

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE ARQUITECTURA, URBANISMO Y ARTES



**SISTEMA CONSTRUCTIVO DE PANELES
AGLOMERADOS PARA LAS REGIONES
ALGODONERAS DE LA COSTA PERUANA**

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

MARIELISA CHACALTANA ALARCÓN

Director

ARQ. José Benllochpíquer Castro

Lima – Perú 2,008

A mis padres.

INTRODUCCIÓN

La investigación científica enfocada a un área tecnológica-constructiva tiene actualmente un valor agregado, pues debido al carácter práctico que debe tener, no se limita a ser una investigación teórica, sino que las conclusiones y recomendaciones buscan reflejarse en una propuesta original.

En este trabajo la investigación está orientada a encontrar un proceso que permita utilizar los tallos de algodón, que usualmente se queman en las regiones algodoneras de la costa peruana; profundizando en los paneles aglomerados prefabricados. La propuesta desarrolla un panel de muy bajo costo a base a estos tallos.

Tres capítulos conforman este trabajo. En el primer capítulo, se explica la planificación de la investigación, es decir, el estado de la cuestión, la formulación del problema, los alcances y limitaciones, los objetivos e hipótesis. Asimismo, se explica la metodología de la investigación, que es descriptiva y aplicativa.

En el segundo capítulo se desarrolla el Marco Teórico que servirá de base para el análisis de la investigación y la propuesta, aquí se tocan básicamente dos puntos. El primero es el marco geográfico, social y constructivo, que trata el área de influencia del estudio, es decir, las regiones algodoneras de la costa peruana, tomando como caso particular la ciudad de Ica, por ser ésta representativa en características climáticas del total. El segundo es la Tecnología de los Paneles aglomerados.

Finalmente, en el tercer capítulo se desarrolla el tema de la propuesta de paneles aglomerados con tallos de algodón aplicado en la costa del Perú. Aquí se logran contrastar y demostrar todas las hipótesis planteadas, a través de la preparación de modelos de paneles a escala, y sometidos a diferentes pruebas en el Laboratorio de Ensayo de Materiales.

De esta manera, a través de este trabajo de investigación, tanto a nivel teórico como técnico, se trata de demostrar que el tallo de algodón puede ser utilizado como el material predominante de un panel aglomerado, y que éste puede lograr excelentes características mecánicas, acústicas y térmicas; y que además, con este panel puede desarrollarse una alternativa constructiva que ofrece sismorresistencia, durabilidad, economía y confort; y de esta manera se estaría logrando abrir la ventana a la producción de ideas nuevas de tecnología e identidad.

ÍNDICE

1.0. DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

- 1.1. Estado de la Cuestión
- 1.2. Contexto y formulación del problema
- 1.3. Justificación e importancia del estudio
- 1.4. Alcances y Limitaciones
- 1.5. Objetivos
- 1.6. Metodología
- 1.7. Hipótesis
 - 1.7.1. Formulación de Hipótesis
 - 1.7.2. Identificación y relación de las Variables
 - 1.7.3. Matrices

2.0. DESARROLLO DEL MARCO TEORICO

- 2.1. Las regiones algodonereras de la costa peruana
 - 2.1.1. Producción del algodón
 - 2.1.2. Utilización de la materia prima
 - 2.1.3. Características Generales
 - 2.1.3.1. Departamento de Ica
 - 2.1.3.1.1. Superficie y Población
 - 2.1.3.1.2. Clima
 - 2.1.3.1.3. Geología y Geomorfología
 - 2.1.3.1.4. Hidrografía
 - 2.1.3.1.5. Actividad agraria
 - 2.1.3.1.6. Vivienda
- 2.2. Sistemas Constructivos en Zonas Rurales de Ica
 - 2.2.1. Albañilería confinada
 - 2.2.2. Adobe, Adobón y Tapial
 - 2.2.3. Quincha (Madera y caña)
- 2.3. Paneles Aglomerados
 - 2.3.1. Definición
 - 2.3.2. Componentes
 - 2.3.2.1. Material Orgánico
 - 2.3.2.2. Aglomerante
 - 2.3.2.2.1. Cemento
 - 2.3.2.2.2. Formaldehídos (colas)
 - 2.3.2.3. Mineralizante
 - 2.3.3. Clasificación
 - 2.3.3.1. Según densidad
 - 2.3.3.2. Según procedimiento de prensado
 - 2.3.3.3. Según distribución de partículas
 - 2.3.4. Fabricación
 - 2.3.4.1. Fabricación de paneles ligeros
 - 2.3.4.2. Fabricación de paneles densos

- 2.3.5. Propiedades y Características
 - 2.3.5.1. Densidad
 - 2.3.5.2. Resistencia a la Flexión Estática
 - 2.3.5.3. Resistencia a la Compresibilidad
 - 2.3.5.4. Aislante Térmico
 - 2.3.5.5. Aislante Acústico
 - 2.3.5.6. Resistencia al Fuego
 - 2.3.5.7. Clavado
 - 2.3.5.8. Aserrado
 - 2.3.5.9. Durabilidad Natural
 - 2.3.5.10. Enlucido
 - 2.3.5.11. Resumen de Propiedades de los Paneles Ligeros
 - 2.3.5.12. Resumen de Propiedades de los Paneles Densos
 - 2.3.6. Utilización
 - 2.3.7. Mantenimiento
 - 2.3.8. Posibilidad de asociación constructiva
 - 2.3.8.1. Madera (Sistema de entramado)
 - 2.3.8.2. Acero (Sistema de construcción liviana en seco)
 - 2.3.8.3. Concreto (Sistema de encofrados permanentes)
- 2.4. Conclusiones

3.0 ANÁLISIS DE LA INVESTIGACIÓN Y PROPUESTA

- 3.1. Posibilidad constructiva con el tallo de algodón
 - 3.1.1. Factibilidad del uso de residuos agrícolas como componentes de materiales constructivos
 - 3.1.1.1. Antecedentes
 - 3.1.1.2. Tipología
 - 3.1.2. Posibilidad constructiva con el tallo de algodón
 - 3.1.2.1. Antecedentes
 - 3.1.2.2. Factibilidad de aplicación en el Perú; caso particular del Departamento de Ica
 - 3.1.2.2.1. Generalidades
 - 3.1.2.2.2. Antecedentes
 - 3.1.2.2.3. Tipologías
- 3.2. Panel aglomerado de tallos de algodón:
 - 3.2.1. Componentes
 - 3.2.1.1. Tallos de algodón
 - 3.2.1.1.1. Propiedades y características generales
 - 3.2.1.1.2. Costo y transporte
 - 3.2.1.2. Aglomerantes
 - 3.2.1.2.1. Tipologías
 - 3.2.2. Fabricación de probeta
 - 3.2.2.1. Selección y Recolección del material
 - 3.2.2.2. Acondicionamiento de muestras y obtención de hebras
 - 3.2.2.3. Mineralización
 - 3.2.2.4. Mezclado
 - 3.2.2.5. Prensado
 - 3.2.2.6. Secado

- 3.2.3. Propiedades y Características generales
 - 3.2.3.1. Propiedades físicas
 - 3.2.3.2. Propiedades mecánicas
 - 3.2.3.3. Características de confort
- 3.2.4. Aptitud constructiva
 - 3.2.4.1. Posibilidad de uso y modulación
 - 3.2.4.2. Posibilidad de asociación con otros materiales
- 3.2.5. Aptitud arquitectónica
 - 3.2.5.1. Acabado natural
 - 3.2.5.2. Posibilidad de enlucido, estucado y pintado
- 3.2.6. Aspectos económicos

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFÍA

1.0. DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

1.1. ESTADO DE LA CUESTION

En el Perú no existen investigaciones acerca de la fabricación de paneles para uso de la construcción a partir de tallos de algodón. Puede utilizarse como referencia otro proceso similar como el del Fibrablock, panel aglomerado fabricado a partir de la viruta larga de madera y de cemento.

1.2. CONTEXTO Y FORMULACION DEL PROBLEMA

En las regiones algodonereras del Perú, los sistemas constructivos utilizados en viviendas económicas en zona rural no han sido motivo de mayor investigación en los últimos años. Por ello se aprecia la utilización de sistemas convencionales, como el adobe, cuya vulnerabilidad es mayúscula frente a los sismos e inundaciones, además de la incapacidad económica y tecnológica para construcción rápida y en serie, hacen necesaria la búsqueda de nuevas alternativas.

Por otro lado, en estas regiones algodonereras, se observa que, en la producción agrícola, existe un desaprovechamiento del tallo de algodón, el cual es utilizado, en el mejor de los casos, como leña en las fábricas ladrilleras. E incluso, a veces, simplemente se queman grandes cantidades de este material, contaminando el medio ambiente.

El problema de la ineficacia de los sistemas constructivos utilizados actualmente para una vivienda económica se puede resolver partiendo del conocimiento de nuevas alternativas que ya se vienen usando en el mercado, pero que por su costo, resultan inaccesibles para este sector de la población.

La investigación pretende demostrar la aptitud de un nuevo material en la construcción de viviendas económicas para las zonas rurales de la costa peruana. Al respecto será necesario verificar las propiedades mínimas que debe reunir el módulo a desarrollar que lo haga competitivo y el medio en el que se propone su ejecución. Estas serían:

- Resistencias mecánicas
- Estabilidad ante la humedad
- Estabilidad biológica
- Trabajabilidad.

1.3. JUSTIFICACION E IMPORTANCIA DEL ESTUDIO

La aplicación de determinados sistemas constructivos en una vivienda depende casi siempre de las posibilidades económicas del propietario y de la facilidad de conseguir los materiales en la zona donde se encuentren.

Además de estos factores existen otros, también muy importantes para que un sistema constructivo sea óptimo: estructura sismorresistente, versatilidad, tabiquería no portante liviana, construcción rápida y de preferencia en serie, posibilidad de autoconstrucción, posibilidad de construcción por etapas, limpieza en la construcción y propiedades térmicas y acústicas

Una respuesta óptima, teniendo en cuenta sólo los últimos factores antes mencionados, sería un sistema constructivo a base de una estructura bien sea de concreto, madera o acero y tabiquería no portante a base de elementos prefabricados como el fibrablock.

Sin embargo cuando contrastamos los factores considerados inicialmente –economía y materiales accesibles- vemos que, en el sistema constructivo “óptimo” la estructura no presenta mayores problemas; sin embargo son los elementos prefabricados de fibrablock los que no son económicos, y algunas veces inaccesibles para ciertas zonas del Perú (el transporte del material desde Lima aumenta el costo de la construcción).

Es por ello que considero necesario buscar hallar una forma de economizar en estos elementos y además acercarlos físicamente al usuario.

Para la región escogida en este trabajo de Investigación-puntualmente la ciudad de Ica; extensible a todas las regiones costeras algodonereras, la utilización de materia prima local para la elaboración de los paneles lograría economizar el producto y a la vez darle una identidad propia del lugar. Sin embargo, habría que analizar si las características y propiedades del material satisfacen las exigencias mínimas (o superiores) que las del fibrablock.

1.4. ALCANCES Y LIMITACIONES

El alcance de esta investigación se da para las regiones algodonereras de la Costa Peruana, es decir, las regiones de Piura, Cañete, Ica y Arequipa, por ser éstas de características climáticas similares y además por tener en común que todas ellas son productoras de algodón.

Las limitaciones que se han encontrado al desarrollar esta investigación son la falta de referencias, pues no existen otras investigaciones en el Perú acerca del mismo tema. Asimismo, la calidad de la preparación de las probetas variable, por ser esta manual.

1.5. OBJETIVOS

1.5.1. OBJETIVO GENERAL

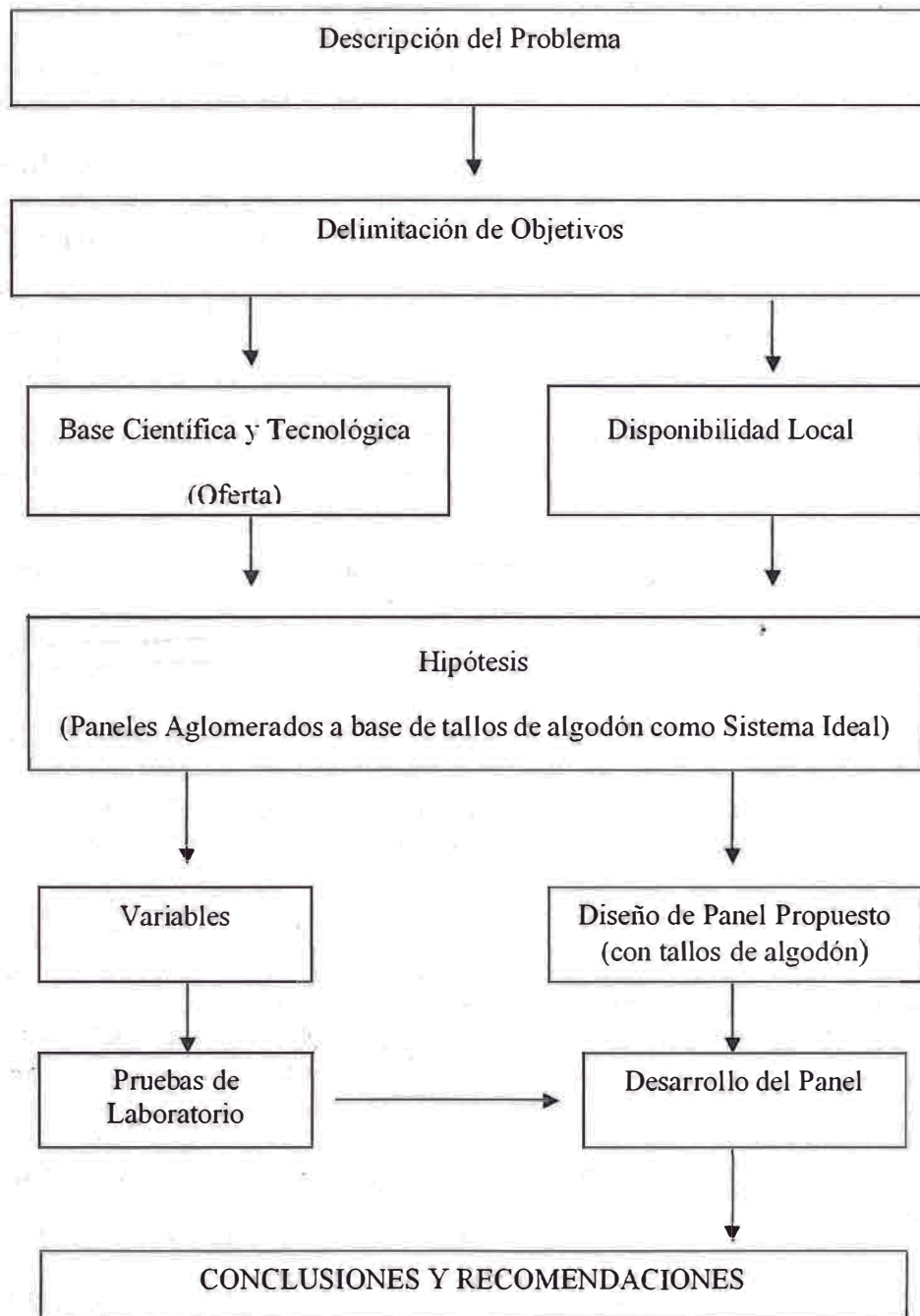
- Brindar a la población de las regiones productoras de algodón una alternativa económica de panel para la solución de la escasez de viviendas seguras; a partir de su disponibilidad de tallos de algodón.
- Analizar los paneles aglomerados como parte de un sistema constructivo altamente eficaz aplicable al contexto de las regiones algodoneras peruanas.

1.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar los diferentes sistemas constructivos utilizados en las regiones algodoneras de la costa peruana.
- Desarrollar una matriz de evaluación de los sistemas constructivos para determinar la eficacia de cada uno de ellos, profundizando en los paneles aglomerados
- Determinar la factibilidad del uso de tallos de algodón en paneles aglomerados
- Estudiar las diferentes posibilidades de asociación de aglomerantes con tallos de algodón para proponer un panel aglomerado que tenga adecuadas propiedades físico mecánicas y características acústicas y térmicas.
- Someter a pruebas físico-mecánicas una probeta reglamentaria del panel a proponer.
- Plantear diferentes alternativas constructivas que puedan aplicarse con el panel, determinando su versatilidad en cuanto a asociación con otros materiales estructurales, tales como madera, acero, concreto.
- De la alternativa constructiva elegida, determinar las características arquitectónicas del sistema, en cuanto a acabados, enlucidos, texturas, posibilidad de uso, etc.

1.6. MÉTODO

El método a utilizarse es de tipo descriptivo, analítico y experimental.



1.7. HIPÓTESIS

1.7.1. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS

Dado el informe que se da de la situación de la producción agrícola en las regiones algodonereras de la costa peruana, y dado el recuento que se hacen de los diferentes sistemas constructivos y respectivos materiales para la construcción de viviendas en dichas regiones se plantean las siguientes hipótesis:

Hipótesis Principal: El sistema constructivo a base de paneles aglomerados, por sus propiedades y características, representa una respuesta eficaz en la construcción de viviendas en la costa peruana.

Hipótesis Específica 1: Es posible desarrollar una alternativa de los paneles aglomerados teniendo como componente principal los tallos de algodón en las regiones algodonereras de la costa peruana.

Hipótesis Específica 2: El panel aglomerado de tallos de algodón tiene similares o superiores características físico-mecánicas que los paneles aglomerados del mercado actual (fibrocemento)

Hipótesis Específica 3: El panel aglomerado con tallos de algodón es, por su materia prima, más económico que el panel aglomerado común para las regiones algodonereras de la costa peruana.

1.7.2. IDENTIFICACIÓN Y RELACIÓN DE LAS VARIABLES

Para el análisis de los sistemas constructivos y para determinar si el material más eficaz en la región de estudio es el panel aglomerado se han detectado las siguientes variables.

1.7.2.1. SISMORRESISTENCIA

El Perú tiene una ubicación y características geográficas que hacen que existan sismos frecuentemente. De allí, la importancia que todo edificio de cualquier tipología sea sismorresistente, esto quiere decir, con un sistema estructural capaz de resistir ante la aparición de un sismo.

No obstante, en zonas rurales, se observa la presencia de sistemas “tradicionales” que no son sismorresistentes, tal es el caso del adobe (que además es vulnerable a las inundaciones), las esteras y otros, precarios de por sí.

1.7.2.2. ECONOMÍA Y AHORRO DE ESPACIO

La situación económica en el Perú es tal, que se ha llegado a crear un reglamento especial (caso Mivivienda) para que la vivienda sea económica, y las dimensiones mínimas de espacios se reduzcan.

Las innovaciones tecnológicas también apoyan este requerimiento, tal es el caso de las placas de concreto con malla electrosoldada, de 10cm de espesor, que no requieren de columnas ni vigas. Esto, sin duda, representa un ahorro en espacio, pues con estructuras tan delgadas se puede lograr una máxima optimización en términos de ‘área construida’, y además un ahorro en los costos, pues la naturaleza del sistema constructivo induce a una construcción rápida, que reduce gastos de mano de obra.

1.7.2.3. NIVEL DE CONFORT

En una vivienda económica es básico que tanto el sistema constructivo, como los materiales, puedan brindar un bienestar térmico y acústico, para sus habitantes. Sin embargo, este requerimiento, tan importante, es a veces dejado de lado por la reducción de costos; ya que hasta el día de hoy, estas características, sólo pueden lograrse con “agregados” al sistema, tales como paneles acústicos que, “agregan” un costo aparentemente innecesario a la vivienda. Sin embargo, sería mejor que el sistema constructivo en sí involucre en su naturaleza una manera de ofrecer estas características.

El confort es connatural a la vivienda, pues ello evita el uso de calefactores o enfriadores y la hace económica.

El confort es una forma de empatía entre el sistema constructivo y el medio ambiente.

1.7.2.4. CONSTRUCCIÓN POR ETAPAS

¿Por qué el sistema constructivo de placas de 10cm no se utiliza en las zonas rurales? El sistema está diseñado de tal manera que su ahorro económico reside precisamente en la construcción rápida y en masa, es decir, no en etapas. Sin embargo para las familias donde el nivel económico es mínimo, la construcción por etapas se acomoda expresamente a las posibilidades económicas que tienen. Por ejemplo, la albañilería confinada, es un sistema que proporciona la factibilidad de construcción por etapas. Las personas compran el ladrillo conforme a sus posibilidades económicas y construyen sus viviendas por etapas, pues no tienen el capital suficiente para invertir todo en una casa hasta llegar al nivel de acabados.

Es muy importante que nuestro sistema ideal cumpla con esta posibilidad.

1.7.2.5. AUTOCONSTRUCCIÓN

La autoconstrucción es lo natural para las zonas rurales, que se encuentran alejadas del mundo de la industria y adonde se tiene un difícil acceso vehicular. Esto, sin duda, implica la facilidad de obtención de las materias primas a usar en el sistema constructivo.

1.7.2.6. RAPIDEZ EN CONSTRUCCIÓN O MONTAJE

El desarrollo de la industria ha favorecido la rapidez en la construcción. Los elementos prefabricados, el trabajo mecanizado, la especialización de la mano de obra, son factores que ayudan a reducir plazos.

1.7.2.7. DURABILIDAD

Los sistemas constructivos ofrecen una durabilidad de varias décadas ; sin embargo, las familias van haciendo cambios constantes en sus viviendas, ya sean de distribución, ampliación, o hasta de estilo, acomodándolas a sus cambios de actividades, o cambios de vida. Si el sistema constructivo fuera desmontable o modular, sin duda, facilitaría el cambio de una vivienda.

1.7.2.8. IDENTIDAD

Finalmente, hay un factor cuya naturaleza, va más allá de lo económico, lo resistente o lo durable, y es la identidad, reflejado en la tradición. En las zonas rurales, este factor tiene mayor importancia que en las ciudades, probablemente. La tradición, el conocimiento empírico, la transmisión de conocimiento a través de generaciones va constituyendo esa identidad.

Es necesario que el posible usuario se sienta identificado con el nuevo sistema, para aceptarlo y aplicarlo en la construcción de sus viviendas

1.7.3. MATRIZ: ANÁLISIS DE UN SISTEMA CONSTRUCTIVO

VARIABLES (Este cuadro permite ver lo que es posible lograr)	Sismorresistencia	Economía	Ahorro de Espacio	Rapidez de ejecución	Nivel de Confort	Construcción por etapas	Posibilidad de modulación	Autoconstrucción	Durabilidad	Identidad	Variedad en posibles acabados
Sismorresistencia	---										
Economía		--									
Ahorro de Espacio			---								
Rapidez de ejecución				---							
Nivel de Confort					----						
Construcción por etapas						---					
Posibilidad de modulación							---				
Autoconstrucción								---			
Durabilidad									----		
Identidad										----	
Variedad en posibles acabados											----

1.7.4. MATRIZ: ANÁLISIS DE UN ELEMENTO CONSTRUCTIVO

VARIABLES	MATERIAL A	MATERIAL B
Peso específico		
Densidad		
Absorción de agua		
Resistencia a la compresión		
Resistencia a la tracción		
Resistencia a la flexión		
Aislamiento acústico		
Aislamiento térmico		
Costo de fabricación u obtención		

2.0. MARCO TEÓRICO Y REFERENCIAL

2.1. REGIONES ALGODONERAS EN EL PERÚ

2.1.1. PRODUCCIÓN DEL ALGODÓN

Según datos del Ministerio de Agricultura del Perú, el algodón es un cultivo que se ha adaptado a las condiciones climáticas de la costa peruana en dos zonas claramente definidas: la costa central, que comprende los valles del río Santa hasta el valle de Nazca, y la costa norte, que comprende los valles del departamento de Piura. (Ver Cuadro N°1 y Gráfico N°1)

CUADRO N° 1: VALLES ALGODONEROS

DEPARTAMENTOS	VALLES
PIURA	Valle Alto Piura Valle Medio Pura Valle Bajo Piura Valle San Lorenzo Valle El Chira
ANCASH	Valle Santa Valle Casma Valle Huarmey
LIMA	Valle Pativilca Valle Sayán Valle Chancay Valle Lurín Valle Mala Valle Cañete
ICA	Valle Chincha Valle Pisco Valle Palpa Valle Nazca Valle Ica
AREQUIPA	Valle Acarí

Fuente: Portal Agrario. Ministerio de Agricultura

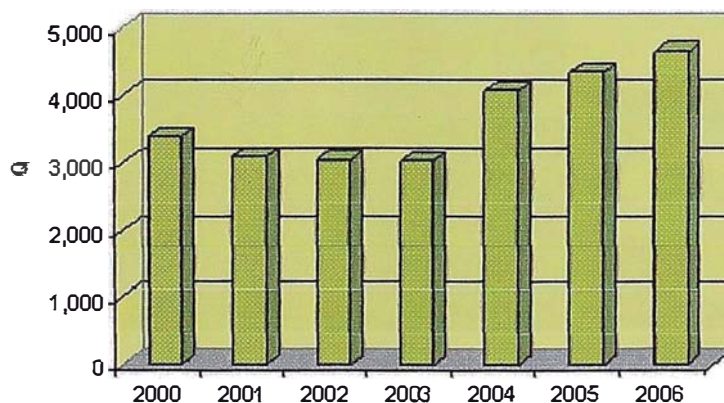
GRÁFICO N° 1: VALLES ALGODONEROS



Fuente: Portal Agrario. Ministerio de Agricultura del Perú.

Estos valles están formados por una serie de pueblos pequeños y grandes, predominantemente rurales, donde más de 20 000 familias dependen económicamente de la producción de algodón.¹ La producción nacional del algodón ha reflejado un comportamiento similar los últimos siete años, en cuanto a superficie cosechada. (Ver cuadro N°2)

CUADRO N° 2 PERU: PRODUCCIÓN DE ALGODÓN RAMA



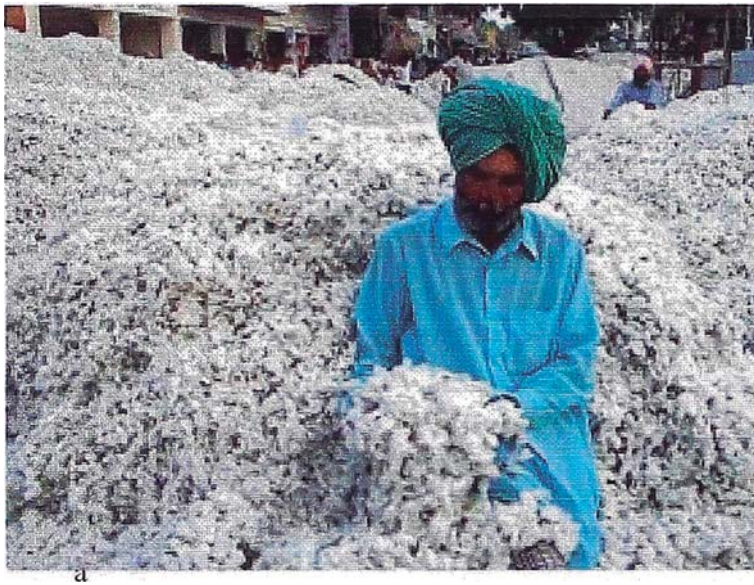
Fuente: Portal Agrario. Ministerio de Agricultura del Perú.

¹ Ministerio de Agricultura. Producción Regional de Algodón.

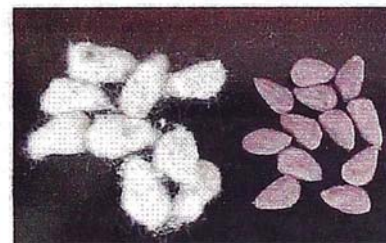
2.1.2. UTILIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA DEL ALGODÓN

La producción del algodón se desarrolla a través de sus componentes:

Fibra.- La fibra del algodón es la parte más representativa de este elemento pues de aquí se obtiene la fibra de la que luego se obtienen los textiles.

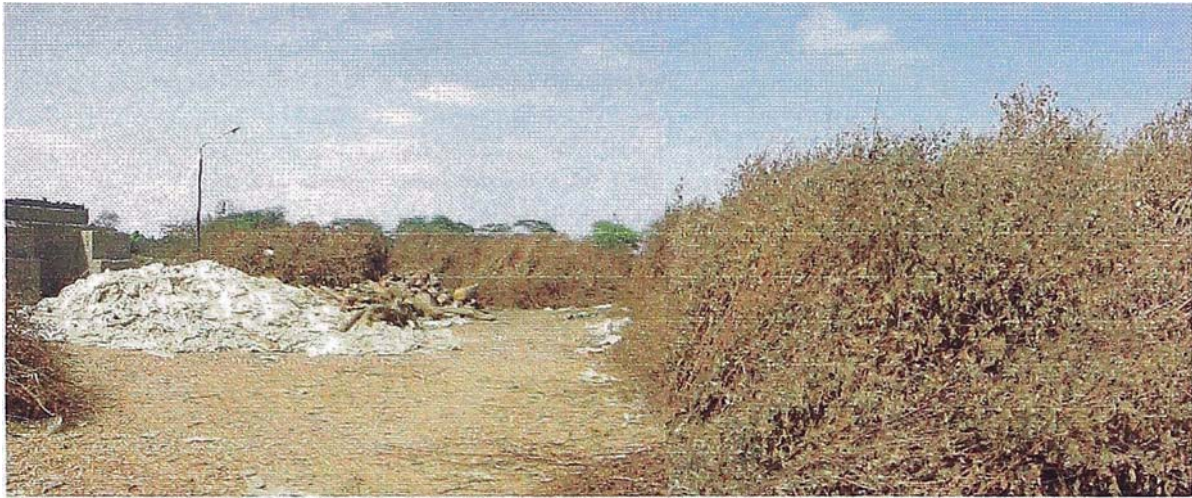


- Pepita.- De la pepita del algodón se obtienen aceite refinado, torta y jabón.



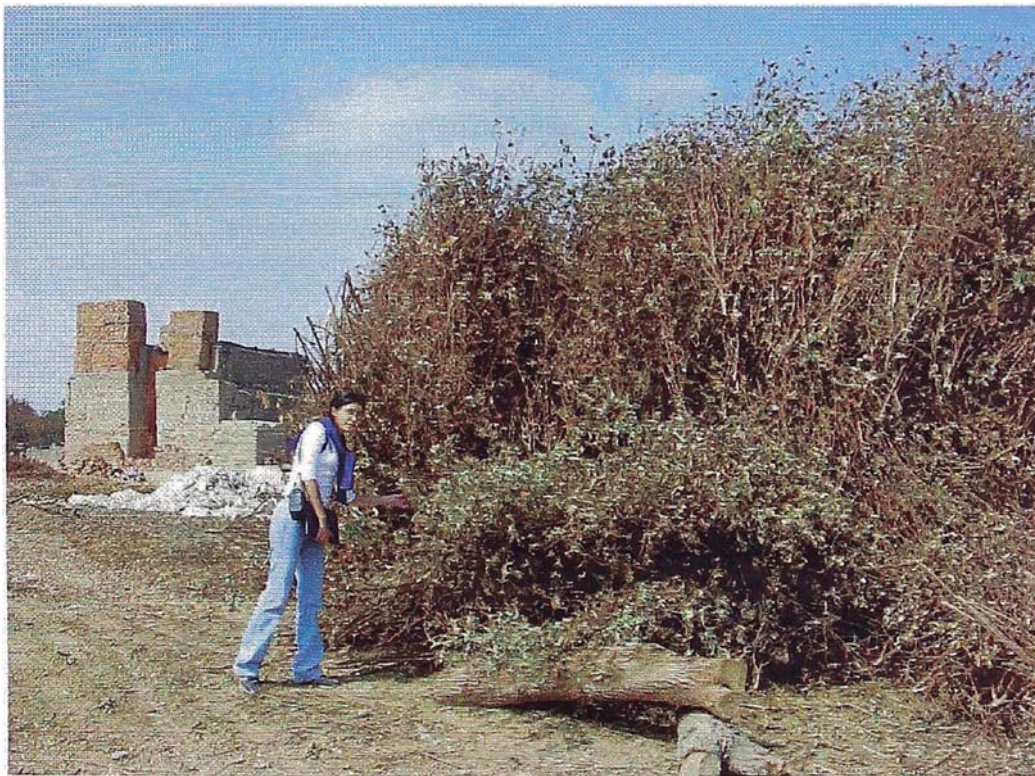
Tallos o broza.- Actualmente no son aprovechados como insumo de la producción del algodón. La broza es almacenada y luego quemada.(Ver fotografías en páginas siguientes)

FOTOGRAFÍA N° 1



Fuente: Trabajo de Campo

FOTOGRAFÍA N° 2



Fuente: Trabajo de Campo

2.1.3. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA ZONA

Las regiones algodonereras de la costa peruana (Piura, Lima, Ica y Arequipa) comparten las principales características en cuanto a clima y geografía que les han permitido desarrollar sus tierras y ambiente fértiles para la producción de algodón.

Para la especificación de información de características físicas, se tomará a la región de Ica como ejemplo de las regiones algodonereras, por ser ésta representativa del total, y por tener en extensión una de las producciones de algodón parciales más importantes de la nación (más del 50% de la producción nacional).²

2.1.3.1. LA REGION DE ICA

2.1.3.1.1. SUPERFICIE Y POBLACIÓN

La Región Ica tiene una superficie de 21 328 km² (1.7% del territorio peruano) en el que vive el 2.6% de la población del país. Esta superficie incluye 22.32 km² que es la superficie que tienen en conjunto las 127 islas existentes frente a sus costas.

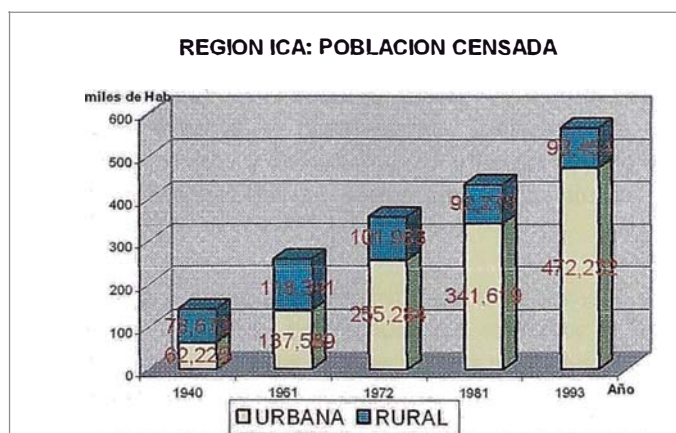
Desagregada por provincias le corresponde a Ica 7 894 km²; Chincha 2 987km²; Nasca 5 234 km²; Palpa 1 233 km² y Pisco 3 957 km².³

Según el X Censo de Población y V de Vivienda realizado por el INEI en el año 2005, la población del departamento de Ica es de 691,235 habitantes.

Desagregada por provincias le corresponde a Ica 309,242 habitantes, a Chincha 188,781 habitantes, a Nasca 57,966 habitantes, a Palpa 13,878 habitantes y Pisco 121,368 habitantes.

De acuerdo al censo de 1993, la población rural en Ica representa el 16.4% de la población total de Ica. Esta proporción es menor a la nacional en donde la población rural ocupa más del 30% de la población en el Perú.(Ver Cuadro N° 3)

CUADRO N° 3



Fuente: INEI.

² MEF. Compendio Ica, Julio 2006

³ Gobierno Regional. Dirección Regional Agraria Ica. 2002-2003.

2.1.3.1.2. CLIMA

Se clasifica como sub-tropical desértico, con una temperatura promedio anual de 19,5°C. La temperatura máxima alcanza 33°C en el mes de febrero y la mínima 9,8°C en el mes de Julio.

Las temperaturas máximas absolutas alcanzan 32.3°C en Ica y 27.4° en Pisco. Las mínimas absolutas son 9.8°C en Ica y 12.6°C en Pisco.⁴

La insolación es alta en los desiertos de Pisco, Ica y Nasca. El Viento Paracas, brisa marina de gran fuerza sopla en la zona de Pisco – Paracas, contribuyendo a despejar el cielo de estas áreas y de los desiertos contiguos. (Ver fotografía 3)

FOTOGRAFIA N° 3



La orientación general del viento en el valle del río Ica, no presenta cambios durante el año pero sí durante el día, lo que está vinculado con una amplitud de llanura pre-andina y su ubicación entre el Océano Pacífico y la Cordillera de los Andes.

La humedad atmosférica es alta en el litoral y disminuye hacia el interior. Las precipitaciones son escasas y normalmente inferiores a 15mm. Anuales. Sólo excepcionalmente se producen lluvias de gran intensidad pero de corta duración y que tienen un origen extrazonal. En su sector andino las lluvias son estacionales y de mayor intensidad.⁵

La orientación local del viento puede sufrir cambios provocados por la topografía de la zona u orientación de las calles. La evaporación es mayor en los meses de verano que en los meses de invierno, pero sus valores no son muy elevados y por esto no son muy perjudiciales para las plantas.

⁴ Compendio de Datos Metereológicos del SENAHMI.

⁵ Compendio de Datos Metereológicos del SENAHMI

CUADRO N° 4
RESUMEN DE DATOS METEOROLOGICOS. DEPARTAMENTO DE ICA

TEMPERATURA C												
	Enero	Febr.	Marzo	Abr.	Mayo	Junio	Julio	Agos.	Sept.	Octub.	Nov.	Dic.
MAXIMA ABSOLUTA	31.0	32.0	26.5	31.0	28.5	25.5	24.0	25.5	27.0	28.5	29.0	30.0
MAXIMA MEDIA	31.1	32.0	26.3	31.1	28.4	25.3	24.2	25.5	27.1	28.3	28.7	30.1
MEDIA MENSUAL	24.1	24.9	24.7	22.9	20.4	17.8	17.0	17.5	19.1	20.2	20.7	22.8
MINIMA MEDIA	17.1	17.7	17.3	14.8	12.5	10.8	9.8	9.4	11.0	12.3	13.4	15.7
MINIMA ABSOLUTA	17.0	17.5	17.5	15.0	12.5	11.0	10.0	9.5	11.0	12.5	13.5	15.5
HUMEDAD RELATIVA %												
	Enero	Febr.	Marzo	Abr.	Mayo	Junio	Julio	Agos.	Sept.	Octub.	Nov.	Dic.
HR. MAXIMA MEDIA	90.0	89.4	90.8	93.0	94.5	95.8	96.6	97.0	93.8	92.4	91.8	90.0
HUM. RELAT. MEDIA	68.8	67.3	67.2	68.3	71.5	74.6	75.9	73.0	70.0	68.3	68.7	68.2
HR. MINIMA MEDIA	47.5	45.2	43.6	43.6	48.5	53.4	55.2	49.0	46.2	44.2	45.6	46.4
HORAS DE SOL												
	Enero	Febr.	Marzo	Abr.	Mayo	Junio	Julio	Agos.	Sept.	Octub.	Nov.	Dic.
TOTAL MENS. (%)	57.7	47.4	61.0	72.6	64.9	55.0	51.0	62.3	62.0	67.3	70.1	66.9
PRECIPITACION												
	Enero	Febr.	Marzo	Abr.	Mayo	Junio	Julio	Agos.	Sept.	Octub.	Nov.	Dic.
TOTAL MENS. (mm)	0.50	1.90	2.30	0.00	0.00	0.00	0.30	0.10	0.00	0.10	0.00	0.30

Fuente: SENHAMI

2.1.3.1.3. GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA

Se identifica las principales geoformas en la región de Ica⁶

- Ribera Litoral.**- con una altitud estimada entre 0 a 10 m.s.n.m., presenta una topografía llana de litoral de playa, con pendientes entre 0.5° a 2° con tendencia ascendente hacia el lado este.
- Llano Aluvial.**- Pampa Costanera: cuya altitud varía entre los 10 a 800 m.s.n.m., de pendientes naturales del orden de 1° a 10° con afloramientos locales de colinas y cerros bajos. Está limitada al Oeste por la ribera litoral y al Norte, Sur y Este por una cadena de cerros bajos que corresponden a las estribaciones occidentales de los Andes.
- Estribaciones del Frente Andino.**- Compreendida entre los 400 a 800 m.s.n.m., corresponde a una cadena de cerros que se levantan bruscamente sobre las pampas costaneras y el cono de deyección extendiéndose por ambas márgenes del valle, se caracteriza por presentar un relieve suave a moderado con pendientes entre 5° a 25°.
- Valle del Río Ica y Quebradas Tributarias.**- Ocupa la mayor parte de la cuenca y esta comprendida entre 800 a 4,400 m.s.n.m., fuera de la Provincia de Ica. Se caracteriza por presentar una topografía que varía de suave hasta abrupta, con pendientes naturales comprendidas entre 5° a 80° o más.

⁶ INGEMET. Compendio Nacional, 2005

- e) Altiplanicies.- Se encuentran a una altitud de 4,400 a 4,600 m.s.n.m. que ascienden suavemente hasta la divisoria de aguas. Presenta un relieve moderado, con formas de tipo modelado, glaciario y fluvio-glaciario, está constituido mayormente por pampas, colinas y cadenas de cerros bajos, con variaciones locales pertenece al departamento de Huancavelica.

2.1.3.1.4. HIDROGRAFÍA

Los ríos que atraviesan la región Ica, tienen gran variación en volumen de aguas que transportan. Durante el invierno algunos de ellos sólo llevan agua en su sector interandino, como ocurre con los ríos Ica, Grande y San Juan, que sólo llegan al mar en el verano cuando se producen lluvias estacionales en sus cuencas interandinas. El río Pisco mantiene un escaso caudal en los meses de invierno.

Las aguas subterráneas que se explotan en forma intensiva sobre todo en el valle del río Ica, han disminuido considerablemente en su volumen debido a que la recarga de las napas freáticas son insuficientes para compensar las aguas extraídas.

Los principales ríos de la región Ica son:

- a) Río Ica.- es el río más importante de la provincia. Sigue una dirección de Norte a Sur, corriendo paralelo a la Costa, en lugar de correr en forma horizontal a ella como en otros valles de la Costa Peruana.

Su cuenca es una de las más cortas de los ríos de la costa peruana, con una longitud de 220 kms y una cuenca de 7,711 km². La capacidad del cauce es de 200m³/s, sin embargo en el año 1998 se registró una crecida de hasta 600m³/s.. La anchura de su cauce es variable de 22 a 25m de ancho. (Ver Fotografía N°4)

FOTOGRAFIA N° 4 RIO ICA



Fuente: Portal Web Ingemmet

b) Río San Juan.- Tiene un desarrollo longitudinal aproximado de 136 kms, presentando un pendiente promedio de 3%. Tiene su origen en una serie de pequeñas lagunas ubicadas en las cercanías de la divisoria que separa las cuencas de los ríos Cañete y Mantaro.

c) Río Pisco.- tiene su origen en la confluencia de los ríos Chiris y Huaytará, a la altura de la localidad de Pámpano. El río Criris constituye su principal formador, se origina a su vez en la parte más alta de la cuenca, de la unión de los ríos Santa Ana y Luicho, los que nacen en una serie de pequeñas lagunas entre las que destacan las de Pultoc, Agnococha y Tacococha.

Tiene un desarrollo longitudinal aproximado de 472 kms., desde sus nacientes hasta su desembocadura, en donde se puede observar una pendiente promedio de 3%, la cual se hace más pronunciada en algunos sectores, llegando hasta 8%.

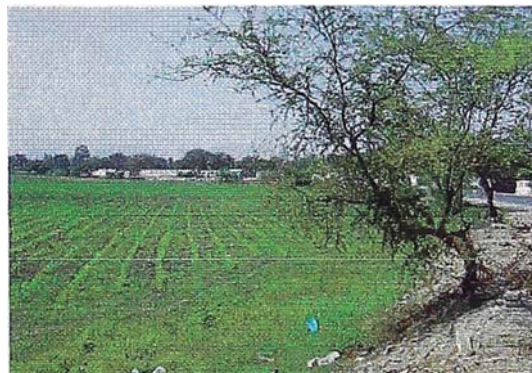
2.1.3.1.5. ACTIVIDAD AGRÍCOLA

El valle del río Ica cuenta con 37,800 Has., de las cuales 30,720 Has. son de uso agrícola. El Departamento de Ica ocupó en 1971 el 4to. lugar a nivel nacional en índice de productividad agrícola (0,8134) después de Lima, Arequipa y La Libertad.⁷

La tendencia de incrementar los espacios agrícolas para la siembra de los productos de mayor rentabilidad está limitada por la escasez del recurso hídrico. Sin embargo, se está avanzando en cultivos de agro-exportación, hoy alentados por una economía de competencia para la exportación que busca sacar provecho de los recursos y potencialidades del sector a través de la implementación de sistemas de alta tecnología que ahorran el consumo de agua y producen a gran escala especialmente vid y espárragos. Esta alta especialización agroproductiva supone el desarrollo en mayor ventaja para economías de escala, no así a los pequeños agricultores.

La escasez de tierra y agua no permite a los minifundistas generar un excedente de producción actual, lo cual les impide acumular. En 1998, la producción anual de principales productos agropecuarios fueron: espárragos, vid, algodón en rama, frutales, alfalfa, tomate, maíz duro, papas y otros.⁸

FOTOGRAFIA N° 5 CULTIVO DE ALGODÓN EN ICA



Fuente: Trabajo de campo

⁷ INEI

⁸ Ministerio de Agricultura. Portal Agrario

2.1.3.1.6. VIVIENDA

El nivel de desarrollo urbano de la provincia es desigual y heterogéneo. Según el Censo de Población y Vivienda de 1993, para la Provincia de Ica se registran las cifras siguientes: para el caso del cercado de Ica, sobre un total de 24 551 viviendas se ha registrado un déficit absoluto de servicios del 14% que significa aproximadamente 3 545 viviendas, a esa fecha. Esta situación es fácilmente observable.

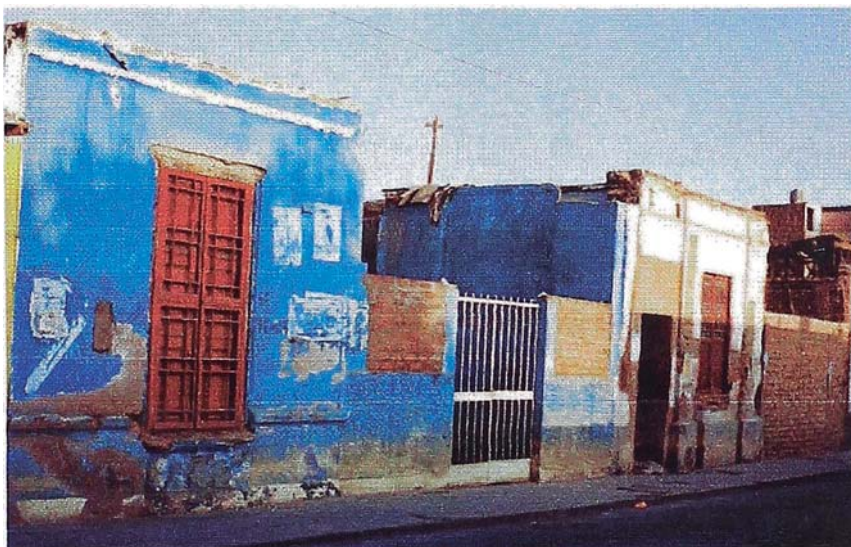
En 1993, se observa que 34 280 viviendas (30.2%) tienen como material predominante en sus paredes el ladrillo o bloque de cemento, 67 705 viviendas (59.7%) tienen paredes de adobe o tapia y 515 viviendas (0.5%) tienen paredes de piedra o sillar.

El análisis sobre la calidad y estructura de la vivienda alude al carácter temporal o permanente de los materiales utilizados en su construcción, ello se vincula con las diferencias y las posibilidades de acceso de una vivienda con materiales adecuados, así como a las disparidades habitacionales definidas por lo urbano y lo rural, básicamente.

En todas las provincias predomina el uso del adobe o tapia como material predominante en las paredes de vivienda.

Los resultados de 1993, muestran un fuerte incremento en el número de viviendas cuyo material predominante es material temporal o precario como la estera u otro material (cartón, eternit, calamina, triplay, etc). Estas viviendas de 831 unidades en 1981, aumentan a 3 903 unidades. Permite determinar quienes residen en un lugar distinto al de su lugar de nacimiento, es decir son migrantes de toda la vida.⁹

FOTOGRAFIA N° 6 VIVIENDA EN ICA



Fuente: Trabajo de campo

⁹ INEI

2.2. SISTEMAS CONSTRUCTIVOS EN ZONAS RURALES DE ICA

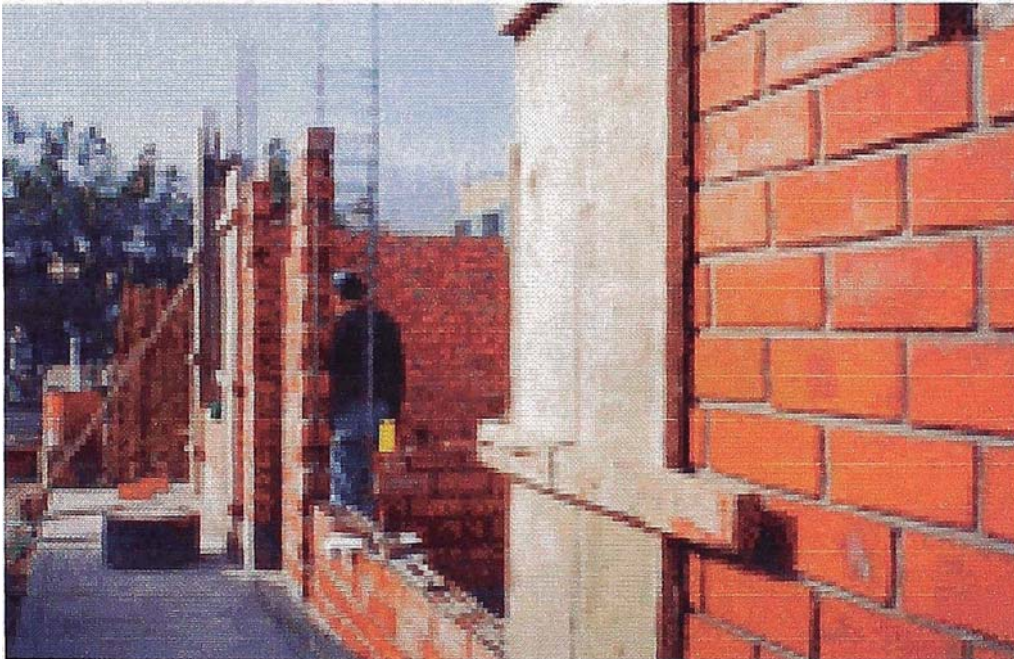
2.2.1. ALBAÑILERÍA

La albañilería es el sistema constructivo más utilizado en la ciudad.

Sin embargo, es sólo utilizado en los sectores de mayor nivel económico, escapando a las posibilidades de los sectores rurales y/o económicos.

Tiene un mayor costo en su ejecución y tiene un proceso constructivo lento. No facilita la construcción en serie.

FOTOGRAFIA N° 13 VIVIENDA DE ALBAÑILERIA



Albañilería.
Es el sistema constructivo tradicional, no sólo en Ica, sino que en toda la costa peruana.

La naturaleza del sistema constructivo, hace que éste sea lento, ya que sólo se pueden alcanzar medias alturas en una jornada.

Fuente: Trabajo de campo

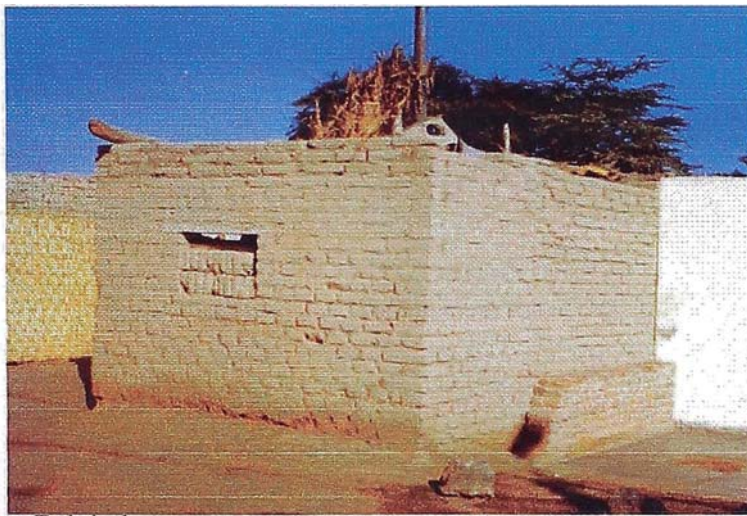
2.2.2. ADOBE

El material predominante de la ciudad, y más aun en las zonas rurales. Es el sistema constructivo tradicional.

Por el grosor de sus muros, se adapta muy bien al clima de la ciudad. Es aislante térmico.

Sin embargo su resistencia frente a los sismos o inundaciones es mínima. Los resultados luego del terremoto de 1996 y la inundación de 1998 dejaron la mayoría de viviendas de adobe en una situación de emergencia.

**FOTOGRAFIA N° 7
VIVIENDA DE ADOBE**

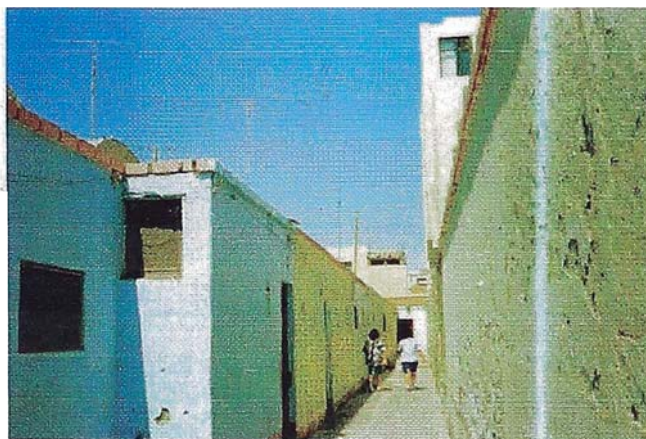


Fuente: Trabajo de campo

Adobe:
Se aprecia su
muy buena
adaptación al
clima.

En la parte
inferior de las
paredes se
observa el
desgaste del
adobe. Sin duda
una gran
perdida de
resistencia
estructural.

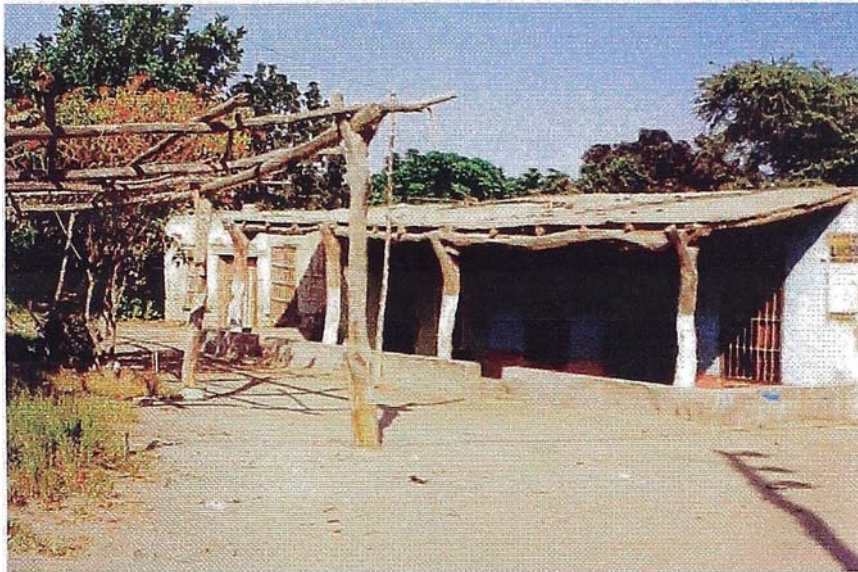
**FOTOGRAFIA N° 8
VIVIENDA DE ADOBE EN LA CIUDAD**



Fuente: Trabajo de campo

El sistema
constructivo a
base de adobe se
emplea en la
zona de la
ciudad más
antigua, en
viviendas de un
solo piso.

FOTOGRAFIA N° 9
VIVIENDA DE ADOBE EN EL CAMPO



En esta vista se aprecia la tipología de casa típica rural en Ica. El adobe en las zonas rurales es más común en las viviendas.

Fuente: Trabajo de campo

FOTOGRAFIA N° 10
VIVIENDA DE ADOBE



Se aprecia la combinación de dos sistemas. A pesar de que las viviendas son íntegramente hechas en adobe, se le han colocado unos aleros de concreto.

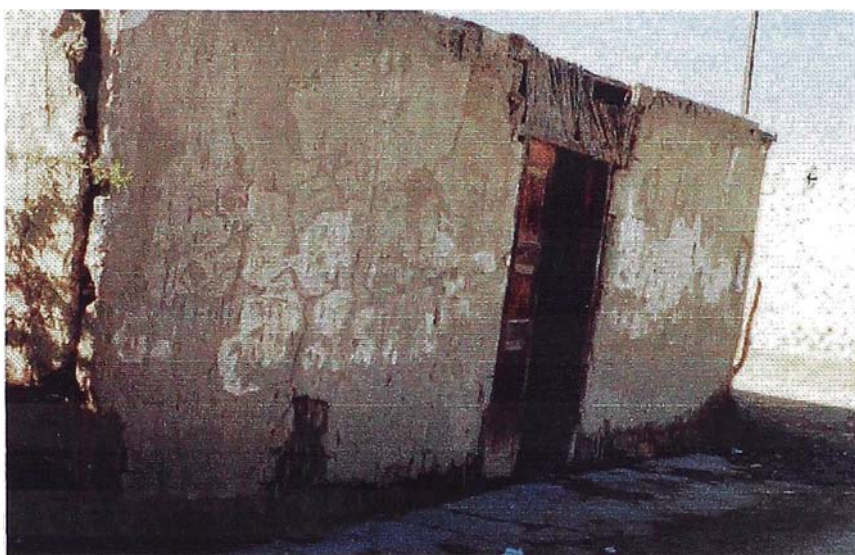
Fuente: Trabajo de campo

2.2.3. QUINCHA

La quincha es también uno de los materiales predominantes en la construcción de viviendas, tanto en la ciudad como en el campo. Sus facilidades económicas es la principal ventaja.

Sin embargo, el nivel de calidad es inferior. Se deteriora más fácilmente. Y su resistencia frente a sismos e inundaciones también es mínima. Asimismo requiere de un mayor tiempo de montaje.

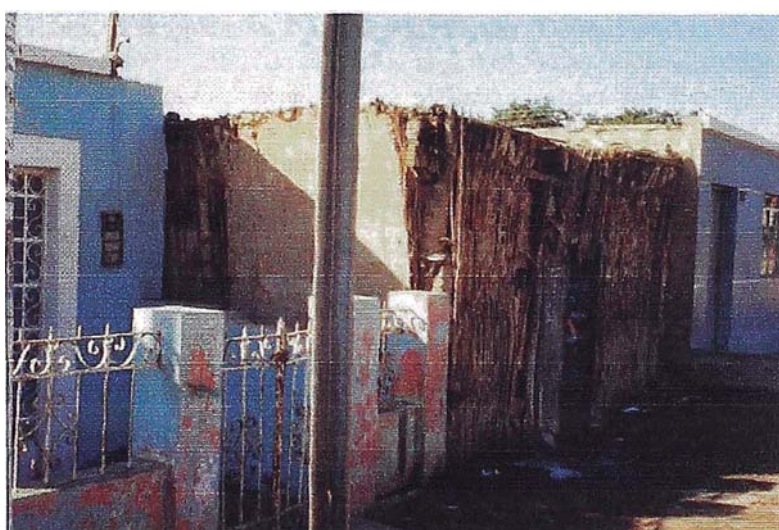
FOTOGRAFIA N° 11 VIVIENDA DE QUINCHA EN EL CAMPO



Quincha en el campo:
El estado de conservación de esta vivienda es bajo. Obsérvense las rajaduras y desprendimiento de enlucido.

Fuente: Trabajo de campo

FOTOGRAFIA N° 12 VIVIENDA DE QUINCHA EN LA CIUDAD



Quincha en la ciudad.
El estado de conservación de esta vivienda es bajo.

Fuente: Trabajo de campo

La reacción del cemento con el agua es un fenómeno que transforma la mezcla fresca de agua-cemento en sales de calcio hidratadas. Dichas reacciones son exotérmicas, ya que generan calor que provoca el calentamiento de la mezcla. La generación de calor es rápida en las primeras horas y disminuye progresivamente, de tal manera que los gránulos se hidratan de más en más lentamente y los últimos constituyentes que entran en la reacción desprenden menos calor.

Sin embargo, la elevación de la temperatura de la mezcla o el mantenimiento de la misma no depende del cemento sino más bien de la temperatura inicial del agua y de las condiciones particulares de pérdida de calor (temperatura exterior).

2.2.1.2 Formaldehídos (cola)

Uno de los componentes más importantes en la manufactura de paneles aglomerados es la resina o aglutinante. Estos pueden ser úrea-formaldehído, fenol-formaldehído y resorcinol formaldehído, y su variante de taninos (extracto de corteza de árboles).¹²

Las colas resorcinol-formaldehído se suministran en dos componentes: una resina líquida de color rojizo oscuro constituida por una solución en agua y alcohol de resorcinol-formaldehído, caracterizada por una deficiencia de formaldehído; y un endurecedor en forma de polvo.

Las colas de resina, así como las colas de úrea, curan a la temperatura ambiental y tienen una vida útil entre 2 a 4 horas. Esto hace que tales colas sean ideales para laminar maderos grandes cuyo ensamblado y prensado requieran un tiempo considerable.¹³

2.3.2.3. MINERALIZANTES

Son sustancias que sirven para darle al material orgánico una resistencia adecuada frente al ataque de insectos, hongos y gérmenes. Dependiendo del aglomerante que se utilice, se pueden ir variando las diferentes sustancias mineralizantes. En caso de usar cola, por ejemplo, los mineralizantes a utilizarse pueden ser:¹⁴

a) Cargas.- Son productos que sirven para expandir el volumen de la cola. Pueden ser de origen mineral como SO_4Ba , CO_3Ca , caolín, etc; y de origen orgánico como harina de trigo, soya, yuca, etc.

b) Catalizadores.- Son ácidos orgánicos e inorgánicos que sirven para bajar el PH de la cola a niveles que permitan retardar o acelerar el proceso de policondensación. Pueden ser NH_3 para el retardamiento o NH_4 para la aceleración.

c) Hidrófugos.- Son aceites o jabones que sirven para reducir la absorción de agua o higroscopicidad. Se logra aumentando el porcentaje de cola o aplicando parafina o ceras minerales.

¹² REDINFOR Serie Técnica N°10. Aglomerantes con Formaldehído. 1995

¹³ Gómez, Alejandro. Formación y ensayos físicos-mecánicos –químicos de los tableros de partículas calse V-20 utilizando como alomerante tanino úrea-formaldehído

¹⁴ REDINFOR. Ibid

d) Preservantes.- Son productos tóxicos que sirven para la protección contra los ataques de insectos. Pueden ser orgánicos como el pentaclorofenol, o también inorgánicos como fluoruros o compuestos de boro y cobre.

e) Retardadores de Ignición.- Los fosfatos mono y diamónicos se emplean para retrasar el fuego. Dependiendo de las concentraciones se puede retrasar la propagación de la llama o impedir la combustión lenta sin llama.

2.3.3. CLASIFICACIÓN DE LOS PANELES

2.3.3.1. SEGÚN DENSIDAD

En el mercado mundial se encuentran principalmente tres tipos de paneles¹⁵

2.3.3.1.1. Paneles de baja densidad.-

Que tienen de 250 a 400kg/m³ de densidad, y tienen una función principalmente de aislamiento acústico y térmico, y también sirven para la fabricación de muebles.

2.3.3.1.2. Paneles de densidad media.-

Llamados paneles ligeros (medium density fibre boards); que tienen entre 500 y 800 kg/m³, y pueden ser utilizados como materiales de construcción. Son hechos a partir de fibras muy delgadas de madera u otro material leñoso.

Cuando el aglomerante utilizado es el cemento tienen una densidad de 500 a 700 kg/m³, y son fabricados con fibras o hebras de madera.¹⁶

2.3.3.1.3. Paneles de alta densidad.-

Llamados paneles densos (hard boards o particle boards), que tienen una densidad mayor a 900 kg/m³, y que pueden ser utilizados como complementos de elementos estructurales y de construcción. Son hechos a partir de elementos finos o partículas de madera u otro material leñoso.

Cuando el aglomerante es el cemento tienen una densidad de 1000 a 1200 kg/m³, y son fabricados con partículas de madera o aserrín.

Si bien, todos los tipos de paneles tienen básicamente los mismos componentes, sus características, técnicas de elaboración y posibilidad de usos son muy diferentes.

¹⁵ Cruz Collantes, Teodoro. Ibid.

¹⁶ REDINFOR. Serie Técnica N°1. Ibid.

2.3. PANELES AGLOMERADOS

2.3.1. DEFINICIÓN

El panel aglomerado es un módulo constructivo constituido a base de partículas o hebras de madera u otro material lignocelulósico, aglomerado por una resina orgánica o cementante inorgánico.¹⁰

2.3.2. COMPONENTES

2.3.2.1. MATERIALES ORGÁNICOS

Para la fabricación de estos paneles se utiliza madera rolliza, maderas residuales de aprovechamiento forestal, residuos de industrias de transformación mecánica de la madera y residuos agrícolas (lino, bagazo, corcho, etc.)

2.3.2.2. AGLOMERANTES

El aglomerante mineral más utilizado es el cemento Pórtland, pudiendo también utilizarse magnesita y escolita; y también colas fenólicas o melamínicas.

También puede utilizarse aglomerante orgánico como úrea formaldehído.

2.2.1.1 Cemento¹¹

Es un ligante hidráulico que se presenta bajo la forma de un polvo mineral muy fino y por su naturaleza hidráulica se endurece en contacto con el agua (hidratación) y se aglomera fuertemente con otros materiales inertes.

Químicamente el cemento está constituido por:

- CaO (cal)	62 a 68%
- SiO (sílice)	15 a 19%
- AlO3 (aluminio)	2 a 9%
- OFe (óxido de fierro)	1 a 5%
- MgO (magnesio)	0 a 2%
- ONa2 y OK2 (álcali)	0.5 a 1.5%

Durante la reacción del cemento con el agua se distinguen tres fases:

- La hidratación.- el cemento fija una cierta cantidad de agua entre 30 y 40% en relación a la masa. Se considera que entre 10 a 15% es la cantidad de agua químicamente ligada.
- El fraguado.- que es la formación de la pasta agua-cemento.
- El endurecimiento.- que prolonga la fase anterior y transforma la mezcla agua-cemento en piedra de cemento.

¹⁰ CRUZ COLLANTES, TEODORO. Aptitud de la Madera de 5 especies forestales del Perú para la fabricación de paneles de fibrocemento.

¹¹ REDINFOR Serie Técnica N°1. Paneles de Fibrocemento. Fabricación, características y usos. 1997

2.3.3.2. SEGÚN PROCESO DE PRENSADO¹⁷

2.3.3.2.1. Prensado Plano.-

Cuando las partículas se depositan sobre unas chapas metálicas o cinta metálica horizontal, para que orienten en sentido paralelo a la superficie de éstas, aplicando la presión perpendicularmente a la manta formada.

2.3.3.2.2. Procedimiento por extrusión.-

Las partículas se orientan en su mayor parte en sentido perpendicular a la superficie del tablero y la presión actúa en sentido paralelo a la superficie de este.

2.3.3.3. SEGÚN DISTRIBUCIÓN DE LAS PARTÍCULAS¹⁸

2.3.3.3.1. Paneles de una capa.-

Son los que en todo su espesor se compone de partículas de las mismas formas y características.

2.3.3.3.2. Paneles de capas múltiples.-

Se conocen de dos, tres y más capas, los más conocidos y empleados son los de tres capas, donde la capa interior consta de partículas ásperas y las exteriores de material más fino.

2.3.4. FABRICACIÓN

Existen varios procedimientos para la fabricación de paneles aglomerados. La fabricación puede esquematizarse de la siguiente forma:

Se aplica a las partículas o fibras de madera o material similar una capa del aglomerante elegido. Se forma una manta o pastel encolados y se somete a un proceso de prensado y calentamiento para que el aglomerante fragüe y produzca la adhesión de los diferentes elementos constituyentes del panel.

Existen muchas variaciones en el proceso de fabricación, según la futura aplicación del tablero, variando la clase y cantidad de materia prima, resina, forma de partícula, distribución, temperatura, presión y muchos otros factores, con los que se consigue diversas características de los tableros en cuanto a densidad, calidad de la superficie, rigidez, estabilidad de dimensiones y otros.

¹⁷ Cruz Collantes, Teodoro. Ibid

¹⁸ Carrillo Guía, Nora. Determinación de Posibles Usos de Tableros Aglomerados de Bagazo de Caña de Azúcar de 3 capas. 1983.

2.3.4.1. FABRICACIÓN DE PANELES LIGEROS¹⁹

Como materia prima se utiliza lana de madera. Para obtenerla se debe disponer de troncos pequeños, generalmente de 50 cm de longitud, los cuales son convertidos en fibras de 3 a 4 mm de ancho mediante máquinas especiales. Para obtener la lana de madera, los troncos deben estar exentos de grandes defectos (podredumbre, nudos grandes)

La lana de madera es sometida a un baño que contiene el producto mineralizante. Luego del escurrido, la madera se coloca en el mezclador. Normalmente la proporción agua/cemento es 0.40.

La composición tipo de un panel ligero de fibrocemento es como sigue:

- cemento	49.0%
- madera	28.5%
- agua	20.0%
- mineralizante	2.5%

Después de la fabricación y estabilización un metro cúbico de panel con una masa de 360 kg/m³ contiene:

- cemento	190 kg
- madera	111 kg
- productos químicos	9 kg

Los paneles ligeros pueden ser conformados individualmente o en conjunto. Para obtener paneles especiales, en esta fase del proceso se introducen entre las capas de fibras, poliestireno u otros materiales aislantes o para reforzar su resistencia mecánica (listones de madera, alambre, etc)

Teniendo en cuenta la baja masa volumétrica de estos paneles, el prensado se reduce a lograr el espesor deseado, lo que no exige una fuerte presión. Luego de obtener el espesor deseado, la pila de paneles debe ser mantenida por sujetadores hasta que el cemento esté suficientemente duro.

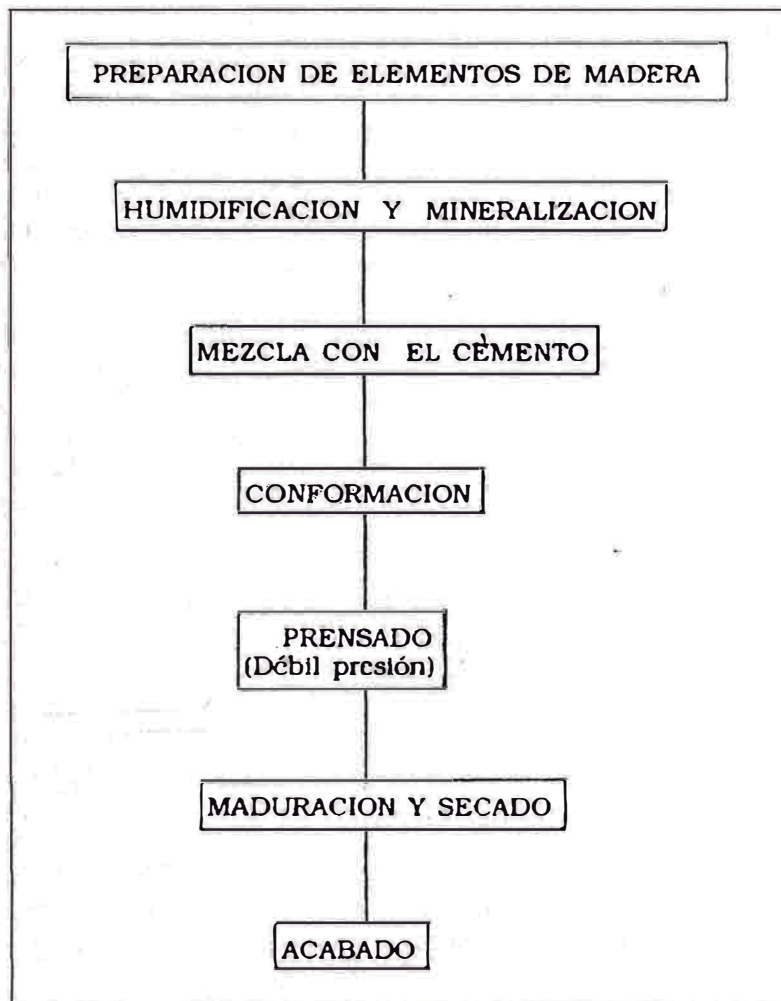
Existen también sistemas simplificados, como el de mantener las pilas bajo el peso de bloques de concreto durante 8-24 horas.

Luego del prensado, los paneles se almacenan durante el tiempo necesario para el fraguado del cemento (28 días). Se pueden utilizar cuartos acondicionados a 70°C o simplemente apilar los paneles bajo techo.

La última etapa del proceso es el acabado que es cuando se realiza el delineaje. El formato clásico es de 0.50 m x 2.0 m.

¹⁹ REDINFOR. Serie Técnica N°1. Ibid

**CUADRO N°6
FABRICACION DE PANELES LIGEROS**



Fuente: REDINFOR. Serie Técnica

2.3.4.2. FABRICACIÓN DE PANELES DENSOS²⁰

Se emplean troncos pequeños, sin corteza, transformados en partículas de 20mm x 25mm x 0,25 mm, molidos y luego tamizados para separar las partículas finas que se puedan utilizar en las capas exteriores. Las partículas del cepillado y otros residuos leñosos pueden también ser utilizados. Lo esencial es obtener elementos leñosos delgados; es decir, de poco espesor.

Las partículas de madera son luego humidificadas en solución acuosa de mineralizantes; se utiliza de 2 a 7% de mineralizante en relación a la masa de cemento. Por último, las partículas mineralizadas se mezclan con el cemento. La relación agua-cemento es aproximadamente 0.40.

El proceso de humidificación, mineralización y mezcla tarda entre 5 y 10 minutos. La composición tipo de un panel denso es en promedio la siguiente:

- cemento	55%
- madera	20%
- agua	22%
- mineralizante	3%

Después de la fabricación y estabilización se considera que un metro cúbico de panel con una masa de 1250 kg/m³ se constituye como sigue:

- cemento	770 kg
- madera	280 kg
- productos químicos	20 kg

La fase siguiente en el proceso es la conformación. Esta es una fase muy delicada porque la repartición de la madera debe hacerse lo más homogénea posible. Los paneles pueden conformar pieza por pieza o en continuo, como generalmente se hace, para ser cortados según las dimensiones de los moldes.

En la fase de prensado, los moldes se introducen unidad por unidad o por pilas en la prensa vertical. El prensado se efectúa hasta el espesor deseado; la presión ejercida es del orden de 20 a 25 kg/cm³. el tiempo de prensado es corto: 1 a 5 minutos.

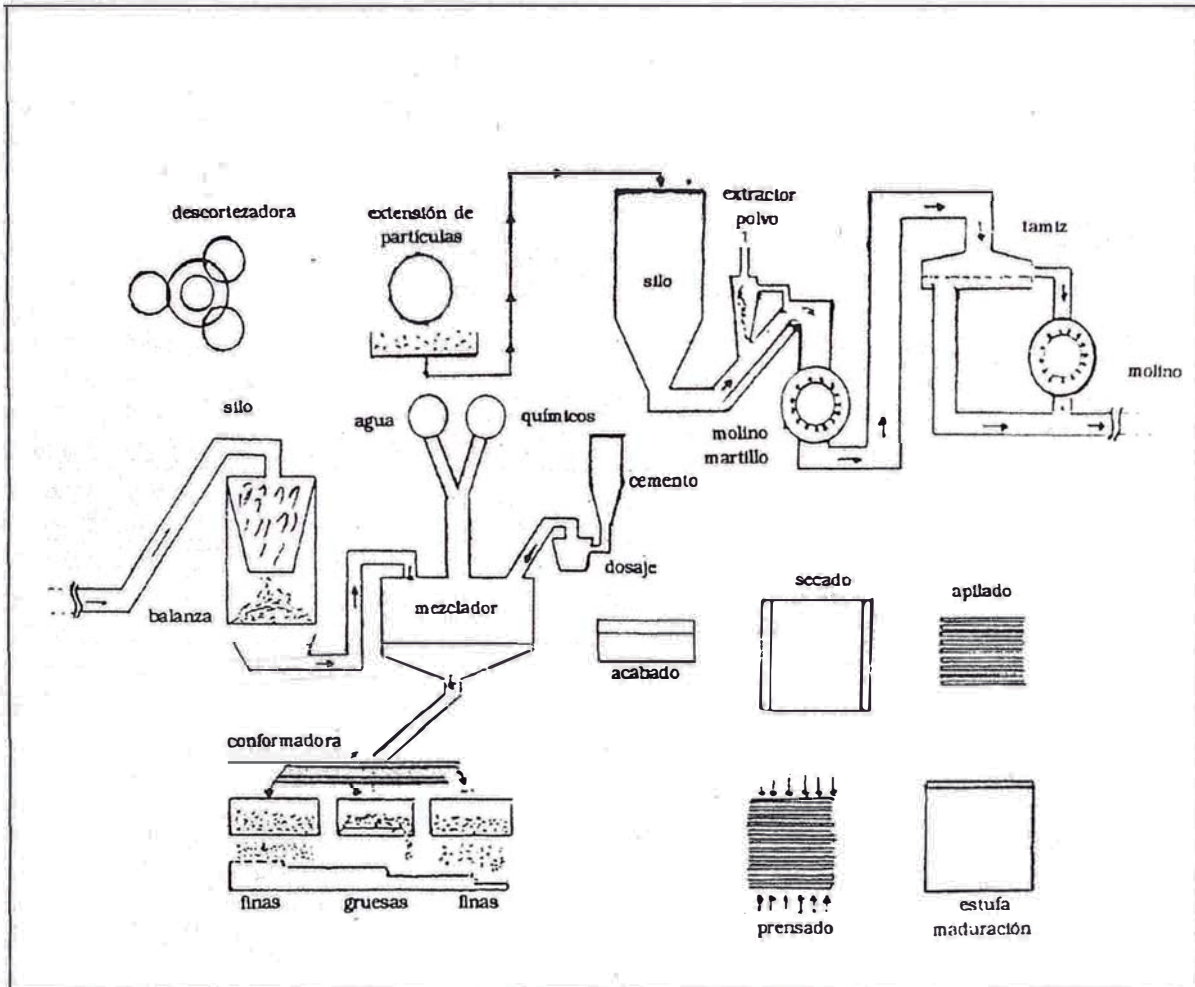
Cuando se logra el espesor deseado la pila de paneles se ciñe con sujetadores antes de sacarla de la prensa. El objetivo de esta operación es mantener el espesor logrado hasta que el cemento haya endurecido lo suficiente como para contener la tendencia de los paneles a la relajación.

Después del desmoldado, los paneles son puestos a secar en hornos durante 24 horas a temperaturas de 80 a 100°C. Con esta operación se elimina en forma acelerada el exceso de agua en los paneles. Luego los paneles son apilados por un periodo de 8 a 10 días o más.

La última etapa del proceso es el acabado, el cual comprende el delineaje y el lijado. El tamaño clásico de los paneles es de 1.25 x 2.50 m y con espesores de 8 a 40 mm.

²⁰ REDINFOR. Serie Técnica N°1. Ibid

**CUADRO N°7
FABRICACION DE PANELES DENSOS**



Fuente: REDINFOR. Serie Técnica.

2.3.5. PROPIEDADES Y CARACTERÍSTICAS²¹

Debido a que las características de estos paneles dependen fundamentalmente de los materiales que lo componen y del proceso constructivo que se siga, sólo se nombrarán las principales características generales de estos paneles.

El National Institute Of Standards and Technology (NIST), tiene una serie de valores standards para estos paneles de mediana o alta densidad.²²

CUADRO N°5

	Paneles de Alta Densidad	Paneles de Mediana Densidad
Contenido de Humedad	No Especificado	No especificado
Espesor:		
Promedio vs nominal	+ - 0.2 mm	+ - 0.13 mm
Variación vs. Nominal	+ - 0.1 mm	+ - 0.13 mm
Módulo de Ruptura	16.5 N/mm ²	24.1 N/mm ²
Módulo de Elasticidad	2750 N/mm ²	2412 N/mm ²
Expansión Linear	0.35%	----
Internal Bond	0.55 N/mm ²	0.55 N/mm ²
Screw holding		
Cara	110 kg	135 kg
Núcleo	100 kg	100 kg
Emisión de Formaldehidos	0.3 ppm	0.3 ppm
Dureza	225 kg	-----

Para una mejor comprensión de las propiedades y características de los paneles aglomerados, mencionaremos las propias de los paneles que utilizan como aglomerante al cemento.

2.3.5.1. DENSIDAD

Según la Norma DIN 1101 se tiene los siguientes valores:

Espesor (mm)	Densidad Media (kg/m ³)	Peso Medio (kg/m ²)
15	570	8.5
25	460	11.5
35	415	14.5
50	390	19.5
75	375	28
100		

²¹ Cruz Collantes, Teodoro. Ibid

²² National Institute Of Standards and Technology (NIST) 1935

2.3.5.2. RESISTENCIA A LA FLEXIÓN ESTÁTICA

Según la Norma DIN 1101, los valores mínimos son:

Esesor (mm)	Resistencia Media (kg/cm ²)	Tolerancia %
15	17	-10
25	10	-10
35	7	-10
50	5	-10
75	4	-10
100	4	-10

2.3.5.3. RESISTENCIA A LA COMPRESIBILIDAD

Según la Norma DIN 1101, se mide el porcentaje de reducción en el espesor del panel de prueba al aplicarle una carga de 3kg/cm².

Esesor (mm)	Reducción (%)	Tolerancia (%)
25	15	+10
35	18	+10
50,75,100	20	+10

2.3.5.4. AISLANTE TÉRMICO

Un panel de 5cm de espesor tiene un coeficiente de conductividad térmica de 0.07 KCal/mh°C, lo que equivale a la de una pared de concreto de 50cm de ancho aproximadamente.

2.3.5.5. AISLANTE ACÚSTICO

Los paneles de fibrocemento 7.5cm de espesor tienen una absorción acústica máxima entre una frecuencia de 500 y 2000 Hertz, que equivale aproximadamente a un muro de concreto de 15cm de espesor.

2.3.5.6. RESISTENCIA AL FUEGO

Los paneles son un material prácticamente ignífugo y no inflamable.

2.3.5.7. CLAVADO

Los paneles de fibrocemento soportan la introducción y extracción de clavos y tornillos de cabeza grande.

2.3.5.8. ASERRADO

Los paneles son fácilmente aserrados o cortados con sierras manuales.

2.3.5.9. DURABILIDAD NATURAL

Existen en la actualidad paneles en viviendas construidas hace más de 50 años que se encuentran aún en buenas condiciones. Asimismo, piezas sumergidas en agua hace 10 años no encuentran deterioro alguno, ni estando en contacto con el suelo desde hace 30 años.

2.3.5.10. ENLUCIDO

Los paneles soportan perfectamente los revestimientos y acabados convencionales, aplicación de pintura y barnices.

2.3.5.11. RESUMEN DE PROPIEDADES DE LOS PANELES LIGEROS²³

Las características técnicas de este tipo de paneles son las siguientes:

CUADRO N° 8
PROPIEDADES DE LOS PANELES LIGEROS

ESPESOR	Mm	15	20	25	30	35	40	50	75	100
MASA	Kg/m ²	8.0	10.0	11.5	13.0	14.5	16.0	19.5	28.0	36.0
DENSIDAD MEDIA	Kg/m ³	570	500	460	433	415	400	390	375	360
RESISTENCIA A LA FLEXIÓN	MPa	1.7	1.3	1.0	0.9	0.7	0.6	0.5	0.4	0.4
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (*)	%	9	--	15	17	18	--	25	25	25
RESISTENCIA A LA TRACCIÓN PERPENDICULAR	MPa	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.02	0.02

Fuente: Norma DIN 1101

(*) Reducción de espesor en porcentaje del valor inicial bajo carga a 30 t/m²

²³ REDINFOR. Serie Técnica. Ibid

2.3.5.12. RESUMEN DE PROPIEDADES DE LOS PANELES DENSOS

Las características técnicas de este tipo de paneles son las siguientes:

CUADRO N° 9
PROPIEDADES DE LOS PANELES DENSOS

ESPEJOR	mm	De 8 a 40 mm
DENSIDAD MEDIA	Kg/m ³	1000 y 1250
RESISTENCIA A LA FLEXIÓN ESTÁTICA	MPa	8 a 9
RESISTENCIA A LA FLEXIÓN	MPa	2900 a 3000
RESISTENCIA A LA TRACCIÓN TRANSVERSAL	MPa	0.4
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PERPENDICULAR A LAS CARAS DEL PANEL	MPa	14 a 15

Fuente: Norma DIN 1101

2.3.6. UTILIZACIÓN

Las posibilidades de uso de los paneles de fibrocemento en la construcción son muy numerosas. Según el tipo de panel ligero o denso, las técnicas de la puesta en obra son diferentes; aunque ambos pueden ser aserrados, clavados o encolados como la madera.

2.3.6.1. UTILIZACIÓN DE PANELES LIGEROS

- a) Uso interior.- paneles de protección térmica acústica y de protección contra incendios.
- b) Uso exterior.- revestimiento acústico y térmico en paredes y techos.
- c) Tabiquería.- simple o doble con estructura de madera, metal o tradicional.

2.3.6.2. UTILIZACIÓN DE PANELES DENSOS

Los paneles densos sirven para los mismos usos que los ligeros, sin embargo, se debe tener en cuenta su mejor resistencia mecánica.

- a) Uso exterior: estructuras, aún las portantes (muros y techos); edificación de escuelas, hospitales, locales administrativos, casas, bungalows, hangares; construcción de uso agrícola; revestimiento de fachadas, paneles antirruido, entre otros.
- b) Uso interior: muros portantes, tabiquería, salas de baño, cocinas.

2.3.7. POSIBILIDAD DE ASOCIACION

Los paneles aglomerados pueden ser utilizados como sistema constructivo asociándolos a otro material estructural.

Pueden lograr propiedades estructurales por la inclusión de elementos de soporte de madera, metálicos o de concreto, en forma individual o combinada, según lo deseado.

2.3.7.1. MADERA

Básicamente consiste en el sistema constructivo de entramado de madera, formado por bastidores o pies derechos y vigas. En donde los paneles aglomerados, constituyen el material de cerramiento, de la estructura.

2.3.7.2. ACERO

El sistema de construcción liviana en seco, está descrito como sistema constructivo no convencional aprobado por SENCICO. Está formado por paredes conformadas por elementos verticales de acero galvanizado de 0,9mm de espesor que conforman un esqueleto estructural, formada en ambas caras con planchas de manufactura industrial con fibrocemento de 8mm de espesor como mínimo hacia la cara exterior y 6mm de espesor como mínimo hacia la cara interior.

Su entrepiso está formado por una losa de 20 cm. de espesor con $f'c= 175\text{kg/cm}^2$ reforzada con malla de acero electrosoldada, vaciada sobre planchas de superboard de 15mm de espesor, que le sirve de encofrado.

2.3.7.3. CONCRETO

Una alternativa de asociacion estructural para los paneles aglomerados es su utilización como encofrados permanentes. Es decir, se utilizan planchas como encofrados para luego vaciar el concreto, y de esta manera la composición final del muro, viene a ser planchas aglomeradas y concreto, lo cual le da un mayor valor acústico y térmico.

Otra alternativa podría ser usando un esqueleto de concreto, con columnas y vigas, en donde los paneles forman parte de la tabiquería no estructural. Este sistema es el usado actualmente por el mercado local peruano de paneles aglomerados (fibrablock).

2.3.8. CONCLUSIONES

Del desarrollo del Marco Teórico pueden desprenderse las siguientes conclusiones:

- 1) Existen 5 departamentos con más de 20 valles algodoneiros en nuestra costa peruana, lo que significa una gran producción nacional de algodón (por encima de las 100 000 Has) y por ende una gran cantidad de tallos de algodón o broza de algodón, que anualmente es desperdiciada quemándosele o utilizándosele como leña.
- 2) Se aprecia una tradición en las tecnologías constructivas de la zona rural. Esto se ve demostrado en la vigencia del adobe, tapial y quincha, a pesar de su escasa sismoresistencia. Podría decirse que es el signo de identidad rural, e incluso urbana.
- 3) Los paneles aglomerados con madera en virutas o partículas y cemento están siendo utilizados en los últimos años a nivel mundial, pues logran brindar un alto confort ambiental dentro de los espacios y porque se logran adaptar fácilmente a diferentes sistemas constructivos con madera o acero, que por su naturaleza son de fácil y rápida construcción o montaje.
- 4) Se ha demostrado que en los países con gran producción agrícola como la India se vienen aprovechando los desperdicios agrícolas para la producción industrial de paneles aglomerados con cemento, ya que la materia prima tiene un coste ínfimo.

3.0. ANÁLISIS DE LA INVESTIGACIÓN Y PROPUESTA

3.1. POSIBILIDADES CONSTRUCTIVAS CON EL TALLO DE ALGODÓN

3.1.1. FACTIBILIDAD DE USO DE RESIDUOS AGRÍCOLAS COMO COMPONENTES DE MATERIALES CONSTRUCTIVOS

3.1.1.1. ANTECEDENTES

La mayoría de los países subdesarrollados son muy ricos en fibras agrícolas y naturales, debido a que gran parte de su economía gira en torno a la agricultura. Con algunas excepciones, una gran parte de los desechos agrícolas se utiliza como combustible. Todas estas fibras naturales (cáscaras, espigas, tallos) tienen excelentes propiedades físicas y mecánicas, y pueden ser utilizados más efectivamente en el desarrollo de materiales compuestos, para diferentes aplicaciones constructivas.

Durante siglos, la humanidad ha utilizado las fibras naturales en diferentes aplicaciones, incluyendo materiales de construcción. En la mayoría de los países se exploraron las posibilidades de usar la fibra natural de diferentes plantas, como el bagazo, espigas de cereal, tallos de algodón, cáscara de arroz, espiga de arroz, etc.; y muchos de ellos son usados para diversos elementos constructivos.

Además del peso liviano, su capacidad para resistir esfuerzos, resistencia a la degradación y otras ventajas; los compuestos basados en fibras naturales se han convertido en materiales importantes en el campo de la ingeniería y la construcción.

Los componentes constructivos hechos de materiales agrícolas tienen la misma categoría que otros productos hechos de madera. Pueden hacerse paneles de baja densidad para aislamiento, paneles de fibra de mediana y de alta densidad, paneles de partículas, y otros materiales constructivos para empapelado y techado. Los aglomerantes usados pueden ser sintéticos, termoplásticos, resinas, resinas modificadas como taninos o ligninos y otros aglomerantes orgánicos e inorgánicos; o pueden incluso no llevar aglomerante al ser paneles que han logrado sus características sólo mediante la compresión. En general, se han planteado diferentes alternativas en cuanto a los materiales y al procedimiento de elaboración de los paneles.

3.1.1.2. TIPOLOGÍAS

El país pionero en la utilización de estos residuos es sin duda la India, en donde anualmente se producen cerca de 400 millones de toneladas de fibras naturales.

Los principales residuos agrícolas utilizados para producir paneles aglomerados en India son:

TIPO	FUENTE	APLICACIÓN EN CONSTRUCCION
Cáscara de arroz	Plantaciones de arroz	<ul style="list-style-type: none"> - Combustible - Manufacturación de cola para materiales constructivos - Paneles constructivos de fibra - Bloquetas constructivas - Cemento a prueba de ácidos
Hojas y Tallos de plátano	Plantas de plátano	<ul style="list-style-type: none"> - Manufacturación de paneles - Paneles aglomerados de fibra resistentes al fuego
Cáscara de coco	Industria de fibra de coco	<ul style="list-style-type: none"> - Manufacturación de paneles constructivos - Planchas para techar - Paneles de aislamiento - Paneles constructivos - Agregado de peso ligero - Paneles de fibrocemento compuesto reforzados - Geo-textil
Cáscara de nuez	Molino de aceite de nueces	<ul style="list-style-type: none"> - Manufacturación de paneles constructivos - Bloquetas constructivas - Planchas para techar - Paneles de partículas - Paneles de trozos pequeños
Fibra de yute	Industria del yute	<ul style="list-style-type: none"> - Paneles de trozos pequeños - Planchas para techar - Puertas
Desperdicio de la industria de la madera (aserrín, etc)	Industria de la madera	<ul style="list-style-type: none"> - Manufactura de cemento aglomerado con trozos de madera - Bloquetas constructivas - Paneles - Paneles de partículas - Paneles de aislamiento - Briquetas
Fibras de sisal	Plantaciones de sisal	<ul style="list-style-type: none"> - Empapelado de paredes y planchas para techar - Paneles compuestos con cáscara de arroz - Tejas para techo - Manufacturación de papel y pulpa
Espigas de arroz	Granja agrícola	<ul style="list-style-type: none"> - Manufacturación de paneles para techar y para paredes.
Tallos de algodón	Plantaciones de algodón	<ul style="list-style-type: none"> - Paneles de fibra - Paneles de partículas - Puertas - Planchas para techar - Paneles compuestos con cemento para autoclave - Papel - Empapelado de paredes

Asimismo existen otros residuos agrícolas que son utilizados a nivel mundial

TIPO	FUENTE	APLICACIÓN EN CONSTRUCCION
Bagazo	Industria de la caña de azúcar	- Fibrocemento - Paneles de fibra - Paneles de partícula - Piezas moldeables
Corcho	Industria de tampones de corcho	- Paneles de aislamiento
Agramiza de lino		- Paneles de baja densidad

La utilización de algunos de estos residuos, de acuerdo a la densidad del material, se muestran en el cuadro siguiente:

Aplicación Principal	Paneles de Aislamiento		Muebles			Objetivos especiales		
	300	400	500	600	700	800	900	1000
Densidad (kg/m ³)	(Baja densidad)		(Mediana Densidad)			(Alta densidad)		
Bagazo	[Barra horizontal]							
Madera	[Barra horizontal]							
Lino	[Barra horizontal]							
Cáñamo	[Barra horizontal]							
Tallos de algodón	[Barra horizontal]							
Tallos de yute	[Barra horizontal]							

3.1.2. POSIBILIDAD CONSTRUCTIVA CON EL TALLO DE ALGODÓN

3.1.2.1. ANTECEDENTES

El algodón es cultivado por su fibra, y casi no hay uso para el tallo de la planta. En India se producen anualmente 15 millones de toneladas de tallos de algodón, generados como desperdicios de agricultura. La cosecha de tallos suele ser lenta y el almacenamiento es casi siempre un problema, debido a que está plagado de parásitos. Por ello, son generalmente, quemados en los campos, o usados como combustible por los agricultores en sus casas.

Debido a su composición química, el tallo de algodón, es el mejor desperdicio de agricultura, para producir papel, pulpa, derivados de celulosa, paneles de partículas. Cuidando de la estructura y dimensiones, la fibra de tallo de algodón es similar a la fibra de las maderas resistentes comunes.

A nivel mundial se han hecho dos tipos de paneles a partir de los tallos de algodón. Sin embargo, ambos no han tenido un análisis y estudio preliminar, es decir, sin mayor profundización.

a) Paneles De Partículas

Los paneles de partículas son usados como sustitutos de la madera en carpintería e industria de la construcción. Paneles de baja densidad son usados para aplicaciones térmicas y acústicas, los paneles de densidad media, para construcción e industria del mueble, y los paneles de alta densidad son usados para aplicaciones de ingeniería en general.

Fabricación.- después de cosechar y de remover hojas y copos de fibra, los tallos de algodón son secados al sol hasta el contenido de humedad deseado. Los tallos de algodón secos son fraccionados al tamaño de partícula deseado. El tallo de algodón es mezclado con una cantidad predeterminada de resina, sometido a presión en caliente y curado a una temperatura predeterminada durante 10 minutos.

Propiedades.-

Densidad	71 kg/m ³
Resistencia a la Tensión	2.9 MPa
Absorción de humedad	38%

b) Paneles De Fibra

Asimismo existe otra tipología de panel ya estudiada en India y otras partes del mundo. Se trata del panel de fibra, hecho a base de 97% de tallos de algodón sin corteza, 3% de resinas fenólicas, 0.82 de gravedad específica y 2.8 mm de espesor.

3.1.2.2. FACTIBILIDAD DE APLICACIÓN EN EL PERU: CASO PARTICULAR: DEPARTAMENTO DE ICA

3.1.2.2.1. Generalidades

La producción nacional de algodón en el año 2000 fue de 3 115 425 qq, volumen inferior en casi 40% a lo producido hace 10 años. Debido a los factores negativos al cultivo ocasionados por el fenómeno del Niño. De los cuales un 74% corresponde a la producción de algodón Tangüis, ubicado en los valles de la costa sur del Perú.

Sin embargo entre los años 2002 y 2006 ha habido un ascenso en la producción del algodón en Ica, teniendo anualmente 92.1 mil TN de algodón.²⁴

La proporción de tallo de algodón – fibra es aproximadamente de 2.5 a 1.

Quiere decir que sólo en el departamento de Ica, la producción de tallos de algodón es de aproximadamente 230 mil TM anuales.

²⁴ Portal Web del Ministerio de Agricultura

El uso actual que se le da a esta gran cantidad de volumen de desecho agrícola es el de combustible para ladrilleras. Más utilizado por su precio ínfimo que por las propiedades para arder que tiene.

Su aplicación en elementos constructivos sería sin duda de gran importancia para la ciudad.

3.1.2.2.2. Antecedentes

El único antecedente registrado en el Perú, es el la fabricación de briquetas de tallos de algodón para quemar en hornos. Pero no han sido utilizadas en el campo de la construcción.

3.1.2.2.3. Tipologías

De acuerdo a lo estudiado previamente, el tallo de algodón podría ser utilizado en las siguientes formas:

- Paneles de fibra
- Paneles de partículas
- Puertas
- Planchas para techar
- Paneles compuestos con cemento para autoclave
- Papel
- Empapelado de paredes

Analicemos las tipologías que tienen mayor potencialidad constructiva y estructural.

a) Paneles de fibra

Son paneles de densidad media compuestos por fibra de tallos de algodón, sea éste con o sin corteza y aglomerante orgánico o inorgánico.

La potencialidad del material es máxima, debido a que el tallo de algodón es muy fibroso, y la corteza sin duda le daría un valor agregado a las propiedades físicas, puesto que también está constituido por fibras, y físicamente es la parte más difícil de quebrar. Ello le otorga una buena resistencia a la tracción.

Tienen también una propiedad de aislamiento acústico y térmico bastante alta, debido a su densidad.

b) Paneles de partículas

Son paneles compuestos por partículas de tallos de algodón (producidas al triturar en trozos mínimos a los tallos) y aglomerante orgánico o inorgánico.

La densidad del panel se puede aumentar, y con ello su resistencia a la compresión, haciéndolos elementos constructivos con mayor probabilidad a ser portantes; pero se disminuye la característica de material aislante.

c) Planchas para techar

Vienen a ser paneles bastante delgados, en donde se busca el predominio de la característica de aislamiento del material, para ser utilizado como baldosas acústicas.

En conclusión, de este análisis se deduce, que la tipología de elemento constructivo más promisorio para el tallo de algodón está en el campo de los

paneles aglomerados, pues brinda un mayor abanico de propiedades, dependiendo de la densidad del panel y del tratamiento (partículas o fibras) del tallo.

Para la presente investigación, profundizaremos en la propuesta de un panel aglomerado de fibras de tallo de algodón, pues es el que ofrece mayores propiedades de confort.

3.2. PANEL AGLOMERADO DE TALLOS DE ALGODÓN

3.2.1. COMPONENTES

3.2.1.1. TALLOS DE ALGODÓN

3.2.1.2. Propiedades y Características Generales

El llamado “tallo de algodón” es está formado por raíz, tronco y ramas.

Físicamente, está constituido por 3 partes:

- Un núcleo, que es de características esponjosas.
- La parte central, que es la fibra.
- La corteza, que le dan la flexibilidad al material.

Las hojas se pierden en la manipulación en la chacra y en el transporte.

Las bellotas vacías; gran parte de ellas se pierden en la chacra o en el proceso de transporte. Las que perduran son utilizables.

3.2.1.3. Costo y Transporte

En la ciudad de Ica el costo del tallo de algodón es de S/130 el volumen contenido en un camión; esto es aproximadamente un volumen bruto de 12 m³.

El acopio de tallos de algodón puede ser por regiones, debido a que en cada departamento de la costa central hay numerosos valles que producen algodón. El transporte es por tierra, recorriendo distancias no mayores a 100 km.

3.2.1.4. AGLOMERANTES

3.2.1.5. Tipologías

- a) Cemento
- b) Colas Sintéticas
- c) Resinas
- d) Taninos
- e) Ligninos
- f) Urea formaldehído

3.2.1.6. Parámetros de análisis del aglomerante.

Con el objetivo de seleccionar un aglomerante adecuado para la elaboración de la probeta, estableceremos primero algunos criterios de análisis.

- a) Peso.- Es determinante al momento de definir la densidad del futuro panel.
- b) Trabajabilidad.- La facilidad de aplicación, el proceso y el tiempo de secado de cada tipo de aglomerante es determinante para definir la complejidad de fabricación de la probeta.
- c) Economía.- Cada tipo de aglomerante tiene un diferente costo por unidad de medida. Esto nos ayudará a determinar el precio que pudiera tener el futuro panel.
- d) Afinidad por naturaleza.- La adherencia entre sustancias es más fácil entre materiales de similar estructura química.

3.2.1.7. Elección Del Aglomerante

Cola sintética.- Por su bajo peso específico, en comparación con el cemento, su trabajabilidad (tiene un proceso de secado bastante más rápido que el cemento), su bajo precio (1 bolsa de 1kg cuesta s/1.50) y su fácil adherencia se ha elegido utilizar la cola sintética para la construcción de la probeta de panel aglomerado.

3.2.2. FABRICACIÓN DE PROBETA

A continuación se detalla el proceso constructivo seguido para la fabricación de un panel aglomerado con tallos de algodón.

Es importante señalar que el proceso constructivo aplicado al panel-probeta es manual. La fabricación industrial contempla otro tipo de equipos y maquinaria.

3.2.2.1. Selección y recolección del material

Se ha utilizado la planta del algodón tangüis, obtenido como material de deshecho de las plantaciones, cuando los agricultores podan las plantas para que rebroten (cada año) o cuando eliminan las plantas por haber cumplido su ciclo de vida (cada dos o tres años).

Se obtiene del campo, seco: el agricultor acumula las plantas desechadas en un extremo de su campo de cultivo, a la vera del camino, hasta que se sequen.



3.2.2.2. Acondicionamiento de las muestras y obtención de hebras

Las hebras fueron obtenidas siguiendo dos procedimientos similares:

Procedimiento 1:

- Chancado: Se procedió a chancar el tallo con una comba de 3lb para su mejor trabajabilidad.



- Cortado: Se partieron los tallos aproximadamente cada 15cm. Para esto no se utilizó ninguna herramienta. Se partieron los tallos a mano.



- Partido: Se procedió a abrir los tallos para exponer las diferentes partes del material (núcleo, fibra y corteza) y para poder trabajarlos separadamente, ya que se observó que la corteza era difícil de cortar, y muy fácil de separar del resto del material. De tal manera que se obtuvieron trozos cortos de astillas de tallo (5 – 10 cm) y trozos largos de corteza (10 – 15 cm)



Procedimiento 2:

-Trozado: Se procedió a cortar los tallos de algodón con machete y tijera, de tal manera que los trozos fueran uniformes, tanto de fibra como de corteza. Aproximadamente pedazos de 3-5cm

- Chancado: Se procedió a chancar los trozos de tallo con comba de 3lbs para que puedan tener una mejor adhesión del aglomerante.

3.2.2.3. Mineralización

Para la preparación del mineralizante se preparó cloruro de calcio (Cl_2Ca) sólido comercial diluido en agua destilada, moviéndose la mezcla hasta su completa disolución. La elección de este mineralizante se dio por ser el cloruro de calcio el más común de todos los mineralizantes del mercado.

Para lograr una buena retención del mineralizante en las hebras, se le dejó remojar en la solución durante 5 minutos aproximadamente; sacado del depósito se drenaron las hebras por un tiempo prudencial, para eliminar el exceso de humedad en la superficie de las mismas.

3.2.2.4. Mezclado

Se efectuaron pruebas tentativas para encontrar las proporciones y el aglomerante adecuado para el panel. Así se determinaron las proporciones como sigue a continuación:

Tallos de algodón (astillas, fibra, corteza, bellotas secas) 500gr
Cola sintética 2litros



Las hebras mineralizadas fueron bañadas completamente con cola. Como la fragua de este aglomerante es casi instantánea, hubo que ser muy rápido en la mezcla, en un tiempo que no excedió los 3 minutos. Inmediatamente después se procedió a realizar la composición del panel dentro de los moldes previstos (de 30 cm x 30 cm x 4 cm y de 20 cm x 40 cm x 5 cm);, esto es el ordenamiento de los tallos dentro del molde. Se trató de llenar los mayores vacíos posibles para darle la mayor densidad al panel.



El fraguado comenzó a los pocos minutos de la composición del panel. Y la fragua total se consiguió a las 5 horas de preparado.

3.2.2.5. Prensado y Desmoldado

La mezcla fue prensada en los moldes, empleando unidades de albañilería que pudieran repartir su peso uniformemente a través de una superficie de madera. La mezcla así prensada se dejó endurecer por 24 horas.

El desmoldado se realizó al cabo de las 24 horas señaladas anteriormente

3.2.2.6. Secado

El panel se dejó secar al sol durante el día, y en ambiente cerrado durante la noche, para evitar que absorbiera humedad del medio ambiente. Todo este proceso tomó una semana para que los paneles quedaran aptos a la aplicación de ensayos físicos y mecánicos.



3.2.3. PROPIEDADES Y CARACTERÍSTICAS GENERALES

3.2.3.1. Propiedades Físicas

3.2.3.1.1. Densidad

Se ha empleado una probeta de 5 cm x 20 cm x 40 cm.
El resultado de densidad se calculó aplicando la siguiente fórmula:

$$D = P/V \text{ (GR/CM}^3\text{)}$$

D= Densidad

P= Peso seco (gr)

V= Volumen (cm³)

Los resultados obtenidos fueron:

$$P = 1145 \text{ gr}$$

$$V = 4000 \text{ cm}^3$$

$$D = 1145 / 4000 = 0.286 \text{ gr/cm}^3$$

3.2.3.1.2. Absorción de Agua

La prueba de absorción de agua se realizó en una probeta de 5cm x 20cm x 40cm. el proceso seguido fue el siguiente:

- La probeta fue pesada y medida según el procedimiento anterior. Luego introducida en un recipiente conteniendo agua destilada, disponiéndola en forma horizontal hasta 2.5cm por debajo de la superficie del agua.
- Al cabo de las 24 horas se sacó la probeta del recipiente y se dejó drenar por 10 minutos.
- Se pesa y se mide nuevamente, anotándose los datos correspondientes.
- Expresión de resultados. El porcentaje de agua absorbida se calculó con la fórmula siguiente:

$$A = \frac{P_f - P_i}{P_i} \times 100$$

A= Absorción de agua en porcentaje

Pf= Peso final después de la inmersión

Pi= Peso inicial

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

$$P_f = 1145 \text{ gr}$$

$$P_i = 1905 \text{ gr.}$$

$$A = \frac{1905 - 1145}{1145} \times 100$$

A=66%

Es importante acotar que llegado el panel a este nivel de absorción de agua, el resto de propiedades mecánicas se vería afectado de forma negativa.

3.2.3.2. Propiedades Mecánicas

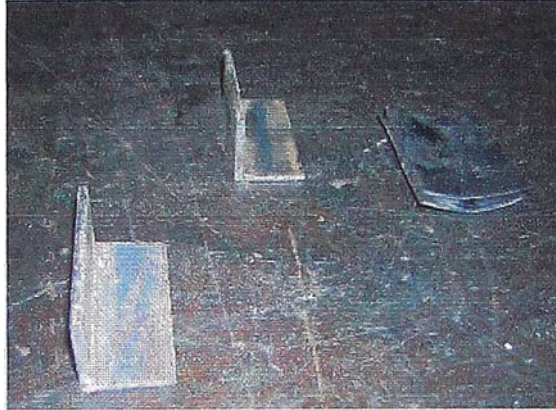
Las pruebas mecánicas fueron desarrolladas en el Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Facultad de Ingeniería Civil de la UNI .



Maquinaria utilizada para las pruebas mecánicas.

3.2.3.2.1. Compresión Diametral:

Para realizar esta prueba se utilizó un panel cuadrado de 30 x 30cm y unos ángulos de fierro en las esquinas.



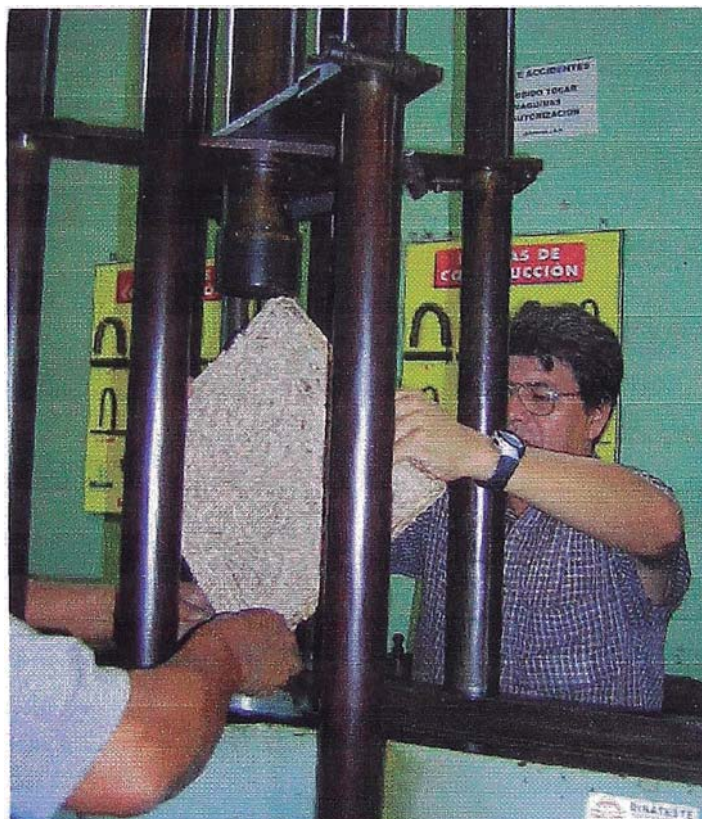
Los resultados de la prueba fueron los siguientes:

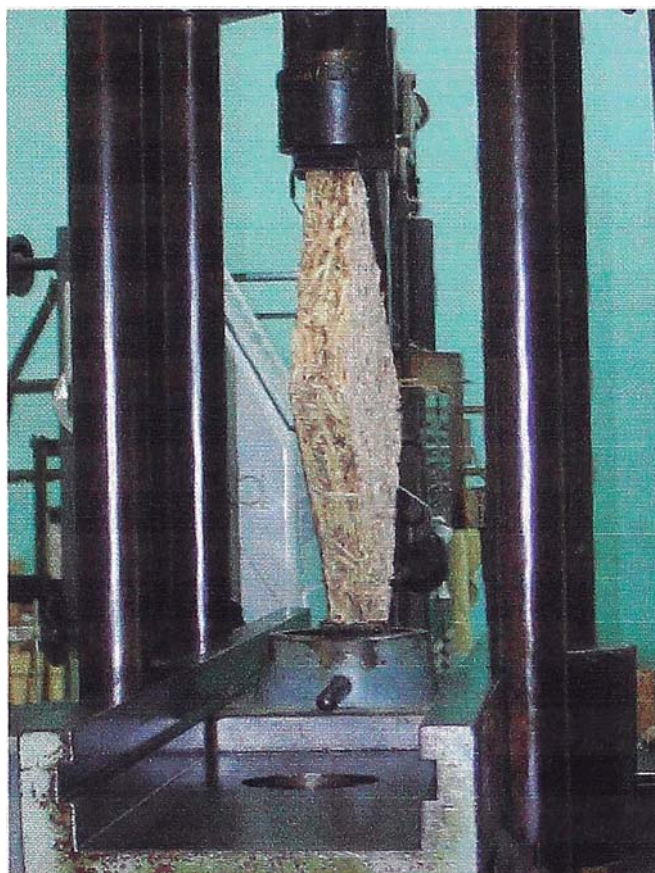
Carga: 1.5 kg/ seg

Sección diametral: 42.4cm x 5cm = 212.13 cm²

Carga máxima soportada: 160 kg

Compresión diametral: 0.76 kg/cm²





3.2.3.2.2. Flexión Estática

Tamaño de probeta: 20 x 40 x 5 cm

Luz entre soportes: 34 cm

Velocidad de ensayo: 1.5kg/seg

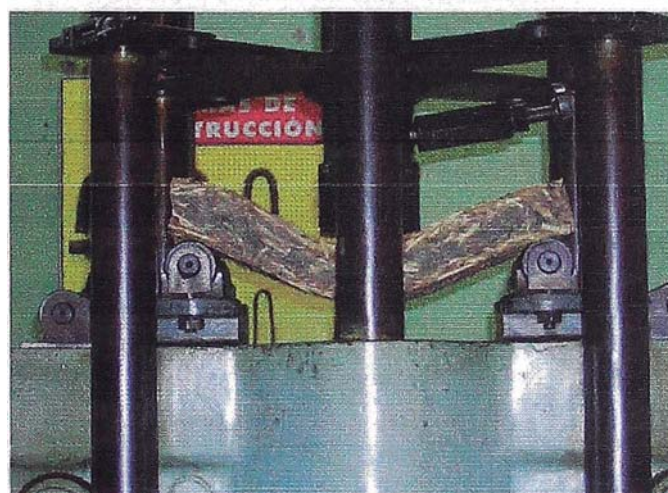
El procedimiento seguido en los ensayos fueron los siguientes:

- a) Se colocó el soporte de madera en la posición correcta debajo del cabezal móvil de la prensa.
- b) Se marcó la luz entre soportes
- c) Se inició la prueba accionando el dispositivo de la prensa y del reloj. Se leyó la carga máxima soportada.
- d) No se alcanzó la rotura completa de la probeta.

Resultados:

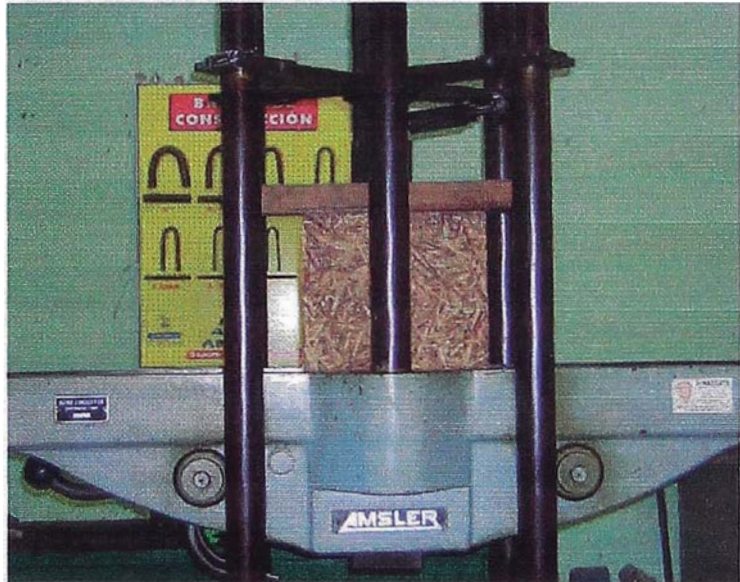
Máxima Carga Soportada: 500kg

Flexión Estática: 0.63 kg/cm²



3.2.3.2.3. Compresión longitudinal

Tamaño de probeta: 30 x 30 x 4 cm
Velocidad de ensayo: 1.5kg/seg
Carga máxima soportada: 550 kg



3.2.3.3. Características de Confort

El panel elaborado tiene características acústicas y térmicas. Dado que no existen índices en la bibliografía revisada se asume que por tener similares materiales, constitución y conformación que el panel de Fibrocemento (fibrablock) se asume que las características de confort de nuestro panel de tallos de algodón pueden ser las mismas.

Esto es:

3.2.3.3.1. Aislamiento Térmico

Para un panel de 5 cm de espesor, se tiene un coeficiente de conductividad térmica de 0.07 KCal/mh°C, lo que equivale a la de una pared de concreto de 50 cm de ancho aproximadamente.

3.2.3.3.2. Aislamiento Acústico

Para una pared de 5 cm de espesor con estos paneles y una capa de enlucido de 4 mm en una de sus caras permite un aislamiento de ruidos del orden de los 31 decibeles, siendo los niveles de ruidos aceptables dentro de viviendas de tipo normal de 30 db.

3.2.3.3.3. Absorción Acústica

Los paneles de fibrocemento tienen una absorción acústica máxima entre una frecuencia de 500 y 2000 Hz, que equivale aproximadamente a un muro de hormigón de 15 cm de espesor.

3.2.4. APTITUD CONSTRUCTIVA

3.2.4.1. Posibilidad de uso y modulación

Los paneles de fibras de tallos de algodón se pueden usar como elementos prefabricados para la construcción de casas en tabiquería, pisos, cielos rasos, etc.

Para tabiques y cielos rasos pueden ser usados directamente o con un acabado de mortero tarrajado; mientras que para su utilización en pisos, sería indispensable la aplicación de una capa de mortero de 3cm que vendría a ser la superficie de desgaste. Y como resultado este piso vendría a absorber y amortiguar las vibraciones.

Las paredes representan un potencial de uso en la construcción de edificios. Los paneles deben ser preferiblemente adecuados a la longitud correspondiente y a la altura del ambiente. Conviene que el ancho sea el mismo que el de otros materiales para la construcción de edificios; por ello se recomienda la modulación de un panel de 1.20 m x 2.40 o de medio panel de 0.60 m x 2.40 m

Para los cielos rasos, los paneles descritos, si se ajustan debidamente a las estructuras pueden soportar eficazmente cargas porque actúan como diafragmas bajo la acción de las mismas. Para un posible uso de paneles acústicos para techar se recomiendan paneles de 30cmx30cm o de 50cmx50cm.

3.2.4.2. Posibilidad de Asociación con otros Materiales

3.2.4.2.1. Madera

La asociación de los paneles a una estructura de madera es sin duda, la que mejor combina con la naturaleza del material. En este caso se estaría hablando de un entramado de madera formado por columnas y vigas de madera maciza y donde los cerramientos no portantes pueden estar formados por paneles.

3.2.4.2.2.

También puede haber una asociación de los paneles con el acero. Principalmente si se va a utilizar como panel acústico para el techo en donde la estructura de soporte del falso cielo estaría formada por vigas y viguetas de acero.

3.2.4.2.3. Concreto

También podría usarse con estructuras de concreto, esto es dentro de un sistema aporticado podrá hacerse uso de estos paneles para cerramientos no portantes.

3.2.5. APTITUD ARQUITECTÓNICA

3.2.5.1. Acabado Natural

La presentación final del panel, sin agregarle ningún acabado es muy buena. Tiene una textura, color e impresión final bastante estética.

Puede ser utilizada, si se le hace un debido tratamiento de mineralización para evitar que el panel sea atacado por insectos u hongos.

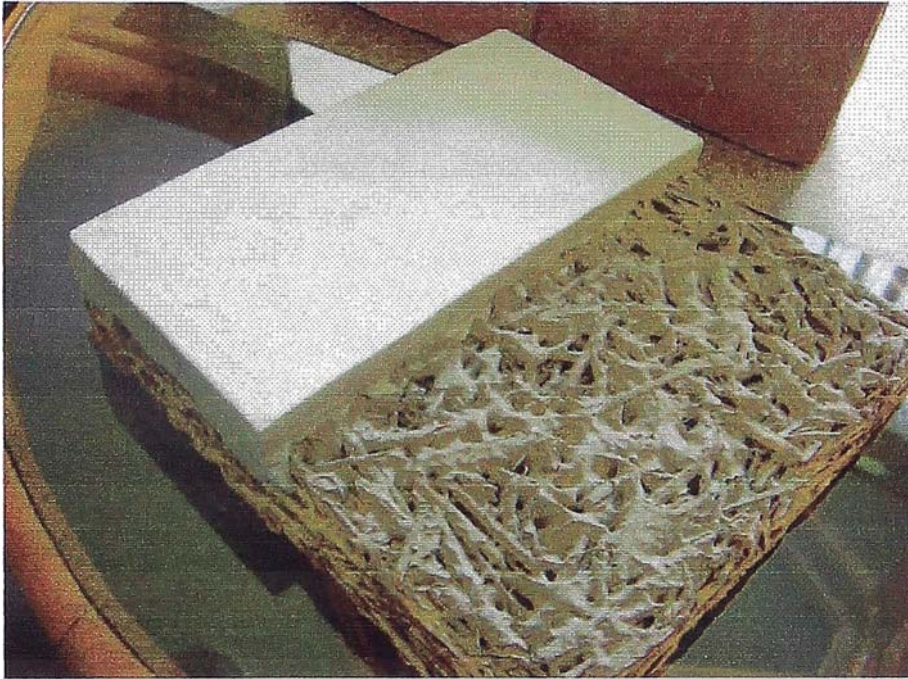


3.2.5.2. Posibilidad de Enlucido. Estucado o Pintado

Es posible darle al panel un acabado final diferente. Para ello se recomienda darle una superficial inmersión en lechada de cemento a cada uno de los lados del panel para lograr una mejor adhesión del tarrajeo, y así lograr una superficie plana que luego puede estucarse y pintarse

Se hicieron las siguientes alternativas de acabado:

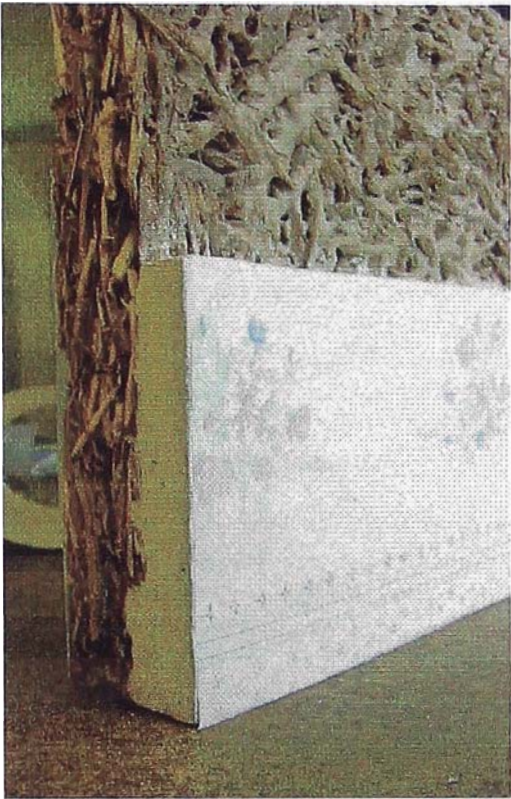
- a) Lechada de cemento, para impermeabilizarlo y lograr una mejor adhesión con un futuro acabado de cemento
- b) Capa de mortero de 1.5cm para tabiquería, para su posterior tarrajeado y pintado.
- c) Capa de mortero de 3cm y cemento coloreado, para piso.
- d) Estucado de yeso de 1.5cm para tabiquería o paneles de techo.
- e) Empapelado sobre capa de yeso, para tabiquería.
- f) Empapelado aplicado directamente.



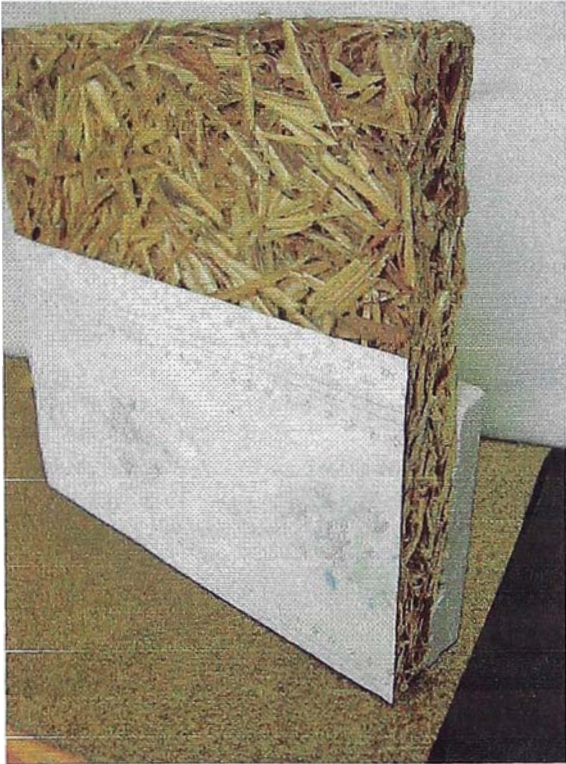
Propuesta de panel con acabado en estucado de yeso y lechada de cemento.



Propuesta de panel con acabado en capa de mortero de cemento en 1.5 y 3.0cm.



Propuesta de panel con acabado en estucado de yeso y papel de tapiz



Propuesta de panel con acabado de papel de tapiz aplicado directamente.

3.2.6. ASPECTOS ECONOMICOS

3.2.6.1. Reducción de costo en la construcción

Economía para el usuario

La economía es uno de los factores más importantes a considerar en el desarrollo de esta alternativa de panel aglomerado. Puesto que los tallos de algodón provienen de arbustos y ramas de árboles, de escasa utilidad. Generalmente se desechan, quemándolos. Su costo es ínfimo, mientras que el fibrablock usa viruta que se obtiene de árboles maderables, es decir que tienen un costo, que puede llegar a los S/. 2.00 el pié². La broza se encuentra tanto en el ámbito urbano como rural. En el caso de su utilización económica se está logrando dar un valor a un producto local que en la actualidad no lo tiene, con el consiguiente beneficio económico de efecto general. Una camionada de tallos de algodón cuesta S/. 120.00

Así mismo la mano de obra para obtener viruta es especializada. Para obtener astillas puede ser especializada o agrícola, que es la mano de obra más barata. Un operario de construcción civil puede ganar S/. 50.00 mientras que un peón agrícola tiene un jornal de S/. 15.00.

3.2.6.2. Consumo de insumos locales

Economía para la region

Con el consumo de insumos locales, se estaría logrando descentralizar la producción de paneles aglomerados, que actualmente sólo se da en Lima, dando la posibilidad de que las ciudades costeras algodoneras se conviertan en productoras de este nuevo panel y con ello crezca la actividad constructiva, generando más empleo para la ciudad y por lo tanto mejorando su economía local.

3.2.6.3. Mayor valor agregado a la materia prima local

Economía para el productor

El algodón, producto agrícola de gran importancia en las ciudades costeras, disminuye constantemente su volumen de producción anual. A esto se adiciona la política gubernamental para los agricultores, la que no permite que vendan sus productos a un precio razonable.

Al plantear utilizar los tallos de algodón como materia prima de un elemento constructivo, sin duda se le estaría dando un mayor valor agregado al algodón, con lo que el agricultor puede lograr sacar mejor provecho de su cosecha, ya que estaría vendiendo la fibra, las semillas y el tallo.

CONCLUSIONES

De los objetivos e hipótesis principal y específicas planteados al inicio del trabajo de investigación, y de las experiencias realizadas a lo largo del mismo, podemos llegar a las siguientes conclusiones:

- 1) El sistema constructivo a base de paneles aglomerados, por sus propiedades y características, representa una respuesta eficaz en la construcción de viviendas en la costa peruana, al cumplir con los parámetros establecidos en el capítulo 1 para determinar si un sistema es eficaz o no. El carácter de sismorresistencia lo puede dar el sistema de estructuración de los paneles (columnas y vigas de concreto, pies derechos y vigas de madera, etc). Está comprobado en el capítulo 3 que la propuesta es económica. Representa un ahorro de espacio al permitir tabiquería de 5cm de espesor, en lugar de los 30cm que podría tener un muro de adobe. Hay una rapidez de ejecución debido a la factibilidad de prefabricación de los paneles. El nivel de confort es alto pues ofrece confort acústico y térmico. Es factible la construcción por etapas, al ser posible la adición de ambientes para ampliaciones futuras, asimismo la posibilidad de modulación es evidente ya que los paneles aglomerados son módulos prefabricados. El tema de la autoconstrucción también es factible dado que el sistema podría ser desarrollado por mano de obra no especializada. La durabilidad del material está comprobada en por lo menos 50 años, según la investigación realizada. La identidad del material es innata ya que el insumo principal tiene una identidad local a las regiones algodoneras del Perú. Finalmente, hay una variedad en el abanico de posibilidades de los acabados que se le pueden dar al panel.
- 2) Los antecedentes investigados a nivel mundial sobre paneles aglomerados a base de residuos agrícolas y los paneles de tallos de algodón desarrollados en la India ha demostrado que es posible desarrollar una alternativa de los paneles aglomerados teniendo como componente principal los tallos de algodón en las regiones algodoneras de la costa peruana.
- 3) El panel aglomerado de tallos de algodón tiene similares o superiores características físico-mecánicas que los paneles aglomerados del mercado actual (fibrocemento). Densidad 0.28 gr/cm³, absorción de agua 66%, compresión diametral 0.76 kg/cm² y flexión estática 0.63 kg/cm²
- 4) El panel aglomerado con tallos de algodón es, por su materia prima, más económico que el panel aglomerado común para las regiones algodoneras de la costa peruana. Esta conclusión está desarrollada en el capítulo 3.

BIBLIOGRAFÍA

LIBROS

- (1) **Arostegui, Antonio.** ESTUDIO INTEGRAL DE LA MADERA PARA CONSTRUCCIÓN.
UNALM. Ministerio de Agricultura. Lima, 1979
- (2) **Arturi, Miguel.** EL ALGODÓN, MEJORAMIENTO GENÉTICO
Ed. Hemisferio Sur. Argentina, 1984
- (3) **Caballero R., Alejandro.** METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA
Ed. Técnico científica SA. , Segunda edición: Lima, 1990.
- (4) **Confederación Nacional de la Madera.** COMPENDIO DE INFORMACIÓN TÉCNICA DE 32 ESPECIES FORESTALES. Tomo I y Tomo II
Ed. Servigraf. Primera Edición. Lima, 1994
- (5) **Cordova Segura, Gumersindo.** ALGODÓN
Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Dpto. Académico de Ciencias Agrícola.
Lambayeque, 1980
- (6) **Instituto Nacional de Recursos Nacionales, Organización Internacional de las Maderas Tropicales, Cámara Nacional Forestal.** UTILIZACIÓN INDUSTRIAL DE NUEVAS ESPECIES FORESTALES EN EL PERÚ.
Ed. Cámara Nacional Forestal. Segunda Edición. Lima, 1999
- (7) **Rodriguez, D. y Carnero J. M^a.** EL ALGODON
Ed. Mundi-Prensa. Madrid, 1991

TESIS Y TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN

- (8) **Carrillo Guía, Nora.** DETERMINACIÓN DE POSIBLES USOS DE TABLEROS AGLOMERADOS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR DE 3 CAPAS.
Tesis de Grado UNALM. Lima, 1983.
- (9) **Cruz Collantes, Teodoro.** APTITUD DE LA MADERA DE 5 ESPECIES FORESTALES DEL PERU PARA LA FABRICACIÓN DE PANELES DE FIBROCEMENTO.
Tesis de Grado. UNALM. Lima, 1982
- (10) **De la Borda Pardo, José.** ESTUDIO DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL ALGODÓN PROVENIENTE DE PLANTA, SOCA Y RESOCA EN EL VALLE DE NAZCA.
Tesis de Grado. UNALM. Lima, 1960
- (11) **Gómez Silvera, Alejandro.** FORMACIÓN Y ENSAYOS FÍSICOS MECÁNICOS DE LOS TABLEROS DE PARTÍCULAS CLASE V-20 UTILIZANDO COMO AGLOMERANTE TANINO-UREA-FORMALDEHÍDO.
Tesis de Grado, UNALM. LIMA, 1999

REVISTAS Y PUBLICACIONES

- (12) **AGRICULTURAL FIBERS FOR USE IN BUILDING COMPONENTS**
Youngquist, John; Krzysik, Andrzej; English, Brent; Spelter, Henry; Chow, Poo
Extracto del simposio "The use of recycled wood and paper in building applications."
Illinois, 1996
- (13) **AGRO AND INDUSTRIAL WASTES FOR BUILDING MATERIALS**
Science Tech Entrepreneurship. India
- (14) **ALGODÓN: PRODUCCIÓN**
Ministerio de Agricultura.
PORTAL AGRARIO. MINISTERIO DE AGRICULTURA. PERU
- (15) **APPLICATION OF WOOD-WOOL CEMENT BOARDS FOR SHOP-FABRICATED EMERGENCY SHELTERS UN THE PHILIPPINES**
Forest Products Research And Development Institute.
- (16) **CEMENT AND WOOD-WOOL COMBINE TO IMPROVE PHILIPPINE HOUSING**
Milligan, Ann.
ACIAR WOOD-WOOL CEMENT PROJECT. Philippines, 1995-2000
- (17) **COTTON STALK PARTICLE BOARD**
Science Tech Entrepreneurship. India
- (18) **MANUFACTURE OF LOW COST WORD-CEMENT COMPOSITES IN THE PHILIPPINES USING PLANTATION GROWN AUSTRALIAN TREE SPECIES**
Australian National University. Australia, 1998
- (19) **MÉTODO PARA EVALUAR LA APTITUD DE ESPECIES FORESTALES A LA FABRICACIÓN DE TABLEROS DE FIBROCEMENTO.**
Valenzuela, Walter.
Revista forestal del Perú. Vol XVIII N°2. Lima, 1991
- (20) **NATURAL FIBRE COMPOSITES AND ITS POTENCIAL AS BUILDING MATERIALS**
Rai, Amit; Jha, C.N.
Building materials and technology promotion council publications (BMTPC). New Delhi.
- (21) **PANELES DE PARTÍCULAS DE MADERA AGLOMERADA CON CEMENTO: UN PRODUCTO PROMISORIO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS DE BAJO COSTO.**
Revista Forestal Del Peru. VOL. 10 N°1.
UNALM. Lima, 1980-1981
- (22) **PANELES DE FIBROCEMENTO: FABRICACIÓN, CARACTERISTICAS Y USOS.**
Redinfor. Serie Técnica N° 1.
Ed. Red Nacional de Información Forestal. Lima, 1991

- (23) **TECHNICAL SPECIFICATIONS FOR PARTICLEBOARD AND MDF**
National Institute Of Standards and Technology (NIST)
- (24) **TECNOLOGIA DE MADERAS**
Klinger Brahan, William
Revista Colombiana Forestal. Volumen 4. N° 10. Colombia, 1996
- (25) **WOOD-WOOL CEMENT COMPOSITE BOARDS USING ASHED RICE HULL
AS A CEMENT EXTENDER**
Australian National University. Australia, 1997

OTRAS FUENTES

- (26) **Gobierno Regional de Ica. PLAN REGIONAL DE DESARROLLO DE CAPACIDADES
HUMANAS 2004-2010. I PARTE**
Oficina Regional de Administración. Ica, 2004
- (27) **Instituto de Investigación del Algodón (INIA). ENTREVISTA CON EL DR. JUAN
LAZO ALVAREZ**