



**UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA**  
*La Universidad Católica de Loja*

**ÁREA TÉCNICA**

TITULACIÓN DE ARQUITECTURA

**Reutilización del bagazo de la caña de azúcar, en la elaboración de tableros y su aplicación en paredes, pisos y cielos falsos.**

TRABAJO DE FIN DE TITULACIÓN.

**Autor(es):**

Jiménez Salinas, Magaly del Carmen  
Ochoa Santín, Gabriel Agustín

**Director:**

Medina Alvarado Rosa Elizabeth, Mgs. Arq.

LOJA – ECUADOR  
2014

## APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE FIN DE TITULACIÓN

Arquitecta Mgs.

Rosa Elizabeth Medina Alvarado

### DIRECTORA DEL TRABAJO DE FIN DE TITULACIÓN

De mi consideración:

El presente trabajo de fin de titulación: **“Reutilización del bagazo de la caña de azúcar, en la elaboración de tableros y su aplicación en paredes, pisos y cielos falsos”**, realizado por los profesionales en formación, Jiménez Salinas Magaly del Carmen y Ochoa Santín Gabriel Agustín, ha sido orientado y revisado durante su ejecución, por cuanto se aprueba la presentación del mismo.

Loja, Agosto de 2014

.....  
Arq. Rosa Medina Alvarado

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

“Nosotros **Jiménez Salinas Magaly del Carmen y Ochoa Santín Gabriel Agustín** declaráramos ser autor(es) del presente trabajo de fin de titulación: **Reutilización del bagazo de la caña de azúcar en la elaboración de tableros y su aplicación en paredes, pisos y cielos falsos**, de la Titulación de Arquitecto, siendo Medina Alvarado Rosa Elizabeth, Arq. Mgs. directora del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales. Además certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

Adicionalmente declaramos conocer y aceptar la disposición del Art. 67 del Estatuto Orgánico de la Universidad Técnica Particular de Loja que en su parte pertinente textualmente dice: “Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado que se realicen a través, o con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad”

.....

Jiménez Salinas Magaly del Carmen

CI. 1104334840

.....

Ochoa Santín Gabriel Agustín

CI. 1104506397

## DEDICATORIA

El presente trabajo lo dedico a Dios, por ser mi guía cada día de mi vida, por regalarme la paciencia, la fortaleza y sobre todo la sabiduría para llegar a culminar esta etapa de mi vida, a mis padres Pedro y Mariana, quienes gracias a sus esfuerzos y sacrificios me han brindado su apoyo incondicional sin medida alguna en el transcurso de mi vida universitaria, este logro es por ustedes y de ustedes, a mis hermanos Pedro, Nubia, Edgar y Jorge, quienes han estado en las buenas y en las malas dándome el coraje para nunca desistir y enseñarme que con sacrificio se logra las metas propuestas. De todo corazón gracias.

Magaly

A Dios mi refugio y guía, a la virgencita del Cisne, a mis padres Melania Santin y Humberto Ochoa, por haberme encaminado en esta rama de la ciencia, a mí querido hermano José Ochoa por su apoyo incondicional en el desarrollo de este proyecto, a mis abuelitos Vicente Ochoa, Vicenta Toledo, Fernando Santin, Vitalina Carrión, a mis tíos Enrique Ochoa, Amada Abarca, a mi novia Gabriela Aguilera. Y en especial a todos mis amigos que fueron parte de mi formación, a lo largo de todo una aventura llena de desafíos.

Gabriel

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad Técnica Particular de Loja y a la Escuela de Arquitectura por habernos acogido durante nuestra formación académica.

A nuestros padres por su apoyo incondicional, en su anhelo de vernos desarrollados profesionalmente.

De manera especial a nuestra directora de Tesis, Arq. Rosa Medida quien nos brindó su tiempo y paciencia en el desarrollo de esta investigación.

Nuestro agradecimiento al Arq. Xavier Burneo y al Dr. Francisco Hernández catedrático de la Universidad Politécnica de Madrid, por su asesoramiento en esta investigación.

A todos quienes conforman el laboratorio de suelos y pavimentos de la UTPL, es especial al Ing. Ángel Tapia por su ayuda en las pruebas de ensayo.

En fin un agradecimiento infinito a todos quienes nos brindaron su apoyo en nuestra vida universitaria, a nuestros compañeros de aulas quienes fueron parte de grandes experiencias.

## INDICE DE CONTENIDOS

- I. PORTADA DE TESIS
- II. CERTIFICACION
- III. CESIÓN DE DERECHOS
- IV. DEDICATORIA
- V. AGRADECIMIENTO
- VI. INDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN .....	1
ABSTRACT .....	2
INTRODUCCIÓN.....	3
PROBLEMÁTICA .....	4
OBJETIVOS .....	5
HIPÓTESIS .....	6
METODOLOGÍA .....	6

### CAPITULO I

#### 1. PRODUCCION DE LA CAÑA DE AZUCAR Y SU RESIDUO.

1.1.	Introducción.....	7
1.2.	La caña de azúcar.....	8
	1.2.1. Morfología de crecimiento.....	8
	1.2.2. Etapas de cultivo.....	10
	1.2.3. Requerimientos climático.....	12
	1.2.4. Constituyentes de la caña de azúcar.....	13
1.3.	Producción de caña de azúcar en Ecuador.....	14
1.4.	Producción de caña de azúcar en Loja.....	17
1.5.	El bagazo de caña de azúcar.....	20
	1.5.1. Definición.....	20
	1.5.2. Aplicaciones.....	20
	1.5.3. Características.....	20
	1.5.4. Propiedades física.....	21
	1.5.5. Propiedades químicas.....	23
	1.5.6. Conservación y almacenamiento.....	23
	1.5.7. Problema ambiental del bagazo.....	24
	1.5.8. Ciclo de vida del bagazo.....	25
	1.5.9. El bagazo como materia prima.....	25
	1.5.10. El bagazo como combustible.....	25
	1.5.11. El bagazo en la ciudad de Loja.....	26

### CAPITULO II

#### 2. TABLEROS PREFABRICADOS

2.1.	Introducción.....	28
2.2.	Definición.....	29
2.3.	Clasificación de los tableros.....	29
	2.3.1. Tableros de partículas.....	29
	2.3.2. Tableros de lámina.....	31

2.3.3.	Tableros de fibra.....	32
2.3.4.	Tableros de yeso.....	32
2.3.5.	Tableros de fibrocemento.....	33
2.3.6.	Tableros de madera-cemento.....	34
2.3.7.	Paneles sándwich.....	35
2.4.	El tablero como sistema de prefabricación.....	35
2.5.	Proceso de instalación de los tableros prefabricados.....	36
2.5.1.	Fijaciones.....	36
2.5.2.	Montaje.....	38
2.6.	Tableros prefabricados en el mercado de la construcción en Loja.....	40
2.6.1.	Tableros OSB.....	41
2.6.2.	Tableros MDF.....	41
2.6.3.	Melaninas.....	43
2.7.	Métodos para la elaboración de tableros.....	45
2.7.1.	Método húmedo.....	46
2.7.2.	Método seco.....	46
2.7.3.	Adhesivos y aditivos.....	46
2.7.4.	Prensado.....	46
2.8.	Normas INEN, aplicadas a tableros de madera.....	47

### CAPITULO III

## 3. ALTERNATIVAS Y USOS DESARROLLADOS CON FIBRAS VEGETALES EN LA CONSTRUCCIÓN

3.1.	Introducción.....	51
3.2.	Definición.....	52
3.3.	Eco materiales, tableros decorativos a base de guadua.....	52
3.3.1.	Productos a partir de la caña guadua.....	52
3.3.2.	Características.....	53
3.4.	Empresa Wall art, tableros decorativos.....	54
3.5.	Empresa TAPESA, aglomerados.....	55
3.6.	Productos para la construcción a partir de fibras naturales.....	56
3.6.1.	Tableros bagazo-cemento.....	56
3.6.2.	Bloques ecológicos para mampostería liviana.....	56
3.6.3.	Productos de cemento bagazo.....	57
3.6.4.	Tableros aglomerados, a partir de fibras de coco y plástico.....	58
3.6.5.	Ferrocemento con fibras de coco.....	59
3.6.6.	Fibras de bagazo como refuerzo en materiales termoplásticos.....	59
3.6.7.	Material para paredes falsas a partir del bagazo de caña y fibras de coco.....	59
3.6.8.	Cuadro de resumen de materiales para la construcción a partir de fibras.....	62

### CAPITULO IV

## 4. PROPUESTA, FABRICACIÓN Y EXPERIMENTACIÓN DE TABLEROS

4.1.	Introducción.....	64
4.2.	Obtención del bagazo de caña de azúcar.....	65
4.3.	Recolección de materia prima.....	65
4.4.	Tratamiento de la materia prima.....	66
4.4.1.	Método a vapor.....	66
4.4.2.	Método natural.....	67
4.5.	Clasificación de la materia prima.....	67

4.6.	Descripción de materiales.....	68
4.7.	Propuesta de tableros decorativos: sistema prensado y encolado.....	69
	4.7.1. Tablero decorativo F1.....	70
	4.7.2. Tablero decorativo F2.....	70
	4.7.3. Tablero decorativo tejido F3.....	71
4.8.	Propuesta de tableros aglomerados de fibra y pulpa.....	71
	4.8.1. Tableros de fibra y pulpa P1.....	71
	4.8.2. Tableros de pulpa P2.....	72
	4.8.3. Tableros de fibra y pulpa P3.....	72
4.9.	Propuesta de tableros a base de fraguado.....	73
	4.9.1. Tableros de yeso-bagazo.....	73
	4.9.2. Tablero de cemento-bagazo.....	74
	4.9.3. Tableros de cemento-bondex-bagazo.....	74
	4.9.4. Tablero de ceniza-bagazo.....	75
4.10.	Procedimientos de ensayos de las dosificaciones propuestas.....	77
4.11.	Ensayos a compresión.....	77
	4.11.1. Resistencia a compresión.....	79
	4.11.2. Determinación de la resistencia a compresión.....	81
	4.11.3. Resumen de pruebas a compresión.....	82
4.12.	Ensayos a flexión.....	83
	4.12.1. Resistencia a flexión.....	86
	4.12.2. Determinación de resistencia a flexión.....	86
	4.12.3. Resumen de pruebas a flexión.....	86
4.13.	Determinación de resistencia al hinchamiento.....	87
	4.13.1. Procedimiento.....	88
	4.13.2. Determinación de resultados de prueba de hinchamiento.....	89
4.14.	Resistencia al fuego.....	91
4.15.	Prueba de anclaje y perforación.....	
4.16.	Tabla de resultados de ensayos realizados que cumplen con la Normativa Nacional.....	91
4.17.	Clasificación de uso en paredes, pisos y cielos rasos de los tableros según su resistencia.....	92

## CAPITULO V

### 5. APLICACIÓN DE TABLEROS OBTENIDOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO” EXHIBIDOR PARA PRODUCTOS DE CAÑA DE AZÚCAR” EN LA PARROQUIA SAN PEDRO DE VILCABAMBA.

5.1.	Introducción.....	93
5.2.	Análisis del sitio.....	94
	5.2.1. Ubicación.....	94
	5.2.2. Datos generales de la Parroquia San Pedro de Vilcabamba.....	95
5.3.	Propuesta de Exhibidor para productos de caña de azúcar.....	96
5.4.	Determinación de medidas para elaboración del tablero tipo.....	97
5.5.	Tableros de bagazo de caña de azúcar.....	98
5.6.	Elaboración del tablero tipo.....	98
	5.6.1. Materiales.....	99
	5.6.2. Dosificaciones.....	101
	5.6.3. Proceso de elaboración del tablero tipo.....	103
5.7.	Planos arquitectónicos.....	103
5.8.	Construcción de exhibidor.....	103
	5.8.1. Procesos de armado.....	104
	5.8.1.1. Estructura.....	

5.8.1.2.	Fijación de tableros.....	105
5.8.1.3.	Vistas generales del exhibidor.....	106
<b>5.9.</b>	<b>Detalles constructivo.....</b>	<b>110</b>
		111
<b>6.</b>	<b>Precios unitarios de los tableros propuestos.....</b>	<b>113</b>
<b>6.1.</b>	<b>Análisis comparativo del tablero vs materiales en el medio.....</b>	<b>114</b>
<b>6.2.</b>	<b>Presupuesto del exhibidor de productos de caña.....</b>	<b>115</b>
<b>7.</b>	<b>Conclusiones.....</b>	<b>116</b>
<b>8.</b>	<b>Recomendaciones.....</b>	<b>118</b>
<b>9.</b>	<b>Comprobación de hipótesis.....</b>	<b>119</b>
<b>10.</b>	<b>Referencias Bibliográficas.....</b>	<b>122</b>
<b>11.</b>	<b>Anexos.....</b>	

## RESUMEN

La excesiva producción del bagazo de caña de azúcar, tanto en su producción, recolección y manejo y las nuevas tendencias enfocadas en el desarrollo de nuevos materiales a partir de desechos orgánicos, llevan a buscar alternativas constructivas que sean más amigables con el medio ambiente, en un mundo que exige cada vez más una responsabilidad ecológica. En esta investigación se trabajó en el desarrollo de tableros a partir del bagazo de caña de azúcar, bajo parámetros establecidos por la Normativa Ecuatoriana en cuanto a resistencia, con características que permiten integrarlos como nuevos materiales en el ámbito constructivo. Los tableros propuestos son de fácil fabricación, cuyo proceso no requiere cocción lo que permite mitigar el impacto ambiental.

**Palabras claves:** Bagazo de caña, tableros prefabricados, fibras vegetales, paredes, pisos, cielos rasos.

## **ABSTRACT**

Excessive production of sugar cane bagasse, both in its production, collection and management and emerging trends focused on the development of new materials from organic waste, lead them to seek constructive alternatives that are friendlier to the environment, a world that increasingly demands an ecological responsibility. In this research, we worked on the development boards from sugarcane bagasse under parameters established by the Ecuadorian legislation in strength, with features to integrate them as new materials in the construction field. The boards proposed are easy to manufacture, the process does not require cooking allowing mitigate environmental impact.

**Keywords:** Bagasse, prefabricated panels, vegetable fibers, walls, floors, ceilings.

## INTRODUCCIÓN

En estos últimos años es una gran molestia ver la disposición final de varios desechos agroindustriales a nivel del Ecuador, y Loja no es la excepción, ya que no es halagador observar a lo largo de nuestra provincia como existe una gran cantidad de residuos vegetales que son desechados sin haber obtenido algún beneficio de los mismos, excluyéndolos y considerándolos como basura inmediatamente después de su manejo primario a nivel de todas las industrias, desconociendo que con un estudio que se realice sobre los mismos se puede cambiar este concepto sobre los desechos vegetales y hallarles una función a beneficio del ser humano.

Al no existir investigaciones relativas al aprovechamiento de residuos agroindustriales en propuestas de materiales para la construcción en nuestra ciudad, en esta investigación se propone la elaboración experimental de tableros, a partir de residuos leñosos de bagazo de caña de azúcar, que es uno de los residuos agroindustriales más abundante en nuestra provincia, los mismos que se encuentran desechados sin función alguna. Es difícil creer, la utilidad que puede desempeñar este residuo orgánico en el campo de la construcción, sin embargo en esta investigación este material paso de ser un simple desecho a formar parte en la elaboración de elementos que se constituyen como nuevas alternativas constructivas.

El principal objetivo de este proyecto es valorar las propiedades físicas y mecánicas de los tableros fabricados a partir de residuos fibrosos en combinación con otros componentes que nos permitan una interacción entre estos elementos, para los mismos que se empleó un esquema experimental a base de este material fibroso y sustancias complementarias y pruebas de laboratorio para poder comprobar sus condiciones técnicas, para luego obtener un prototipo, el mismo que posteriormente pueda ser introducido como un material alternativo prefabricado en la mundo de la construcción.

## **PROBLEMATIZACIÓN**

Al no existir investigaciones relacionadas con la utilización de fibras vegetales en materiales de construcción, ha hecho que nos convirtamos en tradicionalistas al trabajar con los mismos materiales existentes en el mercado de la construcción indistintamente de la necesidad que se nos presente, materiales que de una u otra manera están afectando la biodiversidad y la condición ecológica de nuestro país debido a que la existencia de los materiales fibrosos (madera) es cada vez menor como materia prima en la industria de derivados, hecho que ha estimulado en las últimas décadas a un desarrollo acelerado de la utilización de residuos orgánicos, en especial los producidos por la actividad agroindustrial. Es inaudito observar cómo los residuos del sector agrícola son acumulados excesivamente, especialmente los desechos de la explotación de la caña de azúcar, que pasan a ser basura inmediatamente luego del aprovechamiento de la materia prima, convirtiéndose desde ese momento en un contaminante que contribuye al impacto ambiental por la emanación de gases que son dirigidos directamente hacia la atmósfera.

En Ecuador se han cultivado aproximadamente 79.913 hectáreas de caña de azúcar con una producción de 5'618.045 TM (toneladas métricas), destinados a la producción del azúcar y sus derivados, con un rendimiento promedio de 70/30 TM/Ha, siendo el bagazo el residuo agrícola más abundante con una producción anual estimada de 158.000 toneladas obtenidas de los 6 principales ingenios azucareros del Ecuador y otros productores pequeños. A nivel de la ciudad de Loja, el residuo de la caña de azúcar (bagazo), es muy abundante dentro de la industria azucarera específicamente en parroquias como: Catamayo, Malacatos, Vilcabamba, Quinara y San Pedro de Vilcabamba, representando el 15% a 25% de la totalidad de caña procesada, por ejemplo de una tonelada de caña se puede obtener un mínimo de 150 kg de bagazo, siendo el 50% usado en su mayoría como material combustible y como alimento para animales, y el 50% restante como residuo que al no tener una utilidad determinada se convierte en un contaminante, el mismo que podría ser reutilizado en otro ámbito.

## **JUSTIFICACIÓN**

En nuestra ciudad no existen nuevas alternativas en materiales para la construcción mediante la utilización de productos reciclados y fibras vegetales como actualmente se están desarrollando en otros países, es por esto que la presente investigación plantea una propuesta a base de residuos del bagazo de caña de azúcar, y su aplicación en la

conformación de materiales constructivos mediante el estudio de sus propiedades tanto físico-mecánicas y su comportamiento al combinarlo con otros componentes, tratando de obtener con esto productos de valor agregado que promuevan el reciclaje de dichos recursos, que en nuestra ciudad actualmente están siendo almacenados en grandes cantidades sin beneficio alguno.

Específicamente se aprovechará el bagazo de caña de azúcar para la elaboración de tableros aglomerados decorativos, elementos que sean amigables con el medio ambiente y su entorno y que nos ayuden a mitigar el impacto ambiental.

## **OBJETIVOS**

### **General:**

Proponer tableros a base del bagazo de caña de azúcar, para su utilización en paredes, pisos y cielos falsos.

### **Específicos:**

1. Análisis de la producción de la caña de azúcar y su residuo a nivel de la provincia de Loja.
2. Describir los diferentes tipos de tableros aglomerados y decorativos en el medio y establecer su proceso de construcción e instalación.
3. Exponer los usos y alternativas desarrollados con fibras en la industria de la construcción.
4. Desarrollo y experimentación de tableros, para incorporarlos técnicamente en propuestas para paredes, pisos y cielos rasos.
5. Propuesta y construcción de un prototipo, en la parroquia San Pedro de Vilcabamba, con la utilización de los tableros obtenidos.

## **HIPÓTESIS**

Los tableros elaborados a base de bagazo de caña de azúcar, permiten utilizarse en paredes, pisos y cielos falsos.

## **METODOLOGÍA:**

Para llegar a cumplir satisfactoriamente los objetivos propuestos en la elaboración de tableros a partir del residuo de la caña de azúcar, fue necesario emplear técnicas investigativas que nos permitan ordenar paso a paso cada etapa de la investigación, facilitándonos la elaboración del estudio y llevándonos a un resultado final para la comprobación de la hipótesis planteada.

Partiendo de la observación de la problemática, se utilizaron los siguientes métodos de investigación:

**Método Bibliográfico:** En este método se sustenta la base teórica de la investigación, mediante consultas en libros, fichas, documentos textos apuntes así como también las consultas en el internet, que nos permitan conocer los antecedentes y actualidad del tema de estudio.

**Método Analítico:** Se analizaran las composiciones fibrosas de tableros prefabricados, las condiciones de producción y competitividad en relación a los ya definidos. Análisis referencial entre un prototipo y otro estableciendo similitudes y diferencias.

**Método Experimental:** Se realizaran los ensayos técnicos de los tableros propuestos, en los laboratorios para comprobar las condiciones adquiridas en el proceso de elaboración.

**Método Descriptivo:** no se limitara a la simple recolección de datos, sino que se aplicara en la búsqueda de las principales características de estos tableros, basados en los resultados de la investigación experimental.

## **CAPITULO I: PRODUCCIÓN DE LA CAÑA DE AZÚCAR Y SU RESIDUO**

## **1.1. Introducción**

---

La caña de azúcar, cultivo agroindustrial de gran importancia nacional y mundial por la producción de alimentos, como para la industria de la bioenergía, en la actualidad en nuestro país se estima un aproximado de 230.000 ha, entre las plantaciones de todos los ingenios que constituyen las grandes cadenas azucareras en nuestro país, los mismos que se encuentran destinados a la producción de azúcar, etanol, panela y alcohol artesanal, producción que en estos últimos años ha sido elevada y muy satisfactoria, lo que ha sido consecuencia para generar gran cantidad de empleo directo en beneficio del ser humano.

Sin embargo este crecimiento, ha producido en el país no solo beneficio en el sector económico, sino también ha producido una gran cantidad de residuo agroindustrial (bagazo), que se encuentra acumulado en grandes cantidades, convirtiéndose inmediatamente en un desperdicio que en un porcentaje es utilizado como combustible, abono y comida para animales, en los mismos ingenios o por otras industrias, y el resto amontonado a la intemperie generando con ello la aparición de bacterias, que pueden poner en riesgo la salud de las personas que trabajan en las industrias del azúcar y sus derivados.

## 1.2. Caña de Azúcar

**Nombre científico:** *Saccharum officinarum*.

**Nombres comunes:** Caña de azúcar, caña de miel, caña dulce.

### Origen

La caña de azúcar, uno de los cultivos más antiguos del mundo, se cree que su origen comenzó hace 3000 años, que comenzó como un césped en Indonesia y luego se fue extendiendo por todo el mundo.

Fue Cristóbal Colón quien, en su segundo viaje a la isla la española, introdujo la caña de azúcar en América por primera vez, plantaciones que no dieron resultados, entonces fue recién en el año de 1507 en Santo Domingo en donde la caña de azúcar empezó a dar resultado, extendiéndose por el Caribe y América del Sur.

### Definición

La caña de azúcar es una gramínea tropical, de tallo fuerte y fibroso, producto agroindustrial más importante del mundo, debido a la gran cantidad de sacarosa que contiene para la producción del azúcar, esta planta puede crecer de 3 a 5m de altura.

#### 1.2.1. Morfología de Crecimiento <sup>1</sup>

La caña de azúcar está formada por las siguientes partes:

#### Raíz

El sistema radicular de la caña de azúcar funciona como anclaje para la planta y para la absorción del

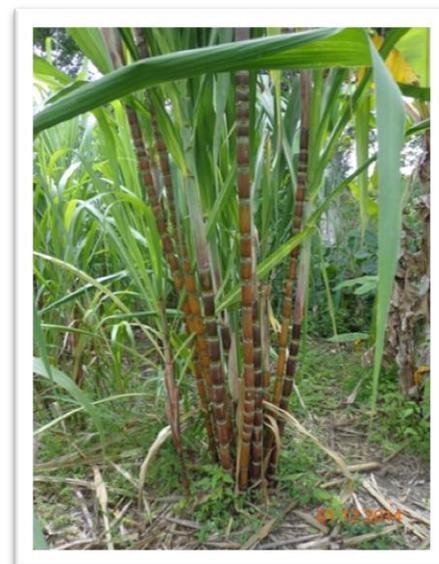


Fig. 1.1 Caña de azúcar  
Fuente: Jiménez M; Ochoa G, 2014

**Gramínea:** Familia de plantas angiospermas monocotiledóneas de tallo cilíndrico, nudoso y generalmente hueco, hojas sentadas, largas y estrechas e insertas al nivel de los nudos, flores dispuestas en espiguillas reunidas en espigas, racimos o panículas y semillas ricas en albumen.



Fig. 1.2 Raíz de la caña de azúcar  
Fuente: Tecnicana.org

<sup>1</sup> ECU RED(2013). Reseña histórica de la caña de azúcar. Ecuador.

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES DE LA CAÑA DE AZÚCAR. Editorial Ciencia y Técnica. La Habana.

agua y de los nutrientes minerales del suelo. Son de forma cilíndrica y se originan de forma extraña al tallo, en su extremo se encuentra la cofia el punto de desarrollo, la región de elongación y la región radicular.

### **Tallo**

La caña de azúcar se desarrolla formando tallos de 2 a 3m de longitud, según la variedad estos se dividen en primarios y secundarios. Los tallos también sirven como tejidos de transporte de agua y nutrientes extraídos del suelo para abastecer los tejidos en crecimiento, el tallo está compuesto por: la epidermis o corteza, los tejidos y fibras que se extienden en toda la longitud del tallo, los mismos que poseen aproximadamente un 75% de agua.

El tallo de la caña de azúcar se considera como el fruto agrícola, ya que en él se distribuye y almacena el azúcar, se va acumulando en los entrenudos inferiores disminuyendo su concentración a medida que se asciende hacia la parte superior del tallo.

### **Hoja**

La hoja de la caña de azúcar está formada por dos partes: la vaina y el limbo, las hojas generalmente están dispuestas en forma alternada a lo largo de los nudos, formando así dos flancos en lados opuestos. En su parte superior una planta madura de caña de azúcar tiene una superficie foliar cercana a 0.5 m<sup>2</sup> y el número de hojas verdes por tallo es alrededor de 10, dependiendo de la variedad y de las condiciones de cultivo. Las hojas son la fábrica donde las materias primas; agua, dióxido de carbono y nutrientes se convierten en carbohidratos bajo la acción de la luz solar. Las hojas son largas, delgadas y planas que miden generalmente entre 0.90 a 1.5m de largo y varían de 1 a 10 cm de ancho, según la variedad.

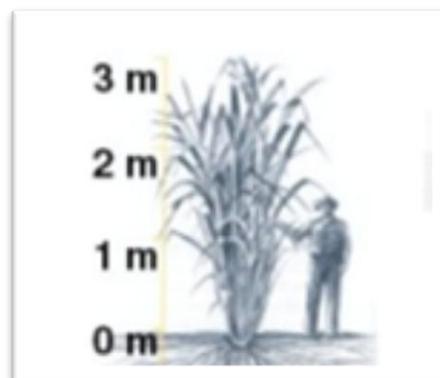


Fig. 1.3 Longitud máxima del tallo de la caña de azúcar.

Fuente: Jiménez M; Ochoa G, 2014

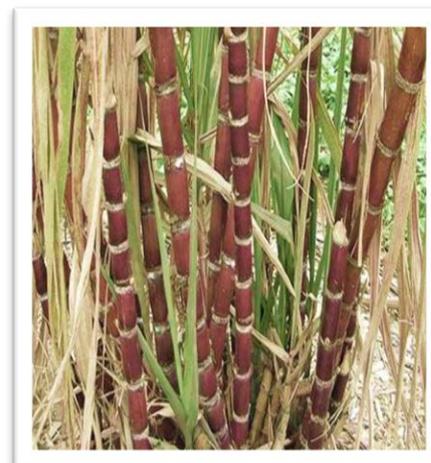


Fig. 1.4 Tallo de la caña de azúcar

Fuente: Jiménez M; Ochoa G, 2014



Fig. 1.5 Hoja de la caña de azúcar

Fuente: Jiménez M; Ochoa G, 2014

### 1.2.2. Etapas de cultivo <sup>2</sup>

La caña de azúcar tiene esencialmente cuatro fases de crecimiento, que son la fase de germinación, la fase de ahijamiento (fase formativa), la fase de gran crecimiento y la fase de maduración.

La fase de germinación se extiende desde el transplante hasta la completa germinación de las yemas, bajo condiciones de campo la germinación comienza a los 7-10 días y se extiende hasta los 30-35 días. En la caña de azúcar la germinación implica una activación y consiguiente brotación de las yemas vegetativas, las mismas que son influenciadas por factores internos y externos. Los factores externos son la humedad, la temperatura y la aireación del suelo y los factores internos son la sanidad de la yema, la humedad del esqueje, el contenido de azúcar reductor del esqueje y su estado nutricional. La temperatura óptima para la brotación es de alrededor de 28-30 °C y la temperatura mínima para la germinación es de 12°C, un suelo cálido y húmedo asegura una rápida germinación. Bajo condiciones de campo, una germinación en torno del 60% puede ser considerada segura para un cultivo satisfactorio de caña.

#### ***Fase de Ahijamiento***

La fase de ahijamiento comienza alrededor de los 40 días después de la plantación y puede extenderse hasta los 120 días, es un proceso fisiológico de ramificación subterránea múltiple, que se origina a partir de las articulaciones nodales compactas del tallo primario. Los hijuelos o retoños que se forman primero dan origen a tallos más gruesos y pesados, los retoños formados más

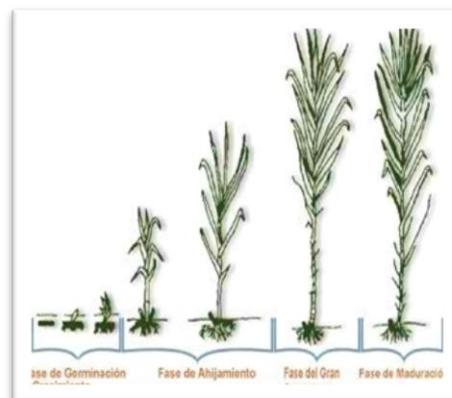


Fig. 1.6 Etapas de crecimiento de la caña de azúcar

Fuente: Humbert, 1974



Fig. 1.7 Germinación caña de azúcar

Fuente: google.com

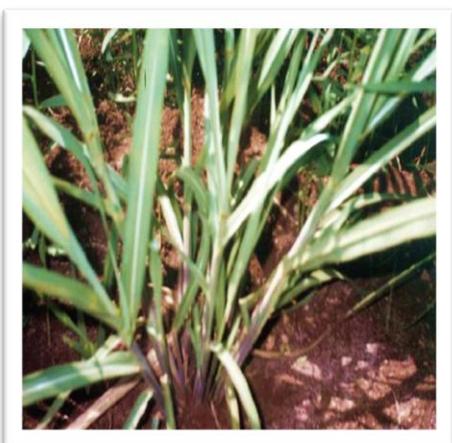


Fig. 1.8 Ahijamiento caña de azúcar

Fuente: google.com

<sup>2</sup> ECU RED(2013). Reseña histórica de la caña de azúcar. Ecuador.

CASTILLO R.(1992). Obtención de nuevas variedades de caña.

tarde en la temporada mueren o se quedan cortos o inmaduros. A los 90-120 días después de la plantación se alcanza la población máxima de los retoños, a los 150-180 días, por lo menos el 50% de los tallos mueren y se determina la población final de tallos.

Manejos culturales como el espaciamiento, la época de fertirrigación, la disponibilidad de agua y el control de las malas hierbas afectan al ahijamiento. Aunque se formen entre 6-8 retoños de una yema, solo 1.5 a 2 retoños por yema llegan a formar cañas.

### ***Fase del gran crecimiento***

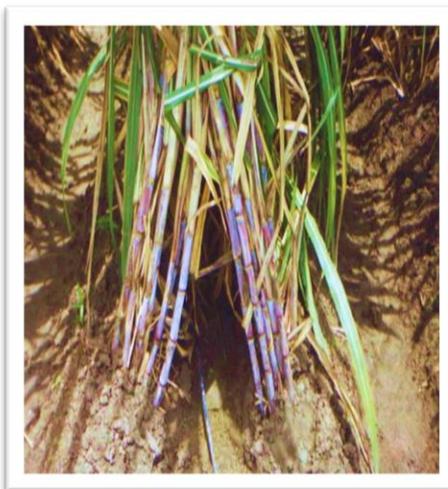
La fase del gran crecimiento comienza a los 120 días después de la plantación y se extiende hasta los 270 días, en un cultivo de 12 meses de duración. Esta es la fase más importante del cultivo, en la que se determinan la formación y elongación real de la caña y su rendimiento.

Bajo condiciones favorables los tallos crecen rápidamente, formando de 4-5 nudos por mes. El riego por goteo, la fertirrigación y la presencia de condiciones climáticas (calor, humedad y soleamiento), favorecen una mayor elongación de la caña. Temperaturas sobre 30°C, con humedad cercana al 80% son más adecuadas para un buen crecimiento.

### ***Fase de maduración***

En un cultivo de 12 meses de duración, la fase de maduración dura cerca de 3 meses, comenzando a los 270-360 días. Durante esta fase ocurre la síntesis de azúcar y el crecimiento vegetativo disminuye.

A medida que avanza la maduración, los azúcares simples (monosacáridos, como fructosa y glucosa) son convertidos en azúcar de caña (sacarosa, que es disacárido). La maduración de la caña ocurre desde la



**Fig. 1.9** Maduración caña de azúcar  
Fuente: google.com

**Fertirrigación:** es una técnica que permite la aplicación simultánea de agua y fertilizantes a través del sistema de riego. Totalmente extendida en el caso del riego por goteo.

**Monosacáridos:** son sólidos, cristalinos, incoloros, solubles en agua y de sabor dulce.



**Fig. 1.10** Gran crecimiento caña de azúcar  
Fuente: google.com

base hacia el ápice y por esta razón la parte basal contiene más azúcares que la parte superior de la planta. Condiciones de abundante luminosidad, cielos claros, noches frescas y días calurosos (es decir, con mayor variación diaria de temperatura) y climas secos son altamente estimulantes para la maduración.

### 1.2.3. Requerimientos Climáticos <sup>3</sup>

La caña de azúcar es un cultivo tropical de larga duración, por lo que crece en todas las estaciones, es decir su ciclo de vida pasa por condiciones de lluvia, invierno y verano. Los principales componentes climáticos que controlan el crecimiento, el rendimiento y la calidad de la caña son la temperatura, la luz y la humedad, la planta crece bien en regiones tropicales soleadas.

**Lluvia:** Durante el periodo de crecimiento, la lluvia estimula el rápido crecimiento de la caña, la elongación y la formación de entrenudos, sin embargo, la ocurrencia de lluvias intensas durante el periodo de maduración no es recomendable, porque produce una pobre calidad de jugo, favorece el crecimiento vegetativo y aumenta la humedad del tejido, además, dificulta las operaciones de cosecha y transporte.

**Temperatura:** la temperatura óptima para la brotación (germinación) de los esquejes es 32°C a 38°C.

#### **Humedad relativa**

Durante el periodo de gran crecimiento condiciones de alta humedad (80 – 85%) favorecen una rápida elongación de la caña valores moderados de 45 - 65%,

**Canuto:** parte de una caña comprendida entre dos nudos.

**Macolla:** conjunto de brotes originados en la base de un mismo pie de algunas plantas herbáceas perennes.

**Limbo:** lámina que comúnmente forma parte de la anatomía de una hoja

**Ápice:** en botánica expresa el extremo superior de la hoja del fruto.

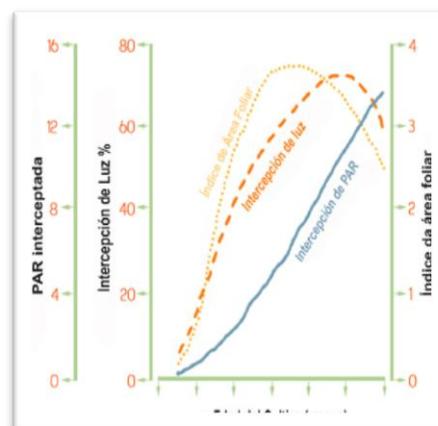


Fig. 1.11 Componentes climáticos  
Fuente: sugarcane crops.com

<sup>3</sup> ECU RED(2013). Reseña histórica de la caña de azúcar. Ecuador.

FELIPE PERAFAN. Características de la caña de azúcar.

acompañados de una disponibilidad limitada de agua, son beneficiosos durante la fase de maduración.

### La luz solar

Es una planta que requiere de la luz, por ser una planta C4, la caña de azúcar es capaz de altas tasas fotosintéticas y este proceso tiene un alto valor de saturación de luz, el ahijamiento es influenciado por la intensidad y la duración de la radiación solar.

La radiación total promedio interceptada por un cultivo de caña en un ciclo de crecimiento de 12 meses ha sido estimada en 6350 MJ/m<sup>2</sup>, cerca del 60% de esta radiación es interceptada por el follaje, durante la fase formativa y en la fase del gran crecimiento. Para una utilización efectiva de la energía radiante se considera como óptimo un valor de 3.0 – 3.5 de índice de área foliar.

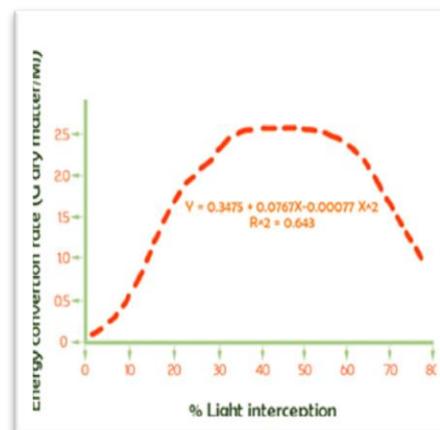
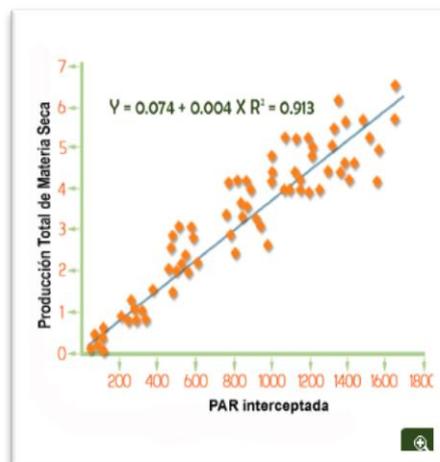


Fig. 1.12 Humedad relativa de la caña de azúcar.  
Fuente: sugarcane crops.com

### 1.2.4. Constituyentes de la caña de azúcar

La caña de azúcar está compuesta por una parte sólida (fibra) y una parte líquida (jugo), que contiene agua y sacarosa, también se encuentran sustancias en cantidades muy pequeñas, cuyos componentes varían de acuerdo a la variedad.

Tabla 1.1 Porcentajes de componentes de la caña de azúcar.

agua	73 - 76 %
sacarosa	8 - 15 %
Fibra	11 - 16 %

Fuente: sugarcane crops.com  
Elaboración: Jiménez M; Ochoa G, 2014



Fig. 1.13 Jugo de la caña de azúcar  
Fuente: google.com

La sacarosa del jugo es cristalizada en el proceso como azúcar y la fibra constituye el bagazo una vez molida la caña.

**Tabla 1.2** Porcentajes de constituyentes de sacarosa de caña.

glucosa	<b>0,2 - 0,6 %</b>
fructosa	0,2 - 0,6 %
sales	0,3 - 0,8 %
ácidos orgánicos	0,1 - 0,8 %
otros	0,3 - 0,8 %

Fuente: sugarcane crops.com  
Elaboración: Jiménez M; Ochoa G, 2014



**Fig. 1.14** Bagazo de la caña de azúcar  
Fuente: Jiménez M; Ochoa G, 2014

### 1.3. Producción de caña de azúcar en Ecuador <sup>4</sup>

La industria azucarera se ha caracterizado en estos últimos tiempos, por una amplia gama de producción de caña de azúcar, la misma que se estima entre unos 25 millones de ha sembradas en el mundo, principalmente para la extracción del azúcar y sus derivados, producción que ha generado que las diferentes industrias del mundo promueven más de 300 millones de empleos directos por año.

La producción de la caña de azúcar en Ecuador, es realizada por seis ingenios: Valdez, San Carlos, La Troncal (ECUDOS), Isabel María, IANCEM, Monterrey y dos nuevos ingenios que se sumaron a la producción de la caña en el año 2013 como lo es Miguel Ángel y San Juan, siendo los tres primeros los mayores productores con un 90% de producción nacional, cuya zafra inicia en Junio y se termina en Diciembre. La producción de la caña se da todo el año y se laboran seis días a la semana, se estima que más de 30 mil empleados directos representan la industria azucarera. Se cosechan anualmente unas 81,000 ha para producción de azúcar y



**Fig. 1.15** Plantaciones de caña en Ecuador  
Fuente: CINCAE

<sup>4</sup> CINCAE. Centro de Investigaciones de la caña de azúcar. Ecuador

etanol, otras 50,000 ha se destinan para producción de panela y alcohol artesanal.

A más de la producción de azúcar y sus derivados, se desarrolla también el etanol como biocombustible, producto que ayuda a reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> de los combustibles fósiles, debido a que la planta captura el dióxido de carbono del ambiente, calculando aproximadamente que 1000 toneladas de caña de azúcar son equivalentes a 162.59 toneladas de petróleo amas de la producción del azúcar y sus derivados.

Como aporte a esta producción y por la importancia que tiene este cultivo en Ecuador y gracias la misión de un grupo de empresarios azucareros emprendedores, se estableció un centro de investigación para la caña de azúcar, denominado CINCAE, ubicado en la provincia del Guayas, cuyas actividades iniciaron en noviembre de 1997, logrando resultados importantes, desde la entrega de cuatro variedades desarrolladas bajo las condiciones ambientales de producción del litoral ecuatoriano: ECU-01, EC-02, EC-03 y EC-04.

El CINCAE ha desarrollado tecnologías de manejo de cultivo, producción de semilla, semilleros sanos, manejo de enfermedades y plagas, así como el servicio de análisis de suelos y foliares, todo esto con programas de capacitación.

Unas de las actividades más frecuentes de esta empresa es el estudio y análisis de nuevos métodos para combatir las plagas y todo tipo de enfermedades que se producen en la caña de azúcar de cada uno de los ingenios azucareros de nuestro país, logrando con ello evitar la pérdida de la materia prima y con ello garantizar buenos productos para el consumo de la humanidad.



Fig. 1.16 Variedad de cañas en Ecuador.  
Fuente: CINCAE

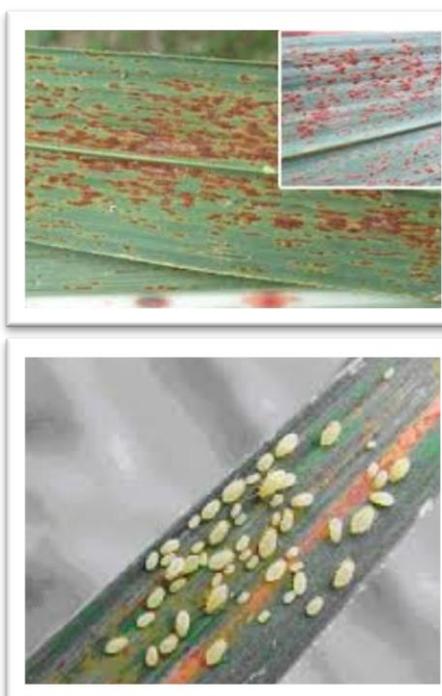


Fig.1.17 Plagas que se desarrollan en la caña de azúcar.  
Fuente: agronegocioecuador.com

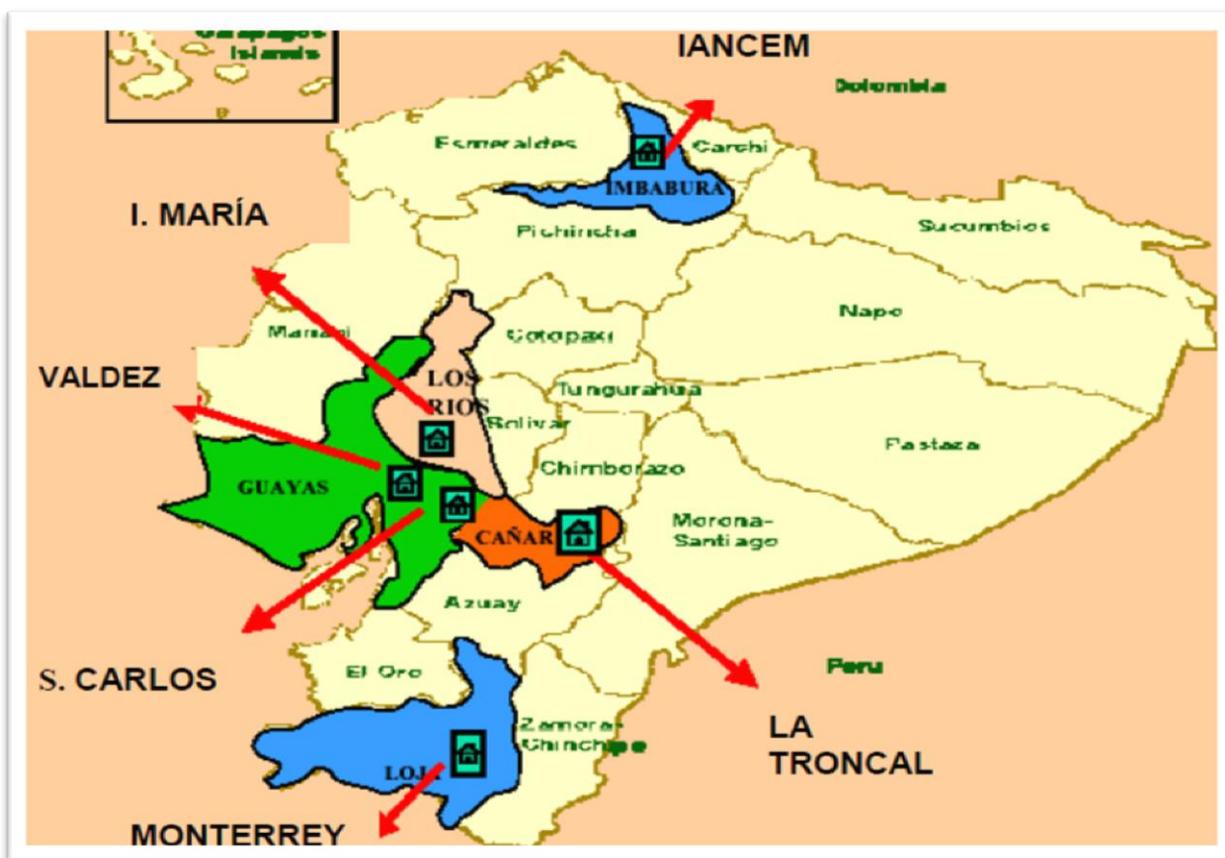


Fig. 1.18 Ubicación de los ingenios azucareros en Ecuador  
Fuente: FENAZUCAR - UNCE

Según la industria azucarera, en el país hay sembradas aproximadamente 131.000 hectáreas de caña entre todos los ingenios, de los cuales se cosechan anualmente cerca de 81.000 para la producción de azúcar y sus derivados. En los últimos tres años, la producción nacional de caña de azúcar pasó de 70 y 75 toneladas por hectárea a 85 y 90 toneladas.

Tabla 1.3 Total de producción y área cultivada de caña de azúcar en Ecuador.

TOTAL HECTAREAS			PRODUCCION		
INGENIO	SEMBRADAS	COSECHADAS	TCH	TOTAL CAÑA	SACOS 50KG
VALDEZ	20.100	19.312	75.00	1'368.608	3'159.765
SAN CARLOS	22.500	21.344	79.00	1'666.856	3'197.650
ECUDOS	24.800	22.200	78.00	1'541.246	3'276.049
MONTERREY	2.220	2.200	85.00	187.000	330.900
IANCEM	3.300	2.924	82.00	240.940	426.464
ISABEL MA.	1.200	2.924	75.00	82.320	139.944
<b>TOTAL</b>	<b>74100</b>	<b>1176</b>		<b>5'086.970</b>	<b>10'530.868</b>

Fuente: Centro de Investigación de caña en Ecuador - CINCAE

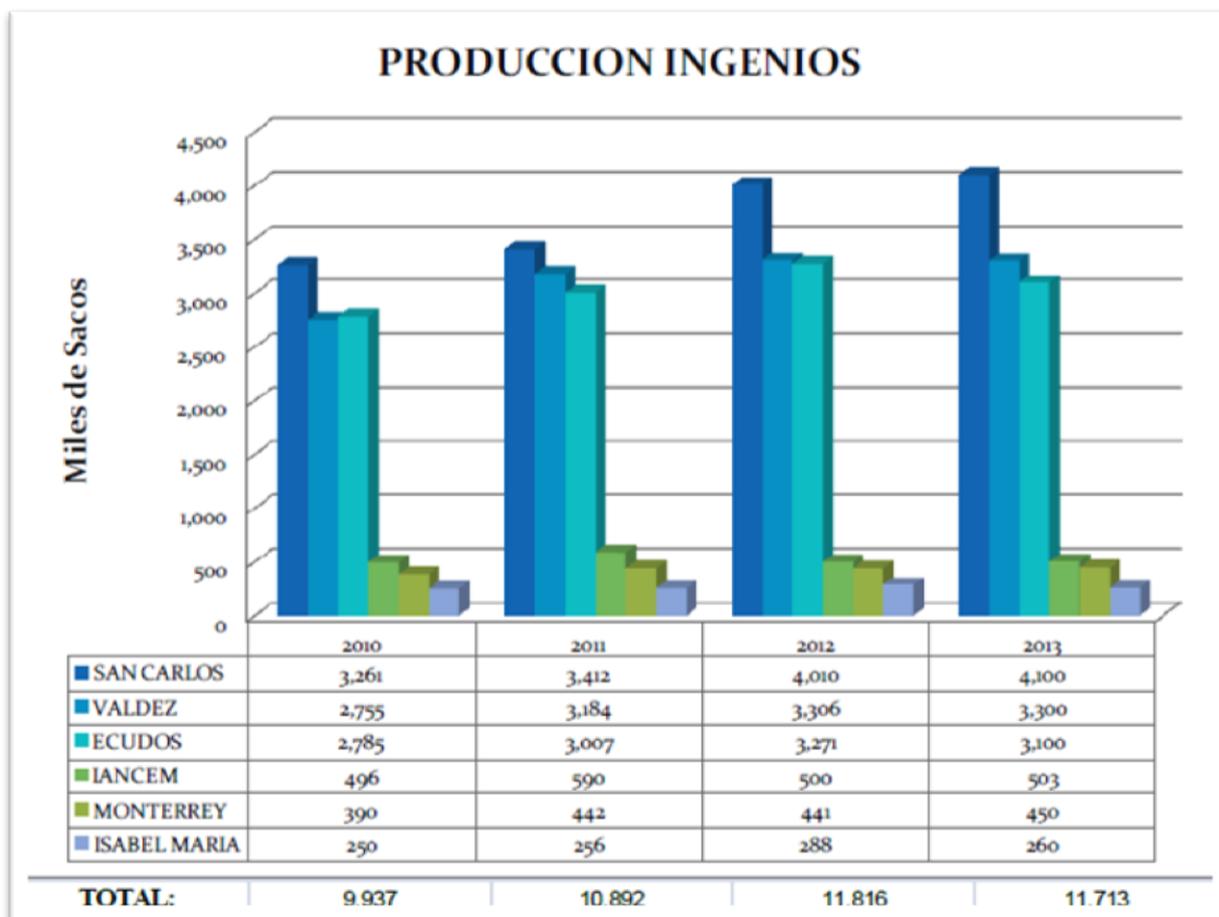


Fig. 1.19 Producción de caña de azúcar año 2010 -2013  
Fuente: Centro de Investigación de caña en Ecuador - CINCAE

#### 1.4. Producción de caña de azúcar en Loja

Loja se caracteriza por la producción de cultivos permanentes como lo es la caña de azúcar, cultivos que luego de ser plantados tienen un periodo de un año prolongado por lo cual se pueden realizar varias cosechas durante varios años sin la necesidad de realizar una nueva plantación.

Los lugares donde se encuentra la caña de azúcar, son Malacatos, Vilcabamba y San Pedro de Vilcabamba en donde se encuentran pequeñas fábricas productoras de panela, miel y cachaza en cantidades pequeñas de uso para los habitantes del sector; sin embargo la industria



Fig.1.20 Vista aérea de las plantaciones de caña, Ingenio Monterrey Loja  
Fuente: Jiménez M; Ochoa G, 2014

más representativa en la provincia de Loja, es el ingenio azucarero “MONTERREY” ubicado en Catamayo, a 36 km de la ciudad de Loja, considerado en la actualidad uno de los ingenios más importante en el país por su producción y uso de modernas maquinarias que trabajan con sistemas que evitan la contaminación del medio ambiente. Esta fábrica realiza la siembra, la cosecha, la producción de azúcar y la comercialización a nivel nacional e internacional e inclusive hasta con pequeños comerciantes.



Fig. 1.21 Ingenio Monterrey. Loja  
Fuente: Google.com

Esta empresa lleva 51 años de creación, siendo hasta la actualidad una de las mejores del Ecuador, por su excelente producción y moderna maquinaria que trabaja con sistemas de protección ambiental. En el ingenio hay aproximadamente 1000 empleados que se distribuyen en las tres jornadas para completar las 24 horas, es decir trabajan durante todo el año, este ingenio ocupa aproximadamente 2000 hectáreas, donde se producen 140 toneladas de caña madura por hectárea y por ciclo, al año produce 450.000 sacos de azúcar y 1.5 millones de litros de alcohol industrial, que son vendidos para la generación de biocombustible, siendo esta última una actividad muy reciente que se está realizando en la misma, sin olvidar que unas de sus mejores actividades es la producción del azúcar blanca, cuyo producto se distribuye a la región sur del país.



Fig.1.22 Plantaciones de caña Ingenio Monterrey. Loja.  
Fuente: Ingenio Monterrey

#### Total de producción de caña de azúcar por año

Tabla 1.4 Producción de caña en el Ingenio Monterrey - Loja

PRODUCTO	AÑO					
	2006	2007	2008	2009	2010	2011
CAÑA DE AZÚCAR	194.079	193.518	289.771	289.771	1'593.780	832.827

Fuente: Ingenio Monterrey  
Elaboración: Jiménez M; Ochoa G, 2014

La producción de la caña de azúcar inicia en el campo cuando los cañicultores siembran, abonan constantemente y mantienen las plantaciones libres de plagas; una vez que están listas, se las deja un tiempo más en la tierra para que puedan absorber mayor cantidad de nutrientes y así brindar un producto de excelente calidad. Una vez que la planta está lista para la cosecha es quemada, debido a que la caña quemada es más pesada que la cruda.



**Fig. 1.23** Caña de azúcar, Loja  
Fuente: Ingenio Monterrey

Al quemar las plantaciones se usan técnicas para minimizar los posibles efectos dañinos para el ambiente y la población de Catamayo. Una vez que la caña es cortada la ordenan en pequeños montones para que la maquinaria la lleve hasta la planta donde es lavada; el agua que sale lleva nutrientes y hojas que son utilizadas posteriormente en el sistema de riego como abono para la nueva plantación; pero se tiene planeado construir piscinas de oxidación para purificar el agua antes de que regrese a la naturaleza.



**Fig.1.24** Mantenimiento de las plantaciones  
Fuente: Ingenio Monterrey

Una vez que la caña es lavada pasa por cuatro molinos que se encargan de extraer el jugo, que será utilizado para la fabricación de azúcar; el bagazo, es decir los restos de la caña son triturados y transportados a una caldera para ser quemados, su combustión calienta unos recipientes de agua que generan vapor y se transforman en la energía que pone a funcionar la maquinaria de la fábrica. El jugo de caña extraído pasa por algunos procesos como la ebullición, eliminación de agua y centrifugación antes de convertirse en el producto final; el azúcar, actualmente producen la blanca y morena que son empacadas y distribuidas por todo el País.



**Fig.1.25** Corte de la caña de azúcar. Loja  
Fuente: Ingenio Monterrey

## 1.5. El bagazo de caña de azúcar

---

### 1.5.1. Definición

---

*“Se denomina bagazo al residuo de materia después de extraído su jugo.”*

El bagazo de la caña de azúcar, es el residuo fibroso que queda de la caña después de ser exprimida y de pasar por un proceso de extracción.

### 1.5.2. Aplicaciones

---

El bagazo un subproducto de la caña de azúcar tiene un papel muy importante entre las fibras leñosas, debido a que es muy utilizado en la manufactura de toda clase de papel y como pastas blanqueadoras, en la elaboración de balanceados para animales y sobre todo para las industrias encargadas en la elaboración de aglomerados, industrias que hoy en la actualidad en países subdesarrollados se está llevando a cabo la utilización de este material en la elaboración de nuevos elementos para la construcción, debido principalmente a las grandes cantidades existentes y a su disponibilidad para obtenerlo.

Por lo general al bagazo se lo utiliza en los ingenios como material combustible, alimento para animales y como abono de las tierras para la próxima siembra.

### 1.5.3. Características

---

El bagazo de caña de azúcar, está formado por dos tipos de estructuras bien diferenciadas: las fibras y la medula o meollo.



**Fig.1.26** Bagazo. Molienda San Pedro de Vilcabamba.

Fuente: Jiménez M; Ochoa G, 2014



**Fig. 1.27** Papel a base del bagazo de caña de azúcar

Fuente: Papel Tucumán



**Fig.1.28** Bagazo como combustible para maquinaria

Fuente: google.com

- Las fibras están formadas por células cilíndricas y tejidos vasculares de paredes duras, las cuales se encuentran en la corteza y en la parte interior
- El meollo está formado por células parenquimatosas de forma irregular y de paredes finas con poca fuerza estructural, que se encuentran en la zona central de la caña y son de carácter esponjoso pudiendo absorber hasta 20 veces su propio peso en agua.
- La parte fibrosa es muy apropiada para la obtención de pulpa para la fabricación de papel y la producción de elementos aglomerados en forma de tableros, sin embargo suele venir acompañada de una parte de la médula que es preciso separar en equipos conocidos como desmeduladores.



Fig. 1.29 Fibra del bagazo  
Fuente: Jiménez M; Ochoa G, 2014



Fig.1.30 Médula o pulpa del bagazo  
Fuente: Jiménez M; Ochoa G, 2014

#### 1.5.4. Propiedades físicas

El bagazo de caña de azúcar, está constituido por cuatro componentes cuyos promedios son:

**Sólidos insolubles:** son de naturaleza inorgánica y están compuestos por piedras, tierra.

**Sólidos solubles:** son elementos que se disuelven con agua, compuestos principalmente por sacarosa.

**Agua:** el agua presente en el bagazo, es retenida a través de mecanismos (absorción y capilaridad), el agua juega un papel muy importante en el bagazo cuando es utilizado como materia prima.



Fig.1.31 Sólidos insolubles del bagazo de caña.  
Fuente: Jiménez M; Ochoa G, 2014

Tabla 1.5 Propiedades físicas del bagazo de caña de azúcar.

COMPONENTE	PORCENTAJE %
Fibra de bagazo	45
Solidos insolubles	2 - 3
Solidos solubles	2 - 3
Agua	50

Fuente: Revista AIDIS – Caña de azúcar  
Elaboración: Jiménez M; Ochoa g, 2014

## Humedad

El bagazo es uno de los materiales constituido por partículas con espacios vacíos entre las mismas, además del volumen de los poros y el lumen. A esta densidad global se le denomina *densidad en bulto* y depende de una serie de factores entre los cuales la mayor incidencia la presenta el grado de compactación del material y su humedad.

La humedad del bagazo está en relación directa con el alto nivel higroscópico de la medula, así como la elevada porosidad de las partículas, de ahí su gran capacidad de absorción, entre 80 y 85% de humedad sin que haya agua sobrante, la humedad de equilibrio promedio del bagazo está entre 9 y 10%.

El contenido de humedad está relacionado directamente con el proceso de molienda y la forma de almacenamiento del residuo. Para determinar la humedad de una fibra vegetal, en este caso el bagazo de caña de azúcar, se debe aplicar la siguiente fórmula:

$$\text{humedad} = \frac{100 \times \text{peso humedo} - \text{peso seco}}{\text{peso humedo}}$$

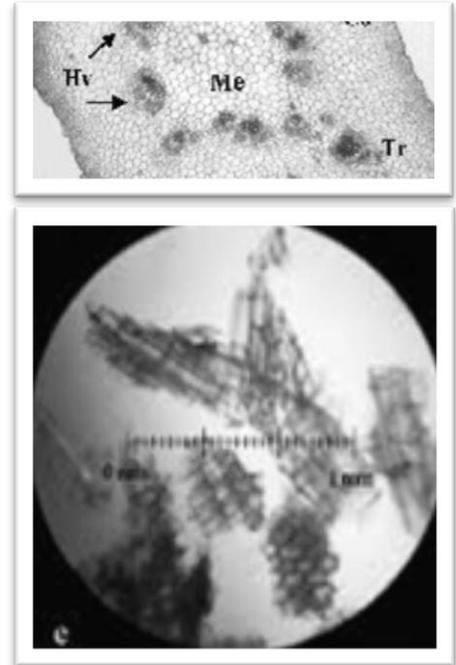


Fig.1.32 Micrografía de partículas de bagazo de caña.  
Fuente: scielo.org.com

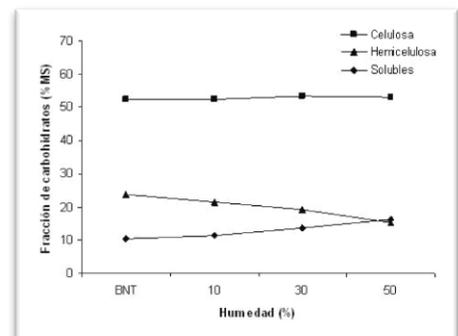


Fig.1.33 Contenido de humedad, capilaridad.  
Fuente: bioagro.com

Tabla 1.6 Porcentajes de humedad del bagazo de caña de azúcar

HUMEDAD (%)	COMPACTACION (m)	DENSIDAD EN BULTO(kg/m2)
90 - 10	Suelto	60
50	Suelto	70
75	Suelto	85
75	Compactado (h=20m)	150
75	Compactado (h=20m)	250

Fuente: Revista AIDIS – Caña de azúcar  
Elaboración: Jiménez M; Ochoa G, 2014

### 1.5.5. Propiedades químicas

El bagazo está compuesto de celulosa, hemicelulosa y lignina como principales polímeros naturales, presentan además pequeñas cantidades de otros compuestos clasificados como componentes extraños.

Estudios, han permitido concluir que la composición química no se ve afectada de manera significativa, por la variedad de caña, de igual forma sucede al comparar los componentes morfológico del bagazo.



Fig.1.34 Propiedades químicas del bagazo.

Fuente: bioagro.com

Tabla 1.7 Propiedades químicas del bagazo de caña de azúcar

COMPONENTE	PORCENTAJE
Celulosa	41 - 44
Hemicelulosa	25 - 27
Lignina	20 - 22
Solubles en solventes orgánicos	2 - 3
Ceniza	2 - 3
Compuestos solubles en agua	4 - 6

Fuente: Revista AIDIS – Caña de azúcar

### 1.5.6. Conservación y almacenamiento <sup>5</sup>

En la mayor parte de las zonas azucareras el proceso y corte de la caña de azúcar es una actividad temporal, por lo que el almacenamiento del bagazo es producido en la época de zafra, siendo necesario este proceso cuando éste se va a utilizar para operaciones continuas durante un año en la industria de la pulpa y papel.

Desde el punto de vista conceptual, el almacenamiento consiste en guardar el bagazo durante un espacio de tiempo para ser empleado en un momento determinado, sin sufrir transformaciones en cuanto a calidad, que impidan su uso posterior, todo esto debe lograrse con el menor costo posible entre los períodos de molienda de la caña de azúcar.



Fig.1.35 Almacenamiento del bagazo a granel, Molienda de Malacatos. Loja  
Fuente: Jiménez M; Ochoa G, 2014

<sup>5</sup> ECURED, Conservación y Almacenamiento del bagazo de caña de azúcar.

De los métodos de almacenamiento más comunes y utilizados en las molindas e ingenios están:

**Pacas húmedas:** consiste en empacar el bagazo húmedo, antes o después del desmedulado, almacenado en forma piramidal, con canales de ventilación.

**Pacas pre secado:** evita el proceso de fermentación y pudrición y así evitar que se pierda la materia prima y al no existir problemas en el bagazo pre secado.

**En briquetas:** en la industria azucarera no se usa este método de almacenamiento por el alto nivel de costo, y el alto nivel de consumo energético de la maquinaria.

**A granel:** se almacena pacas en patios destinados para este fin, consiste en formar pilas que pueden contener hasta 25.000 toneladas con una altura de 20 a 25 m.



Fig.1.36 Pacas húmedas de bagazo.  
Fuente: constructora ecológica.com



Fig.1.37 Bagazo desmedulado almacenado briquetas.  
Fuente: constructora ecológica.com

### 1.5.7. Problema ambiental del bagazo

El bagazo de caña de azúcar, en la actualidad es utilizado como material combustible, constituyéndose en un problema por la contaminación del medio ambiente, debido al humo que emite al ser quemado, teniendo en cuenta que la cantidad de gas emitida a la atmósfera cuando se lo quema es mayor a la cantidad que se emitiría si se utilizará el hidrocarburo, y los gases que despiden cuando llega al punto de pudrición al ser botado en contenedores.

Un aspecto negativo a tener en cuenta cuando se utiliza el bagazo como combustible, es que cuando es quemado al aire libre, este es arrastrado por los vientos a grandes distancias, afectando no solo al ambiente sino a la salud de las poblaciones vecinas.



Fig.1.38 Bagazo quemado al aire libre.  
Fuente: lagaceta.com.ar



Fig.1.39 Bagazo de caña bajo sombra.  
Fuente: Jiménez M; Ochoa G, 2014

### 1.5.8. Ciclo de vida del bagazo

El tiempo de duración del bagazo antes de la aparición de agentes biológicos (moho), depende principalmente de los métodos de almacenamiento y secado que se le dé, evitando de esta manera la contaminación del medio ambiente, y si el material no es sometido a ningún método de almacenamiento y es dejado a la intemperie en contacto con la lluvia y el sol sufrirá un proceso de pudrición a los 7 - 10 días, debido a la gran cantidad de sacarosa que contiene.

### 1.5.9. El bagazo como materia prima

Se ha encontrado que el bagazo gracias a sus características es un elemento utilizado como materia prima superior a otros, tiene la ventaja sobre otros residuos agrícolas debido a que su recolección, transporte, molido y lavado, se cargan directamente a la producción de azúcar y, cuando se entrega el bagazo a la planta de elaboración, este requiere poco tratamiento preliminar.

### 1.5.10. El bagazo como combustible

Desde siglos pasados cuando ya existían problemas con respecto a los bosques, el bagazo se convirtió en el principal combustible para los ingenios azucareros, esto debido a que en aquellos tiempos no se contaba con la tecnología para utilizar el bagazo en la elaboración de otros productos, en la actualidad debido a su abundancia tiene que ser quemado para que no exista tanto sobrante y se tenga problemas por su acumulación, por lo cual el método más rápido para deshacerse de él es quemarlo en calderas. Una de las desventajas del uso del bagazo como combustible es que su combustión aumenta la cantidad de gases como el bióxido de



Fig.1.40 Bagazo de caña expuesto a la intemperie.  
Fuente: Jiménez M; Ochoa G, 2014



Fig.1.41 Composites de bagazo de caña.  
Fuente: Ecured.ecu



Fig. 1.42 Bagazo como combustible para calderas.  
Fuente: Jiménez M; Ochoa G, 2014

carbono, y a más el carbono que genera la planta durante su crecimiento, y una ventaja es que a partir de este material se puede generar el desarrollo de nuevas formas de energía para el mundo.

**Tabla 1.8** Contenido energético del bagazo, petróleo, gas

COMBUSTIBLE	CONTENIDO ENERGETICO
Bagazo	3'024000 calorías por tonelada
Petróleo	1'512000 calorías por barril
Gas natural	252000 calorías por 1000 ft2

Elaboración: Jiménez M; Ochoa G, 2014

### 1.5.11. El bagazo en la ciudad de Loja

Desde nuestra perspectiva, podemos decir que el bagazo de caña al igual que otros desechos de la producción agrícola, son considerados basura, ya que se puede observar en las fábricas (moliendas), que el bagazo está siendo acumulado de forma irracional, utilizándose como material combustible para el funcionamiento de la maquinaria (trapiche) para la elaboración de la panela, como abono para las plantaciones de caña y el resto dejándolo que llegue al punto de descomposición absoluta, generando esto la aparición de insectos que incomoda a las personas que laboran en las moliendas.

Antes de describir el proceso de obtención del bagazo, es necesario conocer el papel que desempeña cada persona que labora en las moliendas de la ciudad de Loja.

**Cortador.-** Es el encargado de la zafra de caña.

**Moledor.-** Es el que se encarga de pasar la caña por el trapiche, para obtener el guarapo.

**Bagacero.-** Es el que recoge el residuo de la caña luego de pasar por el trapiche (bagazo), cuyo principal trabajo es pilonarlo cerca de la secadora, para que luego el



**Fig.1.43** Almacenamiento del bagazo en Loja, molienda del Sr Francisco Barrigas  
Fuente: Jiménez M; Ochoa G, 2014



**Fig.1.44** Caña de azúcar luego de la zafra, molienda del Sr Francisco Barrigas  
Fuente: Jiménez M; Ochoa G, 2014

hortelano lo pueda montar en la misma y secarlo de la mejor manera.

**Hortelano.-** Es el que se encarga de secar el bagazo, colocándolo en la secadora y realizar trabajos barios.

**Hornero.-** Es el que se encarga de hervir el guarapo introduciendo fuego por los calderos.

**Melero.-** Es el que sabe el punto del guarapo, para realizar la panela.

El sector de análisis para esta investigación es el sector sur de la provincia de Loja, de donde obtendremos la materia prima para poner en marcha nuestro proyecto.

- La materia prima o materia en bruto es la caña, la misma que luego que se depositada en la fábrica ya sea en camiones o acémilas es triturada por el trapiche.
- Luego de dicha trituración se convierte en bagazo, el cual al momento de salir es tomado por el bagacero y acomodado en forma horizontal, para luego en montones pequeños depositarlo en un lugar determinado
- Una vez terminada la parte correspondiente a la molienda y teniendo almacenado todo el bagazo, procedemos a ponerlo en la secadora, que se encuentra sobre la chimenea por donde sale el vapor de los calderos donde se cocina el guarapo.
- Una vez estando cargado el bagazo se procede a secarlo, a puro vapor producido por los calderos mientras se cocina el guarapo, o al natural.



**Fig.1.45** Trituración de la caña, molienda del Sr. Francisco Barrigas  
Fuente: Jiménez M; Ochoa G, 2014



**Fig.1.46** Secado a vapor, molienda del Sr. Francisco Barrigas.  
Fuente: Jiménez M; Ochoa G, 2014



**Fig.1.47** Uso del bagazo en la elaboración de productos, molienda Sr. Francisco Barrigas  
Fuente: Jiménez M; Ochoa G, 2014

## **CAPITULO 2: TABLEROS PREFABRICADOS**

## **2.1. Introducción**

---

El ser humano ha utilizado la madera desde hace mucho tiempo atrás, como material combustible y para la construcción de sus viviendas, aprendiendo también durante el transcurso de estos años a utilizarla en la construcción de muebles y en la construcción de espacios interiores y exteriores. La madera a pesar de sus cualidades de confort, de belleza y de fácil trabajabilidad, también posee aspectos negativos naturales que impiden aprovecharla en su totalidad.

El origen de los productos a base de madera surge como necesidad de cubrir amplios espacios, tanto horizontales como verticales, permitiendo a las industrias la reutilización de desechos de madera y de mala calidad para la elaboración de tableros de grandes superficies de fácil uso, y de buenas características de resistencia y humedad. En la actualidad el desarrollo de estos materiales a base de la madera, han permitido resolver varios problemas en el ámbito de la construcción, abriendo la oportunidad de incrementar su aplicación en todo ámbito, debido a una alta demanda de producción de especies y residuos, forestales que en el pasado se utilizaban como combustible y que hoy constituyen la materia prima para la fabricación de material altamente cualificados.

## 2.2. Definición

---

Son planchas hechas con una mezcla de partículas de madera (astillas) u otras fibras y colas especiales, desarrolladas bajo condiciones de presión y temperaturas controladas, donde predomina la superficie sobre el espesor. Propiedades tecnológicas que permiten fabricar varios tipos de tableros, para ser utilizados en diversas aplicaciones en la construcción, la industria del mueble y otras áreas.

Los tableros prefabricados se dividen de acuerdo al uso que se les vaya a dar, dividiéndose en:

**Tableros estructurales:** aquellos utilizados en la industria de la construcción y del embalaje, dentro de estos elementos están los tableros contrachapados estructurales (tableros de láminas), y el OSB.

**Tableros no estructurales:** aquellos utilizados en la industria del mueble, dentro de estos elementos están los tableros de contrachapado decorativos, duros, OSB decorativo, y el MDF.

## 2.3. Clasificación de los tableros

---

Existe varios tipos de tableros, los cuales se diferencia el uno del otro por sus características, entre estos están: los tableros de partículas, tableros de láminas, tableros de fibras.

### 2.3.1. Tableros de partículas

---

Estos tableros, conocidos también como *tableros aglomerados*, se fabrican a partir de partículas de madera (hojuelas, astillas, virutas), las mismas que son combinadas con resinas sintéticas u otros adhesivos, sometidos a alta presión, que tengan características iguales o mayores a las de madera maciza.



Fig.2.1 Tableros derivados de madera  
Fuente: Masisa



Fig.2.2 Tableros de partículas  
Fuente: Masisa

Dentro de este grupo está el OSB, como elemento más conocido en el mercado y los que a continuación se enumeran:

***Aglomerados de fibras orientadas***

Desarrollado en tres capas, fabricado a base de virutas de gran tamaño, colocadas en direcciones transversales.

***Aglomerado decorativo***

Desarrollados con madera seleccionada, laminados plásticos o melamínicos.

***Aglomerado de tres capas***

Formado por una placa núcleo desarrollada por partículas grandes que van dispuestas entre dos capas de partículas más finas de alta densidad.

***Aglomerado de una capa***

Se desarrolla a partir de partículas de tamaño semejante distribuidas de manera uniforme.

Tabla 2.1 Características de los tableros de partículas

TABLEROS DE PARTICULAS				
Aplicación	Clasificación	Composición	Dimensiones	Propiedades
Estructurales	<p>Por geometría y tamaño de las partículas.</p> <p>Por el tamaño de las partículas en las superficies y el centro.</p> <p>Por la densidad del tablero.</p> <p>Por el tipo de adhesivo.</p> <p>Por el método de fabricación.</p>	<p>Partículas de madera (hojuelas, astillas, virutas)</p> <p>Resinas sintéticas</p> <p>Adhesivos</p>	<p>Largo 1.25 x2.25</p> <p>Espesor 2.5 – 3.8</p>	<p>Densidad</p> <p>Resistencia a la humedad.</p> <p>Aislamiento acústico.</p>

Fuente: MASISA  
Elaboración: Jiménez M; Ochoa G, 2014

### 2.3.2. Tableros de láminas

Conocidos como tableros contrachapados, formados a partir de chapas de madera, y adhesivos (resinas fenólicas o de resorcina), dispuestas simétricamente de manera que la dirección de la fibra de una chapa sea perpendicular a la adyacente. El número de chapas utilizadas debe de ser impar, consiguiéndose de esa manera un material con propiedades mecánicas parecidas en todas las direcciones del plano del tablero. En estos tableros las denominaciones más habituales dependiendo del material utilizado son:

**Tablero contrachapado multicapa:** formados por más de tres chapas, encolados a contra fibra.

**Tablero contrachapado con alma:** formados por un alma que no es una chapa de madera.

**Tablero contrachapado laminado:** su alma está formada por tablillas de chapa con un espesor inferior a 7 mm, encoladas en su mayor parte y dispuestas en canto.



Fig. 2.3 Tableros de láminas  
Fuente: Masisa

Tabla 2.2 Características de los tableros de láminas.

TABLEROS DE LAMINAS				
Composición	Aplicaciones	Clasificación	Dimensiones	Propiedades
Chapas de madera, de 7mm	Decorativos Estructurales	Composición	Largo 1.22 x 2.44 cm	Estabilidad dimensional
Alma (piezas de madera, listones, tablas tablillas).		Estado de su superficie		
Adhesivos		Ambiente donde van a ser utilizados	Espesor 4 y 3cm	Conductividad térmica
Recubrimientos		Material	Número de chapas 3 a 24	Aislamiento acústico
Aditivos				Reacción al fuego
				Comportamiento frente a los agentes biológicos

Fuente: MASISA

Elaboración: Jiménez M; Ochoa G, 2014

### 2.3.3. Tableros de fibras

Tableros fabricados a partir de fibras de madera secas (astillas de madera), unidas con resinas sintéticas, sometidas a un proceso de prensado donde se utiliza alta presión, tiempo y elevada temperatura.

#### **Tableros semiduros**

Dentro de este grupo están los tableros de baja densidad (no prensados), para recubrimientos y los de alta densidad (prensados), para revestimientos interiores OSB.

#### **Tableros de densidad media**

Tablero que tiene ambas caras lisas, se fabrica mediante un proceso seco, pueden trabajarse como si se tratara de madera maciza, uno de ellos y el más conocido el MDF.



Fig.2.4 Tableros de fibras  
Fuente: Masisa

Tabla 2.3 Características de los tableros de fibras.

TABLEROS DE FIBRAS				
Composición	Aplicaciones	Clasificación	Dimensiones	Propiedades
Fibras de madera	Decorativos	Tableros no prensados	Largo 2 – 4 m	Densidad $\geq 450\text{kg/m}^3$
Adhesivos	Estructurales	Tableros prensados	Ancho 1.20 – 2.50m	Humedad 4 – 10%
Recubrimientos			Espesor 2.5 – 5 cm	Estabilidad dimensional
Aditivos				Resistencia a la humedad
				Conductividad térmica.

Fuente: MASISA  
Elaboración: Autores

### 2.3.4. Tableros de Yeso

Placas elaboradas a partir de roca de yeso pulverizado, sometidos a una temperatura de 350 °F, cubierta por dos capas exteriores de cartón grueso generalmente reciclado que brinda un acabado natural y en algunas ocasiones cubierto en una de sus caras por papel



Fig.2.5 Tableros de yeso  
Fuente: Edimca.com

decorativo, acabado que permite ser maniobrado y cortado con facilidad considerado en la actualidad como un material de gran uso en la construcción, de fácil aplicación para tabiques interiores, cielos falsos y paredes. Tableros con una aplicación inmediata de cualquier tipo de recubrimiento o acabado (pintura, pasta) las uniones de las placas de yeso tratadas durante el proceso de instalación evita el agrietamiento de las mismas.

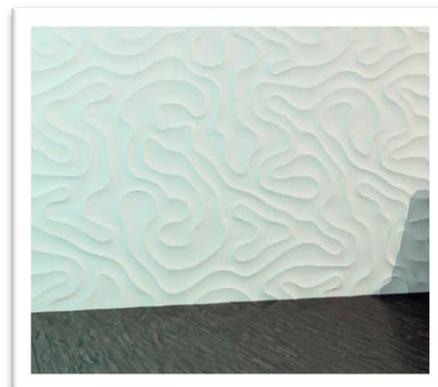


Fig.2.6 Tableros de yeso decorativo  
Fuente: Edimca.com

Tabla 2.4 Características de los tableros de yeso.

TABLEROS DE YESO				
Composición	Aplicaciones	Clasificación	Dimensiones	Propiedades
Yeso	Elementos decorativos en acabados.	Tableros naturales	Largo 2 – 3 m	Flexión
Celulosa		Tableros recubiertos por láminas de cartón (sándwich)	Ancho 1.20 m	Resistencia al Fuego
Cartón de recubrimiento	Estructurales		Espesor 10 – 18 mm	Comportamiento Acústico
				Aislamiento térmico
				Resistencia a la humedad

Fuente: EDIMCA  
Elaboración: Jiménez M; Ochoa G, 2014

### 2.3.5. Tableros de fibrocemento

Tablero constituido por un aglomerante (cemento), reforzado con fibras orgánicas, minerales o fibras inorgánicas sintéticas y aditivos especiales. Las placas de fibrocemento son materiales relativamente económicos, utilizado en el ámbito de la construcción como un material para acabados, son impermeables, fáciles de cortar y de perforar. Estos tableros (placas), se presentan en formas lisas o texturadas en distintas longitudes, además se fabrican piezas especiales de las más variadas formas, lo que facilita la construcción de espacios arquitectónicos.



Fig.2.7 Tableros de fibrocemento  
Fuente: Megahierro.com

**Tabla 2.5** Características de los tableros de fibrocemento.

TABLEROS DE FIBROCEMENTO				
Composición	Aplicaciones	Clasificación	Dimensiones	Propiedades
Cemento Fibras orgánicas e inorgánicas Aditivos	Decorativos Estructurales	Planchas onduladas Paneles Sándwich.	Largo y ancho Sobre pedido del cliente  Altura 2.50 m  Espesor 12,16,20 cm	Impermeables Resistencia a los cambios de temperatura. Resistente a la acción de termitas. Incombustible

Fuente: Hormigonprefabricado.blogspot.com  
Elaboración: Autores

### 2.3.6. Tableros de madera-cemento

Combinación de cemento portland y partículas de madera, que actúan como un armado, sometida a una elevada presión, su densidad es del orden de los 1000 kg/m<sup>3</sup>, ejerce una función portante y rigidizadora.

Tablero relativamente económico empleado para revestir elementos superficiales de madera, permite una gran flexibilidad y rapidez en la construcción, con excelentes acabados estéticos y funcionales.



**Fig. 2.8** Tableros madera-cemento  
Fuente: EDEM Tecnologías de estructuras de madera

**Tabla 2.6** Características de los tableros madera-cemento

TABLEROS MADERA - CEMENTO				
Composición	Aplicaciones	Clasificación	Dimensiones	Propiedades
Cemento Madera	Estructurales Decorativos	Tableros con acabado liso - natural.	Largo 2.6 m  Ancho 1.22 m  Espesor 8,10,12,16,19,22 cm	Resistencia la flexión y compresión. Alta resistencia al impacto Resistencia la fuego Alta resistencia a la humedad Aislamiento acústico Resistencia a las variaciones térmicas.

Fuente: EDEM -Tecnologías de estructuras de madera  
Elaboración: Jiménez M; Ochoa G, 2014

### 2.3.7. Paneles sándwich

---

Son productos prefabricados formados por un alma de material aislante (generalmente espumas sintéticas) y dos paramentos derivados de la madera. A veces los paneles incluyen barrera de vapor y hasta un enrastrelado para la colocación de la teja en la cubierta; en otros casos, el panel sólo dispone de un tablero en una de las caras y en algunos casos, incluyen largueros de madera maciza en el alma del panel para conseguir una mayor resistencia a la flexión.



Fig. 2.9. Paneles sándwich  
Fuente: Masisa

### 2.4. El Tablero como sistema de prefabricación <sup>6</sup>

---

La madera es considerada como el material más versátil utilizado en la construcción y, probablemente, el único con el que se puede construir la totalidad de una vivienda: estructuras, revestimientos, puertas, ventanas, accesorios, mobiliario, etc.

La construcción con madera puede efectuarse con distintos sistemas de fabricación, los cuales se diferencian principalmente por la cantidad de trabajo realizado en la fábrica o en la obra; desde la transformación de la madera a piezas de distintas secciones y tamaños, hasta la fabricación completa de elementos volumétricos, donde cada uno requiere equipo suficiente de acuerdo a la cantidad de construcciones por realizar. Los tableros o paneles pertenecen al sistema constructivo industrializado de prefabricación parcial. Los componentes de construcción de una vivienda, tales como muros, pisos, plafones, techos, hechos con un sistema modular de paneles, están previstos para ser fabricados, manipulados y montados por dos hombres sin la necesidad del uso de grúas u otros mecanismos de izamiento.

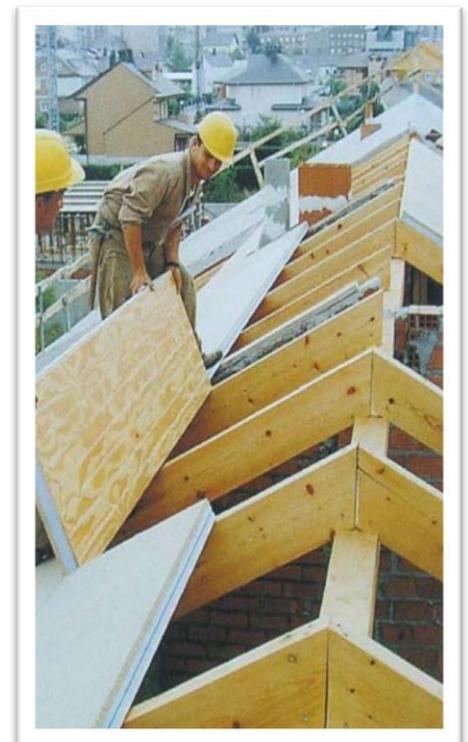


Fig.2.10 Instalación de tableros sándwich  
Fuente: EDEM Tecnologías de estructuras de madera

---

<sup>6</sup> TECNOLOGIAS LIMPIAS. Etapas y equipos del proceso de los tableros de madera.

## 2.5. Proceso de Instalación de los tableros prefabricados.

En la actualidad en el mercado de la construcción, contamos con una serie de alternativas para lo que respecta al montaje e instalación de tableros a partir de fibras de madera tomando en consideración las diferentes especificaciones técnicas para cada uno de ellos y dependiendo del uso que vayan a ser sometidos, procesos que están facilitado el trabajo de los constructores, en lo que respecta a tiempo y mano de obra, obteniendo trabajos de calidad.

Entre estas alternativas para montaje y fijaciones de los tableros están las siguientes:

### 2.5.1. Fijaciones <sup>7</sup>

Para fijar los tableros se pueden utilizar tornillos y clavos, fijándolos a la estructura desde el centro de los tableros hacia los bordes, dejando para el final el perímetro de éstos. Debe cuidarse que la madera utilizada en la estructura del tabique posea un adecuado porcentaje de humedad (15% o menos), libre de nudos sueltos, cantos muertos e imperfecciones que debiliten el material.

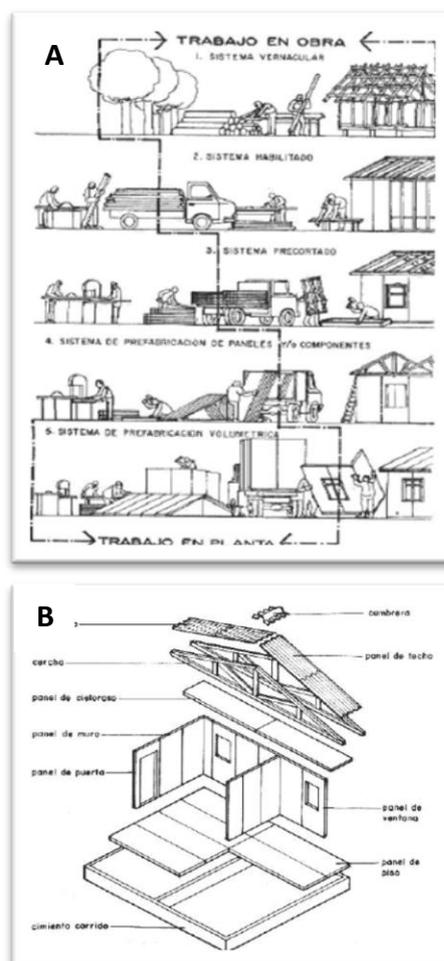


Fig.2.11. A) Tipos de sistemas constructivos con madera, B) sistema de prefabricación con tableros. Fuente: PADT – REFORT 1984

Tabla 2.7 Distancia de fijaciones para tableros

DISTANCIAS ENTRE FIJACIONES			
Espesor	Tornillo o Clavo	Distancia entre tornillo o clavo (cm)	
		Zona Perimetral	Zona Interior
6	1"	15	20
8	1 ¼"	20	25
5.5	1"	15	20
9	1 ¼"	20	25

Fuente: Placacento- Masisa

Elaboración: Jiménez M; Ochoa G, 2014

<sup>7</sup> ENRIQUE PERAZA ARQUITECTO(2008). Productos de madera para arquitectura.

PLACACENTRO MASISA. Construcción de prefabricados.

### **Tornillos autorroscantes**

Constan de un fuste con una zona roscada en la punta y un tramo liso. El diámetro varía entre 1,4 y 20 mm y la longitud entre 7 y 250 mm aproximadamente. La capacidad mecánica ante esfuerzos de corte es superior a la de los clavos. Al colocarlo en un agujero previamente hecho, el propio tornillo va haciendo la rosca al introducirse. El agujero previo es necesario hacerlo ya que si no se corre el riesgo de rajar la madera. Este agujero se hace de un diámetro apropiado para el tornillo a colocar, ya que si el agujero queda pequeño para el diámetro, hay que hacer mucha fuerza para introducirlo por lo que se aumenta el riesgo de rotura del mismo siendo muy difícil extraer el trozo de tornillo que quedo introducido en la madera. Para facilitar la operación de introducción del tornillo con seguridad se utiliza un lubricante, comúnmente jabón seco que se raspa en los filetes del tornillo, también se puede utilizar cera. Una vez colocado el tornillo hay que evitar sacarlo para volverlo a colocar ya que de esta forma se estropea la rosca que se formó en la madera.

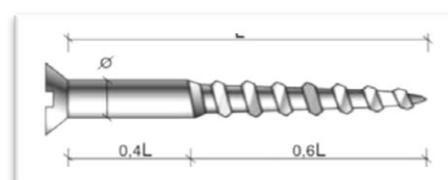
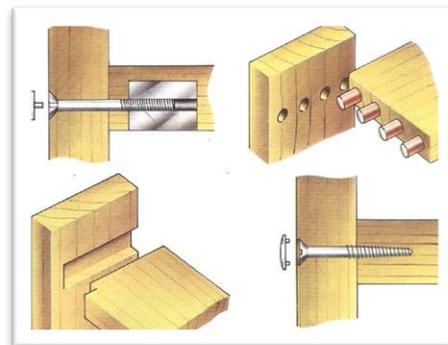


Fig. 2.12 Tornillos autorroscantes  
Fuente: EDEM, accesorios

### **Clavos**

Son de acero (convenientemente galvanizado) con una resistencia de entre 4000 y 8000 daN/cm<sup>2</sup>. Constituyen el medio de unión más común en los sistemas estructurales de entramado ligero. El tipo de clavo más utilizado es el de fuste de adherencia mejorada, con resaltos en forma de cuñas o helicoides. Esta característica permite alcanzar mayores capacidades de carga, sobre todo a la extracción. De esta manera se evita que el clavo sobresalga con el uso. Su diámetro varía entre los 0,7 y 9 mm y la longitud entre 7 y 310mm.

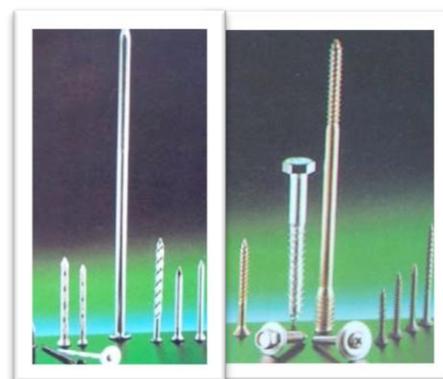


Fig. 2.13 Tornillos y clavos  
Fuente: EDEM, accesorios

Para fijar los tableros se pueden utilizar tanto tornillos como clavos estriados de 2 1/2". Se deben colocar los tornillos a una distancia entre sí de 15 cm en todo el perímetro de las placas y de 30 cm en el centro. En sitios con situaciones climáticas verdaderamente adversas se recomienda el uso de mayor cantidad de fijaciones.

### **Uniones mecánicas**

Incluyen todos los sistemas de unión que emplean elementos metálicos a modo de pasadores y placas, de forma que se requiere un material de nuevo aporte para la transmisión de los esfuerzos.

### **Unión mecánica tipo clavija**

La madera en muchas de sus propiedades mecánicas (flexión, tracción) presenta un comportamiento frágil; es decir, tiene poca capacidad de almacenar energía. Las uniones mecánicas tipo clavija aportan una ductilidad al conjunto de la estructura de tal manera que el comportamiento general compensa la fragilidad del material. Esto se consigue gracias a la capacidad de plastificación que tienen los elementos metálicos de conexión.

## **2.5.2. Montaje <sup>8</sup>**

### **Cielos rasos**

Distancia máxima recomendable entre apoyos:

Para el revestimiento de cielos rasos, el tablero debe fijarse sobre una estructura de madera o perfiles metálicos conformada por cadenas y cintas. Las escuadrías de las piezas quedan a criterio del proyectista, pero se deberán respetar las siguientes distancias entre apoyos.

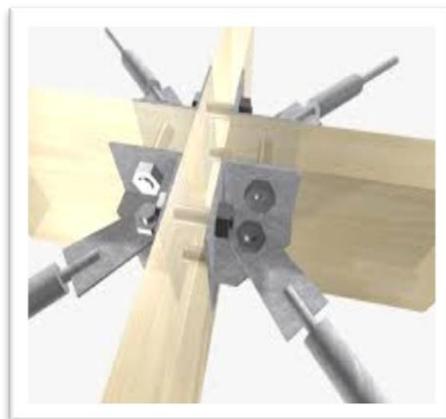


Fig. 2.14 Placas metálicas  
Fuente: EDEM, accesorios

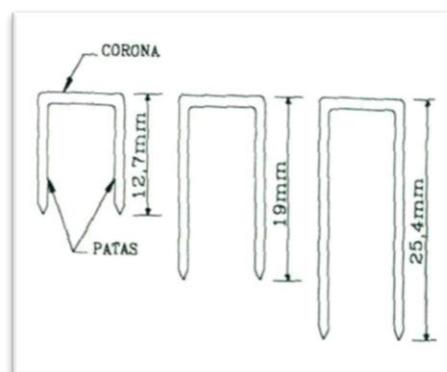


Fig. 2.15 Grapas tipo clavijas  
Fuente: EDEM, accesorios

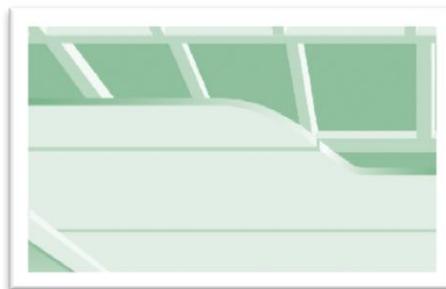


Fig. 2.16 Montaje cielos rasos  
Fuente: Masisa

**Nota:** Este ejemplo permite indicar las escuadrías mínimas y criterios generales de uniones, quedando en libertad el proyectista en cuanto a formas y uso de materiales (perfiles metálicos de aluminio, de plástico.)

<sup>8</sup> ENRIQUE PERAZA ARQUITECTO (2008) Productos de madera para arquitectura.  
PLACACENTRO MASISA, Construcción de prefabricados.

Tabla 2.8 Distancia entre apoyos para cielos rasos

DISTANCIA ENTRE APOYOS DE CIELOS RASOS		
Espesor	Distancia entre ejes cintas (cm)	Distancia entre ejes cadenas (cm)
6	40	60
8	40	40
5.5	40	50
9	60	80

Fuente: Placacentro Masisa  
 Elaboración: Jiménez M, Ochoa G, 2014

### Paredes

Distancia máxima recomendable entre apoyos:

Para el revestimiento de paredes, el tablero debe fijarse sobre la estructura de madera o metal conformada por pies derechos y cadenas. Las escuadrías de las piezas quedan a criterio del proyectista, pero se deberán respetar las siguientes distancias entre apoyos:

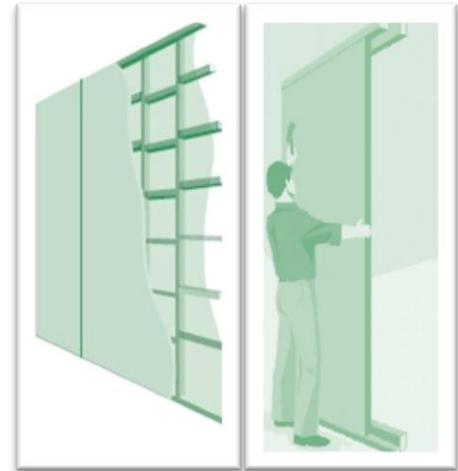


Fig. 2.17 Montaje de paredes  
 Fuente: Masisa

Tabla 2.9 Distancia entre apoyos para paredes

DISTANCIA ENTRE APOYOS DE PAREDES		
Espesor mm	Distancia entre ejes pies derechos (cm)	Distancia entre ejes cadenas (cm)
6	50	50
8	50	60
5.5	50	50
9	60	80

Fuente: Placacentro Masisa  
 Elaboración: Jiménez M, Ochoa G, 2014

### Pisos

Las características mecánicas de los tableros influyen directamente en el diseño del piso en lo que se refiere a existencia o no de humedad en el sector, distanciamiento de apoyos y disposiciones para su fijación a la estructura.

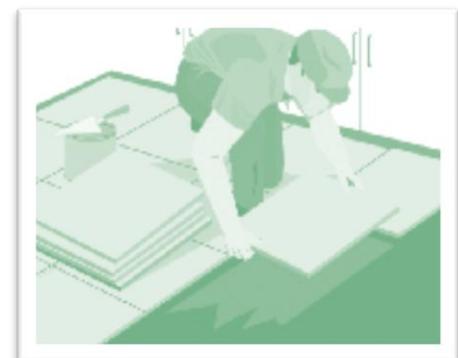


Fig. 2.18 Montaje de pisos  
 Fuente: Masisa

**Tabla 2.10** Distancia entre fijaciones y apoyos para pisos para pisos

<b>DISTANCIA ENTRE FIJACIONES Y APOYOS PARA PISOS</b>					
Fijaciones				Apoyos	
Espesor(mm)	Tornillo(mm)	Distancia entre tornillos		Espesor(mm)	Distancia(cm)
		Zona perimetral	Zona interior		
15	1 ½"	20 a 30	40 a 50	12	40
18	1 ¾"	20 a 30	40 a 50	15	45
24	2"	20 a 30	40 a 50	18	50
32	2 ½"	30 a 40	40 a 50	24	60
15	1 ½"	20 a 30	40 a 50	32	65
18	1 ½"	20 a 30	40 a 50	15	55
20	1 ¾"	30 a 40	60	18	60
25	1 ¾"	30 a 40	60	20	65

Fuente: Placacetro Masisa  
 Elaboración: Jiménez M, Ochoa G, 2014

## 2.6. Tableros prefabricados en el mercado de la construcción de la ciudad de Loja

En nuestro medio es importante tener presente que no contamos con una gran variedad de alternativas en tableros a base de madera y de fábricas proveedoras del material, siendo MASISA, EDIMCA, SAGO las principales en nuestro medio, sin embargo estos materiales hoy en día han tenido un gran desarrollo en el mercado de la construcción, debido principalmente al incremento de la demanda de sus productos en estos últimos tiempos, por los diferentes usos que se les puede dar a estos materiales, ya sea en la construcción y en la fabricación de muebles.

Entre los tableros más utilizados en la construcción y fabricación de muebles en nuestro medio y con mayores ingresos en MASISA fabrica distribuidora en la ciudad, son:



**Fig. 2.19** Proveedores de tableros prefabricados en Loja  
 Fuente: www.google.com

- MDF (partículas)
- OSB (fibras)
- PANELES CONTRACHAPADOS (laminas)
- MELAMINAS



Fig. 2.20 Tableros OSB  
Fuente: Masisa

### 2.6.1. Tableros OSB

Tableros formados con virutas de madera, que se unen entre sí en varias capas, mediante el uso de adhesivos químicos, prensados mediante la aplicación de calor y presión. La orientación de las capas de este tablero son las que le otorgan las diversas características de resistencia y rigidez al tablero OSB.

Tabla 2.11 Características del tablero OSB

TABLEROS OSB				
TIPOS	COMPOSICION	APLICACIONES	DIMENSIONES	PROPIEDADES
<b>OSB 1</b> uso general, ambientes secos.	Virutas longitud aprox. 80mm y grosor inferior a 1mm	<b>Decorativos</b> Revestimientos.	Longitud 2.40 m Ancho 1.20 m	Densidad Conductividad térmica
<b>OSB 2</b> uso estructural, ambientes secos.	Adhesivos urea-formol, urea - melamina, fenol-formaldeido	<b>Estructurales</b> Soporte para cubiertas, cerramientos, fachadas, tabiques divisorios.	Espesor 6 hasta 28 mm	Reacción al fuego Comportamiento frente a los agentes biológicos
<b>OSB 3</b> uso estructural, ambiente húmedo.	Aditivos mejorar las propiedades del producto.	Elementos para carpintería.		Propiedades estructurales
<b>OSB 4</b> uso estructural, ambiente húmedo.				

Fuente: Placacentro Masisa  
Elaboración: Jiménez M; Ochoa G, 2014

Tabla 2.12 Características mecánicas del tablero OSB

CARACTERISTICAS FISICO - MECANICAS							
Propiedad		Unidad	Tolerancia	OSB Home			
Espesor		mm		9.5	11.1	15.1	18
Densidad		Kg/m <sup>3</sup>	± 40	640	640	640	640
Resistencia a la tracción		N/mm <sup>2</sup>		0.34	0.32	0.32	0.32
Resistencia a la flexión	Eje mayor	N/mm <sup>2</sup>		22	20	20	20
	Eje menor	N/mm <sup>2</sup>		11	10	10	10
Módulo de elasticidad	Eje mayor	N/mm <sup>2</sup>		3500	3500	3500	3500
	Eje menor	N/mm <sup>2</sup>		1440	1440	1440	1440
Hinchamiento espesor 24 h		%		20	20	20	20

Fuente: Placacentro Masisa

Elaboración: Jiménez M, Ochoa G, 2014

**Fijaciones y ensambles** Es indispensable usar elementos de anclaje a la superficie, siendo también adecuados los métodos y accesorios para la madera maciza, sin embargo los tornillos con rosca de núcleo paralelo son los más adecuados, que los de madera convencional, los mismos que para su anclaje deberán realizarse orificios de un diámetro correspondiente al 85 – 90 % del diámetro del núcleo del tornillo, respetándose una distancia mínima de 8mm de los bordes y 25 mm de las esquinas también se pueden usar grapas y puntas para uniones con una resistencia reducida.

### **Fabricación**

El proceso de fabricación de los tableros OSB es 100 % automatizada, producto que posee cuatro capas, dos externas en sentido longitudinal y dos internas en sentido perpendicular, esta orientación de las tiras en capas, asegura propiedades técnicas superiores en estos tableros.

El OSB se produce a partir de troncos de madera de florestas sustentables, 100% reforestarles. A los troncos se les quita la corteza y se los corta en tiras a lo largo de

su fibra. Estas tiras son secadas, cribadas y mezcladas con la composición de resinas de adherencia a prueba de agua, parafina e insecticida contra termitas. Luego van para las formadoras donde serán producidas las capas orientadas, después para el prensado en alta temperatura y presión, donde serán formados los paneles y, finalmente, para el corte definitivo. Todo este proceso es totalmente automatizado, con el monitoreo de cámaras y computadoras.

### 2.6.2. Tableros MDF

Es un tablero de densidad media, elaborado con fibras de madera, que se combinan con una resina sintética, para luego ser elaborados bajo presión y temperatura, estos tableros permiten obtener excelentes acabados y terminaciones, siendo utilizados para diversas aplicaciones.



Fig. 2.21 Tableros MDF  
Fuente: MASISA

Tabla 2.13 Características del tablero OSB

TABLEROS MDF				
TIPOS	COMPOSICION	APLICACIONES	DIMENSIONES	PROPIEDADES
<p><b>Liviano</b> densidad media (630 kg/m<sup>3</sup>).</p> <p><b>Ultraliviano</b> densidad menor al tipo liviano (550kg/m<sup>3</sup>). Uso donde se requiere agarre de tornillo.</p> <p><b>Standard</b> mayor densidad (700kg/m<sup>3</sup>), para uso estructural.</p>	<p>Fibras de madera de pino caribe venezolano.</p> <p>Resinas sintéticas</p> <p>Aditivos mejorar las propiedades del producto.</p>	<p><b>Decorativos</b> mobiliario.</p> <p><b>Estructurales</b> tabiques, entpisos y cielos rasos.</p>	<p>Longitud 1,22,1,52,1,83 m</p> <p>Ancho 2,44 m</p> <p>Espesor 3,5,5,9,12,16cm</p>	<p>Densidad</p> <p>Conductividad térmica</p> <p>Flexión</p> <p>Hinchamiento</p> <p>Propiedades estructurales</p>

Fuente: Placa centro Masisa  
Elaboración: Jiménez M, Ochoa G, 2014

Tabla 2.14 Características mecánicas del tablero MDF Standard

CARACTERISTICAS FISICO - MECANICAS				
MDF Standard			Espesor ( mm )	
Propiedades	Unidad	Tolerancia	15	18
Densidad	Kg / m3	± 20	740	730
Flexión	N / mm2	± 5	30	30
Tracción	N / mm2	± 0.10	0.80	0.80
Extracción tornillo canto	N		Min 1000	Min 1000
Hinchamiento 24h	%		Max 12	Max 12

Fuente: Placa centro Masisa  
Elaboración: Jiménez M, Ochoa G, 2014

Tabla 2.15 Características mecánicas del tablero MDF Liviano

CARACTERISTICAS FISICO - MECANICAS							
MDF Liviano			Espesor (mm)				
Propiedades	Unidad	Tolerancia	9	12	15	25	30
Densidad	Kg /m3	± 25	620	620	620	620	620
Flexión	N /mm2	± 5	29	28	28	27	23
Tracción	N /mm2	± 0.15	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7
Extracción tornillo canto	N		N/A	N/A	Min 700	Min 700	Min 700
Hinchamiento 24 h.	%		Max.17	Max.15	Max 12	Max 10	Max 8

Fuente: Placa centro Masisa  
Elaboración: Jiménez M; Ochoa G, 2014

Tabla 2.16 Características mecánicas del tablero MDF Ultraliviano

CARACTERISTICAS FISICO - MECANICAS							
MDF Ultraliviano			Espesor (mm)				
Propiedades	Unidad	Tolerancia	15	18	20	25	30
Densidad	Kg /m3	± 25	520	500	500	500	500
Flexión	N /mm2	± 4	22	20	20	18	18
Tracción	N /mm2	± 0.15	0.6	0.60	0.6	0.6	0.6
Extracción tornillo canto	N		Min 550	Min 550	Min 550	Min 550	Min 550
Hinchamiento 24 h.	%		Max.12	Max.14	Max 10	Max 10	Max 10
Humedad	%	± 3	8	8	8	8	8

Fuente: Placa centro Masisa  
Elaboración: Jiménez M, Ochoa G, 2014

### ***Fijaciones y ensambles***

Para la fijación de este tipo de tableros se recomienda el uso de tornillos de cuerpo recto o tarugos, realizando una perforación guía menor al diámetro del tornillo, principalmente cuando se va a trabajar en cantos, tratando de centrarla para evitar dañar las caras de los tableros.

### ***Fabricación***

Los tableros de MDF son producidos usando troncos frescos de pino, seleccionados y descortezados, provenientes de plantaciones generalmente manejadas bajo el concepto de una continua y permanente reforestación. Los rollizos se reducen a astillas, después de su previo descortezado, que son lavadas y posteriormente se someten a un proceso termo mecánico de desfibrado. La fibra se mezcla con aditivos (resina, cera y urea) y finalmente pasa por un proceso de prensado en donde se aplica presión y temperatura dando así origen al tablero de MDF.

### **2.6.3. Melamínas**

---

Son tableros aglomerados, recubiertos por sus dos caras con láminas decorativas, impregnadas con resinas melamínas, que permiten cerrar al tablero en su totalidad, evitando poros y brindando mayor resistencia a la superficie. Es un material que cuenta con protección antimicrobiana, lo que ofrece un producto libre de bacterias, y moho en la superficie de los muebles.

Producto de uso para la fabricación de muebles, de baño, cocina, oficinas y para aplicaciones verticales como puertas de closet y de cocina.



**Fig. 2.22** Melamínas  
Fuente: MASISA

## 2.7. Métodos para la elaboración de tableros

### 2.7.1. Método Húmedo

En este método el primer paso es la reducción de la materia prima a fibras, procesos que se dan por la aplicación de grandes cantidades de agua, generando un enlace natural entre los residuos y el agua llamados enlaces de hidrogeno, este método no suele requerir ningún tipo de resinas.

El contacto de las fibras se da por tensión superficial sobre las mismas, la cual hala las fibras entre ellas y produce la evaporación del agua durante la laminación.

### 2.7.2. Método Seco

En este método el medio de transporte y distribución de las fibras es el aire, en el cual al no existir la presencia del agua, no se produce ninguna clase de enlaces por lo que es necesaria la aplicación de agentes adhesivos.

La unión de estos agentes con las fibras, sucede al momento de convertirse los adhesivos de solidos a líquidos, generándose enlaces de hidrogeno, esta unión dependerá si esta transformación es variable. El proceso de laminado de estas fibras requiere la presencia de calor o presión para generar enlaces fuertes de adhesión.

### 2.7.3. Adhesivos y aditivos

El adhesivo a utilizar depende principalmente del tipo del tablero y de su aplicación, los más utilizados son: Urea formol (UF) para interiores, Urea - melanina formol (MF) o Fenol formaldehido (PF) para exteriores. A los adhesivos se pueden incorporar aditivos: como: ceras (para aumentar la repelencia a la humedad); retardantes del fuego (para mejorar la reacción al fuego); insecticidas (para mejorar la resistencia a los insectos).

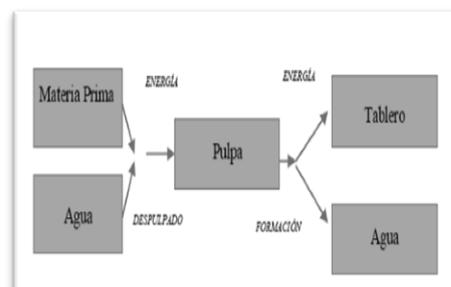


Fig.2.23 Método Húmedo  
Fuente: Clotário Tapia Bastidas

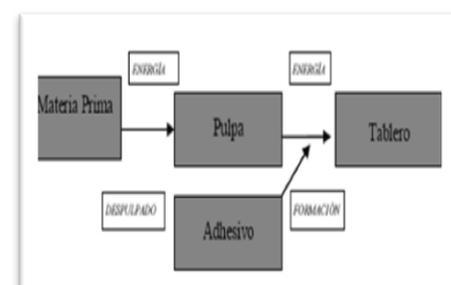


Fig.2.24 Método Seco  
Fuente: Clotário Tapia Bastidas

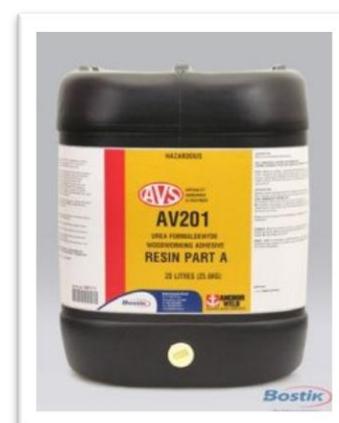


Fig.2.25 Adhesivo de urea - Formaldehido  
Fuente: www.google.com

#### 2.7.4. Prensado

---

**Frio:** los moldes de los tableros se someten a presión en prensas hidráulicas, que reúnen pilas y moldes de hasta 40 planchas, las mismas que se someten a presión durante 15 – 25 horas para que fragüen, después de lo cual los moldes se retiran, se limpian y vuelven a entrar en circuito.

**Caliente:** consiste en compactar los tableros por medio de presión, procedimiento que se realiza por medio de prensas destinadas y acondicionadas para tal fin, el tiempo de prensado es de 6 – 7 min para tableros de 3mm. En el método húmedo se obtiene ciclos de prensado de 4 – 5 min, y en el método seco los ciclos se dan de 2 y medio hasta 1 y medio, con temperaturas de 260 °C, no aptas para cualquier material.

#### 2.8. Normas INEN, aplicadas a tableros de madera<sup>9</sup>

---

El Instituto Nacional Ecuatoriano de Normalización, organismo encargado de la normalización, certificación y calidad de los productos en el Ecuador, contribuye a garantizar, la protección del consumidor, promoción de la cultura, la calidad, el mejoramiento de la productividad y la competitividad en la sociedad ecuatoriana.

Entre las normas que deben cumplir y determinan las características de los tableros prefabricados a base de madera están:

- NTE INEN 900
- NTE INEN 899
- NTE INEN 804
- NTE INEN 1685

**NTE INEN 900** (Tableros de madera aglomerada, requisitos)

---

<sup>9</sup> INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACION INEN. Tableros aglomerados.  
SERGIO REYES (2013). Tesis fin de titulación. Paneles de fibras.UTPL

Esta norma establece los requisitos mínimos que deben cumplir los tableros aglomerados para efectos de certificación. Luego de un cuadro de definiciones establecidas, la normativa establece una clasificación de tableros de madera:

**Tipo I:** Exterior a prueba de agua y para usos marinos

**Tipo II:** Para uso en interiores

La norma especifica las características mínimas para los dos tipos de tableros, tomando en consideración los siguientes requisitos:

**Tabla 2.17** Características mínimas para tableros

COMPRESIÓN	20kg/cm <sup>2</sup>
FLEXION	15Kg/cm <sup>2</sup>
HINCHAMIENTO	20% en 24horas

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción INEN  
Elaboración: Jiménez M, Ochoa G, 2014

**Tabla 2.18** Dimensiones mínimas para tableros

DIMENSIONES		
		tolerancia
largo y ancho		± 2.0 mm
espesor	7mm – 0.5 mm	± 0.2mm
	mayores a 7mm	+ 0.2 mm

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción INEN  
Elaboración: Jiménez M, Ochoa G, 2014

**NTE INEN 899** (Tableros de madera aglomerada, determinación de hinchazón y absorción de agua por sumersión total)

En esta norma se especifica un método para determinar la hinchazón y absorción de agua por sumersión total de tableros de madera aglomerada.

Luego de establecer el equipo necesario (calibrador y recipiente con agua) se enumeran las especificaciones de

las probetas, el procedimiento consiste en determinar el espesor de cada probeta antes y después de la inmersión en agua limpia a temperatura y presión ambiente en tiempos de 2 y 24 horas; las probetas deben estar separadas unas de otras, los bordes superiores de las probetas deben estar por debajo del nivel del agua. La determinación del porcentaje de hinchamiento se lo realiza con la fórmula:

$$Ht = \frac{t2 - t1}{t1} * 100$$

**HT:** Hinchamiento

**T1:** espesor de probeta previo a inmersión

**T2:** espesor de probeta luego a inmersión

**NTE INEN 804** (Prevención de incendios, determinación de la resistencia al fuego de elementos constructivos)

Esta norma establece la resistencia al fuego de elementos constructivos. Luego de un marco de definiciones y simbología la normativa describe el método de ensayo de una probeta representativa del elemento constructivo completo.

El ensayo consiste en someter la probeta al fuego en un horno bajo condición de presión y temperatura controladas y determinar, el tiempo durante el cual la probeta resiste al fuego según criterios de integridad, capacidad de aislamiento y estabilidad del elemento. En la especificación del equipo necesario, establece la necesidad de usar un horno que permita controlar temperatura y presión pero no se especifica las medidas del mismo, siendo esta característica dependiente del tamaño de muestras que se quiera ensayar. Dentro de los condicionamientos de la prueba se aclara que el contenido de humedad de la muestra debe ser equilibrado con la atmósfera además de que el

condicionamiento de la muestra debe ser lo más parecido posible a cuando esta esté en utilidad. Finalmente la normativa establece una clasificación según el tiempo de resistencia de la probeta: **F (minutos de resistencia)**.

La resistencia mínima para elementos verticales de uso residencial es de:

**Tabla 2.19** Clasificación de resistencia al fuego

Clasificación de la resistencia al fuego	
<b>F30</b>	riesgo bajo
<b>F60</b>	riesgo alto

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción INEN  
Elaboración: Jiménez M, Ochoa G, 2014

### **NTE INEN 1685** (Yeso para la construcción)

Esta norma establece los requerimientos que de cumplir el yeso que se utiliza en la construcción. Primeramente la norma establece las definiciones necesarias para luego describir los requisitos físicos del yeso. Esta normativa exige como método de ensayo de propiedades físicas a la norma NTE INEN 1688. Además establece como referencia a las normas españolas ASTM de donde se obtienen las exigencias físicas:

**Tabla 2.20** Especificaciones Técnicas del Yeso

Características	Designación e Identificación					
	YA	YD	YE/T	YPM	YPM/D	YPM/A
Índice de pureza	> 50	> 50	> 50	> 50	> 50	> 50
Diámetro de escurrimiento(mm)	165-210	165-210	165-210	165-210	165-210	165-210
Principio de fraguado	> 20min	> 20min	> 50min	> 50min	> 50min	> 50min
Resistencia a la compresión(N/mm <sup>2</sup> )	≥0.5	≥6.0	-	≥2.0	≥2.0	≥2.0
Dureza Shore C	≥45ud	≥75ud	≥45ud	≥65ud	≥75ud	≥45ud
Ph	≥6	≥6	≥6	≥6	≥6	≥6
Densidad aparente (kg/m <sup>2</sup> )	< 800	> 800	-	> 800	> 800	< 800
Adherencia	-	-	-	cumple	cumple	cumple
Finura de molido Retenido en 200 μm (%)	-	-	≤15	-	-	-

Fuente: Yesosindustriale.usg.com  
Elaboración: Jiménez M; Ochoa G, 2014

**CAPITULO III: ALTERNATIVAS Y USOS DESARROLLADOS CON FIBRAS VEGETALES  
EN LA CONSTRUCCIÓN**

### **3.1. Introducción**

---

Las fibras vegetales se han revalorizado debido al desarrollo de sistemas prefabricados para la construcción y en materiales de uso diario para el ser humano. Hoy en la actualidad se desea impulsar éste desarrollo, mediante la elaboración de materiales amigables con la naturaleza y el ser humano, los mismos que se fundamenten en la conservación del medio ambiente y como nuevas alternativas en el mundo de la construcción.

### 3.2. Definición

---

Se consideran fibras vegetales, aquellas fibras que son extraídas del reino vegetal en sus más variadas formas, las mismas que mediante la aplicación de procesos tecnológicos son utilizados en la fabricación de productos aplicables en la construcción y en textiles de uso diario del ser humano.

### 3.3. Eco Materiales, tableros decorativos a base de guadúa

---

Es un proyecto de producción y transferencia tecnológica en el uso de ECO-MATERIALES, materiales innovadores utilizados en la construcción de viviendas de bajo costo, proyecto desarrollado en la Universidad Santiago de Guayaquil el mismo que cuenta con una planta propia para la producción y fabricación de estos tableros en Duran (Guayaquil), bajo la dirección del Arq. Jorge Moran, especialista en el estudio de la caña guadua del cual se puede apreciar un proyecto a partir de este material (caña guadua), en las instalaciones de la facultad de Arquitectura de la USG.

Para la elaboración de estos tableros, la principal materia prima es la caña GUADUA, ya que en la actualidad se está desarrollando investigaciones en nuevas patentes a partir de fibras vegetales, como la fibra de coco y la fibra de plátano. Este proyecto está enfocado principalmente en la fabricación de materiales para la construcción, viables tanto en el aspecto ecológico como ambiental, los mismos que al ser explotados, o reciclados y luego de un proceso de tratamiento se transforman en nueva materia, brindando un aporte a la sociedad, cuentan con condiciones de calidad, eficacia y de menor afectación al medio ambiente.



Fig.3.1 A, B, C) Elaboración de tableros Eco - Materiales  
Fuente: Jiménez M, Ochoa G, 2014

Actualmente cuentan con productos de fácil fabricación, con materiales existentes en el medio y lo más importante que cuentan con registro de resistencia, a la flexión, fuego y a la humedad, tableros que fueron aplicados para viviendas para personas de escasos recursos naturales, obteniendo buena acogida y sobre todo con buenos resultados.

**Tabla 3.1** Productos de Eco- Materiales

<b>Producto</b>	<b>Materiales</b>	<b>Fabricación</b>	<b>Aplicación</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Usos</b>
ECUABAM	La idea de este tablero surge al pegar entre sí, dos o más esteras tejidas con cintas de guadua				
	Caña picada Pegamento	Las secciones de caña son encoladas y prensadas.	Estructural	Largo 1.22 x 2.44 Espesor 2 a 3.5 cm	Entrepisos Tabiques exteriores e interiores Puertas Muebles Componentes estructurales
TRIPBAM	La idea de este tablero, surge de diseñar un nuevo tablero, usando la tripa de la caña como materia prima, que es considerado como desecho al momento de ser desprendida de la caña picada o de las medias cañas.				
	Tripa de caña pegamentos	Las tripas secas son ordenadas longitudinalmente y transversal, se encolan y se prensan.	Decorativo	Largo 1.22 x 2.44 Espesor 1 a 1.5 cm	Cielos rasos Recubrimientos decorativos
PLASBAM	La idea de este tablero, surge del aplastamiento de las medias cañas, para lograr segmentos longitudinales.				
	Medias cañas Pegamentos	Las medias cañas se aplastan y son ordenadas, se encolan y prensa.	Estructural	Largo 1.22 x 2.44  Espesor 2, 3,5 cm	Entrepiso Tabiques exteriores Puertas Componentes estructurales

Fuente: Ecomateriales.com

Elaboración: Jiménez M, Ochoa G, 2014

### Sus características son:

- Accesibles, económicos y de buen aspecto estético.
- Materia prima propia del entorno y de carácter renovable.
- Materiales de menor peso.
- Conductividad e inercia térmica (en función del clima).
- Resistencia a esfuerzos físicos y mecánicos.
- Resistencia razonable a la humedad.
- Fácil elaboración, por no tratarse de materiales con distintos componentes
- Excelentes acabados para decoración
- Aplicación para paredes y cielos rasos

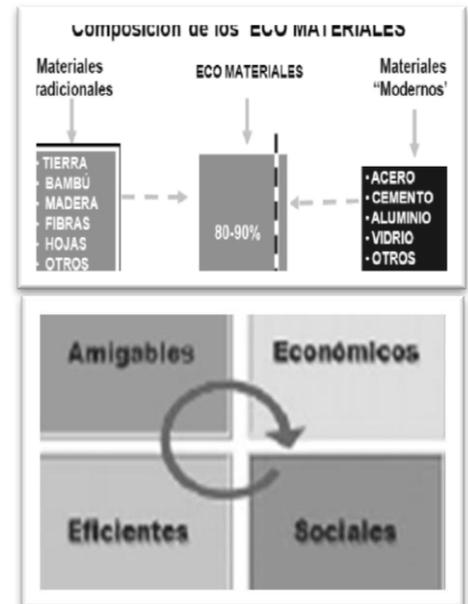


Fig.3.2 Características de materiales. Eco - materiales.

Fuente: ecomateriales.com

### 3.4. Empresa Wall art, tableros decorativos <sup>10</sup>

En el siglo XXI, por alguna razón, las paredes han sido en cierto modo olvidadas en lo que respecta a decoración y diseño, ya que no se les ha dado la importancia correspondiente y han sido simples sostenedoras de cuadros.

Wallart una empresa que propone un nuevo sistema de pared, a través de paneles de 50 x50 con un patrón en relieve en 3D que den vida a las paredes de casa. La gran idea utilizada en estos paneles, es que están hechas con material orgánico, 100% reciclable, 100% compostable y 100% biodegradable. La materia prima de estos paneles es el residuo fibroso de la caña de azúcar el bagazo cuyo material es considerado en EEUU como el mejor, el más innovador y ecológico, adecuado para la decoración de interiores.

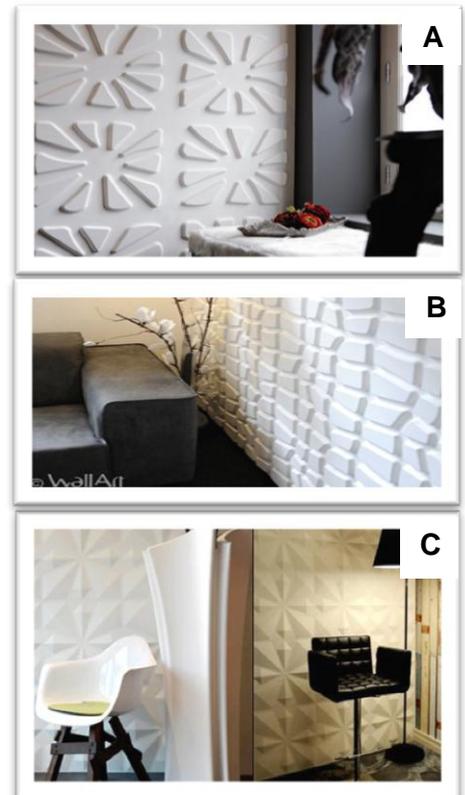


Fig.3.3 A, B, C) Parades Wall Art

Fuente: aread-diseño.com

<sup>10</sup> Wall ART. Panel de pared ecoamigable de caña de azúcar. EE.UU.

Tabla 3.2 Especificaciones Técnicas. productos Wall art

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
Tamaño	50 x 50cm
Peso	275gr
Espesor	1,75mm
Superficie	Suave , lisa sin grietas
Filo	90°
Material	bagazo de caña blanqueado
Tratamiento	Agua natural y aceites de mayor resistencia
Descripción	Pulpa de bagazo o de otros materiales fibrosos, artículos moldeados y prensados
Clase de inflamabilidad	A prueba de fuego y revestimiento

Fuente: Wall art.com

Elaboración: Jiménez M, Ochoa G, 2014

### 3.5. Empresa TAPESA Perú, aglomerados

Empresa peruana, que se inicia como parte de un proyecto elaborado y promovido por la División Técnica de la Central Cooperativa Agrarias Azucareras del Perú, con la colaboración de varias empresas empiezan sus actividades con la fabricación de aglomerados marca “Maderba”.

**El objetivo de esta fábrica es la elaboración de tableros usando bagazo, subproducto de la caña azúcar, madera de pino y aglomerados con resinas como materias primas.**

TAPESA tiene una sólida posición en el mercado peruano de la construcción de muebles, artesanías y publicidad. TAPESA es la única empresa nacional dedicada a la fabricación de tableros aglomerados, compitiendo con productos importados principalmente procedentes de Chile y Ecuador.



Fig.3.4 Tableros aglomerados TAPESA  
Fuente: plazaconstructor.com



Fig.3.5 Industrialización de paneles aglomerados, TAPESA  
Fuente: plazaconstructor.com

### 3.6. Productos para la construcción a partir de fibras naturales

#### 3.6.1. Tableros bagazo – cemento

Uno de los proyectos con gran alcance en la utilización del bagazo de caña, fue en la Habana-Cuba, en el 2004 con la construcción de viviendas mediante tableros de bagazo-cemento, considerados en la actualidad un proyecto de gran importancia y con buenos alcances, que dio como iniciativa a otros países a la reutilización de este material.

La elaboración de este tablero se logra con la combinación de la fibra de caña de azúcar (el bagazo) y el cemento, que es utilizado como aglutinante en lugar de resinas sintéticas, el material resultante presenta resistencia mecánica y facilidad para el maquinado, y gracias a las propiedades del cemento, resistencia al fuego y ataque de hongos, así los tableros de bagazo-cemento puede ser cortados con sierras, atornillados y clavados a cualquier tipo de estructura.



Fig.3.6 Tableros bagazo-cemento  
Fuente: cubahora.com

#### 3.6.2. Bloques ecológicos para mampostería liviana

Debido a la excesiva producción de bagazo de caña de azúcar que presenta el cantón Baños de Agua Santa, tanto en su recolección como en su apropiado manejo, da como resultados, impactos negativos para el ambiente debido al tiempo de descomposición y al volumen que ocupa en el botadero de basura este residuo, y desde el punto de vista económico se tiene pérdidas de tiempo y dinero en su recolección.

Este proyecto tiene como objetivo la revalorización de este residuo, usándolo en el campo de la construcción,

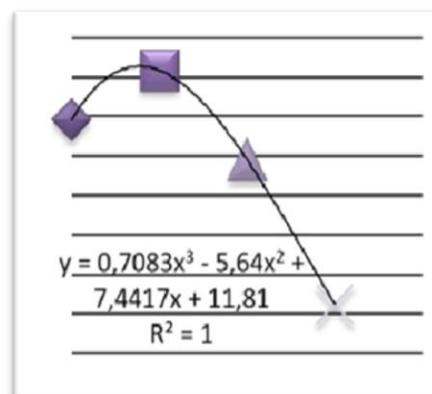


Fig.3.7 Resistencia a la compresión del bloque.  
Fuente: revista perfiles # 8

mediante la fabricación de bloques para mampostería liviana y que a su vez supere las características mecánicas y físicas del bloque convencional.

Los materiales usados en la fabricación de estos bloques son cemento, agua, agregados pétreos (arena y cascajo) y bagazo de caña de azúcar. Este último ayuda a disminuir la cantidad de arena y cascajo en una proporción 3 a 1.

### 3.6.3. Producción de cemento con bagazo

Proyecto desarrollado en México por una industria cementera, cuyo objetivo es el de buscar un elemento económico y ecológico, surgiendo de esta manera un material denominado “**CEMENTO BAGAZO**”, material que presenta excelentes características físicas - químicas y de buen consumo, iguales a las del cemento común.

La elaboración de este material, comienza desde el momento que adquieren la materia prima (bagazo de la caña de azúcar), desechos que se encuentran en grandes porcentajes sin uso alguno, los mismos que son mezclados con el componente 1 (componente de la empresa), en considerables cantidades activados por un proceso de calcinación, dependiendo la estructura y calidad de este componente de la temperatura de combustión, luego de ser calcinado, es molido y así se obtiene un residuo mineral rico en sílice y alúmina, que es mezclado con otras sustancias para obtener un producto cementicio de igual calidad que el tradicional.

Este proyecto se fundamenta, en que en la actualidad se ha demostrado que mediante el bagazo de caña de azúcar, se puede obtener material cementicio bajo una conciencia ecológica y de protección al medio ambiente



**Fig.3.8** Resistencia a la compresión del bloque.

Fuente: revista perfiles # 8

con una gran acogida y dando como iniciativa a que en la actualidad se experimente con nuevos materiales.

### 3.6.4. Tableros aglomerados, a partir de fibras de coco y plástico.

La elaboración de tableros a partir de fibras de coco y plásticos de alta densidad, ha sido el tema de investigación del Arq. José Fidel Navarro Arellano, para obtener el grado de maestro en Arquitectura en la Universidad de Colima (Coquimatlan).

Esta investigación se justifica, en el crecimiento poblacional de la ciudad de Coquimatlan (México) y con ello el aumento de materiales orgánicos e inorgánicos para satisfacer sus necesidades, abordando el tema de reciclamiento mediante un aglomerado elaborado a base de estos productos, aplicados en el ámbito de la industria de la construcción, principal objetivo el ser utilizados como materiales alternos en viviendas de interés social y además contribuir en el mejoramiento del medio ambiente. Una de las principales características de la fibra de coco determinada en esta investigación, es que posee una alta elasticidad y su propiedad como aislante sonoro, haciéndolo de mayor interés para su aprovechamiento. Para la elaboración de estos tableros, se utilizó la fibra de coco y el plástico en un rango entre 3 y 5 mm, mediante dosificaciones adecuadas, se logra obtener la mezcla idónea para la elaboración de estos tableros los mismos que son prensados a una temperatura requerida, luego de realizar las diferentes pruebas se pudo determinar resultados favorables, concluyendo que la fibra de coco y el plástico son aptos para la elaboración de tableros.



Fig.3.9 Tablero de fibra de coco-plástico.

Fuente: José Fidel Navarro Arellano

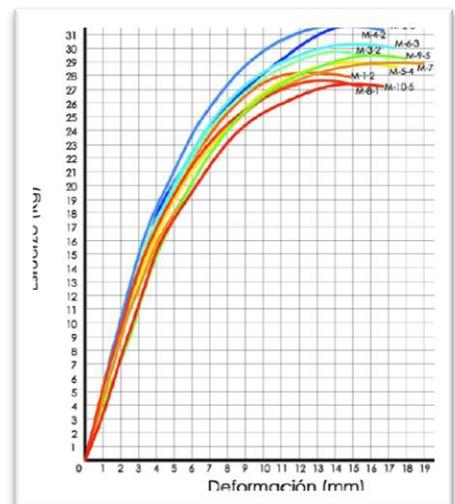


Fig.3.10 Esfuerzo-Deformación, tablero de fibra de coco-plástico.

Fuente: José Fidel Navarro Arellano

### 3.6.5. Ferrocemento con fibras de coco

El ferrocemento es un material adecuado para la construcción, elaborado por una capa delgada de concreto, reforzado con mallas de alambre distribuidas longitudinalmente a lo largo de la sección transversal y la fibra de coco como se mencionaba es un elemento perteneciente al grupo de las fibras duras, que tiene como principales componentes la celulosa y el leño que le dan una característica muy especial de rigidez y dureza convirtiéndola en un material versátil y perfectamente indicado para los mercados.

La fibra de coco antes de ser mezclada con el mortero debe de ser lavada para eliminar todo tipo de impurezas que pueda contener pasando por una serie de procesos, la mismas que gracias a su longitud y espesor se convierte en un material ideal para estos tableros de ferrocemento, obteniendo excelentes resultados, en cuanto a calidad y resistencia, mucho mejor que los tableros de ferrocemento tradicional.

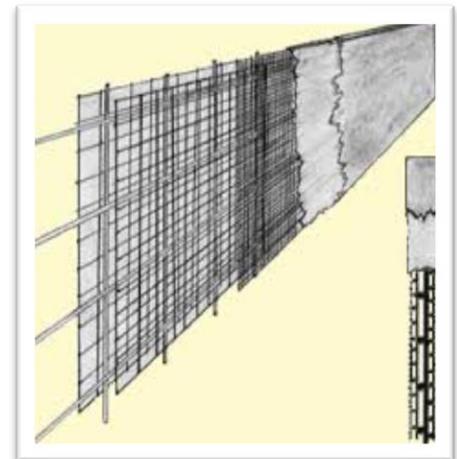


Fig.3.11 Ferrocemento con mortero tradicional.

Fuente: civigeeks.com



Fig.3.12 Fibra de coco

Fuente: www.google.com

### 3.6.6. Fibras de bagazo como refuerzo en materiales termoplásticos.

Se estudió la posible sustitución de matrices plásticas comerciales utilizadas en la inyección y moldeo de envases de acopio. Con el propósito de sustituir importaciones y reducir costos, se empleó polietileno reciclado, sustituyendo un 30% de esta matriz **por fibras de bagazo de caña de azúcar**. Para alcanzar el resultado propuesto, se realizó un estudio carga/tamaño de fibras, se evaluaron los aditivos necesarios para una buena compatibilidad fibra-matriz y se inyectaron en una primera etapa, envases prototipos, cuyas propiedades físico-mecánicas resultaron satisfactorias para la prestación deseada, con ahorros significativos en los

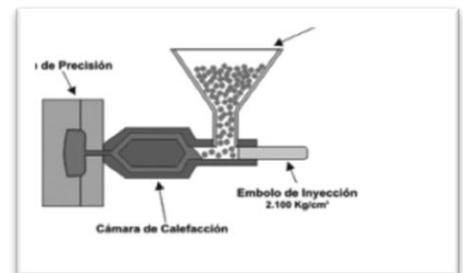


Fig.3.13 Máquina de ensayos para moldeo.

Fuente: redalyc.com

costos de producción, además de lograr envases biodegradables, de buena resistencia mecánica y más livianos, lo que humaniza la labor de distribución.

En la culminación de esa investigación se llegó a determinar, que las propiedades alcanzadas demuestran que estamos en presencia de un eco material que cumple los requerimientos físico-mecánicos normados, posible de introducir y sistematizar, con beneficios para el sector agrícola y las respectivas potencialidades para la recolección y distribución de alimentos en favor del productor y consumidor.



**Fig.3.14** Envases plásticos reforzados.  
Fuente: redalyc.com

### **3.6.7. Material para paredes falsas a partir del bagazo de caña y fibras de coco. <sup>11</sup>**

Esta investigación se denomina “Elaboración de material para la construcción de paredes falsas en interiores con una base de bagazo de caña” realizada por un estudiante de ingeniería civil de la Universidad Veracruzana, el mismo que hace referencia a la gran demanda de materiales de construcción a mediados del siglo XX, situación que comporta la necesidad de extraer y procesar gran cantidad de materias primas, elaborar nuevos materiales y el tratamiento de una elevada cantidad de residuos de construcción, apuntando en las nuevas tendencias, las mismas que están enfocadas en el desarrollo de materiales económicos y sobre todo ecológicos que ayuden al medio ambiente, tratando de aprovechar los recursos de mano de obra.

En la elaboración de este material se utilizó como refuerzo una matriz de arena, arcilla, barro y fibras de bagazo de caña y estopa de coco, como material para interiores, el mismo que al no necesitar horneado se convierte en un material de fácil fabricación, permitiendo



**Fig.3.15** Elaboración de mezcla  
Fuente: ferielasciencias, UNAM



**Fig.3.16** Prensado de panel.  
Fuente: ferielasciencias, UNAM

<sup>11</sup> FERIA DE LA CIENCIA. Elaboración de materiales para la construcción. Paredes Interiores. México

reducir contaminantes en el ambiente, y a más de ser resistente y barato, presenta la oportunidad de aportar con una mejor opción a las personas de bajo nivel económico para adecuar espacios pequeños y así tener un lugar digno y en buenas condiciones.

Durante la investigación se realizaron pruebas preliminares, las mismas que posteriormente se seleccionaron de acuerdo a la resistencia (no presentaron fracturas). Los resultados obtenidos demuestran que el material compuesto elaborado con la mezcla de carbonato de calcio, goma arábica y la adición de la fibra de coco y bagazo de caña corta le confiere propiedades de flexibilidad, resistencia al peso y al impacto. Se observó que el comportamiento de resistencia a la temperatura del material compuesto es muy similar al que se construye en forma tradicional, y a la porosidad (absorción de agua) no fue superada ya que este material no puede tener contacto con agua debido a que se desmorona. El material compuesto elaborado es resistente al impacto, peso y temperatura, no presenta fracturas en el fraguado, ni resistencia a la absorción de agua, idóneo para interiores de área reducida que permite la construcción de espacios pequeños.

Esta investigación es importante ya que plantea la construcción de un material compuesto para interiores con la utilización de materia prima de bajo costo, la utilización de desechos provenientes de industrias económicamente importantes con una metodología innovadora considerando la conservación del medio ambiente ya que el impacto en la contaminación ambiental es mínimo comparado con el que se tiene en la manufactura de estos materiales en forma convencional.

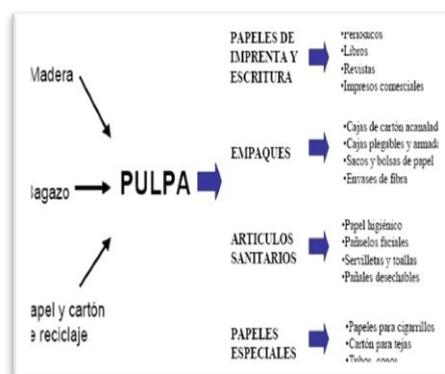


Fig.3.17 Derivados de diversas pulpas.  
Fuente: papeleranacional.com

### 3.7. Cuadro de resumen de materiales para la construcción a partir de fibras

Tabla 3.1 Productos a partir del bagazo de caña de azúcar.

INVESTIGACIÓN	COMPONENTES	ENSAYOS	DESCRIPCION
Experimentación con los residuos de la industrialización de la caña de azúcar.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ bagazo de caña</li> <li>▪ cola goma</li> <li>▪ cemento</li> <li>▪ fibra de vidrio</li> <li>▪ aceite quemado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Resistencia</li> <li>▪ Deformación</li> <li>▪ Peso</li> <li>▪ Espesor</li> </ul>	Es un material adecuado para la fabricación de un tablero ya que el material presenta paredes gruesas en su corteza, flexibilidad y es una gramínea que se da en gran cantidad en Loja.
Elaboración de materiales reforzados con carácter biodegradable a partir de polietileno de baja densidad y bagazo de caña modificado.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Bagazo de caña.</li> <li>▪ polietileno</li> <li>▪ agua destilada</li> <li>▪ anhídrido acético</li> <li>▪ ácido clorhídrico.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Pruebas de tensión</li> <li>▪ Análisis de degradación en tierra</li> </ul>	Las variables estudiadas y los resultados obtenidos aportan información valiosa para continuar con este tema de investigación.
Elaboración de material para la construcción de paredes falsas en interiores con una base de bagazo de caña y estopa de coco cocos	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Fibra coco</li> <li>▪ caña de azúcar</li> <li>▪ arcilla</li> <li>▪ barro rojo</li> <li>▪ arena</li> <li>▪ goma arábica</li> <li>▪ carbonato de calcio</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Prueba de resistencia o temperatura</li> <li>▪ Prueba de porosidad(absorción de agua)</li> <li>▪ Prueba de esfuerzo de flexión</li> <li>▪ Prueba de impacto</li> </ul>	Este material no presenta fracturas debido a la flexibilidad y ductilidad que adquiere la estructura formada por la mezcla y las fibras vegetales.
Elaboración de paneles prefabricados para muros divisorios a partir de bagazo de caña de azúcar y cemento.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ bagazo de caña</li> <li>▪ silicato de sodio</li> <li>▪ cemento portland</li> <li>▪ agua</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Compresión</li> <li>▪ Flexión</li> <li>▪ Carga concentrada o penetración</li> <li>▪ Impacto</li> <li>▪ Acústico</li> </ul>	Los paneles prefabricados han demostrado que poseen excelentes propiedades físicas – mecánicas como como materiales de construcción.
Elaboración de tableros de partícula fina a partir de residuos lignocelulósicos y resinas termoestables	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ fenol-formaldehído (PF)</li> <li>▪ masa seca, en mezcla con bagazo de caña de azúcar y cascarilla de arroz.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Flexión estática</li> <li>▪ Tracción perpendicular a la superficie</li> <li>▪ Absorción de humedad</li> </ul>	Los mejores resultados se obtienen con porcentaje de resina fenol-formaldehído(PH)
Aprovechamiento del bagazo de caña de azúcar en la fabricación de bloques ecológicos para mampostería liviana.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Bagazo de caña</li> <li>▪ Cemento</li> <li>▪ Agua</li> <li>▪ Agregados pétreos( arena – cascajo)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Físicas</li> <li>▪ Mecánicas</li> <li>▪ Dosificación</li> <li>▪ Resistencia</li> <li>▪ Compresión</li> </ul>	Se comprobó que el uso del bagazo en la fabricación de bloques para mampostería liviana es posible ya que mejora las propiedades físicas y mecánicas de los bloques normales a más de abaratar costos.

Utilización de las fibras de bagazo como refuerzos en materiales termoplásticos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Polietileno reciclado</li> <li>▪ Bagazo de caña</li> <li>▪ Aditivos ( Pwax, agente copling CPE, T1O2)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Flexión</li> <li>▪ Tracción</li> <li>▪ Dureza</li> <li>▪ Físico mecánicas</li> </ul>	Se logró formar con PER y fibras de bagazo un material “compositor” con valor agregados que puede ser moldeado por inyección cuyas propiedades alcanzadas demuestran que estamos en presencia de un eco material que cumple los requerimientos físico-mecánicas, posible de introducir y generalizar con beneficios al sector agrícola.
Concreto reforzado con fibra de bagazo de caña	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Bagazo de caña</li> <li>▪ Componentes 1</li> <li>▪ Cemento</li> <li>▪ Parafinas</li> <li>▪ Agregados</li> <li>▪ agua</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Determinación de densidad</li> <li>▪ Control de calidad</li> <li>▪ Resistencia</li> <li>▪ Compresión</li> <li>▪ Tensión</li> <li>▪ Flexión</li> </ul>	Tableros de buena calidad, resultados validos llegando a concluir que la inclusión del bagazo como fibra natural no afecta negativamente la resistencia que puede llegar a obtener en su edad de garantía.
Uso de la ceniza del bagazo como refuerzo en un material compuesto.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ceniza resultante de la combustión del bagazo.</li> <li>▪ Aditivos químicos</li> </ul>		El uso de la ceniza, incrementa la dureza de un material compuesto.
Cemento bagazo	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Bagazo</li> <li>▪ Componente 1( definido x la empresa)</li> <li>▪ Aditivos químicos</li> </ul>		Cemento ecológico igual que el tradicional.
Tabla rey	Elaborada por el Ingenio Monterrey ( Loja)		Tabla muy pesada y sin elegancia
Papel y cartón	Residuos caña de azúcar		Cuadernos

Elaboración: Jiménez M, Ochoa G, 2014

## **CAPITULO IV: PROPUESTA, FABRICACIÓN Y EXPERIMENTACIÓN DE TABLEROS**

#### **4.1. Introducción**

---

Debido a la gran cantidad de bagazo de caña de azúcar, el objetivo principal en este capítulo es el de desarrollar y experimentar con diversos tipos de tableros, los mismos que se caracterizan por sus diferentes dosificaciones, tratamiento de materia prima, materiales utilizados y tiempo de secado.

La fabricación de estos tableros nos permite determinar el comportamiento y reacción (fraguado, cohesión) del bagazo frente a otros materiales (ceniza de bagazo, cemento, yeso, aditivos), obteniendo de esta manera los materiales más adecuados para trabajar con el bagazo de caña de azúcar, en la elaboración de los tableros tipo que posteriormente serán utilizados en un prototipo arquitectónico. Estos tableros son de fácil elaboración, ya que no necesitan horneado, son elaborados artesanalmente, lo que nos ayuda no a eliminar pero si a evitar en un menor porcentaje la contaminación en el medio ambiente.

Se desarrollaron diferentes tipos de tableros, (cemento-bagazo, ceniza-bagazo, yeso-bagazo, fibra de bagazo-cola, pulpa de bagazo-espuma de poliuretano), los mismos que luego de cumplir con el tiempo determinado de fraguado y secado, fueron expuestos a diversas pruebas: flexión, compresión, absorción de agua, fuego y perforación, para posteriormente determinar mediante cálculos los elementos que cumplan con los requerimientos establecidos por la Normativa Ecuatoriana INEN.

#### **4.2. Obtención del bagazo de caña de azúcar en la parroquia San Pedro de Vilcabamba**

San Pedro de Vilcabamba, parroquia que desarrollaremos la investigación, la zafra de caña se la realiza utilizando solamente el machete, los trabajadores empiezan a cortar la caña a las 6:30 am hasta las 13:00 pm, este proceso se lo realiza a esta hora por el almacenamiento de jugo que adquiere la caña en la mañana, luego de esto se procede al traslado de la caña al trapiche ya sea en piaras (acémilas utilizadas para trasladar la caña) o en camión, una vez que se encuentran llenos los tendales de caña se procede a la molienda, este proceso de trituración de la caña se lo realiza desde las 23:00 pm hasta las 15:00 pm del siguiente día. Se obtiene el bagazo en el momento en que el motorista introduce la caña en el denominado trapiche, cuya fibra es triturada hasta extraer toda la cantidad de jugo almacenado por la planta durante 12 a 18 meses, la fibra al momento de salir de trapiche, oscila entre una dimensión de 1m a 1.50 m de longitud y de 2cm de ancho aproximadamente, la misma que contiene una humedad relativa del 100%, por lo que el bagacero se encarga de ordenarla en pequeños montones y almacenarlo cerca de la secadora. Una vez que se llena el tanque de guarapo se paraliza el motor, la fibra almacenada es trasladada hacia la secadora, señalando que del 100% del material obtenido, un 75% es puesto sobre la secadora, y el restante almacenado a la intemperie ayudando al origen de agentes como el moho.

#### **4.3. Recolección de materia prima**

La materia prima con la que se realizará las diferentes propuestas de tableros con bagazo de caña de azúcar, se obtuvo de dos fábricas paneleras, pertenecientes al señor



**Fig.4.1** A) Caña de azúcar después de la zafra, B) Trituración de la caña de azúcar, C, D) Secado del bagazo.  
Fuente: Jiménez M; Ochoa G, 2014

Carlos Gonzales en la parroquia de Malacatos y al señor Francisco Barrigas, en la parroquia San Pedro de Vilcabamba donde se obtuvo el mayor porcentaje del material, lugar donde se llevará a cabo la propuesta arquitectónica.

El lugar para el almacenamiento del material (bagazo de caña y ceniza de caña) y la fabricación de los diferentes tableros, se encuentra a 300m de la fábrica productora de panela, facilitando de esta manera el traslado de la materia prima en sacos hasta el lugar de trabajo, el mismo que al llegar al sitio de almacenaje se lo disperso para evitar la transpiración del material.

#### 4.4. Tratamiento de la materia prima

Una vez obtenida la materia prima, se pudo observar que la fibra recolectada de la Parroquia de Malacatos tuvo una duración de 7 a 8 días antes de que empiece a producirse las bacterias del moho, debido a que tuvo un secado natural, mientras que la obtenida en San Pedro de Vilcabamba pasaron 20 días y no se observaba indicios de bacterias por el secado a vapor que paso luego de obtener la fibra del trapiche, determinando que el secado de la fibra influyo en la durabilidad y firmeza de la materia prima, métodos de secado que se detallan a continuación:

##### 4.4.1. Método a vapor

Una vez terminada la parte correspondiente a la molienda y teniendo almacenado todo el bagazo, se lo traslado a la secadora, la cual se encuentra sobre la chimenea por donde sale el vapor de las calderas al momento de cocinar el guarapo, este proceso dura alrededor de 1 hora 30 minutos a una temperatura promedio de 47°C, una vez que el material se encuentra en la secadora se procede a moverlo para agilitar el secado, este



Fig.4.2 A, B) Recolección de bagazo de caña de azúcar.

Fuente: Jiménez M; Ochoa G, 2014



Fig.4.3 A, B) Secado a vapor del bagazo.

Fuente: Jiménez M; Ochoa G, 2014

procedimiento se lo realiza 3 veces, sirviéndonos como un curado para el material.

#### 4.4.2. Método natural

Consiste en sacar el material sobrante de todos los días de la molienda y extenderlo en grandes espacios bajo techo o a la intemperie, cuyo secado se desarrolla con la ayuda del sol y las fuertes corrientes de viento, este método de secado es propio para lo que se refiere a material para la utilización en calderos en la fabricación de la panela, pero como materia prima para nuestro proyecto no es recomendable, por la poca duración, y las reacciones que se producen en la realización de los tableros propuestos al mezclarlos con otros componentes.

- Retrasó en el tiempo de fraguado
- Mala cohesión del bagazo con otros materiales en especial el cemento.
- Cambio de color de los tableros, en el proceso de secado, como lo es en el caso de yeso-bagazo, en vez de tomar el color natural del yeso, se tornaba un color verde.

#### 4.5. Clasificación de la materia prima

Luego de recolectar y pasar por el proceso de secado a vapor toda la materia prima utilizada en la fabricación de los tableros en el proyecto, se procede a la clasificación de la fibra mediante tamices metálicos, los mismos que nos permitieron obtener fibras de diversos tamaños, que oscilaban entre 0.5mm a 4cm en partículas pequeñas, fibras largas, el bagazo entero simplemente eliminando la pulpa siendo esta otro elemento a trabajar y por colores, debido a que se propuso tableros de fibra prensados, observando el material a lo natural en sus diversos tonos.



Fig.4.5 A,B) Secado al aire libre del bagazo.

Fuente: Jiménez M; Ochoa G, 2014



Fig.4.6 Clasificación de la materia prima

Fuente: Jiménez M; Ochoa G, 2014



**Fig.4.7** A, B, C, Tratamiento de la materia prima.  
Fuente: Jiménez M; Ochoa G, 2014

#### 4.6. Descripción de materiales

Para poder determinar la composición adecuada del tablero, es importante experimentar con diversas dosificaciones y materiales hasta llegar a obtener el tablero adecuado que cumpla con las características establecidas por el Instituto Ecuatoriano de Normalización, es por ello que en esta investigación se realizó una serie de pruebas que nos permitieron determinar el comportamiento previo de los materiales a utilizar con el bagazo de caña, en las diversas experimentaciones realizadas hasta el momento.

El principal material para estas pruebas es el bagazo de caña de azúcar, que se lo clasifico en fibra entera, de 0.50 cm a 1.50 m, partículas de fibra de bagazo de 0.5mm a 4cm, pulpa de bagazo, entre 1 a 5 cm, a los que se añadió varios materiales (aglutinantes – aglomerantes), con el fin de obtener las mezclas adecuadas para la elaboración de los tableros.



**Fig.4.8** Materiales para elaboración de tableros  
Fuente: Jiménez M; Ochoa G. 2014



**Fig.4.9** Material antes de la clasificación.  
Fuente: Jiménez M; Ochoa G. 2014



**Fig.4.10** Clasificación del material, A) fibra entera, B) pulpa, C) partículas  
**Fuente:** Jiménez M; Ochoa G, 2014

**Tabla 4.1** Materiales e Implementos

<b>DESCRIPCIÓN DE MATERIALES E IMPLEMENTOS UTILIZADOS EN EL DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN</b>	
Materiales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Yeso</li> <li>• Ceniza de bagazo</li> <li>• Espuma de poliuretano</li> <li>• Cemento</li> <li>• Arena</li> <li>• Cola</li> <li>• Agua</li> <li>• Aditivos</li> </ul>
Equipos e Implementos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Marcos de madera de 15 x 25cm, para probetas para pruebas a flexión</li> <li>• Moldes de madera de 10 x 10 x 15cm, para probetas para pruebas a compresión</li> <li>• Balanza</li> <li>• Prensa de madera y metálica de 15 x 25cm</li> <li>• Combo, martillo, mazo de madera, paletas, guantes</li> </ul>

**Fuente:** Jiménez M; Ochoa G, 2014  
**Elaboración:** Jiménez M; Ochoa G, 2014

#### **4.7. Propuesta de tableros decorativos: sistema prensado y encolado**

En esta propuesta se pretende, la elaboración de tableros, con fibra entera y cola plástica con fines decorativos, que nos permitan apreciar la fibra al natural, sin recubrirla y sobre todo para poder comprobar si la fibra es de fácil adherencia y sobre todo si produce alguna bacteria como el “moho”.

#### 4.7.1. Tablero decorativo F1

Tabla 4.2 Tableros decorativos (fibra – cola) F1

<p style="text-align: center;"><b>MATERIALES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fibras enteras de bagazo de caña de azúcar.</li> <li>• Fibra y pulpa molida de 0.03mm a 0.05mm.</li> <li>• Cola Timerman (adhesivo Premium para madera).</li> </ul>	
<p style="text-align: center;"><b>IMPLEMENTOS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Prensa metálica</li> <li>• Cuchillo</li> <li>• Tijeras, escuadra</li> <li>• Molde de madera de 15 x 25cm</li> <li>• Peso muerto</li> </ul>	
<p style="text-align: center;"><b>PROCEDIMIENTO</b></p> <p>Cortamos la fibra en medidas promedio de 25cm de largo por 15cm de ancho, teniendo listo el material se aplica el adhesivo esperando 20 min para realizar el armado del tablero, indicando que el tablero es tricapa trabajado de la siguiente manera: Dos capas horizontales (externas) y una capa vertical(centro), esto para obtener mayor resistencia del tablero, transcurrido los 20 min realizamos el armado del tablero, prensando de manera artesanal, para cual utilizamos una placa metálica de 25 x 15 cm y un peso muerto 100libras, lo dejamos 24 horas una vez transcurrido ese tiempo retiramos la prensa y lo dejamos que termine su secado al ambiente.</p>	

Fuente: Jiménez M; Ochoa G, 2014

Elaboración: Jiménez M; Ochoa G, 2014

## 4.7.2. Tablero decorativo F2

Tabla 4.3 Tableros decorativos (fibra – cola) F2

<p style="text-align: center;"><b>MATERIALES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fibras enteras de bagazo de 25 cm.</li> <li>• Fibra y pulpa molida de 0.03mm a 0.05mm.</li> <li>• Cola Timerman (adhesivo Premium para madera).</li> </ul>	
<p style="text-align: center;"><b>IMPLEMENTOS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Prensa metálica</li> <li>• Cuchillo</li> <li>• Tijeras, escuadra</li> <li>• Molde de madera de 15 x 25cm x1cm</li> <li>• Peso muerto</li> <li>• Recipientes plásticos</li> </ul>	
<p style="text-align: center;"><b>PROCEDIMIENTO</b></p> <p>Procedemos a separar la pulpa de la fibra, cortamos la fibra en medidas promedio de 25cm y el ancho normal de la fibra como sale del trapiche, una vez listo el material realizamos las caras frontal y posterior del tablero, indicando que el tablero se lo denomino sándwich porque está compuesto de dos paredes externas a base de fibra y en el interior una mezcla realizada con fibra molida de bagazo y cola, una vez listo estos dos componentes, procedemos a armar el tablero en el molde de 25 x 15 cm, finalmente dejamos el prototipo en el molde durante 24 horas y procedemos al prensado final con la ayuda de placas metálicas y peso muerto de 100 libras</p>	

Fuente: Jiménez M; Ochoa G, 2014

Elaboración: Jiménez M; Ochoa G, 2014

### 4.7.3. Tablero decorativo tejido F3

Tabla 4.4 Tableros decorativos (fibra – cola) F3

<p style="text-align: center;"><b>MATERIALES</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Fibras enteras de bagazo de 25cm de largo x 2.5 cm de ancho y de 15cm x 2.5cm</li><li>• Cola Timerman (adhesivo Premium para madera).</li></ul>	
<p style="text-align: center;"><b>IMPLEMENTOS</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Prensa metálica</li><li>• Cuchillo</li><li>• Tijeras, escuadra</li><li>• Molde de madera de 15 x 25cm</li><li>• Peso muerto</li></ul>	
<p style="text-align: center;"><b>PROCEDIMIENTO</b></p> <p>Procedemos a separar la pulpa de la fibra, una vez obtenida la fibra la cortamos en medidas de 25cm x 2.5cm, y de 15cm x 2.5cm, luego de tener la cantidad necesaria de fibra en las medidas indicadas procedemos a tejer el tablero en su primera capa y a encolarla prensándola por 1 hora hasta realizar el armado de las siguiente cara, una vez realizado este paso procedemos a armar el tablero en el molde de madera, posteriormente lo prensamos durante 24 horas, luego de transcurrir este tiempo desmoldamos y procedemos a igual los filos con la ayuda de tijeras y lija. Es importante mencionar que el tejido de este tablero nos llevó alrededor de una hora, tejido que nos ayudó a obtener una excelente resistencia.</p>	

Fuente: Jiménez M; Ochoa G, 2014  
Elaboración: Jiménez M; Ochoa G, 2014

#### 4.8. Tableros aglomerados de fibra y pulpa.

La propuesta de estos tableros está fundamentada principalmente en experimentar la cohesión de la fibra y la pulpa del bagazo con la cola y la espuma de poliuretano, donde no necesitamos agua, obteniendo así tableros alivianados en cuanto a su estructura.

##### 4.8.1. Tableros de fibra y pulpa P1

Tabla 4.5 Tableros aglomerados (partículas – cola) P1

<p style="text-align: center;"><b>MATERIALES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fibras y pulpa de bagazo de 0.5mm a 150mm</li> <li>• Cola Timerman (adhesivo Premium para madera).</li> </ul>	
<p style="text-align: center;"><b>IMPLEMENTOS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Prensa metálica</li> <li>• Cuchillo</li> <li>• Tijeras, escuadra</li> <li>• Moldes de madera de 15 x 25cm de 1,1.5,2,3 cm de espesor</li> <li>• Peso muerto</li> </ul>	
<p style="text-align: center;"><b>PROCEDIMIENTO</b></p> <p>Para obtener el material, procedemos a desmembrar las fibras largas del bagazo, en la cual obtenemos fibra y pulpa desde 0.3 a 3cm, las mismas que son pasadas por un tamiz metálico para obtener las medidas adecuadas de 0.5 a 20mm que se utilizara en este tablero, una vez obtenido el material aplicamos la cola en una cantidad adecuada, posteriormente lo depositamos en los diferentes moldes, prensamos por 24 horas y luego desmoldamos y lo dejamos que tome un secado final al ambiente, obteniendo así un tablero de buenas condiciones estéticas.</p>	

Fuente: Jiménez M; Ochoa G, 2014  
 Elaboración: Jiménez M; Ochoa G, 2014

## 4.8.2. Tablero a base de pulpa P2

Tabla 4.6 Tableros aglomerados (pulpa de bagazo – cola) P2

<p style="text-align: center;"><b>MATERIALES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pulpa o medula de bagazo en dimensiones de 2 a 7cm de largo</li> <li>• Espuma de poliuretano líquida(spray).</li> </ul>	
<p style="text-align: center;"><b>IMPLEMENTOS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Prensa metálica</li> <li>• Cuchillo</li> <li>• Tijeras, escuadra</li> <li>• Moldes de madera de 15 x 25cm de,2,3 cm de espesor</li> <li>• Peso muerto</li> </ul>	
<p style="text-align: center;"><b>PROCEDIMIENTO</b></p> <p>Para la elaboración de estos tableros, se procedió a la clasificación de la pulpa, el mismo que consiste en la separación de la fibra obteniendo fibra hasta 20cm de largo la misma que fue cortada en varias ocasiones hasta obtener las medidas necesarias, luego de obtener una cantidad adecuada del material se realizó el armado del tablero por capas, es decir una primera capa de pulpa, seguida de esa una capa de espuma y finalmente otra capa de pulpa y así sucesivamente hasta obtener los espesores requeridos, prensando cada vez que se colocaba el material para así obtener una mejor adherencia entre estos elementos, este procesos tuvo un secado inmediato, por lo que no fue necesario el fraguado de 24 horas.</p>	

Fuente: Jiménez M; Ochoa G, 2014

Elaboración: Jiménez M; Ochoa G, 2014

### 4.8.3. Tablero a base de fibra y pulpa P3

Tabla 4.7 Tableros aglomerados (pulpa y pulpa de bagazo – cola) P3

<p style="text-align: center;"><b>MATERIALES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pulpa y fibra de bagazo en dimensiones de 2 a 7cm de largo.</li> <li>• Espuma de poliuretano liquida (spray).</li> </ul>	
<p style="text-align: center;"><b>IMPLEMENTOS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Prensa metálica</li> <li>• Cuchillo</li> <li>• Tijeras, escuadra</li> <li>• Moldes de madera de 15 x 25cm de 2 cm de espesor</li> <li>• Peso muerto</li> </ul>	
<p style="text-align: center;"><b>PROCEDIMIENTO</b></p> <p>Se seleccionó material entre fibra y pulpa, material con mucho tiempo de secado condiciones por las que se encontraba totalmente seco, luego de obtener el material libre de impurezas (piedras pequeñas, hojas, basuras se pasó por el tamiz metálico de forma rápida para eliminar bagazo de mayores dimensiones, luego de contar con la cantidad adecuada para la elaboración del tablero se procedió a mezclar de forma rápida con la espuma de poliuretano hasta obtener una masa uniforme e inmediatamente se colocó en los moldes y preno so tomando un secado inmediato por lo que no fue necesario el fraguado de 24 horas.</p>	

Fuente: Jiménez M; Ochoa G, 2014  
 Elaboración: Jiménez M; Ochoa G, 2014

## 4.9. Tableros a base de fraguado

Estos tableros se basan principalmente en experimentar con otros componentes, yeso, cemento, ceniza de bagazo, y agua viendo necesario analizar el comportamiento del bagazo ante estos elementos y principalmente ante el agua debido a la humedad que contiene, no en un 100% pero si en un porcentaje mínimo, para así poder comprobar que tan factible es trabajar el bagazo en el desarrollo de tableros a base de fraguado.

### 4.9.1. Tableros de yeso-bagazo

Tabla 4.8 Tableros a base de fraguado yeso - bagazo

<p style="text-align: center;"><b>MATERIALES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fibra y pulpa de 0.5 a 3cm</li> <li>• Yeso</li> <li>• Cola Timerman (adhesivo premiun para madera).</li> <li>• Agua</li> </ul>	
<p style="text-align: center;"><b>IMPLEMENTOS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Prensa manual de madera</li> <li>• Cuchillo</li> <li>• Tijeras, escuadra</li> <li>• Moldes de madera de 15 x 25cm de 1,5 a 3cm de espesor</li> </ul>	
<p style="text-align: center;"><b>PROCEDIMIENTO</b></p> <p>Se utilizó fibra y pulpa de 0.5 a 3cm de largo, una vez obtenida las dosificaciones necesarias de yeso y bagazo se procedió a realizar una mezcla en seco y posteriormente se agregó el agua hasta obtener una mezcla homogénea entre todos los componentes, luego se colocó en el molde apisonando de forma manual y se desmoldo a las 24 horas, con un tiempo de curado de 7 días. Se obtuvo elementos de rápido fraguado y secado, con buenas condiciones estéticas, anticipándonos a un tablero de fácil aplicación.</p>	

Fuente: Jiménez M; Ochoa G, 2014

Elaboración: Jiménez M; Ochoa G, 2014

## 4.9.2. Tableros de cemento-bagazo

Tabla 4.9 Tableros a base de fraguado cemento - bagazo

<p style="text-align: center;"><b>MATERIALES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Partículas de bagazo de 10mm a 20mm</li> <li>• Cemento</li> <li>• Arena</li> <li>• Agua</li> <li>• Aditivos</li> </ul>	
<p style="text-align: center;"><b>IMPLEMENTOS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Prensa de madera</li> <li>• Cuchillo</li> <li>• Recipientes plásticos</li> <li>• Moldes de madera de 15 x 25cm de 1 a 3 cm de espesor</li> <li>• Placas metálicas</li> </ul>	
<p style="text-align: center;"><b>PROCEDIMIENTO</b></p> <p>Primeramente se realizó una mezcla en seco del cemento, la arena y el bagazo de 10mm a 20mm en las dosificaciones necesarias, luego se procedió a colocar el agua hasta obtener una mezcla homogénea para posteriormente colocar en los moldes y apisonar de forma manual, se dejó fraguar durante 24 horas antes de desmoldar con un curado de 7 días. Luego del tiempo de secado se llegó a determinar que el exceso de fibra y la adición de aditivos tardan el secado del cemento obteniendo elementos de baja características a diferencia de los que se colocó menor porcentaje de fibra y sin aditivos, concluyendo que la fibra de bagazo tiene una reacción negativa ante la presencia de aditivos.</p>	

Fuente: Jiménez M; Ochoa G, 2014  
 Elaboración: Jiménez M; Ochoa G, 2014

### 4.9.3. Tableros de cemento - bondex – bagazo

Tabla 4.10 Tableros a base de fraguado bondex - cemento - bagazo

<p style="text-align: center;"><b>MATERIALES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Partículas de bagazo de 10mm a 20mm -10mm a 40mm</li> <li>• Cemento</li> <li>• Bondex</li> <li>• Agua</li> </ul>	
<p style="text-align: center;"><b>IMPLEMENTOS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Prensa de madera</li> <li>• Cuchillo</li> <li>• Recipientes plásticos</li> <li>• Moldes de madera de 15 x 25cm de 1.5,2 cm de espesor</li> <li>• Placas metálicas</li> </ul>	
<p style="text-align: center;"><b>PROCEDIMIENTO</b></p> <p>Primeramente se realizó una mezcla en seco del cemento, el bondex y el bagazo en las dosificaciones necesarias, luego se procedió a colocar el agua hasta obtener una mezcla homogénea para posteriormente colocar en los moldes y apisonar de forma manual, se dejó fraguar durante 24 horas antes de desmoldar con un curado de 7 días. Luego del tiempo de secado se llegó a determinar que el exceso de fibra en cantidad y tamaño(10mm – 40mm) tardan el fraguado del cemento haciendo que se produzcan fisuras y se quiebren con facilidad a diferencia de los que se colocó menor porcentaje de fibra en tamaño (10mm a 20mm) y en cantidad más un porcentaje de bondex, obteniendo un elemento de mejores características a simple vista.</p>	

Fuente: Jiménez M; Ochoa G, 2014  
 Elaboración: Jiménez M; Ochoa G, 2014

#### 4.9.4. Tableros de ceniza- cemento - Bagazo

Tabla 4.11 Tableros a base de fraguado ceniza - bagazo

<p style="text-align: center;"><b>MATERIALES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Partículas de bagazo de 0.5 mm a 20mm</li> <li>• Cemento</li> <li>• Ceniza de bagazo</li> <li>• Agua</li> </ul>	
<p style="text-align: center;"><b>IMPLEMENTOS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Prensa de madera</li> <li>• Cuchillo</li> <li>• Recipientes plásticos</li> <li>• Moldes de madera de 15 x 25cm de 2 cm de espesor</li> <li>• Placas metálicas</li> </ul>	
<p style="text-align: center;"><b>PROCEDIMIENTO</b></p> <p>Se realizó una mezcla en seco de todos los componentes, ceniza, cemento y partículas de bagazo en las diferentes dosificaciones establecidas, una vez mezclados todo los elementos se colocó el agua hasta obtener una mezcla homogénea, posteriormente se procedió a colocar en los moldes apisonando manualmente, se dejó fraguar durante 24 horas bajo sombra y se procedió a desmoldar con un curado de 7 días. Luego del tiempo de secado se obtuvo elementos de fraguado lento, con excelentes características estéticas y aparentemente con buenas características mecánicas en cuanto a resistencia, dudas que se despejarán al realizar las pruebas de laboratorio.</p>	

Fuente: Jiménez M; Ochoa G, 2014

Elaboración: Jiménez M; Ochoa G, 2014

#### 4.10. Procedimiento de ensayos de las dosificaciones propuestas

Para obtener la resistencia de un material, es importante que éste sea sometido a una serie de ensayos mecánicos y físicos, datos que pueden variar debido a la diferencia de mezclas en cuanto a sus componentes (bagazo-aglomerante), a la orientación de las fibras, a los procesos de elaboración y sobre todo a las dosificaciones utilizadas, siendo este último el de mayor importancia, ya que a través de esto se podrá determinar el comportamiento del principal material (bagazo) con varios componentes que conformarán las mezclas a ensayar. A continuación se muestra la tabla de dosificaciones de cada composición, en porcentajes (%), debido a que el material de estudio (bagazo), es un elemento que no tiene peso propio.

**Tabla 4.12** Dosificaciones utilizadas en la elaboración de tableros

<b>DOSIFICACIONES</b>							
<b>Espesor</b>	<b>Yeso %</b>	<b>Ceniza %</b>	<b>Cemento %</b>	<b>Bondex %</b>	<b>Bagazo %</b>	<b>Cola %</b>	<b>Agua %</b>
<b>YESO - BAGAZO</b>							
<b>Y1 fibra –pulpa de 1 a 2 cm</b>							
2	40	-	-	-	40	-	20
<b>Y2 fibra –pulpa de 1 a 2 cm</b>							
2	52	-	-	-	28	8	12
<b>Y3 fibra –pulpa de 1 a 2 cm</b>							
1.5	70	-	-	-	17	-	13
<b>Y4 fibra –pulpa de 0.5mm a 20mm</b>							
3	43	-	-	-	26	9	22
<b>Y5 fibra –pulpa de 0.1mm a 20mm</b>							
2	52	-	-	-	21	11	16
<b>CENIZA – CEMENTO - BAGAZO</b>							
<b>CN1 fibra de 0.5 mm a 20mm</b>							
2	-	32	-	-	32	16	20
<b>CN2 fibra – pulpa de 0.5mm a 20mm</b>							
2	-	48	-	-	24	8	20
<b>CEMENTO - BAGAZO</b>							
<b>C1 fibra de 20mm a 50mm</b>							
1.5	-	-	50	10	25	-	15
<b>C2 fibra – pulpa de 0.5mm a 20mm</b>							
2	-	-	40	-	30	-	30
<b>C3 fibra – pulpa de 0.5mm a 15 – 20mm</b>							
3	-	-	24	-	56	-	20

<b>CEMENTO - BAGAZO - BONDEX</b>							
<b>B1 fibra de 0.5mm a 20mm</b>							
1.5	-	-	20	40	20	-	20
<b>B2 fibra de 20mm a 40mm</b>							
2	-	-	40	10	40	-	20
<b>FIBRA – PULPA – COLA – ESPUMA DE POLIURETANO</b>							
<b>P1 fibra – pulpa de 0.1mm a 30mm</b>							
1.5	-	-	-	-	80	20	-
<b>P2 pulpa de 0.1mm a 50mm</b>							
2	-	-	-	-	80	20	-
<b>P3 fibra – pulpa de 1 a 5cm</b>							
2	-	-	-	-	80	20	-
<b>FIBRA - COLA</b>							
<b>F1 fibra larga de 25 x 15 cm</b>							
1.5	-	-	-	-	80	20	-
<b>F2 – F3 fibra larga de 25 x 15 cm</b>							
2	-	-	-	-	80	20	-

Fuente: Jiménez M; Ochoa G, 2014  
 Elaboración: Autores

#### 4.11. Ensayos a Compresión

Los moldes que se utilizaron para realizar las pruebas a compresión, fueron de 10x10x15 cm, elaborados de forma manual, con las diferentes dosificaciones (yeso-bagazo, cemento-bagazo, ceniza-cemento-bagazo, fibra-pulpa y fibras enteras) cuya mezcla se fue colocando en los moldes y apisonando con el fin de evitar porosidades y así obtener elementos con buenas características, una vez llenados los moldes se niveló la superficie, y se dejó fraguar en el molde durante 24 horas para posteriormente ser extraídos y culminar con el tiempo de secado adecuado.



Fig.4.11 Moldes de madera para pruebas a compresión.  
 Fuente: Jiménez M; Ochoa G, 2014

#### 4.11.1. Resistencia a la compresión

Las respectivas pruebas fueron realizadas en el Laboratorio de Materiales del Departamento de Geología y Minas e Ingeniería Civil de la Universidad Técnica Particular de Loja, la misma que consiste en someter la probeta a una carga en sus extremos, cargas actuantes que producen la acción aplastante sobre el objeto.

Para realizar esta prueba, se procedió primeramente a la numeración y a la clasificación de las probetas de acuerdo a los materiales y dosificaciones utilizados, posteriormente se procedió a la medición de cada probeta con un calibrador en unidades de centímetros, al cálculo de áreas y al pesaje de las respectivas probetas para lo cual se utilizó una balanza apropiada para este tipo de pruebas.



Fig.4.12 A) Calibrador B) Medición de probetas, pruebas a compresión.  
Fuente: Jiménez M; Ochoa G, 2014

Tabla 4.13 Características de balanza Mettler

Marca	Modelo	Precisión
Mettler	PE 3600	precisión

Fuente: Laboratorio de suelos, UTPL  
Elaboración: Jiménez M, Ochoa G, 2014

Luego se realizó la prueba a compresión en la maquina Versa Testter, cuya constante es de 4.5987 kg/cm<sup>2</sup>. Al momento de colocar las probetas en la máquina de ensayo, se escogen las partes más lisas y planas para que estén en mayor contacto con los discos tanto superior como inferior de la máquina, se centran y se alinean las probetas con los discos y a medida que la placa superior desciende y entra en contacto sobre el elemento a prueba se va observando el proceso de



Fig.4.13 Pesaje de probetas.  
Fuente: Jiménez M; Ochoa G, 2014

aplastamiento, lecturas de carga que comprenden hasta la primera fisura del objeto puesto a prueba.

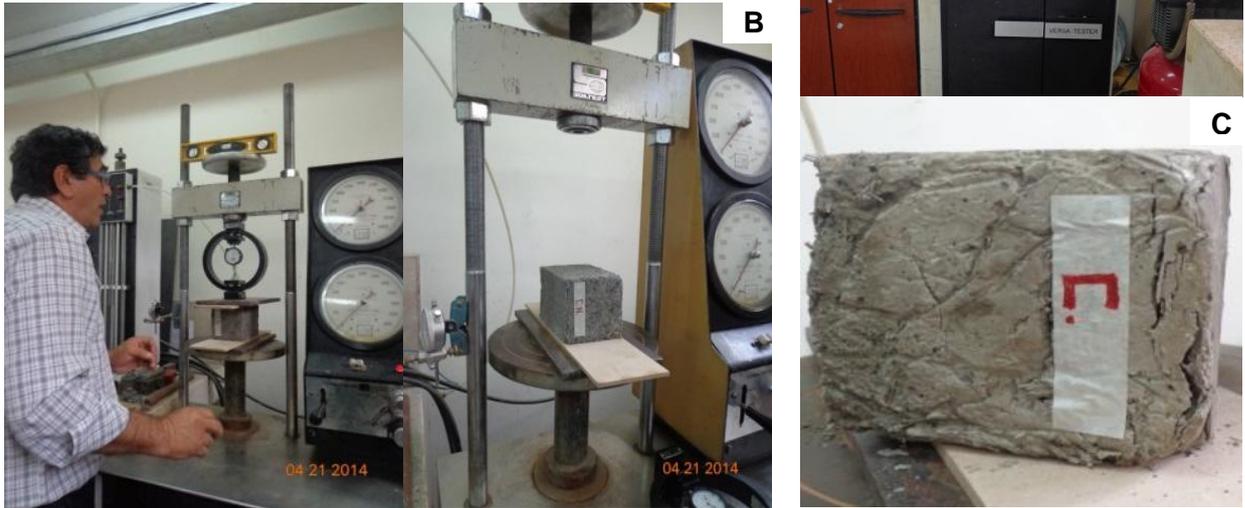


Fig.4.14 A) Maquina Versa Tester, B) Calibración de máquina para pruebas, C) Agrietamiento en probeta.  
Fuente: Jiménez M; Ochoa G, 2014

Para calcular la resistencia a la compresión se usa la siguiente formula:

$$\sigma = \frac{P}{AC}$$

Dónde:

- $\sigma$  = Esfuerzo a compresión (kg/cm<sup>2</sup>)
- $P$  = Carga máxima (kg)
- $AC$  = Área de la cara del cubo

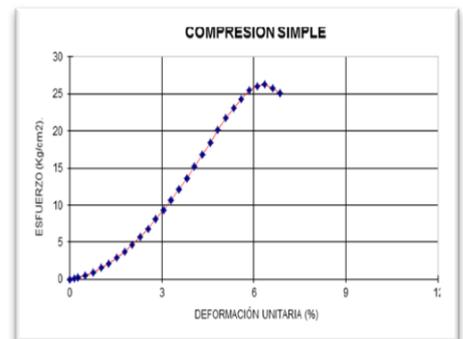


Fig.4.15 Compresión Simple (yeso-bagazo) Y5  
Fuente: Jiménez M; Ochoa G, 2014

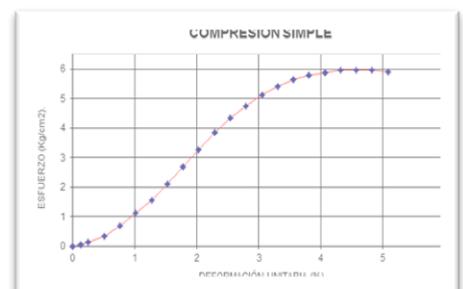


Fig.4.16 Compresión Simple (ceniza de bagazo-fibra) CN1  
Fuente: Jiménez M; Ochoa G, 2014

#### 4.11.2. Determinación de la resistencia a la compresión

Se detallan los resultados de las pruebas a compresión de las diversas dosificaciones

Tabla 4.14 Determinación de resistencia a compresión de tableros propuestos

<b>DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION</b>						
<b>(YESO - BAGAZO)</b>						
<b>Materiales:</b> yeso, cal, dimensión de fibra-pulpa de 0.01 a 2cm, cola, agua						
<b>Muestra</b>	<b>Peso (g)</b>	<b>Altura (cm)</b>	<b>Largo (cm)</b>	<b>Ancho (cm)</b>	<b>Carga Max ( kg)</b>	<b>Resistencia compresión (kg/cm2)</b>
Y1	1096.1	10	15	10	2901.78	19.34
Y2	1153.6	10	15	10	4212.41	28.08
Y3	1023.6	10	15	10	2891.06	19.27
Y4	1138.1	10	15	10	3177.70	21.18
Y5	1103.9	10	15	10	3660.57	24.40
<b>(CENIZA – BAGAZO)</b>						
<b>Materiales:</b> ceniza, cemento, dimensión de fibra-pulpa de 0.01 a 2cm, agua						
<b>Muestra</b>	<b>Peso (g)</b>	<b>Altura (cm)</b>	<b>Largo (cm)</b>	<b>Ancho (cm)</b>	<b>Carga Max ( kg)</b>	<b>Resistencia compresión (kg/cm2)</b>
CN1	1400.6	10	15	10	2960.13	20
CN2	1295.1	10	15	10	2198.18	14.65
<b>(CEMENTO- BAGAZO)</b>						
<b>Materiales:</b> cemento, cal, dimensión de fibra-pulpa de 0.5 a 2cm, agua, aditivos						
C1	1376.3	10	15	10	938.13	6.25
C2	1400.9	10	15	10	891.07	5.94
C3	1310.0	10	15	10	919.76	6.13
<b>(BONDEX- CEMENTO- BAGAZO)</b>						
<b>Materiales:</b> cemento, bondex, ceniza, dimensión de fibra-pulpa de 0.5 a 2cm, agua						
B1	1086.4	10	15	10	4014.67	18.76
B2	1017.9	10	15	10	2815.49	26.76

Elaboración: Jiménez M; Ochoa G, 2014

#### 4.12. Resumen de pruebas a Compresión

A continuación se muestra la tabla de resumen de las probetas que cumplieron con la Norma Ecuatoriana, las mismas que especifica un valor de 20 kg/cm<sup>2</sup> de resistencia a la compresión.

Tabla 4.15 Resumen de tableros que cumplieron la norma establecida de 20 kg/cm<sup>2</sup>

TABLA DE RESUMEN RESISTENCIA ACOMPRESIÓN						
Muestra	Peso (g)	Altura (cm)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Carga Max (kg)	Resistencia compresión (kg/cm <sup>2</sup> )
Y2	1153.6	10	15	10	4212.41	28.08
Y4	1138.1	10	15	10	3177.70	21.18
Y5	1103.9	10	15	10	3660.57	24.40
B2	1017.9	10	15	10	2815.49	26.76
CN1	1400.6	10	15	10	2960.13	20

Elaboración: Jiménez M; Ochoa G, 2014

#### 4.13. Ensayos a Flexión

Las probetas, con las diferentes dosificaciones empleadas para este ensayo, fueron de 25 x 15 cm, con espesores de 1, 1.5, 2, 3 cm respectivamente, para la fabricación de estas probetas se utilizaron moldes de madera, hechos manualmente.

Una vez obtenido los moldes, se procedió a colocar la mezcla homogénea de las diferentes dosificaciones y apisonar para una buena compactación y así evitar burbujas de aire que generen porosidades al material, tomando en consideración que debido al aumento de fibra en algunas mezclas el trabajo para acomodar la mezcla dentro del molde incremento, por lo que fue necesario trabajarlo en capas, se deja fraguar por 24 horas para luego ser desmoldados y así puedan cumplir el tiempo de secado requerido para las pruebas mecánicas y físicas respectivamente.



Fig.4.17 Moldes para probetas, pruebas a flexión.

Fuente: Jiménez M; Ochoa G, 2014



Fig.4.18 Medición de probetas, pruebas a flexión.

Fuente: Jiménez M; Ochoa G, 2014

#### 4.13.1. Resistencia a la Flexión

Mediante esta prueba, podemos determinar el límite de estabilidad y ruptura del elemento, se utilizó el sistema simplemente apoyado, que consiste en colocar la probeta sobre soportes cilíndricos, que se ubican en los extremos y la carga se aplica en el centro del elemento.

Una vez pesadas, medidas y marcados los puntos de apoyo en los extremos y en el centro de las probetas, se determina el lugar para colocar el apoyo central (barra de hierro), siendo los otros apoyos colocados a 2cm del borde exterior de la placa y la aplicación de la carga en el centro del elemento, luego se procedió a colocarlas en la maquina Versa Testter, cuya constante es de 0.8517 kg/cm<sup>2</sup>, centrándolas correctamente para que la distribución de las cargas aplicadas en estas probetas sean transmitidas de manera equitativa sobre el objeto y con ello se pueda hacer la lectura correcta hasta el punto de ruptura.



Fig.4.19 Pesaje de probetas, pruebas a flexión.

Fuente: Jiménez M; Ochoa G, 2014

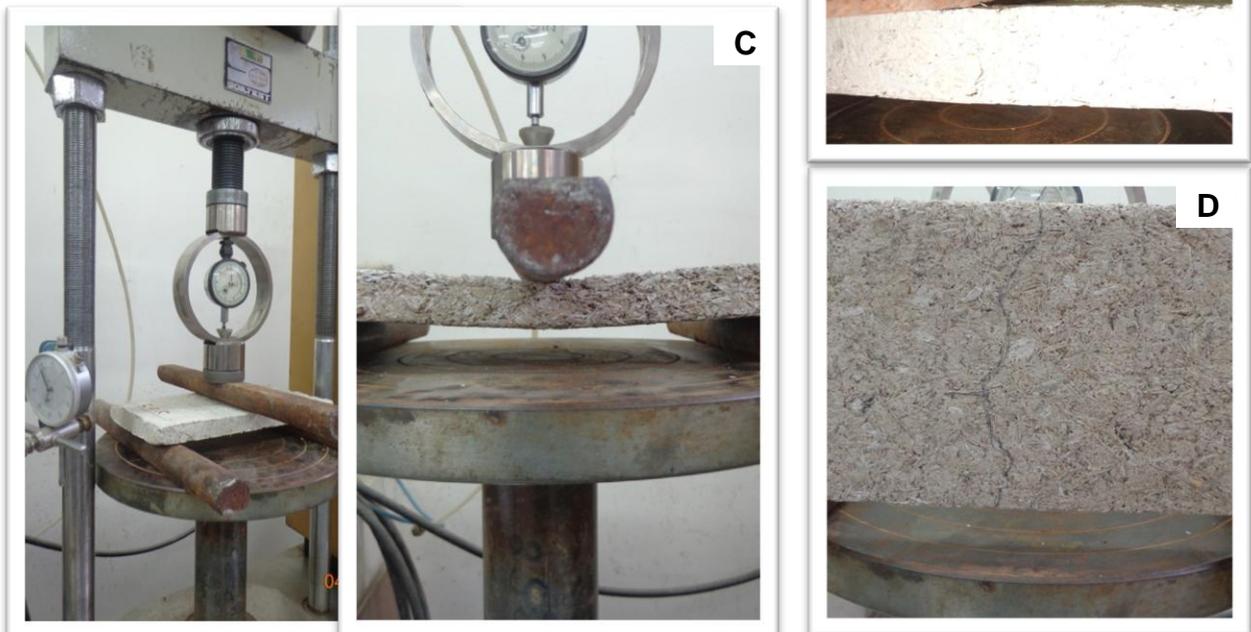


Fig.4.20 A) Colocación de probeta, B) Carga sobre probeta, C) Proceso de deformación, D) Agrietamiento terminada la prueba.

Fuente: Jiménez M; Ochoa G, 2014

Para calcular la resistencia a la flexión se usa la siguiente formula:

$$R = \frac{3PL}{2bd^2}$$

Dónde:

- $R$  = Módulo de ruptura (Mpa)
- $P$  = Carga máxima (kg)
- $L$  =Longitud del espécimen
- $b$  =Ancho
- $d$  =Grosor promedio

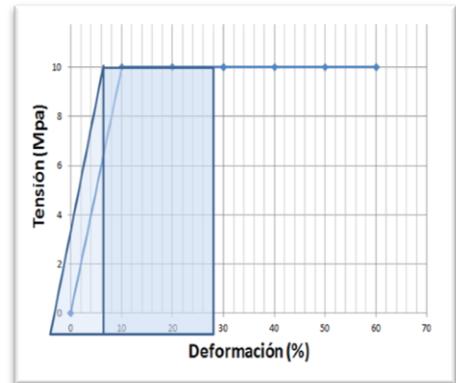


Fig.4.21 Porcentaje de deformación, pruebas a flexión.

Fuente: Jiménez M; Ochoa G, 2014

#### 4.13.2. Determinación de resistencia a flexión

A continuación se detallan los resultados de las pruebas a flexión de las diferentes dosificaciones.

Tabla 4.16 Determinación de resistencia a flexión de tableros propuestos

DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A FLEXIÓN						
<b>(YESO – BAGAZO)</b>						
<b>Materiales:</b> yeso, cal, dimensión de fibra – pulpa de 1 a 2 cm, cola, agua						
Muestra	Peso (g)	Espesor (cm)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Carga Max ( kg)	Resistencia Flexión (kg/cm2)
Y1	472.7	2	25	15	23	12.24
Y2	554.2	2	25	15	38	20.22
Y3	266.0	1.5	25	15	15	14.19
Y4	1088.9	3	25	15	105	24.84
Y5	401.2	2	25	15	29	16
<b>(CENIZA-CEMENTO-BAGAZO)</b>						
<b>Materiales:</b> ceniza cemento, dimensión de fibra-pulpa de 0.01 a 2cm, agua						
CN1	776.2	2	25	15	32	17.034
CN2	777.3	2	25	15	25	13.30

<b>(BONDEX- CEMENTO- BAGAZO)</b>						
<b>Materiales:</b> cemento, bondex ,dimensión de fibra-pulpa de 0.5 a 2cm, agua						
B1	411.2	1.5	25	15	24	10
B2	1217.0	2	25	15	18	22.312
<b>(PULPA DE BAGAZO)</b>						
<b>Materiales:</b> pulpa de 0.01 a 2cm, cola						
P1	133.5	1.5	25	15	27	17
P2	245.3	2	25	15	37	25.5
<b>(FIBRA DE BAGAZO)</b>						
<b>Materiales:</b> fibra de bagazo entera , cola						
F2	196.2	1.5	25	15	34.5	17
F1	153.0	2	25	15	37	23
<b>(CEMENTO-BAGAZO)</b>						
<b>Materiales:</b> cemento, cal, dimensión de fibra-pulpa de 0.5 a 2cm, agua, aditivos						
C1	512.2	1.5	25	15	28	16
C2	701.8	2	25	15	13	7
C3	1140.5	3	25	15	18	10
<b>NOTA:</b> El tablero C1, como se puede ver en la tabla de resultados tuvo mayor resistencia, a pesar de su espesor, a diferencia de los otros tableros, debido a que este tuvo un tiempo de secado que sobrepaso los 28 días, a diferencia de los demás, igualmente se trabajó con fibra de más dimensión, menos cantidad de agua, lo que permitió obtener una mezcla no muy húmeda y con un porcentaje de bondex, que fue el elemento que permitió un mejor fraguado y secado en el tablero.						

Elaboración: Jiménez M; Ochoa G, 2014

En los primeros ensayos a flexión, podemos observar que las probetas con dosificaciones (yeso – bagazo, cemento bagazo –bondex, pulpa y fibras) son los elementos que sobrepasan las normas ecuatorianas requeridas en la construcción, siendo estas las opciones con mayor consideración en la elaboración de los tableros, para la construcción del prototipo.

#### 4.14. Resumen de pruebas a Flexión

A continuación se muestra la tabla de resumen de las probetas que cumplieron con la Norma Ecuatoriana, que determina un valor de 15 kg/cm<sup>2</sup> de resistencia a la flexión.

Tabla 4.17 Resumen de todos los tableros que cumplieron la norma establecida de 15kg/cm<sup>2</sup>

TABLA DE RESUMEN DE RESISTENCIA A FLEXIÓN						
Muestra	Peso (g)	Espesor (cm)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Carga Max (kg)	Resistencia flexión (kg/cm <sup>2</sup> )
Y4	1088.9	3	25	15	105	24.84
CN1	776.2	2	25	15	32	17.03
C1	512.2	1.5	25	15	28	16
B2	12.17	2	25	15	24	22.312
P2	245.3	2	25	15	37	25.5
F1	196.2	2	25	15	34.5	23

Elaboración: Jiménez M; Ochoa G, 2014

#### 4.15. Determinación de resistencia al hinchamiento

Para realizar las pruebas de hinchamiento y absorción de agua, se utilizaron las probetas de 25 x 15cm que fueron sometidas a los ensayos de flexión y compresión, las mismas que cumplieron con la norma NTE INEN 900 – ASTM 1185.

El espesor de cada probeta fue tomado previo al desarrollo de la prueba, para luego de realizarlo poder comprobar la cantidad de absorción de agua en el diámetro de cada probeta sumergida, el equipo utilizado para esta prueba fue:

Tabla 4.18 Materiales para prueba de hinchamiento.

Instrumento	Descripción
<b>Calibrador</b>	Instrumento de medida en cm
<b>Recipiente</b>	Para sumergir las probetas, el mismo que contiene agua.

Fuente: Jiménez M; Ochoa G, 2014



Fig.4.22 Medición de probetas, prueba de hinchamiento.

Fuente: Jiménez M; Ochoa G, 2014

#### 4.15.1. Procedimiento

Para el desarrollo de esta prueba se deberá medir el espesor de cada probeta antes y después de ser sumergida en el agua con temperatura al ambiente, durante un tiempo de 2 y 24 horas, según lo establece la norma NTE INEN 899.

Luego de realizar las respectivas mediciones, antes y después de ser sumergidas al agua en el mismo lugar que se marcó antes de la prueba, procedemos a determinar el porcentaje de hinchamiento de cada probeta aplicando la siguiente fórmula:

$$Ht = \frac{t2 - t1}{t1} * 100$$

**HT:** Hinchamiento

**T1:** Espesor de probeta previo a inmersión

**T2:** Espesor de probeta luego a inmersión



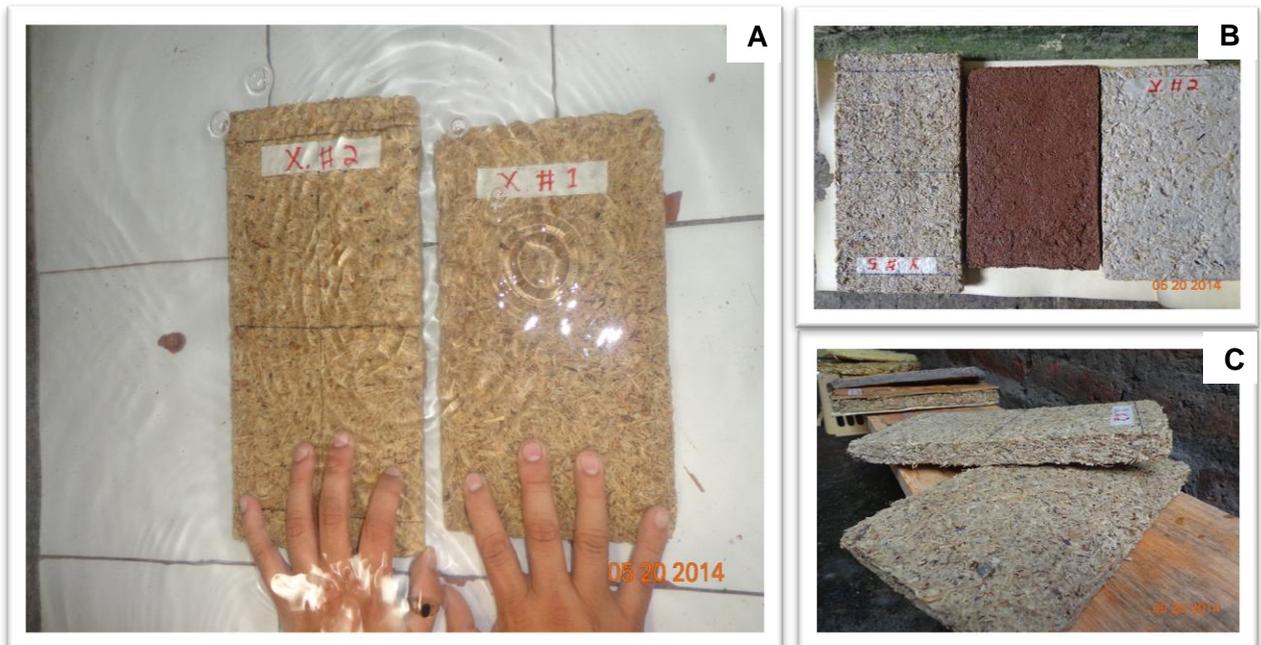
**Fig.4.23** Tableros antes de medir su espesor inicial.

Fuente: Jiménez M; Ochoa G, 2014



**Fig.4.24** Sumersión de tableros (yeso-bagazo)

Fuente: Jiménez M; Ochoa G, 2014



**Fig.4.25** A) Sumersión de tableros de fibra-cola, B) Tableros después de 24horas (yeso-bagazo, cemento-bondex), C) Tableros de fibras-cola después de 30minutos.

Fuente: Jiménez M; Ochoa G, 2014

#### 4.15.2. Determinación de resultados de prueba de hinchamiento

Tabla 4.19 Espesores de probetas después 2h -24h

RESISTENCIA AL HINCHAMIENTO					
Norma: NTE INEN 899					
Muestra	Espesor previo	Espesor 2h	Hinchamiento 2h	Espesor 24h	Hinchamiento 24h
Y2	0.212	0.213	0.46	0.219	3.19
Y4	0.315	0.316	0.31	0.321	1.86
Y5	0.210	0.211	0.47	0.217	3.23
CN1	0.212	0.213	0.65	0.218	4.40
C1	0.152	0.153	0.46	0.159	6.52
B2	0.152	0.154	1.29	0.171	5.26
P2	0.151	0.154	1.95	0.160	5.60
F1	0.214	0.218	1.83	0.220	2.78

Fuente: Jiménez M; Ochoa G, 2014

Aplicando la formula antes mencionada establecida por la norma NTE INEN 899, se obtiene el porcentaje de hinchamiento de cada probeta sometida al ensayo. La normativa utilizada para esta prueba, establece un máximo del 20% de hinchamiento para tableros, por lo que los paneles de bagazo cumplen con el 6.52% de hinchamiento total, resultando factibles para ser aplicados en la construcción.

#### 4.16. Resistencia al fuego

La resistencia de un material se mide sometiéndolo al fuego directo y midiendo el tiempo que dura hasta que el fuego cause daño en sus caras, el tiempo que el material resista al fuego será la clasificación de resistencia, siendo este método el más utilizado y aceptado por la norma **NTE INEN 804**. El instrumento que se utilizó para esta prueba, fue un soplete alimentado por gas licuado, que tiene como objetivo producir llama y calor.



Fig.4.26 Tablero de yeso-bagazo, sometido a prueba de fuego

Fuente: Jiménez M; Ochoa G, 2014

Esta prueba fue desarrollado en un espacio abierto para evitar incidentes con el fuego, al momento de realizar esta prueba se colocaron elementos a los costados del material, cubriéndolo para evitar la presencia del viento y con ello dispersión del fuego. Una vez que los materiales fueron sometidos al fuego se pudo observar la rápida carbonización de las caras expuestas pero no una expansión total del fuego.

Luego de transcurrir 35 y 63 minutos respectivamente se pudo observar una pequeña perforación de la cara principal y posterior de los tableros a base de fraguado, a diferencia de los materiales de secado rápido (fibras – pulpa) por el mismo material que se componen, al momento de aplicarles fuego, se pudo observar una rápida expansión del fuego con una duración de 10 minutos para que el fuego produzca daños en el mismo, luego de retirar el fuego, las cenizas producidas se apagaron automáticamente, presentando daños mínimos solamente en el lugar donde se colocó el fuego.

Concluida las pruebas de los elementos expuestos al fuego, se puede dar una clasificación de F63 (fuego 63min) y F35 (fuego 35min), que según a la normativa, cumplen con las exigencias mínimas de uso residencial con una resistencia de F30 (fuego 30min) y de F60 (fuego 60min), para elementos verticales (edificios), según su riesgo a los que se someta.

Exigencias mínimas de resistencia al fuego según la norma nacional.

F30 = Fuego 30 minutos para viviendas  
F60 = Fuego 60 minutos para edificios



**Fig.4.27** Tablero de cemento-bagazo, sometido a prueba de fuego  
Fuente: Jiménez M; Ochoa G, 2014



**Fig.4.28** Tablero de bondex-bagazo, sometido a prueba de fuego  
Fuente: Jiménez M; Ochoa G, 2014



**Fig.4.29** Resultados finales de tableros de yeso – bagazo  
Fuente: Jiménez M; Ochoa G, 2014

**Tabla 4.20** Norma establecida de resistencia al fuego

<b>Resistencia al fuego</b>	
<b>Aplicación</b>	<b>Clasificación/ Resistencia</b>
Residencias	F 30min
Edificios	F 60min

Fuente: Jiménez M; Ochoa G, 2014

Las pruebas se realizaron a las probetas que fueron sometidas a las pruebas de flexión y compresión, las mismas que cumplieron las características establecidas por las Norma INEN.

Los tableros que llegaron a cumplir una resistencia de aproximadamente 30min, se debe a que contienen un mayor porcentaje de fibra al de yeso y cemento, sin embargo cumplen con la normativa.

A continuación se muestra la tabla de resultado de las pruebas de fuego de cada elemento, indicando que la resistencia y clasificación se la determinó por el tiempo de duración a la acción del fuego.

**Tabla 4.21** Resistencia de tableros sometidos al fuego

<b>DETERMINACION DE RESISTENCIA AL FUEGO</b>		
<b>Muestra</b>	<b>Clasificación según la resistencia</b>	
	<b>Residencial F30</b>	<b>E. verticales F60</b>
Y2	-	F60
Y4	-	F63
Y5	F31	-
CN1	F48	-
C1	-	F60
B2	-	F60
F1	-	-
F2	-	-

Fuente: Jiménez M; Ochoa G, 2014

#### 4.17. Prueba de anclaje y perforación

Una vez sometidos los tableros a diversas pruebas (compresión – flexión – humedad –fuego), es importante también someterlos a prueba de anclaje para determinar si se trata de un material de fácil fijación. Esta prueba consistió en someter los tableros a perforaciones con taladro, respetando las distancias que se detallan en los tipos de fijaciones y anclajes de los tableros prefabricados (5cm del borde hacia dentro), dando como resultados, elementos que no sufrieron ninguna fisura al momento de penetrar el taladro y el tornillo. Con esta prueba se pudo comprobar y determinar que los tableros experimentados son elementos de fácil anclaje, independientemente de la estructura que se vaya a utilizar.

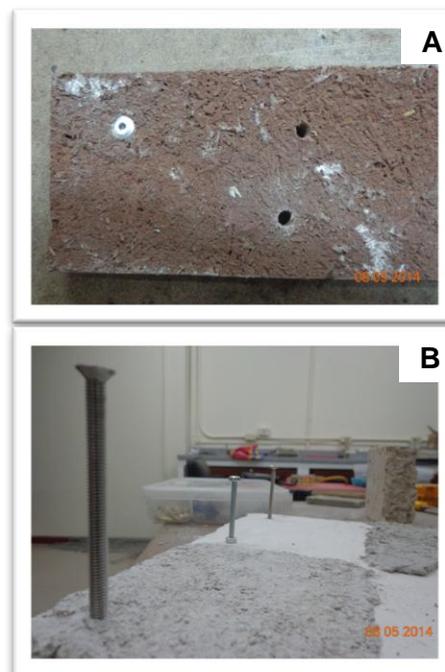


Fig.4.30 Perforación y anclaje de tableros.

Fuente: Jiménez M; Ochoa G, 2014

#### 4.18. Tabla de resultados de ensayos realizados, que cumplen con la Normativa Nacional.

A continuación se muestra un resumen de todos los elementos que cumplieron con las resistencias establecidas por la normativa nacional aplicadas a la construcción, determinando mediante todos los ensayos realizados elementos aptos para ser utilizados en los diferentes ámbitos planteados en esta investigación, tanto como paredes, pisos y cielos falsos.

Tabla 4.22 Resumen de ensayos realizados a tableros de bagazo

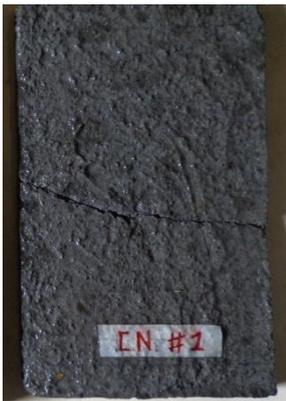
Muestra	ENSAYOS REALIZADOS			
	Compresión 20 kg/cm <sup>2</sup>	Flexión 15 kg/cm <sup>2</sup>	Hinchamiento máximo 20%	Fuego F30 –F60
Y2	28.08	20.22	C1 6.52%	F60
Y4	21.18	24.84		F63
Y5	24.4	16		F31
CN1	20	17.03		F38
C1		16		F60
B2	26.76	22.7		F60
F1		23		-
F2		17		-
P2		25.5		-

Fuente: Jiménez M; Ochoa G, 2014

#### 4.19. Clasificación de uso para paredes, pisos y cielos rasos de los tableros según su resistencia

Tabla 4.23 Clasificación de tableros por su resistencia

TABLEROS PROPUESTOS		COMPONENTES	APLICACIONES		
			Paredes	Pisos	Cielos falsos
Y2		<p>Espesor: 2 cm                      Yeso                      Bagazo (fibra-pulpa de 1 a 2cm)                      Cola                      Agua</p>	x	x	x
Y4		<p>Espesor: 3 cm                      Yeso                      Bagazo (fibra-pulpa de 0.5mm a 20mm)                      Cola                      Agua</p>	x	x	x
Y5		<p>Espesor: 2 cm                      Yeso                      Bagazo (fibra-pulpa de 0.1mm a 20mm)                      Cola                      Agua</p>	x	x	x
C1		<p>Espesor: 1.5 cm                      Cemento                      Bondex                      Bagazo (fibra de 20mm a 50mm)                      Agua</p>	x	x	

<p><b>CN1</b></p>		<p>Espesor: 2 cm Cemento Ceniza Bagazo (fibra de 0.1mm a 20mm) Agua</p>	<p>x</p>	<p>x</p>	<p>x</p>
<p><b>B2</b></p>		<p>Espesor: 2 cm Cemento Bondex Bagazo (fibra- 20mm a 40mm) Agua</p>	<p>x</p>	<p>x</p>	<p>x</p>
<p><b>P1</b></p>		<p>Espesor: 2 cm Bagazo (fibra-pulpa de 0.1mm a 30mm) Cola</p>	<p>x</p>	<p>x</p>	<p>x</p>
<p><b>F2</b></p>		<p>Espesor: 2 cm Bagazo (fibra entera) Cola</p>	<p>x</p>	<p>x</p>	<p>x</p>

Fuente: Jiménez M; Ochoa G, 2014

## **CAPITULO V: EXHIBIDOR DE PRODUCTOS DE CAÑA DE AZÚCAR**

## 5.1. Introducción

---

El exhibidor se desarrolló en la parroquia San Pedro de Vilcabamba una vez determinadas las resistencias y el comportamiento del bagazo de la caña de azúcar como componente en la elaboración de tableros, se plantea la aplicación de los mismos en la construcción de un **“Exhibidor para la venta de productos de caña de azúcar”**, en el que se utilizaron, módulos de 0.60x.90cm y 0.60x0.60cm en cielo raso y paredes y 0.30x0.30cm para piso, anclados a una estructura de madera, desarrollando un sistema constructivo de fácil montaje y desmontaje.

Se obtuvo un elemento arquitectónico que sirve como implemento para la venta de productos a base de la caña de azúcar, por la gran afluencia de personas que visitan el lugar y sus alrededores.

## 5.2. Análisis del Sitio

### 5.2.1. Ubicación

El lugar de emplazamiento para el prototipo arquitectónico “ **Exhibidor de productos de caña de azúcar**”, se encuentra en la Parroquia San Pedro de Vilcabamba, ubicada al sur de la ciudad de Loja, considerado un lugar de gran atractivo turístico, gracias a su naturaleza y sobre todo a la producción de la caña de azúcar, y elaboración de subproductos a partir del mismo.

San Pedro de Vilcabamba es un valle que goza de un clima cálido subtropical, por encontrarse en la cordillera andina, rodeado de riveras naturales, su vegetación es de tipo bosque nativo, pasando por aquí la vía que conduce a Vilcabamba., uno de los grandes paraderos vacacionales de la ciudad, le adornan hermosos lugares como es el majestuoso Mandango, que es un cerro maravilloso con una gran historia muy visitado por los turistas, los mismos que al conocerlo se quedan maravillados.

El Exhibidor se desarrolló en la finca del Sr. Francisco Barrigas, propietario de la molienda de la cual obtuvimos toda la materia prima, el mismo que se encuentra a 30m de la entrada principal a la Parroquia San Pedro de Vilcabamba, en el Barrio Dorado Bajo, contando con una área de 4.50m<sup>2</sup> espacio óptimo para la construcción del exhibidor, el mismo que tiene como fin un lugar de expendio de productos de caña de azúcar, cuyo objetivo principal es la de dar énfasis al material con el que están elaborados los tableros, los mismos que serán aplicados en el exhibidor.



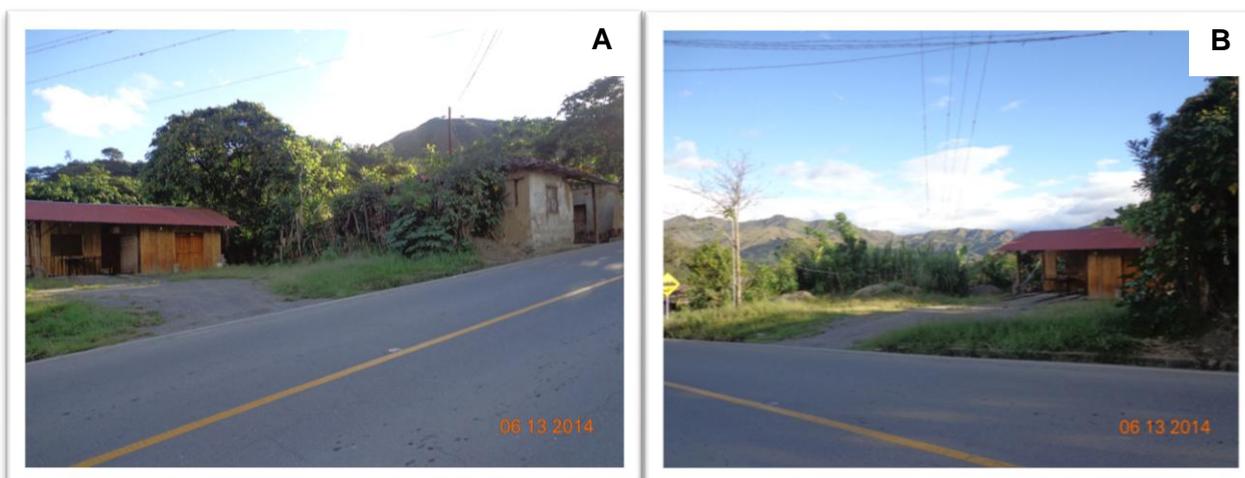
Fig. 5.1 Ubicación del exhibidor  
Fuente: Jiménez M; Ochoa G, 2014



Fig. 5.2 Vista aérea del lugar de implantación de exhibidor  
Fuente: Sigierras



Fig. 5.3 Lugar de implantación del exhibidor  
Fuente: Jiménez M; Ochoa G, 2014



**Fig. 5.4** Vistas laterales del lugar de implantación del exhibidor  
**Fuente:** Jiménez M; Ochoa G, 2014

### 5.2.2. Datos generales de la parroquia San Pedro de Vilcabamba

**Tabla 5.1** Datos principales de la Parroquia San Pedro de Vilcabamba

<b>Latitud</b>	<b>4° 14' 36" Sur</b>
<b>Longitud</b>	<b>79° 13' 17" Oeste</b>
<b>Extensión</b>	68,27 km
<b>Altura</b>	1.700 m.s.n.m
<b>Clima</b>	Subtropical – seco, el clima se encuentra influenciado por la cordillera de los andes, agradable y benigno, as lluvias por lo general s se presentan a partir del mes de Octubre hasta mayo del siguiente año.
<b>Población</b>	1.245 habitantes
<b>Temperatura</b>	19.4° C temperatura promedio
<b>Distancia de Loja</b>	37 km
<b>Limites</b>	Norte: parroquia Malacatos Sur: Parroquia Vilcabamba Este: Prov. de Zamora Chinchipe Oeste: parroquias Malacatos y Vilcabamba
<b>Importancia Parroquial</b>	Huertos compuestos de policultivos, donde se destaca el café de altura y caña de azúcar. Tiene un inicial desarrollo de la apicultura y fama por la crianza de gallos de pelea.

**Fuente:** www.loja.gob.ec  
**Elaboración:** Jiménez M; Ochoa G, 2014

### 5.3. Exhibidor de productos de caña de azúcar

La fabricación tomará como base un proceso rústico, en el que se utilizarán los elementos experimentados que cumplieron con las normas INEN establecidas, cuyas dosificaciones nos permiten establecer relaciones a mayor escala, para aplicarlas en los tableros tipo. Al tratarse nuestra propuesta de un tablero con diversas aplicaciones, paredes-pisos-cielos falsos, la estructura que hemos elegido para nuestro prototipo ha sido de madera, por el lugar y su entorno, tomando en consideración la arquitectura tradicional de la Parroquia, donde predomina la madera sobre el hormigón, logrando un elemento constructivo de fácil instalación que contribuya a las necesidades del hombre, y sobre todo obtener un elemento elaborado con material del medio.

De los ensayos realizados, hemos obtenido que los componentes yeso-bagazo, ceniza – bagazo, cemento – bagazo, con diferentes dosificaciones, como se muestra en el capítulo 4 tabla de dosificaciones, son los adecuados por la alta resistencia, por lo que se toma el componente yeso – bagazo y cemento – bagazo, para la elaboración de los paneles tipo aplicados en paredes, pisos y cielos rasos del exhibidor.



Fig.5.5 Probetas yeso-bagazo  
Fuente: Jiménez M; Ochoa G, 2014



Fig. 5.6 Probetas cemento-ceniza-bagazo  
Fuente: Jiménez M; Ochoa G, 2014

### 5.4. Determinación de medidas para elaboración del tablero tipo

#### Diseño Modular

La uniformidad de dimensiones de los elementos de madera disponibles para la construcción lleva por economía el uso de elementos modulares, reflejándose en un diseño basado en sistemas constructivos coherentes, teniendo en cuenta las tolerancias del material para su adecuado uso. El “diseño modular

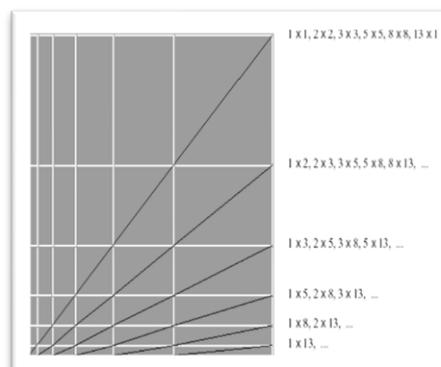


Fig. 5.7 Módulos constructivos  
Fuente: Jiménez M; Ochoa G, 2014

permite reducir el desperdicio del material”, <sup>1</sup>en lo que nos regiremos para darle medida a nuestro panel será basándonos en un módulo de (30cm x30cm) el más utilizado en sistemas constructivos locales, el mismo que tiene como objetivo principal cumplir con aspectos funcionales, constructivos y de diseño, determinando de esta manera secciones de: 0.90 x 0.60, 0.60 x 0.60, 0.30 x0.30, considerando que son medidas de fácil trabajo en obra y de transporte y sobre todo que se acoplan para construir paredes de 2.40 hasta 2.70 de altura, que son las más comunes en nuestro medio evitando con ello el desperdicio del material.

Una vez analizadas y determinadas las medidas de los paneles tipo, que se van a utilizar en la propuesta se procede a la elaboración de los tableros.

### 5.5. Paneles de bagazo de caña de azúcar

Secciones modulares, formados por fibras vegetales (bagazo de caña de azúcar), y otros componentes (yeso, cemento). Elaborados artesanalmente ya que no necesitan cocción, lo que hace que este sea un elemento que no afecte el medio ambiente, presenta una estructura uniforme, sus caras son lisas o con textura, dependiendo de la necesidad que se requiera, en construcción estos secciones pueden ser aplicados como paredes, divisoras, planchas para pisos y cielos rasos, paneles que presentan las siguientes características:

- Fácil anclaje y perforación
- Resistencia a la flexión
- Económicos
- Resistencia al fuego
- Resistencia a la humedad
- De fácil manejo en obra

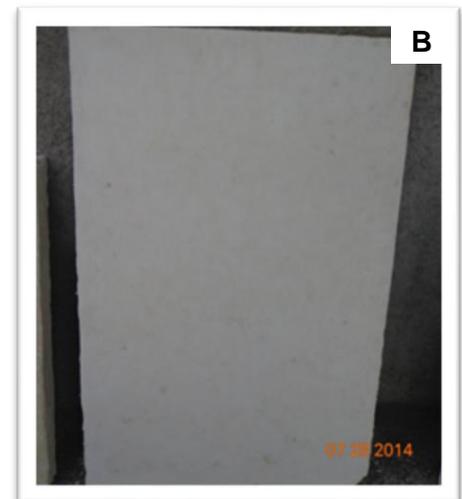
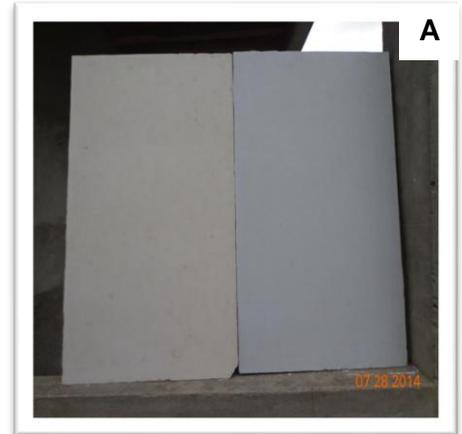


Fig. 5.8 A,B) Tablero de yeso-bagazo  
C) Tablero de yeso-bagazo en obra  
Fuente: Jiménez M; Ochoa G, 2014

<sup>1</sup> NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN (2013) Ministerio de desarrollo urbano y vivienda MIDUVI. CAPITULO 7. pag.8

## 5.6. Elaboración del tablero tipo

Para la elaboración de los paneles yeso-bagazo, se tomó en cuenta los componentes con los que se va a trabajar, se realizó primeramente la recolección de la materia prima y la clasificación de la misma de acuerdo al tamaño de las partículas y los componentes secundarios con los que se va a combinar, posteriormente ya sabiendo las medidas de acuerdo a la modulación se fabrican moldes de 90 x 90, 60 x 60, 30 x 30 de 2cm de espesor, determinando las siguientes especificaciones para paneles de bagazo de caña de azúcar.



Fig. 5.9 Moldes metálicos para tableros  
Fuente: Jiménez M; Ochoa G, 2014

Tabla 5.1 Especificaciones para tableros de bagazo

Paredes	Pisos	Cielos falsos
90 x 60x2 cm	30 x 30x2cm	60 60x2cm

Fuente: Jiménez M; Ochoa G, 2014

### 5.6.1. Materiales

Los materiales utilizados para la fabricación de los tableros son:

- Yeso de cantera
- Cola
- Agua
- Bagazo de caña de azúcar de 1 a 2 cm para paredes, 0,5 a 2 cm para cielos rasos y 1 a 3 para pisos.
- Moldes metálicos de 90 x 60cm, 60 x 60cm y de 30 x30cm de 2cm de espesor.
- Placas metálicas para apisonar, y así conseguir una compactación uniforme del material en los tableros macizos.
- Tiras de carrizo de 5mm de ancho y para el largo se tomó en cuenta la medida del panel, dejando a cada extremo libre 20mm.



Fig.5.10 A) yeso de cantera, B) dosificación bagazo-yeso  
Fuente: Jiménez M; Ochoa G, 2014

### 5.6.2. Dosificaciones

De todas las experimentaciones realizadas, se obtuvo tres opciones de tableros con diferentes dosificaciones y con excelentes resultados, siendo nuestro punto de partida y nuestra mejor opción para la elaboración del tablero tipo, la dosificación del tablero compuesto por yeso-bagazo, del cual se obtuvo tres tipos de tableros, Y2 – Y4 – Y5, cada uno con diferentes dosificaciones, los mismos que cumplieron las pruebas físico-mecánicas a las que fueron sometidas, siendo la dosificación Y4 (fibra de bagazo, yeso, agua y un porcentaje de cola) con un espesor de 2cm, el elemento base que se tomara para la fabricación de los tableros para el prototipo, el mismo que obtuvo una resistencia de 24.84kg/cm<sup>2</sup>, que sobrepasa la norma establecida de 15 kg/cm<sup>2</sup> a flexión.

Luego de obtener las dosificaciones exactas, se trabajó en tableros macizos con un secado de 10 días para mejores resultados, y con tableros tipo bastidor con carrizo como estructura en la parte posterior con un secado de 2 días (fig. 5.12), sugerencia del Dr. Francisco Olivares catedrático en sistemas constructivos de la Universidad de España, de quien tuvimos asesoría en la elaboración de los tableros tipo, por lo que se decidió trabajar con los dos tipos de tableros para la elaboración del prototipo arquitectónico, siendo la más utilizada la segunda opción (sistema de armado de tableros con bastidores), por cuestiones de tiempo de secado y por tratarse de un gran número de tableros tanto para paredes y cielos falsos a utilizarse en nuestra propuesta, dejando constancia que tanto el tablero macizo y el tipo bastidor tienen similares características en lo que se refiere a su forma y a sus componentes.



Fig. 5.11 Elaboración de tablero yeso-bagazo

Fuente: Jiménez M; Ochoa G, 2014



Fig. 5.12 Tablero macizo yeso-bagazo

Fuente: Jiménez M; Ochoa G, 2014



Fig. 5.13 Tablero tipo bastidor con carrizo

Fuente: Jiménez M; Ochoa G, 2014

Dosificación de Y4 (probetas de 25 x 15 x 2cm), medidas transformadas de porcentaje (%) a medida de peso (gramos)

Tabla 5.2 Dosificaciones tablero referencia Y4, transformado en unidades de medida (g).

Tipo	Espesor cm	Fibra g	Yeso g	Agua g	Cola g
Y4	2	60	520	300	30

Fuente: Jiménez M; Ochoa G, 2014

Elaboración: Jiménez M; Ochoa G, 2014

A continuación se indica las dosificaciones utilizadas en los tableros para el exhibidor, dosificaciones tomados en relación a la probeta **Y4**, la misma que cumplió con todas las pruebas físico – mecánicas establecidas por las normas INEN.

Tabla 5.3 Dosificaciones para tableros tipo

Aplicación	Medidas cm	Fibra g	Yeso g	Cemento g	Cola g	Agua g
<b>Paredes</b>	90 x 60	720	6240	0	360	<b>3600</b>
<b>Cielos rasos</b>	60 x 60	480	4160	0	240	2400
<b>Pisos</b>	30 x 30	150	1200	100	75	750

Fuente: Jiménez M; Ochoa G, 2014

Elaboración: Jiménez M; Ochoa G, 2014

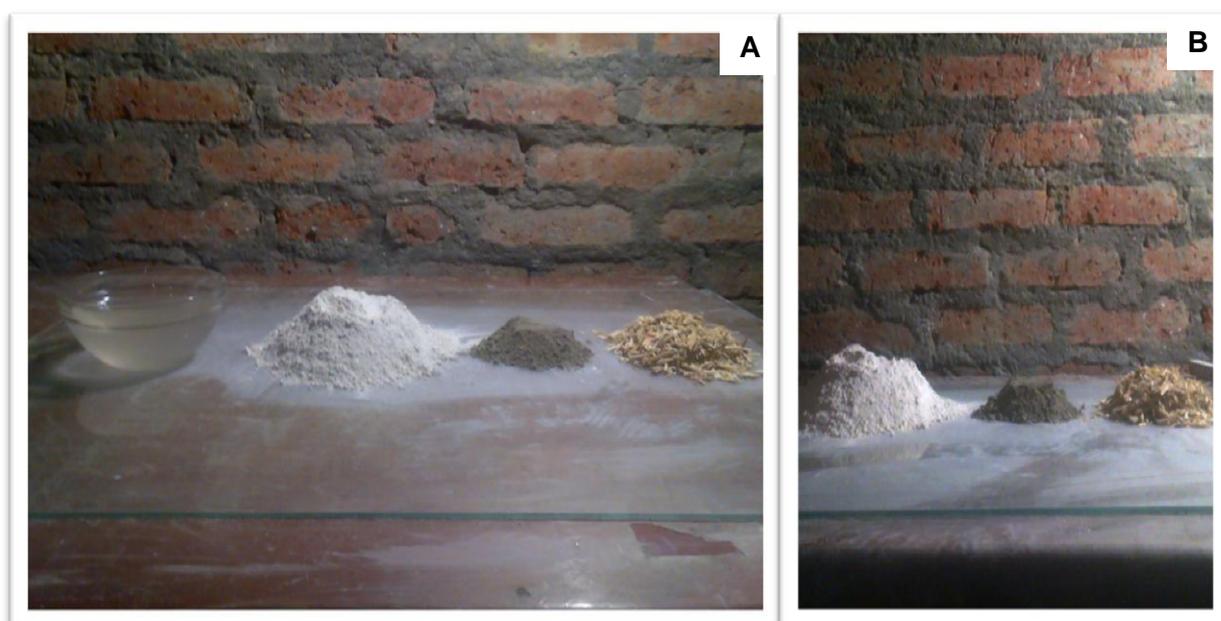


Fig. 5.14 A, B Dosificación de tableros para pisos

Fuente: Jiménez M; Ochoa G, 2014

### 5.6.3. Proceso de elaboración del panel tipo

La elaboración de las probetas y tableros tipo, se dio en San Pedro de Vilcabamba, finca del Sr. Enrique Ochoa lugar en el cual se montaron las diversas áreas de trabajo y en lo que respecta a la parte técnica se desarrolló en el Laboratorio del Departamento de Geología y Minas e Ingeniería Civil de la Universidad Técnica Particular de Loja. A continuación se detalla el proceso de elaboración de los tableros tipo.

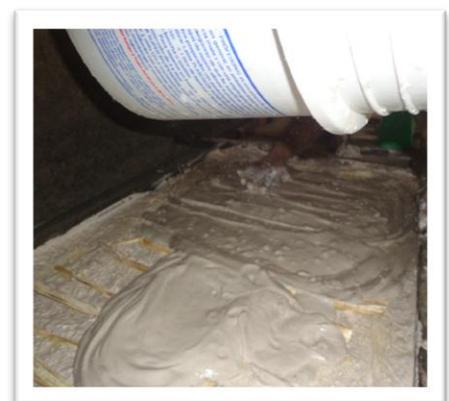
- Se elaboraron moldes de hierro de 0.90 x 0.60 para paredes, 0.60 x 0.60 para cielos rasos y de 0.30 x 0.30 para pisos.
- Tomando como base tipo la probeta Y4 con una resistencia de 24.84kg/cm<sup>2</sup>, se realizó la mezcla con las dosificadas establecidas para cada elemento con sus diferentes componentes, de acuerdo al uso de cada tablero.
- Se procede a colocar la mezcla sobre los moldes, de manera que nos facilite una distribución uniforme, por lo cual procedemos a realizar el vertido del material en tres capas, facilitando el apisonado y eliminando con ello burbujas de aire.
- Una vez que se terminó de colocar toda la mezcla se apisonó nuevamente todo el tablero, para que la fibra se oriente de una manera uniforme sobre toda la sección.
- Se retira el molde después de 24 horas de fraguado en el caso de los tableros macizos, y 2 horas en los tableros tipo bastidor con estructura de carrizo, los moldes a utilizarse nos permiten desmoldar fácilmente ya que están empernados en las esquinas,



**Fig.5.15** Mezcla de materia prima yeso-bagazo  
Fuente: Jiménez M; Ochoa G, 2014



**Fig.5.16** Vertido del material en el molde.  
Fuente: Jiménez M; Ochoa G, 2014



**Fig. 5.17** capa 3 sobre bastidores de carrizo.  
Fuente: Jiménez M; Ochoa G, 2014

ayudándonos que no existan daños en los tableros al momento de desencofrar.

- De 7 a 10 días los tableros macizos se encuentran totalmente secos y listos para ser colocados en obra, y en el caso del tipo bastidor en 2 días ya están secos totalmente.
- Luego de secar totalmente los tableros y señalando que son elaborados sobre una plancha de vidrio para evitar que se fijen a la base, queda totalmente lisa una de sus caras, al que se le puede dar una acabado con una argamasa de partículas de bagazo, cal y cola, obteniendo de esta manera tableros con mayor textura, indicando que también se los puede trabajar en sus caras lisas.
- Finalmente están listos para ser colocados en la estructura, con las diferentes aplicaciones, paredes, pisos y cielos rasos.



**Fig. 5.18** Apisonado final del tablero  
**Fuente:** Jiménez M; Ochoa G, 2014



**Fig. 5.19** Secado del tablero  
**Fuente:** Jiménez M; Ochoa G, 2014



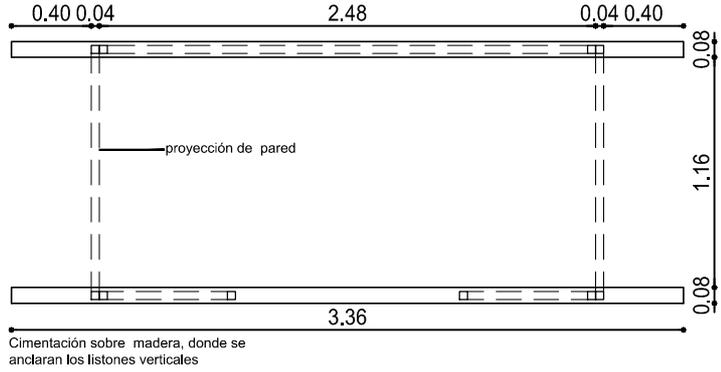
**Fig. 5.20** A) Tableros de 90 x 60 para paredes, B) Tableros de 60 x 60 para cielos rasos C) Tableros de 30 x 30 para pisos.

**Fuente:** Jiménez M; Ochoa G, 2014

## PLANOS ARQUITECTONICOS



MÓDULOS PREVIO A SU COLOCACIÓN



PLANTA DE CIMENTACIÓN

ESCALA: 1/40



ARMADO DE MÓDULOS EN OBRA



PLANTA UNICA

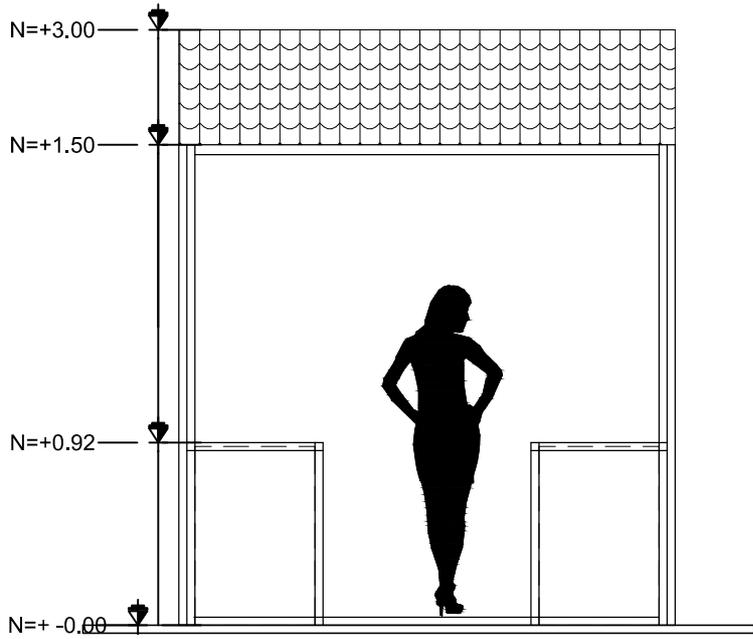
ESCALA: 1/40



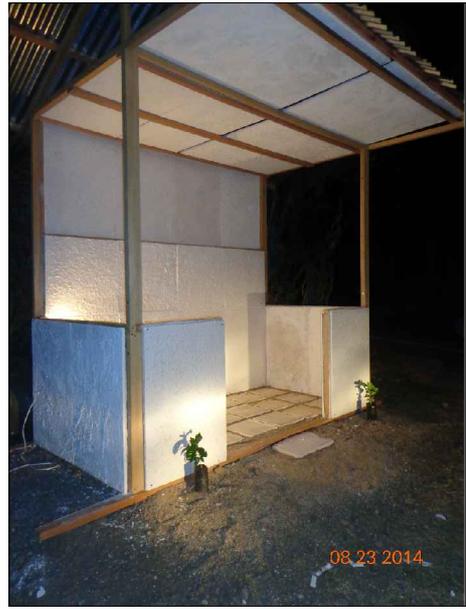
ANLAJE DE MÓDULOS SOBRE PERFILES DE MADERA DISPUESTOS HORIZONTALMENTE.



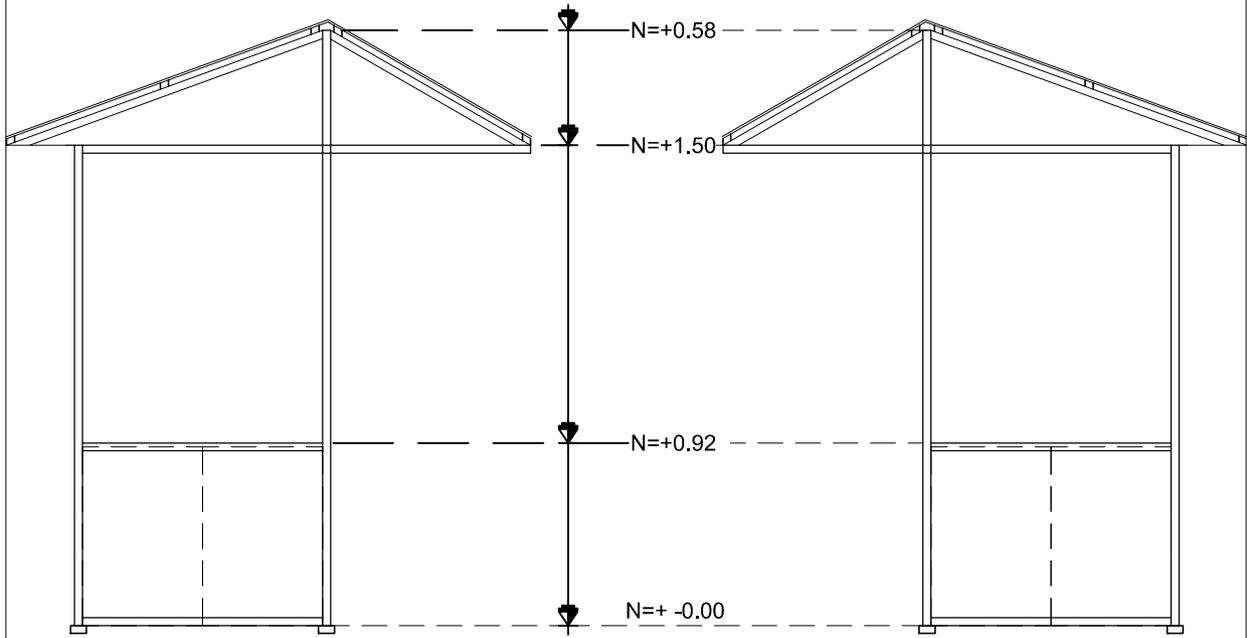
ARMADO FINAL DE ESTRUCTURA DE MADERA



ELEVACIÓN FRONTAL  
ESCALA: 1/40



PERSPECTIVA NOCTURNA ELEVACION FRONTAL



ELEVACION LATERAL IZQUIERDA  
1/40

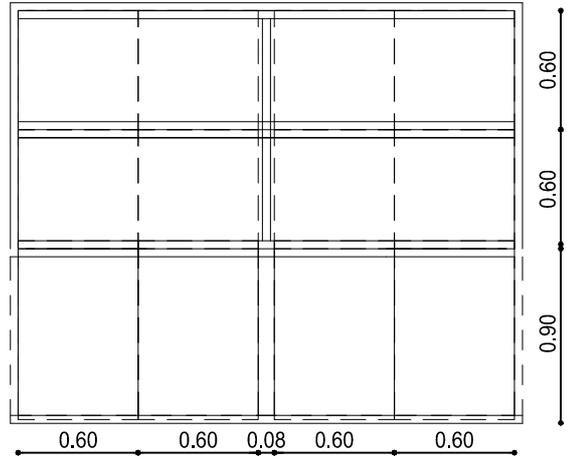
ELEVACION LATERAL DERECHA  
1/40



PERSPECTIVAS NOCTURNA DE EXHIBIDOR



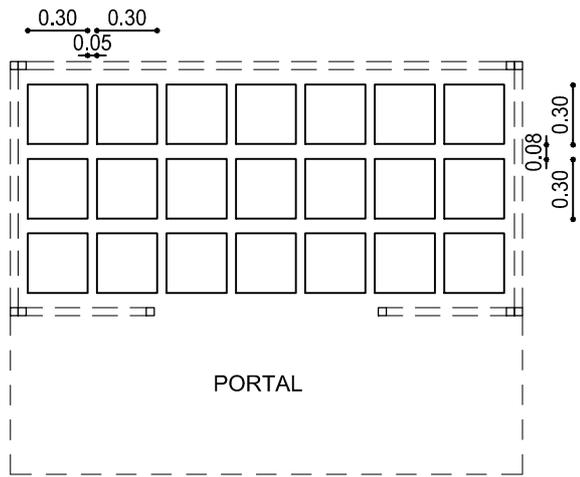
DISPOSICIÓN DE PANELES EN CIELO RASO



ARMADO DE TUMBADO



ARMADO DE TABLEROS PARTE POSTERIOR Y CIELO RASO



ARMADO DE PISO



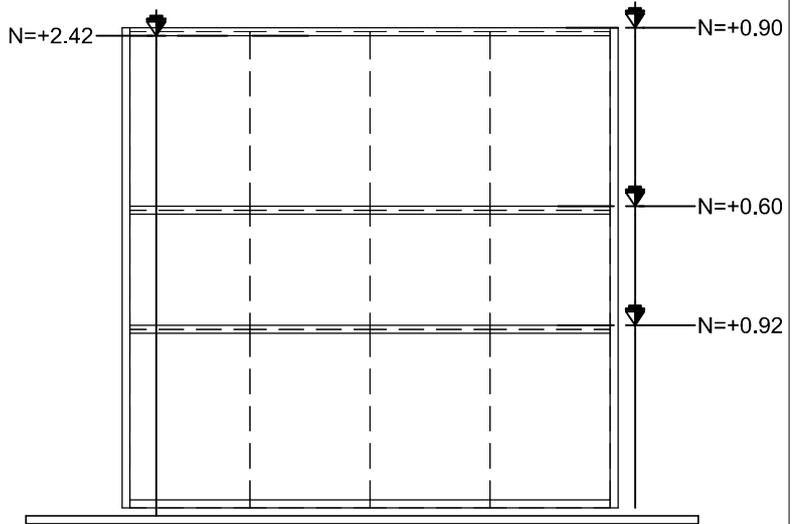
VISTA NOCTURNA DE PAREDES



ARMADO DE PISO SOBRE ARENA AMARILLA



DISPOSICIÓN DE TABLEROS VISTA FRONTAL

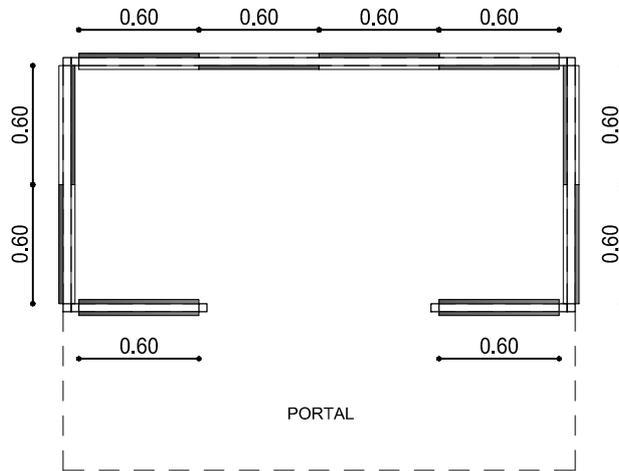


ELEVACIÓN POSTERIOR

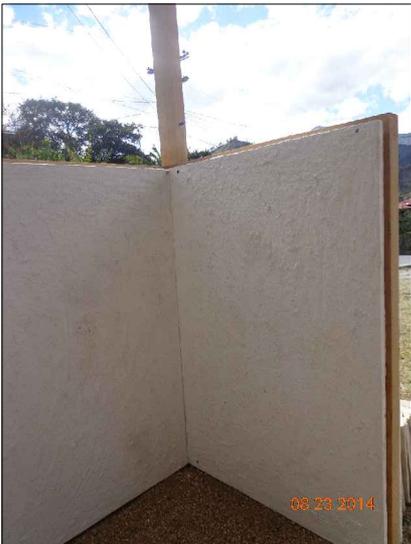
## DETALLES



DISPOSICIÓN DE TABLEROS SOBRE PERFILES DE MADERA



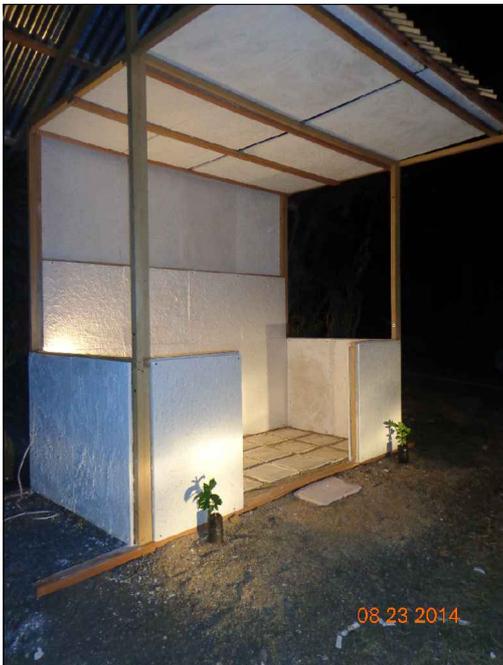
DISPOSICIÓN DE TABLEROS EN LAS 4 FACHADAS



JUNTAS DE TABLEROS



PERSPECTIVAS DIURNA DEL EXHIBIDOR



PERSPECTIVAS NOCTURNA DEL EXHIBIDOR

## 5.8. Construcción de Exhibidor

Para la construcción de este prototipo se utiliza el sistema constructivo de madera, un sistema de estructura independiente y económico, al que se le aplicaran los tableros propuestos, sistema que tiene una buena integración especialmente con el medio y con las construcciones tradicionales del sitio.

### 5.8.1. Proceso de armado

El sistema de fabricación de la estructura para el prototipo es modular trabajada en madera, utilizando la técnica del trabado, la misma que nos permitirá colocar los tableros de una manera adecuada, una vez obtenidos los perfiles de madera para la estructura en las dimensiones establecidas se procede a la fijación de cada módulo utilizando para ello elementos de carpintería cola, y clavos de dos pulgadas.

#### 5.8.1.1. Estructura

La estructura fue armada, tomando en cuenta los planos estructurales, y la disposición de los módulos.

1. Se procedió a cepillar la madera para obtener un mejor resultado en cuanto a cuestiones estéticas.
2. Una vez obtenidas las piezas se procedió a armarlas con la ayuda de cola (goma) y clavos de 2 pulgadas.
3. Se procedió armar la estructura en obra de acuerdo a los planos establecidos, con la ayuda de tornillos autorroscables de 2 pulgadas.
4. Finalmente se instaló el techo, sobre la estructura de madera

Cabe indicar que se trata de una estructura desmontable, con la opción que puede ser trasladada a otro sitio con mayor facilidad, por el sistema de anclaje que se utilizó.



**Fig. 5.21** A) Cepillado de madera, B) Armado de piezas, C) Armado de estructura en obra, D) Fijación de estructura con tornillos autorroscables.

Fuente: Jiménez M; Ochoa G, 2014

### 5.8.1.2. Fijación de paneles

Para la fijación de los paneles para paredes, y cielos rasos se hace similar a los sistemas constructivos tradicionales, con tornillos autorroscables de 2 pulgadas, los mismos que son colocados con la ayuda de un taladro manual.

#### Paredes - Cielos falsos

- Se realizó primero una perforación con el taladro sobre el panel para colocar el tornillo autorroscable de pulgada y media para madera, cabeza plana.
- Se fijó el panel de 0.60 x 0.90 en el caso de paredes y de 0.60 x 0.60 en el caso de cielos rasos a la estructura de madera, dejando una separación de 2cm desde el borde del panel hacia adentro, observando que se tiene un fijado de gran resistencia, ya que estos tornillos atraviesan la madera con facilidad.
- Se puede ver que la cabeza del tornillo por ser plana se pierde en el panel, siendo necesario sellarla, por el color negro que presenta.
- Con un total de 8 tornillos se pudo colocar un tablero sobre la estructura.
- Finalmente se realiza una pasta de yeso, bagazo y cola para cubrir las juntas de los paneles, y dar un acabado uniforme en las paredes.

#### Pisos

- Para la fijación de los paneles de 0.30 x 0.30 en piso, se colocaron sobre arena amarilla obtenida del lugar a implantar, por tratarse de un prototipo desmontable, ya que si hubiese sido el caso de fijarlos permanentemente, se realizaba un contrapiso de hormigón, como se colocan los cerámicos.



**Fig.5.22** A) Colocación de tableros sobre estructura B) Tornillo autorroscante sobre tablero, C) Colocación de cielo raso, D) Colocación de pisos

Fuente: Jiménez M; Ochoa G, 2014

## VISTAS GENERALES DE EXHIBIDOR DE PRODUCTOS DE CAÑA DE AZÚCAR



A



B



C

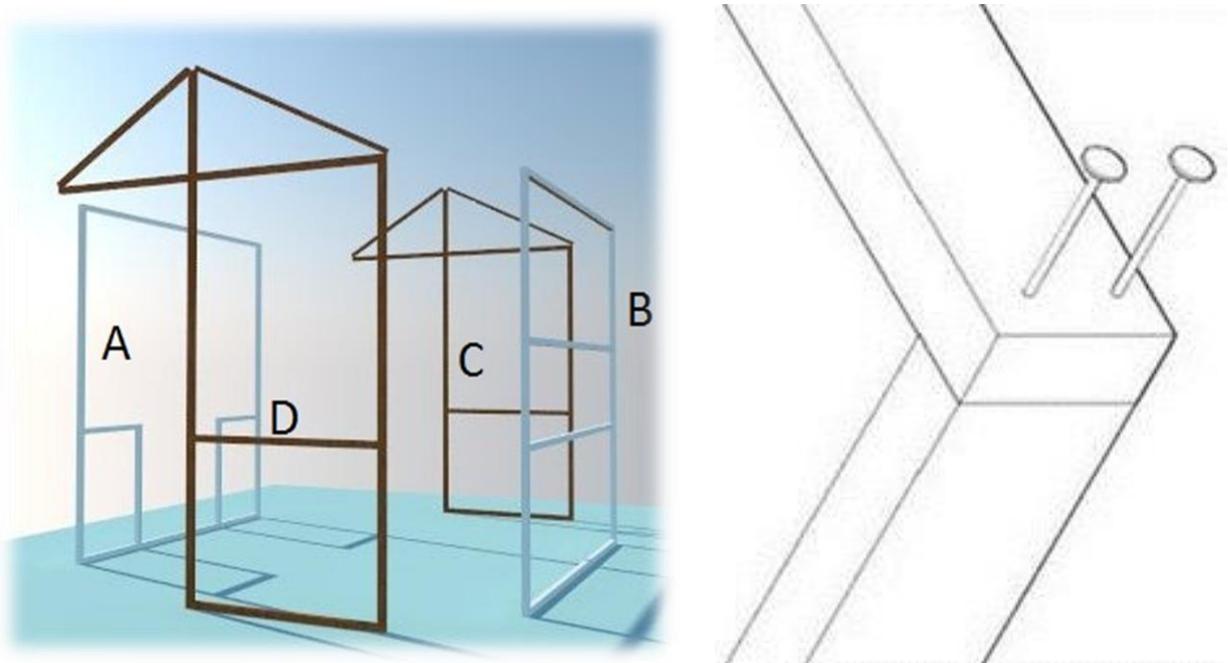
A) Lugar de emplazamiento B) Venta de productos de caña C) Acondicionamiento de exhibidor para ventas.  
Fuente: Jiménez M; Ochoa G, 2014

## VISTAS NOCTURNAS DE EXHIBIDOR

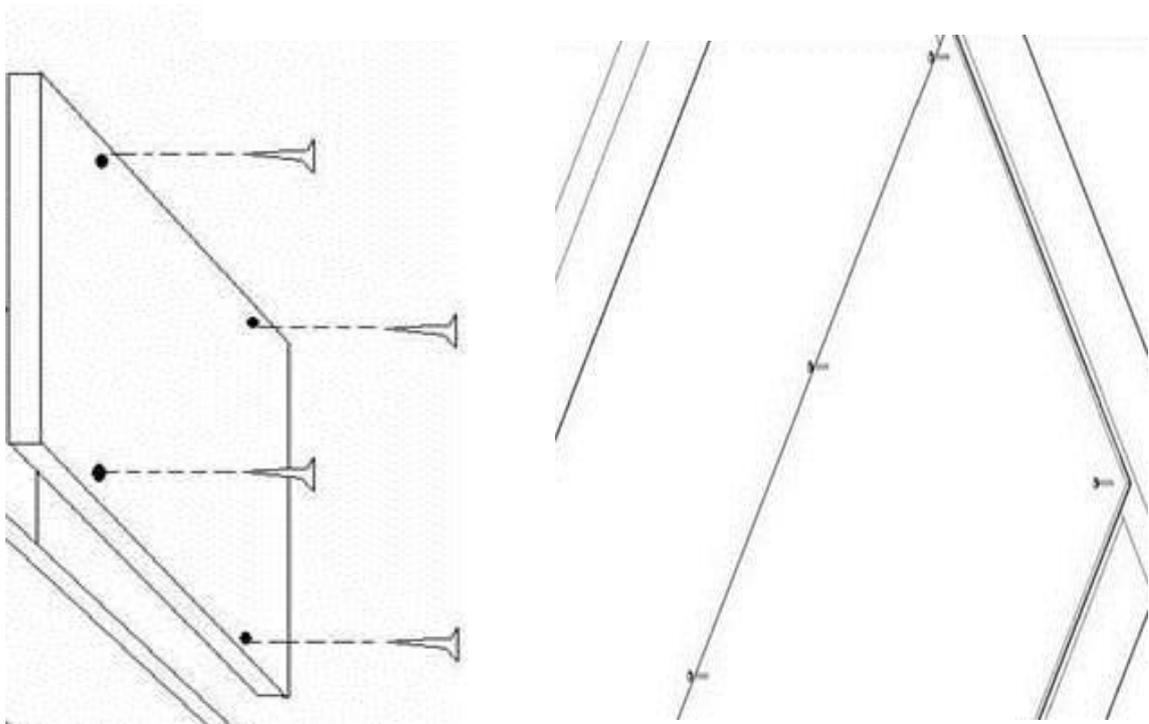


A B) Vista frontal de exhibidor C) Vista lateral derecha de exhibidor de productos de caña de azúcar  
Fuente: Jiménez M; Ochoa G, 2014

## 5.9. Detalles Constructivos



### 1. ARMADO DE ESTRUCTURA DE MADERA



### 2. ANCLAJE DE PANELES EN PERFILES DE MADERA

Fuente: Jiménez M; Ochoa G, 2014

## **ANÁLISIS DE PRECIO DE TABLEROS PROPUESTOS**

## 6. Precio unitario de los tablero propuestos

A continuacion se hace un presupuesto referencial del tablero utilizado en la propuesta del exhibidor de productos de caña de azucar.

### PRESUPUESTO REFERENCIAL, PANEL DE YESO - BAGAZO (U: 90 X 60 X 2 cm)

RUB	DESCRIPCION DEL RUBRO	UNIDAD	CANTIDAD	P.U	REND/HORA	TOTAL
<b>HERRAMIENTAS</b>						
1	Herramientas manuales	u	1.00	0.050	0.500	0.025
<b>Subtotal1</b>						<b>0.025</b>
<b>MANO DE OBRA</b>						
2	Albañil	hora	1.00	3.00	15.00	0.20
3	Peón	hora	1.00	2.75	15.00	0.18
<b>Subtotal2</b>						<b>0.38</b>
<b>MATERIALES</b>						
4	Yeso	kg	0.0624	6.00	-	0.374
5	Bagazo	kg	0.72	0.25	-	0.181
6	Agua	cm3	0.0036	1.25	-	0.0045
7	Cola	cm3	0.00036	12	-	0.0043
<b>Subtotal3</b>						<b>0.56</b>
SUBTOTAL (S1 + S2 +S3)						0.96
+ 5% Imprevistos						0.04
Total						1.00
<b>TOTAL</b>						<b>1.00 \$</b>

Tabla 5.4 Precio unitario tablero yeso –bagazo, para paredes  
Fuente: Autores

### PRESUPUESTO REFERENCIAL, PANEL DE YESO - BAGAZO (U: 60 X 60 X 2 cm)

RUB	DESCRIPCION DEL RUBRO	UNIDAD	CANTIDAD	P.U	REND/HORA	TOTAL
<b>HERRAMIENTAS</b>						
1	Herramientas manuales	unidad	1.00	0.050	0.500	0.025
<b>Subtotal1</b>						<b>0.025</b>
<b>MANO DE OBRA</b>						
2	Albañil	hora	1.00	3.00	15.00	0.20
3	Peón	hora	1.00	2.75	15.00	0.18
<b>Subtotal2</b>						<b>0.38</b>
<b>MATERIALES</b>						
4	Yeso	kg	0.0416	6.00	-	0.249
5	Bagazo	kg	0.48	0.25	-	0.12
6	Agua	cm3	0.0024	1.25	-	0.003
7	Cola	cm3	0.00024	12	-	0.0028
<b>Subtotal3</b>						<b>0.38</b>
SUBTOTAL (S1 + S2 +S3)						0.78
+ 5% Imprevistos						0.03
Total						0.81
<b>TOTAL</b>						<b>0.81 \$</b>

Tabla 5.5 Precio unitario tablero yeso –bagazo, para cielos rasos  
Fuente: Jiménez M; Ochoa G, 2014

PRESUPUESTO REFERENCIAL, PANEL DE YESO - BAGAZO (U: 30 X 30 X 2 cm)

Tabla 5.6 Precio unitario tablero yeso-bagazo para pisos

RUB	DESCRIPCION DEL RUBRO	UNIDAD	CANTIDAD	P.U	REND/HORA	TOTAL
<b>HERRAMIENTAS</b>						
1	Herramientas manuales	u	1.00	0.050	0.500	0.025
					<b>Subtotal1</b>	<b>0.025</b>
<b>MANO DE OBRA</b>						
2	Albañil	hora	1.00	3.00	15.00	0.20
3	Peón	hora	1.00	2.75	15.00	0.18
					<b>Subtotal2</b>	<b>0.38</b>
<b>MATERIALES</b>						
4	Yeso	kg	0.0156	6.00	-	0.093
5	Bagazo	kg	0.18	0.25	-	0.045
6	Agua	cm3	0.0009	1.25	-	0.0011
7	Cola	cm3	0.00009	12	-	0.0010
8	Cemento	kg	0.0014	2.00		0.012
					<b>Subtotal3</b>	<b>0.16</b>
SUBTOTAL (S1 + S2 +S3)						0.56
+ 5% Imprevistos						0.02
Total						0.58
					<b>TOTAL</b>	<b>0.58 \$</b>

Fuente: Jiménez M; Ochoa G, 2014

Elaboración: Jiménez M; Ochoa G, 2014

A continuación se hace el análisis del precio del m2 de construcción de pared con el tablero propuesto (U: 90 x 60 x 2cm)

Tabla 5.7 Valor aproximado del m2 de pared con tablero yeso-bagazo

<b>PARED CON TABLERO TIPO DE BAGAZO (m2)</b>			
Material	Cantidad	P. unitario	Subtotal
Tablero de bagazo 90 x 60	4	1.00	4,00
Liston 5cm x 6cm x 3cm	1.75	2.00	3.50
Clavos de 2"	0.23	0.95	0.2185
Tornillos cabeza plana	0.16	1.58	0.25
Mano de obra de armado (hora)	1	2.50	2.50
<b>TOTAL</b>			<b>10.46</b>

Fuente: Jiménez M; Ochoa G, 2014

Elaboración: Jiménez M; Ochoa G, 2014

Luego de obtener un presupuesto aproximado de los tableros de yeso-bagazo para (pisos, paredes y cielos rasos, nos podemos dar cuenta que se trata de un elemento competitivo con los existentes en el mercado, tablero que tiene garantizada su resistencia, de acuerdo a todas las pruebas a las que fue sometido, cumpliendo con las normas INEN establecidas en el mercado de la construcción.

## 6.1. Análisis comparativo del tablero propuesto vs. materiales en el medio.

Es necesario realizar un análisis comparativo del tablero de yeso-bagazo, con los existentes en el mercado de nuestra ciudad, para tener en cuenta que tan rentable es remplazar los materiales más comunes en nuestro medio, por esta nueva propuesta conociendo el valor unitario de cada pieza, y sus características físicas.

A continuación se muestra los precios de metro cuadrado de construcción de pared, pisos y cielo raso en nuestra provincia.

Tabla 5.8 Precio unitario para pared en m2

CONSTRUCCION DE PARED (m2)	
Descripción	Precio
Mampostería de ladrillo	17.00 dólares
Mampostería de bloque alivianado	18.00 dólares
Panel de gypsum sistema drywall doble cara	14.00 dólares
Panel de fibrocemento sistema drywall doble cara	30.91 dólares
Tablero de bagazo de caña	10.46 dólares

Fuente: Revista de la cámara de construcción 2013

Tabla 5.9 Precio unitario para pisos en m2

CONSTRUCCION DE PISOS (m2)	
Descripción	Precio
Ladrillo decorativo para pisos (10 x 15 x 5)	9.36 dólares
Ladrillo alivianado de dos caras (40 x 10 x 8)	20.88 dólares
Ladrillo mediano (12 x 8 x 9)	19.00 dólares
Ladrillo panela (29 x 14 x 9)	5.00 dólares
Adoquín de color	15.00 dólares
Cerámica de color (30 x 30)	7.50 dólares
	12.52 dólares
Tablero de bagazo de caña (30 x 30)	8.55 dólares

Fuente: Revista de la cámara de la construcción 2013

Tabla 5.10 Precio unitario de cielo raso en m2

CONSTRUCCION DE CIELOS RASOS(m2)	
Descripción	Precio
Plancha Anstro	14.00 dólares
Plancha de Gypsum	14.00 dólares
Plancha de estuco	8.00 dólares
Plancha de Gypsum vinil	14.00 dólares
Plancha de Fibrocel	14.00 dólares
Tablero de bagazo de caña	4.05 dólares

Fuente: Revista de la cámara de la construcción 2013

## 5.12. Presupuesto del Exhibidor para productos de caña de azúcar

Tabla 5.11 Precio referencial de construcción de exhibidor

RUB	DESCRIPCION DEL RUBRO	CANTIDAD	P.U	REND/HORA	TOTAL
<b>HERRAMIENTAS</b>					
1	Herramientas manuales	1.00	0.050	0.500	0.025
				<b>Subtotal1</b>	<b>0.025</b>
<b>MANO DE OBRA</b>					
2	Albañil	1.00	3.00	8.00	24.00
3	Peón	1.00	1.50	8.00	12.00
				<b>Subtotal2</b>	<b>36.00</b>
	<b>MATERIAL</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>P.U</b>	<b>TOTAL</b>
4	Listones de 0.05 x 0.05 x 3 m	u	20.00	2.00	40.00
5	Listones de 0.10 x 0.05 x 3m	u	2.00	4.00	8.00
6	Tableros de bagazo de 90 x 60 x 2	u	24.00	1.00	24.00
7	Tableros de bagazo de 60 x 60 x 2	u	12.00	0.81	9.76
8	Tableros de bagazo de 30 x 30 x 2	u	21.00	0.57	11.97
9	Planchas de zinc	u	5.00	7.50	37.50
10	Tornillos autorroscantes	u	100.00	0.03	3.00
11	Pernos de 8 y 6 pulgadas	u	15.00	0.16	2.40
12	Tornillos Autoperforantes	u	40.00	0.07	2.80
				<b>Subtotal3</b>	<b>138.67</b>
SUBTOTAL (S1 + S2 +S3)					144.69
+ 5% Imprevistos					7.23
Total					151.92
<b>TOTAL</b>					<b>150.00</b>

Fuente: Jiménez M; Ochoa G, 2014

## COMPROBACION DE HIPÓTESIS

La hipótesis planteada al inicio del proyecto de tesis “Los tableros elaborados a base de bagazo de caña de azúcar, permiten utilizarse en paredes, pisos y cielos rasos.” ha sido verificada principalmente al comprobar que en cuanto a su resistencia, de acuerdo a los ensayos realizados y a los resultados obtenidos en el laboratorio, algunas dosificaciones de los tableros propuestos sobrepasan la norma establecida de 15kg/cm<sup>2</sup> a flexión y de 20kg/cm<sup>2</sup> a compresión, correspondiente a los tableros de yeso-bagazo, cemento-bagazo y ceniza-cemento-bagazo, dependiendo esta resistencia de la dureza y flexibilidad de la fibra del bagazo de caña de azúcar y sobre todo del comportamiento de este material, a la adherencia con otros aglomerantes.

Estos paneles a más de su resistencia, cumplen con dos aspectos muy importantes para su aplicación como es la prueba de absorción de agua, resistiendo un periodo de 24 horas, periodo establecida por la norma INEN y la de anclaje en la que se puede constatar que se trata de un material de fácil aplicación, ya que al momento de introducir tornillos no sufre ningún desgaste ni rupturas en sus caras. Tomando en consideración todas estas características de los tableros propuestos, se construyó un prototipo arquitectónico, en el cual se puede verificar los tres aspectos: resistencia, fácil anclaje y resistencia al intemperie, siendo este prototipo el elemento en donde se comprueba su correspondiente pertinencia para aplicarlo en, paredes, pisos y cielos rasos.

## CONCLUSIONES

Una vez finalizada la investigación y luego de haber experimentado con el residuo de la caña de azúcar (bagazo), se puede concluir lo siguiente:

- Debido al gran excedente de bagazo de caña de azúcar, en la ciudad de Loja y sobre todo en San Pedro de Vilcabamba, es considerado como materia prima apta en la elaboración de nuevas alternativas constructivas.
- Con la reutilización de este residuo, como material para la construcción y no como material combustible, se ayudará a mitigar la contaminación ambiental.
- Este residuo presenta una fácil adherencia con otros componentes y al no necesitar cocción es un elemento no contaminante.
- El bagazo de caña de azúcar, gracias a la resistencia de la fibra y a su flexibilidad, es un elemento apto como materia prima para la elaboración de tableros.
- El uso de la fibra del bagazo en la elaboración de tableros, no cumple la función de refuerzo en la mezcla, sino al contrario esta tiene una resistencia individual que ayudo a obtener buenos resultados en las pruebas de compresión y flexión, haciendo que la probetas ensayadas no se rompiera en su totalidad, gracias a la fibra que permitió mantenerlas unidas.
- Lo más complejo en la elaboración de estos elementos es la clasificación del material en partículas, fibras y pulpa ya que es donde se lleva la mayor parte de tiempo, como sucedió en los tableros F1 - F2 - F3 - P1 - P2 - P3, por la cantidad de fibra que se utilizó.
- El bagazo en la elaboración de tableros con cemento, no se llega a obtener una resistencia optima como se debería, esto debido a que la sacarosa del bagazo retarda el fraguado y con ello la aparición de fisuras, no obstante cabe señalar que en el yeso la sacarosa en pequeñas cantidades nos favorece, ya que le sirve como retardante en el fraguado del yeso, permitiéndonos trabajar el material de manera adecuada.
- La utilización de acelerantes de fraguado, en la elaboración de tableros cemento-bagazo, hace que pierda totalmente la resistencia, convirtiéndolos en elementos arenosos, frágiles y no resistentes.

- El tratamiento de la fibra en lo que respecta a su secado, es muy importante ya que de esto también dependió el grado de resistencia de los tableros, indicando que con la fibra secada a vapor se obtuvieron resultados agradables en la investigación, mientras que con la fibra secada al natural, se pudo observar la aparición de un color verde (moho) durante el fraguado.
- Este residuo nos permite trabajar con un sinnúmero de formas, tableros decorativos, tablero a base de fraguado y aglomerados, siendo uno de los más significativos el tipo estera o sistema trabado, utilizando la fibra larga del bagazo, el mismo que en las pruebas a flexión, se pudo observar que no hubo ruptura del elemento sino solo aplastamiento, el mismo que luego de quitar la carga retoma a su forma normal.
- La resistencia a flexión es mayor en los elementos a base de yeso, debido a que este elemento es de rápido fraguado y más dúctil, resistiendo un poco más la deformación por la carga aplicada en el centro del tablero.
- El apisonamiento en la elaboración de estos tableros, es muy importante porque permite que la fibra se vaya acomodando, evitando burbujas de aire y con ello una mayor resistencia.
- La resistencia a flexión cumple con la norma INEN, establecida de 15kg/cm<sup>2</sup>, probetas: Y2 - Y4 - Y5 - CN1 - B2 - P1 - P2 - F1 - F2 – CI, al igual que la resistencia a compresión de 20 kg/cm<sup>2</sup>, probetas: Y2 - Y4 - Y5 - CN1 - B2.
- Su presupuesto estimado de elaboración e instalación, es menor a los tableros tradicionales existentes en el medio, motivo por el cual puede ser incorporados con facilidad en mercado de la construcción.
- Gracias a la textura obtenida, en el producto final en la elaboración de los tableros, puede ayudar a eliminar rubros de empastado y pintura, convirtiéndolo en un material de bajo costo.
- El tablero de bagazo al tratarse de un elemento liviano y totalmente manipulable, se convierte en un elemento de fácil instalación, el mismo que puede llegar a ser maniobrado en obra por una sola persona.

- Los paneles son aptos para utilizarlos de una manera directa en cualquier sistema de construcción propuesto ya sea interiormente o exteriormente, en paredes, pisos y cielos rasos, jugando con diferentes texturas, debido a las ventajas del material.

## **RECOMENDACIONES**

- El material debe de cumplir su ciclo de secado, y al momento de pasar por la secadora, se de las 3 picadas respectivas, al igual que no debe ser bajado de la secadora mientras no haya cumplido 1h30 de secado a vapor a una temperatura de 45C° aproximadamente.
- Se debe eliminar la sacarosa del material, especialmente para trabajar con elementos de fraguado lento, este proceso se lo realiza de tres maneras, desagüe con agua natural, haciendo hervir el bagazo, y la purificación con cal.
- Al momento de aplicar aditivos, para acelerar el fraguado o sellantes entre otros, se debe tener muy en cuenta la cantidad para no dañar la fibra o que el fraguado se dé demasiado rápido y la fibra quede húmeda. Lo recomendado es trabajar con 2% de cualquier aditivo.
- Al momento de trabajar con yeso – bagazo, hay que tener presente que se trata de un elemento de rápido secado, motivo por lo que se recomienda primeramente colocar el agua en el recipiente, luego añadir el yeso y finalmente la fibra en sus dosificaciones establecidas para no echar a perder la mezcla.
- Desarrollar pruebas de durabilidad, para conocer la resistencia del panel al exterior, durante un tiempo determinado, señalando que el prototipo realizado en esta investigación ya lleva un periodo (2 meses) expuesto al ambiente. Hacer ensayos térmicos de los paneles propuestos para determinar la conductividad de calor internamente y externamente.
- En cuanto al acabado también se puede experimentar, con el color en el caso de los tableros a base de fraguado, ya que en la actualidad existen formas de dar color al yeso y al cemento sin afectar las propiedades de los mismos, esto solo para dar un toque estético.

- Experimentar con elementos apropiados para la compactación de las pastas, y comprobar con las respectivas pruebas, que tanto influye la compactación en la resistencia del tablero.
- Los tableros de bagazo de caña, deben de dejarse más tiempo de secado, como mínimo 15 días o un mes si se pudiera, para que así completen el tiempo de secado, logrando con esto que alcancen mayor resistencia.
- Después de ser extraídos de los moldes, se recomienda colocarlos en un lugar bajo sombra, y evitar movimientos bruscos hasta que alcancen su tiempo de secado.
- Realizar ensayos acústicos y de contacto para los tableros propuestos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

### TESIS

1. **LOPEZ** Nelson, **VALENCIA** Cristian, (2006), Elaboración de paneles prefabricados para muros divisorios a partir del bagazo de caña de azúcar y cemento. Colombia Universidad Industrial de Santander.
2. **REYES** Uriel, (2008), Concreto reforzado con fibra de bagazo de caña. México Universidad Veracruzana.
3. **JUÁRES** Cesar, **RODRIGUES** Patricia, (2004), Uso de fibras naturales de lechuguilla como refuerzo para concreto. Departamento de Tecnología del concreto. Instituto de Ingeniería Civil.UANL.Vol.7.
4. **PINO** Lázaro. Evaluación de cenizas de bagazo de caña para su potencial uso como refuerzo en materiales compuestos. Cuba. Facultad química farmacia, Universidad Central de las Villas.
5. **NAVARRO** José, (2005). Elaboración y evaluación de tableros aglomerados a base de plástico de alta densidad y fibra de estopa de coco. (1ed. pp 28 -65). Universidad de Colima. México.
6. **NOVOA** Martha,(2005). Elaboración y evaluación de tableros aglomerados a base de fibra de coco y cemento.(1ed. pp 15-99). Coquimatlan. Universidad de Colima. México.
7. **OSORIO** Alexander, **HERRERA** Varón. (2007). Comportamiento mecánico del concreto reforzado con fibras de bagazo de caña de azúcar. Universidad Nacional de Colombia. Vol. 74.pp 53,69-79
8. **REYES** Sergio, (2013).Paneles de fibras vegetales. Universidad Técnica Particular de Loja. Ecuador.

### LIBROS

9. **DOUGLASS** Willan, (1993). Producción, comercio azúcar caña época industrial. Universidad de Almedia.
10. **HIDALGO**, O. 1974. Bambú. Su cultivo y aplicaciones en: fabricación de papel, arquitectura, ingeniería y artesanía. Estudios Técnicos Colombianos LTDA. 318 p.
11. **GONZÁLES** de la Cotera M, (1962). Tecnología del concreto, diseño de mezclas. Universidad Nacional de Ingeniería. Lima – Perú.
12. **MANUAL DE PROCESAMIENTO CERÁMICO**, (2008), Universidad Nacional de Loja. Carrera de Artes Plásticas.
13. **LA CAÑA DE AZÚCAR**. Editorial Ciencia y Técnica. La Habana-Cuba.
14. **AGRICULTURA ORGÁNICA EN EL TRÓPICO Y SUBTROPICAL**, (2000). Caña de azúcar. Asociación Naturland 1ed.

15. **MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA**, (1991), San José- Costa Rica.

## INTERNET

16. **FALCK, NB.** (2003). Nuevas alternativas en materiales para construcción y en la protección del medio ambiente. Disponible: <http://www.ilustrados.com/publicaciones/EpZpFEkuZkRUdfDJrS.php>
17. **DREHER, D.** (2004). Construcción de casa con caña guadua en Guayaquil. Disponible: <http://www.douglasdreher.com/proyectos/canaguadua/>
18. **CÁRDENAS, AM; Mesa, MB; del Coral, M.** Escuela de Ingeniería de Antioquia, Colombia.SF. Disponible: <http://materiales.eia.edu.co/ciencia%20de%20los%20materiales/articulo-Guadua.htm>
19. **ASF-E ARQUITECTOS SIN FRONTERAS. S.f.** Viviendas de bajo costo en América Latina. Guayaquil, Ecuador. Informe 16. Disponible: [http://www.asfes.org/info/Info16/Info16\\_06.htm](http://www.asfes.org/info/Info16/Info16_06.htm)
20. **MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA DEL ECUADOR. SERVICIO DE INFORMACIÓN AGROPECUARIA DEL MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA.** Proyecto SICA. 2004. Disponible: <http://www.sica.gov.ec/.com>
21. **TÖNGUES, C.** Construir con Bambú Guadua angustifolia - Ciencia y Técnica. Consultado el 01 de Noviembre del 2013, 15:00h. Disponible <http://www.conbam.de/>
22. **ZERI** (Zero Emission Research Initiative). 2000. ZERI Pavillion on the EXPO 2000, Germany. Disponible: <http://bambus.rwth-aachen.de/eng/reports/zeri/englisch/referat-eng.html>
23. **TABLEROS PERUANOS S.A,** Perú - Grupo Gloria. Consultado 23 de Octubre del 20013, 00: 30. Disponible: <http://www.grupogloria.com/tapesa.html>
24. **NORMA TECNICA ECUATORIANA NTE INEN 804.** Elementos Constructivos. Disponible:<http://www.inen.gob.ec/images/pdf/normaliza/consultapub/seguridad/NTE%20INEN%20804%20final.pdf>
25. **ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL CULTIVO Y PRODUCCIÓN DE LA CAÑA DE AZUCAR EN ECUADOR.** Disponible: [www.dspace.espol.edu.ec/bitstream](http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream).
26. **ENCUESTAS DE COYUNTURA - Banco Central del Ecuador.** Disponible: [www.bce.fin.ec/documentos/.../etc201104.pdf](http://www.bce.fin.ec/documentos/.../etc201104.pdf)
27. **TABLEROS.** Disponible: [www.secoforestales.org/buscador/pdf/1CFE04-04](http://www.secoforestales.org/buscador/pdf/1CFE04-04)
28. **EVOLUCION Y NACIMIENTO DE LOS TABLEROS PREFABRICADOS.** Disponible: [http://www.infomadera.net/uploads/articulos/archivo\\_469315630.pdf](http://www.infomadera.net/uploads/articulos/archivo_469315630.pdf).

## INVESTIGACIONES CIENTIFICAS

29. **CABRERA – RODRIGUES, Carlos** (2008-2009). Uso de fibras vegetales en la edificación sostenible. Disponible: <http://mastersuniversitaris.upc.edu/aem/archivos/2008-09-tesinas-pres/18>.
30. **SABANES HERNANDEZ, María Alethia**, (2009). Uso de no tejidos de fibras vegetales en matrices de cemento para materiales de construcción. Disponible: <http://upcommons.upc.edu/pfc/handle/2009.1/1987>.
31. **ANONYMOUS (1968)**. Baggase panels bonded with urea formaldehyde resin. Assignee: Societe Anon. Verkor. Disponible: <https://www.yumpu.com/en/document/view/11401267/...on...-/125>
32. **BORLANDO, L.A. (1964)**. Panels of sugar cane baggase and synthetic resin. Plast-Resinas 6(29) pp 4-7, 10-20. Disponible: <https://www.yumpu.com/en/document/view/11401267/literature-review-on-use-of-nonwood-plant-fibers-for-building-9>.
33. **DALEN, H. (1980)**. Utilization of baggase as raw material for particle board production in the future. Disponible: [https://www.icac.org/projects/CommonFund/20\\_ucbvp/papers/06\\_pandey.pdf](https://www.icac.org/projects/CommonFund/20_ucbvp/papers/06_pandey.pdf).

## ANEXO 1

### FICHA TECNICA: Tablero de yeso – bagazo Y4



#### Descripción:

Tablero elaborado artesanalmente, sin cocción

#### Composición

- Yeso
- Bagazo ( fibra-pulpa de 1 a 2cm)
- Cola
- Agua
- Espesor de 2cm

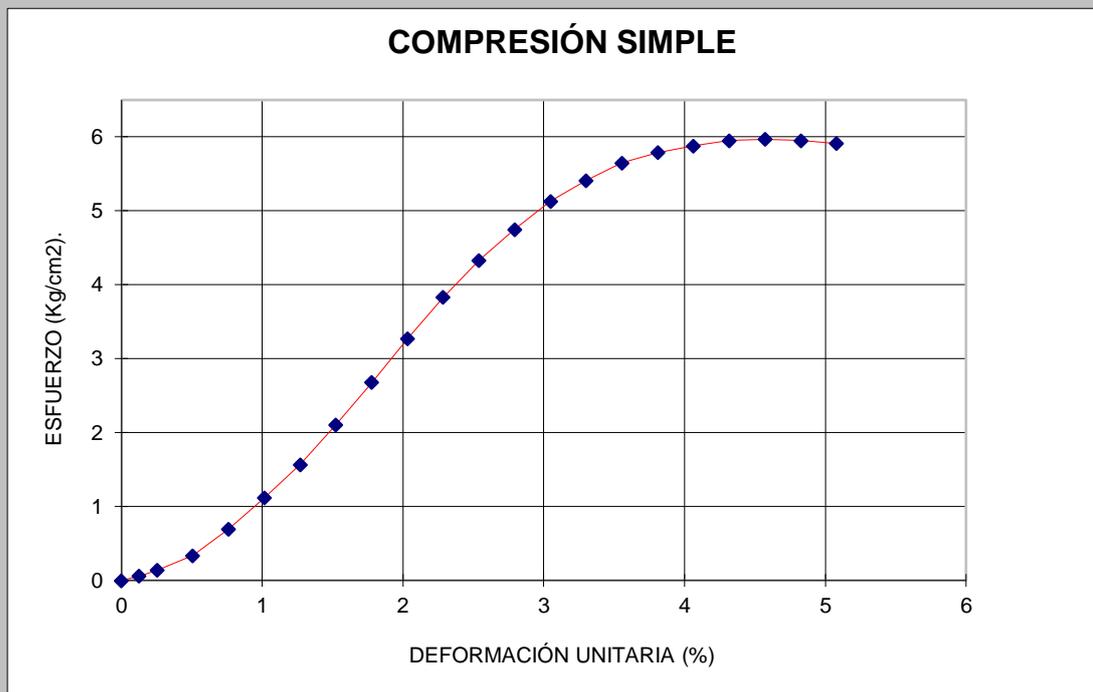
#### Características físicas:

Resistencia a la compresión: **21.18kg/cm<sup>2</sup>**

Resistencia a flexión: **24.84kg/cm<sup>2</sup>**

Resistencia al fuego: **F63**

Resistencia a la humedad: **1.86 % (24h)**



Curva de deformación tablero Yeso-Bagazo

## ANEXO 2

### FICHA TECNICA: Tablero de cemento – bagazo C1



#### Descripción:

Tablero elaborado artesanalmente, sin cocción

#### Composición

- Cemento
- Bagazo ( fibra de 20mm a 50mm)
- Bondex
- Agua
- Espesor de 1.5

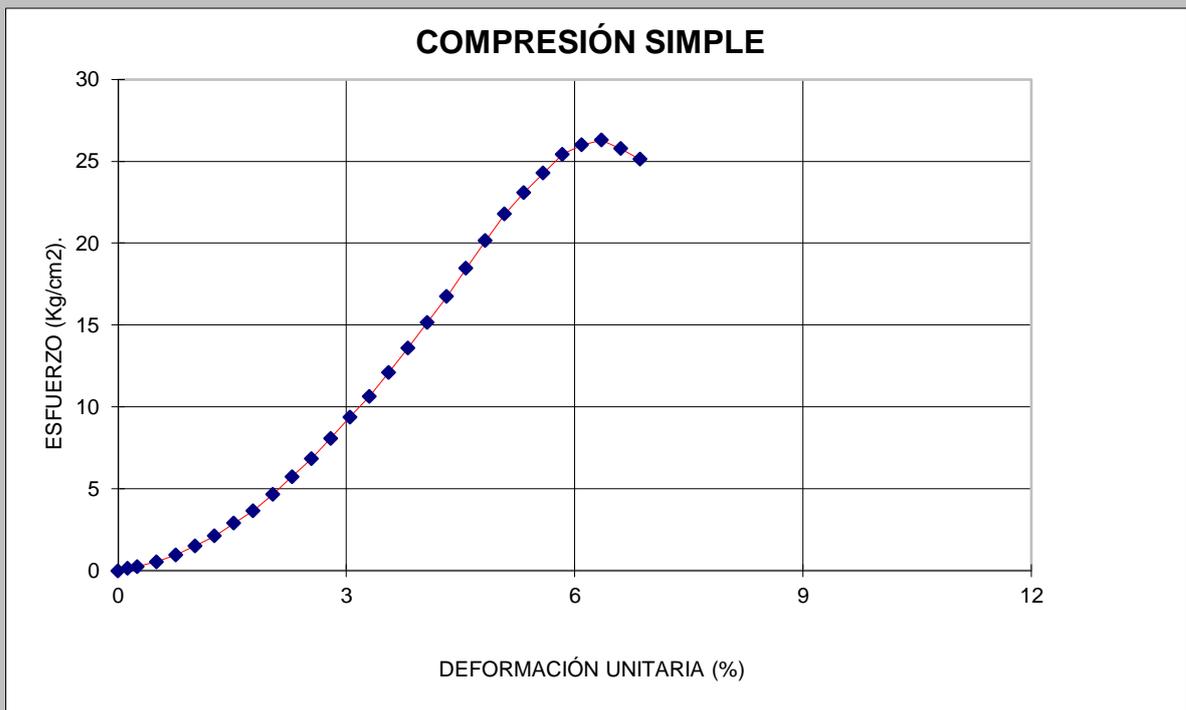
#### Características físicas:

Resistencia a la compresión: **20kg/cm<sup>2</sup>**

Resistencia a flexión: **16kg/cm<sup>2</sup>**

Resistencia al fuego: **F60**

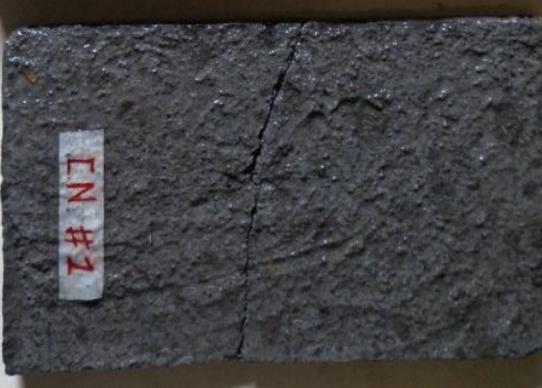
Resistencia a la humedad: **6.52 % (24h)**



Curva de deformación tablero Cemento - Bagazo

### ANEXO 3

#### FICHA TECNICA: Tablero de ceniza – bagazo CN1



#### Descripción:

Tablero elaborado artesanalmente, sin cocción

#### Composición

- Cemento
- Bagazo ( fibra 0.1mm a 20mm)
- Ceniza de bagazo
- Agua
- Espesor de 2cm

#### Características físicas:

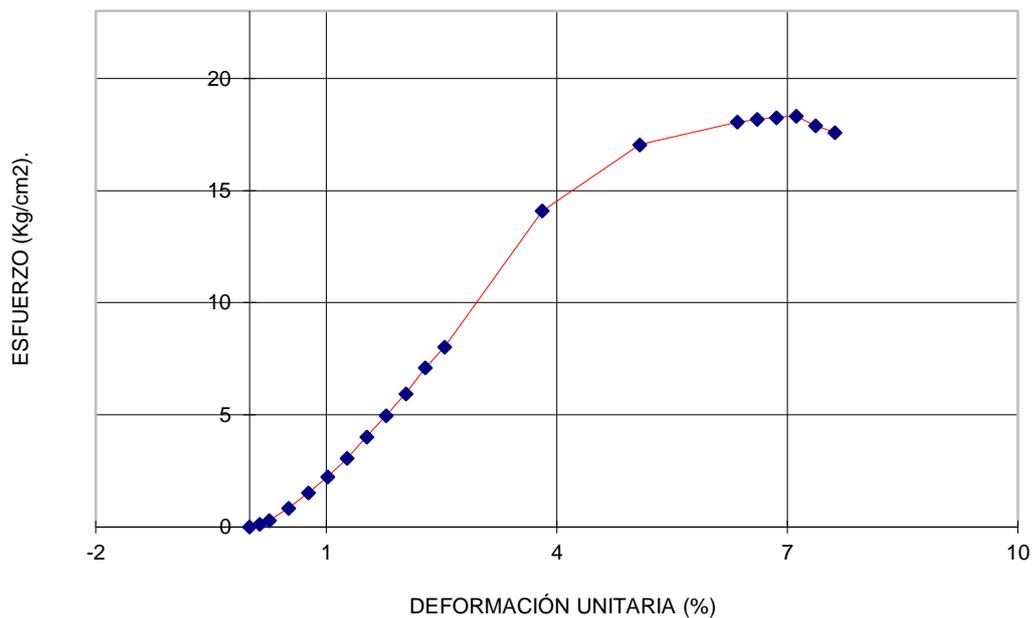
Resistencia a la compresión: **20kg/cm<sup>2</sup>**

Resistencia a flexión: **17.03kg/cm<sup>2</sup>**

Resistencia al fuego: **F48**

Resistencia a la humedad: **4.40 % (24h)**

#### COMPRESIÓN SIMPLE



Curva de deformación tablero Ceniza - Bagazo

**ANEXO 4**

**GALERIA FOTOGRÁFICA DE TABLEROS QUE CUMPLEN LA NORMA INEN DURANTE LAS PRUEBAS DE ENSAYO.**





