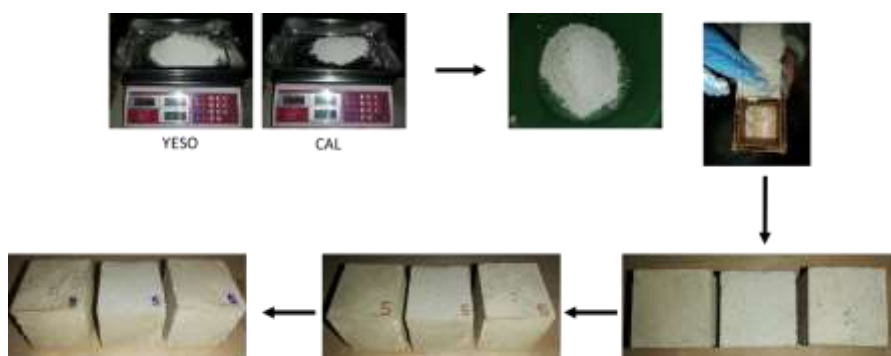
# 3	YESO	CAL	Total	AGUA
DOSIFICACIÓN	420 gr.	280 gr.	700 gr.	466 ml
	60%	40%	100%	



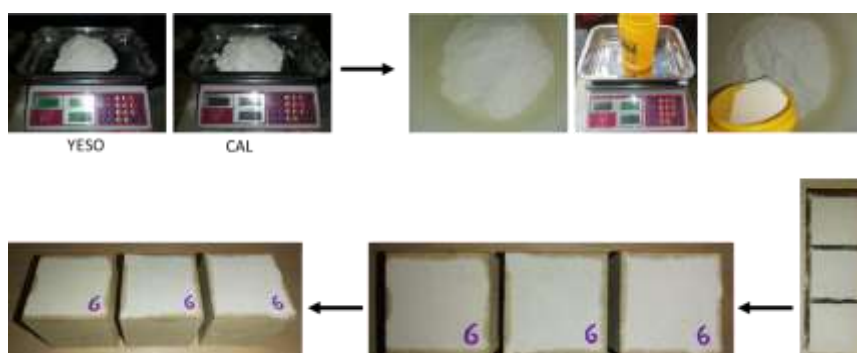
# 4	YESO	CAL	Total	AGUA
DOSIFICACIÓN	240 gr.	360 gr.	600 gr.	400 ml
	40%	60%	100%	



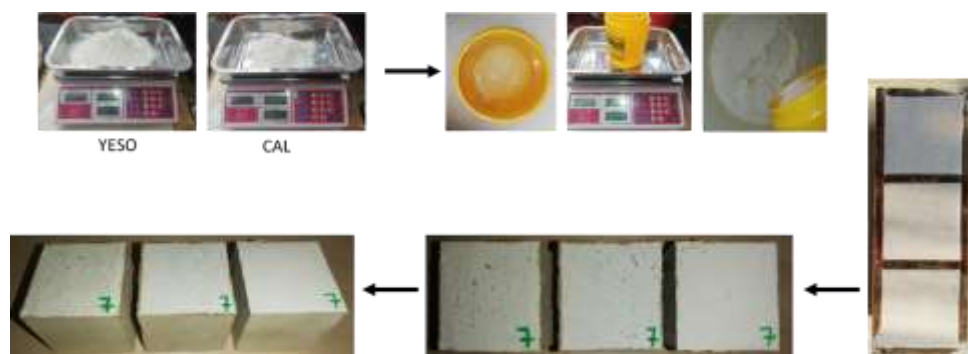
# 5	YESO	CAL	Total	AGUA
DOSIFICACIÓN	360 gr.	240 gr.	600 gr.	400 ml
	75%	25%	100%	



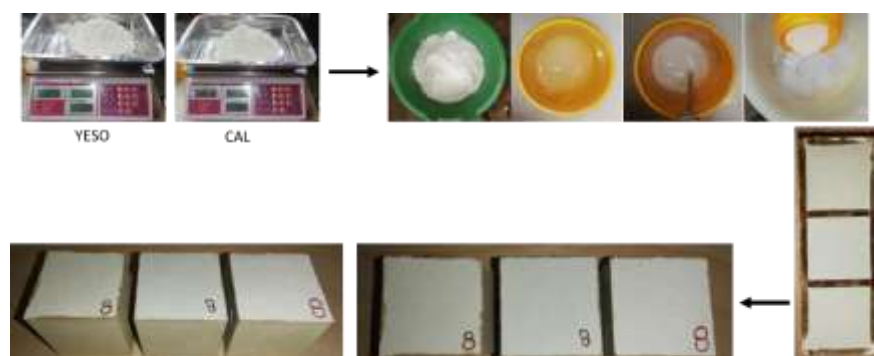
# 6	YESO	CAL	Total	AGUA	GOMA
DOSIFICACIÓN	300 gr.	300 gr.	600 gr.	300 ml	100 gr.
	50%	50%	100%		



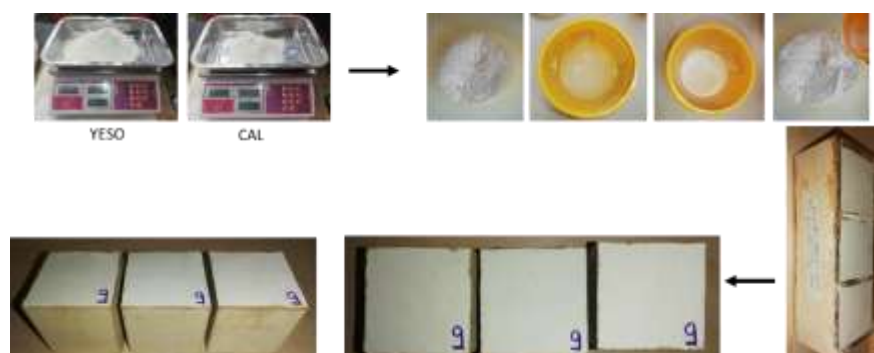
# 7	YESO	CAL	Total	AGUA	GOMA
DOSIFICACIÓN	360 gr.	240 gr.	600 gr.	300 ml	100 gr.
	60%	40%	100%		



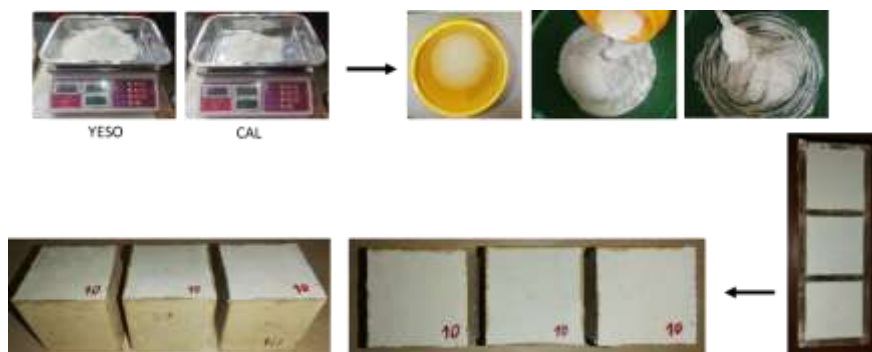
# 8	YESO	CAL	Total	AGUA	GOMA
DOSIFICACIÓN	240 gr.	360 gr.	600 gr.	300 ml	100 gr.
	40%	60%	100%		



# 9	YESO	CAL	Total	AGUA	GOMA
DOSIFICACIÓN	450 gr.	150 gr.	600 gr.	300 ml	100 gr.
	75%	25%	100%		

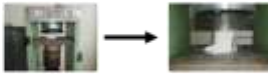


# 10	YESO	CAL	Total	AGUA	GOMA
DOSIFICACIÓN	420 gr.	180 gr.	600 gr.	300 ml	100 gr.
	70%	30%	100%		



Anexo E: Ruptura.

Sin aditivos:

# 1	Fecha de Creación	Fecha de ruptura 1	Resultados
PRUEBAS PRELIMINAR	30/04/2021	07/05/2021	Fuerza inicial 0,00 N Ruptura a = 3,6 MPa
			
# 1	Fecha de Creación	Fecha de ruptura 2	Resultados
PRUEBAS PRELIMINAR	30/04/2021	14/05/2021	Fuerza inicial 0,00 N Ruptura a = 3,6 MPa
			
# 1	Fecha de Creación	Fecha de ruptura 3	Resultados
PRUEBAS PRELIMINAR	30/04/2021	21/05/2021	Fuerza inicial 0,00 N Ruptura a = 3,6 MPa
			
# 2	Fecha de Creación	Fecha de ruptura 1	Resultados
PRUEBAS PRELIMINAR	30/04/2021	07/05/2021	Fuerza inicial 0,00 N Ruptura a = 3,0 MPa
			
# 2	Fecha de Creación	Fecha de ruptura 2	Resultados
PRUEBAS PRELIMINAR	30/04/2021	14/05/2021	Fuerza inicial 0,00 N Ruptura a = 6,2 MPa
			
# 2	Fecha de Creación	Fecha de ruptura 3	Resultados
PRUEBAS PRELIMINAR	30/04/2021	21/05/2021	Fuerza inicial 0,00 N Ruptura a = 2,8 MPa
			

# 3	Fecha de Creación	Fecha de ruptura 1	Resultados
PRUEBAS PRUEBAS	30/04/2021	07/05/2021	Fuerza inicial 0,00 N Ruptura a = 3,0 MPa



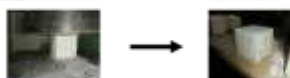
# 3	Fecha de Creación	Fecha de ruptura 2	Resultados
PRUEBAS PRUEBAS	30/04/2021	14/05/2021	Fuerza inicial 0,00 N Ruptura a = 2,1 MPa



# 3	Fecha de Creación	Fecha de ruptura 3	Resultados
PRUEBAS PRUEBAS	30/04/2021	21/05/2021	Fuerza inicial 0,00 N Ruptura a = 2,4 MPa



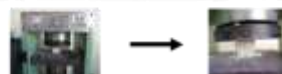
# 4	Fecha de Creación	Fecha de ruptura 1	Resultados
PRUEBAS PRUEBAS	30/04/2021	07/05/2021	Fuerza inicial 0,00 N Ruptura a = 3,0 MPa



# 4	Fecha de Creación	Fecha de ruptura 2	Resultados
PRUEBAS PRUEBAS	30/04/2021	14/05/2021	Fuerza inicial 0,00 N Ruptura a = 3,0 MPa



# 4	Fecha de Creación	Fecha de ruptura 3	Resultados
PRUEBAS PRUEBAS	30/04/2021	21/05/2021	Fuerza inicial 0,00 N Ruptura a = 4,1 MPa



# 5	Fecha de Creación	Fecha de ruptura 1	Resultados
PRUEBAS PRUEBAS	30/04/2021	07/05/2021	Fuerza inicial 0,00 N Ruptura a = 6,35 MPa



# 5	Fecha de Creación	Fecha de ruptura 2	Resultados
PRUEBAS PRUEBAS	30/04/2021	14/05/2021	Fuerza inicial 0,00 N Ruptura a = 6,4 MPa



# 5	Fecha de Creación	Fecha de ruptura 3	Resultados
PRUEBAS PRUEBAS	30/04/2021	21/05/2021	Fuerza inicial 0,00 N Ruptura a = 3,9 MPa

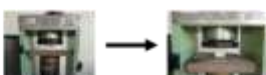


Con aditivo:

# 6	Fecha de Creación	Fecha de ruptura 1	Resultados
PRUEBAS PRUEBAS	30/04/2021	07/05/2021	Fuerza inicial 0,00 N Ruptura a = 2,9 MPa



# 6	Fecha de Creación	Fecha de ruptura 2	Resultados
PRUEBAS PRUEBAS	30/04/2021	14/05/2021	Fuerza inicial 0,00 N Ruptura a = 4,8 MPa



# 6	Fecha de Creación	Fecha de ruptura 3	Resultados
PRUEBAS PRUEBAS	30/04/2021	21/05/2021	Fuerza inicial 0,00 N Ruptura a = 5,2 MPa



# 7	Fecha de Creación	Fecha de ruptura 1	Resultados
PRUEBAS PRUEBAS	30/04/2021	07/05/2021	Fuerza inicial 0,00 N Ruptura a = 3,7 MPa



# 7	Fecha de Creación	Fecha de ruptura 2	Resultados
PRUEBAS PRUEBAS	30/04/2021	14/05/2021	Fuerza inicial 0,00 N Ruptura a = 6,7 MPa



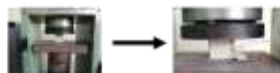
# 7	Fecha de Creación	Fecha de ruptura 3	Resultados
PRUEBAS PRUEBAS	30/04/2021	21/05/2021	Fuerza inicial 0,00 N Ruptura a = 6,0 MPa



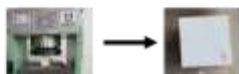
# 8	Fecha de Creación	Fecha de ruptura	Resultados
PRUEBAS PRUEBAS	30/04/2021	07/05/2021	Fuerza inicial 0.00 N Ruptura a = 2,6 MPa



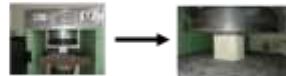
# 8	Fecha de Creación	Fecha de ruptura	Resultados
PRUEBAS PRUEBAS	30/04/2021	14/05/2021	Fuerza inicial 0.00 N Ruptura a = 4,4 MPa



# 8	Fecha de Creación	Fecha de ruptura	Resultados
PRUEBAS PRUEBAS	30/04/2021	21/05/2021	Fuerza inicial 0.00 N Ruptura a = 4,4 MPa



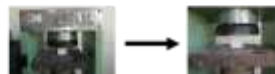
# 9	Fecha de Creación	Fecha de ruptura	Resultados
PRUEBAS PRUEBAS	30/04/2021	07/05/2021	Fuerza inicial 0.00 N Ruptura a = 5,4 MPa



# 9	Fecha de Creación	Fecha de ruptura	Resultados
PRUEBAS PRUEBAS	30/04/2021	14/05/2021	Fuerza inicial 0.00 N Ruptura a = 7,6 MPa



# 9	Fecha de Creación	Fecha de ruptura	Resultados
PRUEBAS PRUEBAS	30/04/2021	21/05/2021	Fuerza inicial 0.00 N Ruptura a = 7,6 MPa



# 10	Fecha de Creación	Fecha de ruptura	Resultados
PRUEBAS PRUEBAS	30/04/2021	07/05/2021	Fuerza inicial 0.00 N Ruptura a = 4,2 MPa



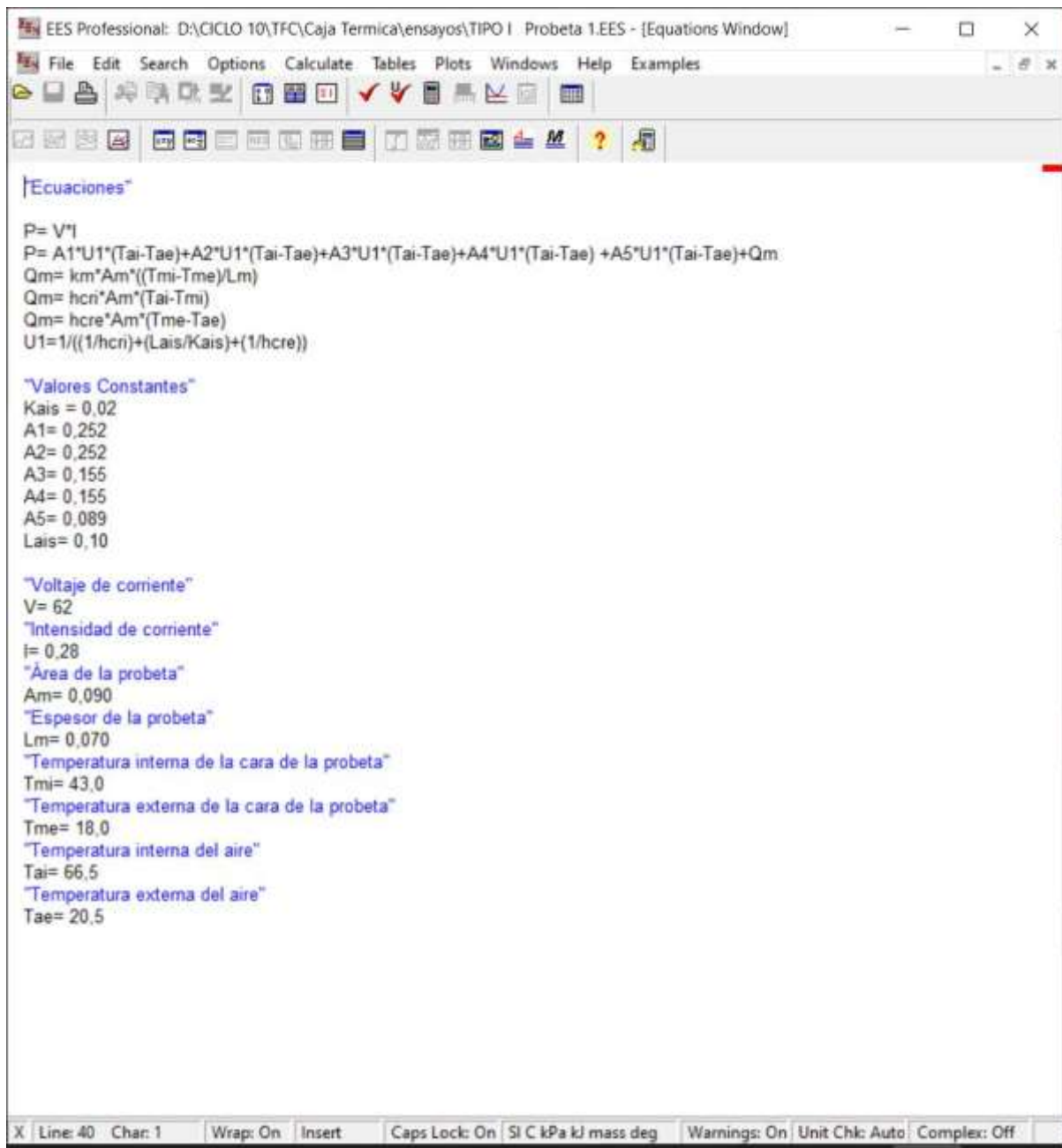
# 10	Fecha de Creación	Fecha de ruptura	Resultados
PRUEBAS PRUEBAS	30/04/2021	14/05/2021	Fuerza inicial 0.00 N Ruptura a = 5,9 MPa



# 10	Fecha de Creación	Fecha de ruptura	Resultados
PRUEBAS PRUEBAS	30/04/2021	21/05/2021	Fuerza inicial 0.00 N Ruptura a = 5,4 MPa



Anexo F: Fórmulas para el Software EES.



```

EES Professional: D:\CICLO 10\TFC\Caja Termica\ensayos\TIPO I - Probeta 1.EES - [Equations Window]
File Edit Search Options Calculate Tables Plots Windows Help Examples

"Ecuaciones"

P= V*I
P= A1*U1*(Tai-Tae)+A2*U1*(Tai-Tae)+A3*U1*(Tai-Tae)+A4*U1*(Tai-Tae) +A5*U1*(Tai-Tae)+Qm
Qm= km*Am*((Tmi-Tme)/Lm)
Qm= hcn*Am*(Tai-Tmi)
Qm= hcre*Am*(Tme-Tae)
U1=1/((1/hcn)+(Lais/Kais)+(1/hcre))

"Valores Constantes"
Kais = 0,02
A1= 0,252
A2= 0,252
A3= 0,155
A4= 0,155
A5= 0,089
Lais= 0,10

"Voltaje de corriente"
V= 62
"Intensidad de corriente"
I= 0,28
"Área de la probeta"
Am= 0,090
"Espesor de la probeta"
Lm= 0,070
"Temperatura interna de la cara de la probeta"
Tmi= 43,0
"Temperatura externa de la cara de la probeta"
Tme= 18,0
"Temperatura interna del aire"
Tai= 66,5
"Temperatura externa del aire"
Tae= 20,5

X Line: 40 Char: 1 Wrap: On Insert Caps Lock: On SI C kPa kJ mass deg Warnings: On Unit Chk: Auto Complex: Off

```