

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
FACULTAD DE ARQUITECTURA, URBANISMO Y ARTES



**“ACTUALIDAD EN EL USO DE LA MADERA  
COMO ESTRUCTURA EN LIMA”**

Informe De Suficiencia

Para optar el Título Profesional de  
ARQUITECTO

**DANIELLE VIVIANNE ESCALANTE ADANIYA**

Asesor  
ARQ. MANUEL VILLENA

Lima – Perú 2,002

# ÍNDICE

## INTRODUCCIÓN

## OBJETIVOS GENERALES

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

## LA INDUSTRIA MADERERA PERUANA Y LA CONSTRUCCIÓN

### CAPITULO 1 ASPECTO ECOLÓGICO

- 1.1 El impacto medioambiental
- 1.2 Análisis de ciclo de vida
- 1.3 La gestión forestal
- 1.4 La deforestación en cifras
- 1.5 La certificación de la madera
- 1.6 COMENTARIOS

### CAPITULO 2 LA MADERA: CONCEPTOS GENERALES

- 2.1 Estructura de la madera
- 2.2 Características físicas de la madera
- 2.3 Propiedades resistentes de la madera
- 2.4 Propiedades elásticas de la madera
- 2.5 Secado
- 2.6 Protección
- 2.7 Estabilidad al fuego

### CAPITULO 3 COMERCIALIZACIÓN

- 3.1 Comercialización de la Madera
- 3.2 Escuadras o Secciones Preferenciales PADT –REFORT
- 3.3 Dimensiones Comerciales y Dimensiones Reales
- 3.4 Madera laminada y paneles de madera
- 3.5 Productos existentes en el mercado
- 3.6 precios en el mercado local
- 3.7 Exportaciones peruanas de madera y sus manufacturas
- 3.8 COMENTARIOS

### CAPÍTULO 4 TIPOLOGÍA ESTRUCTURAL DE LA MADERA

- 4.1 Sistema flector
  - 1 SISTEMAS TRIDIMENSIONALES ORTOGONALES
    - Entramados pesados
    - Entramados ligeros
  - 2 PORTICOS PARALELOS DE VARIAS ALTURAS
    - Miembros escindidos
    - Miembros continuos
- 4.2 Sistema flector y cortante
  - 1 EMPARRILLADOS PLANOS
    - Mallas ortogonales
    - Mallas oblicuas

- 2 PANELADOS
  - Paneles nervados
  - Paneles superficiales
- 4.3 Sistema flector y axial
  - 1 CONFIGURACIONES PRIMARIAS
    - Elementos básicos
    - Elementos peraltados
  - 2 PORTICOS CONTINUOS
    - Miembros rectos
    - Formas de transición
    - Miembros curvos
  - 3 ELEMENTOS MULTISOPORTADOS
    - Sistemas jabalconados
    - Sistemas subtensionados
    - Sistemas colgados
- 4.4 Sistema axial
  - 1 CERCHAS BASICAS
    - Cordones rectos
    - Cordones curvos
    - Arcos de alma en celosía
  - 2 CERCHAS COMPUESTAS
    - Cerchas peraltadas
    - Pórticos triangulados
  - 3 TRIANGULACIONES PLANAS NO PARALELAS
    - Sistemas horizontales
    - Sistemas verticales
  - 4 TRIANGULACIONES ESPACIALES NO ORTOGONALES
    - Emparrillados de celosía
    - Entramados tridimensionales
    - Cúpulas reticuladas
- 4.5 Sistema axial y cortante
  - 1 SISTEMAS PLEGADOS O LAMINARES
    - Láminas nervadas
    - Láminas superficiales
    - Subsistemas planos reticulados
  - 2 MEMBRANAS Y CASCARONES
    - Nervados
    - Superficiales
    - Reticulados
- 4.6 Uniones y ensambles de madera

## **CAPITULO 5 LA EXPERIANCIA PERUANA ACTUAL EN LA CONSTRUCCIÓN CON MADERA**

- 5.1 Showroom de la fábrica Pisopak Perú
- 5.2 Laboratorio andino de ingeniería de la madera
  - Fábrica de muebles estudio 501
  - Molinos Takagaki
- 5.3 La casa de playa
- 5.4 La experiencia de Las Malvinas
- 5.5 Proyecto Pichis Palcazu
- 5.6 Restauración de la Casona de San Marcos

- 5.7 Depósito de la municipalidad de Barranco
- 5.8 Sala de usos múltiples del Departamento de Industrias Forestales de la Universidad Agraria La Molina
- 5.9 Sección pre-escolar del colegio Pestalozzi
- 5.10 Planta del Centro de Innovación Tecnológica de la madera
- 5.11 Módulo de vivienda económica del CITEmadera
- 5.12 Conjunto multifamiliar en Chacarilla
- 5.13 Heladería en Larcomar
- 5.14 Maderera en Villa El Salvador
- 5.15 Módulos prefabricados
- 5.16 Cuadro de obras
- 5.17 COMENTARIOS

## **COSTOS DE OBRA**

Sistema entramado

Sistema aporticado

Sistema de cerchas

Comparación de los sistemas constructivos

## **PROYECTÁNDOSE HACIA EL FUTURO**

La enseñanza de la construcción en madera

Normativa extranjera: el Eurocódigo 5

## **CONCLUSIONES**

## **BIBLIOGRAFIA**



## INTRODUCCIÓN

Dado que los arquitectos tendemos a proponer siempre los mismos materiales, limitamos asimismo nuestras posibilidades estéticas, puesto que cada material, al ser utilizado de la forma mas eficiente resulta en una forma óptima, que se expresa en su propio lenguaje arquitectónico. En el caso de la madera con su doble condición como estructura y acabado, y su característica calidez.

Por un lado, el constructor busca rentabilidad económica, y por otro, el consumidor busca estética, que de alguna forma represente prestigio, seguridad, que con el paso del tiempo su inversión conserve su valor y durabilidad, que requiera poco o nada de mantenimiento, y si se da el caso, la flexibilidad al ser modificado.

La construcción industrializada con madera no esta totalmente difundida, evitando así un uso masivo del material y la ejecución de proyectos de gran envergadura y la consiguiente reducción de costos. Por otro lado, los sistemas modulares dan resultados que por su monotonía no cuentan con mucha aceptación del consumidor que justifique la producción continua.

## **OBJETIVOS GENERALES**

Dar a conocer sistemas estructurales menos convencionales en nuestro medio, pero igualmente viables que la utilización de este material permite.

Dar a conocer el estado en nuestro país del avance hasta nuestros días en la aplicación de la madera como material estructural.

Presentar un acercamiento al aspecto ecológico y del impacto ambiental de los materiales de construcción.

Establecer una base para el diseño de estructuras de madera, pues en la medida que se conozca el material, mas provecho se podrá sacar de sus características.

Establecer un punto de partida para futuras investigaciones acerca de las estructuras a base de madera en el Perú.

Exponer todo el potencial estético que ofrece la madera, demostrando las ventajas constructivas al mismo tiempo que estéticas de este material.

Contribuir a que la madera adquiriera la presencia que merece en la construcción, por constituir en nuestro país un recurso renovable abundante que, bien explotado podría contribuir en forma substancial a aliviar el déficit de vivienda que experimentamos actualmente.

## **OBJETIVOS ESPECIFICOS**

Hacer de la madera un material verdaderamente noble que se beneficie de la calidad, la creatividad y la innovación tecnológica en toda su cadena productiva.

Incentivar la incesante búsqueda de formas y soluciones, que es el espíritu creador de la formación arquitectónica.

Propiciar la introducción de la madera que producen nuestros bosques tropicales en el sector de la construcción, ya que el sector forestal y maderero es estratégico debido a su importancia en cuanto a recursos naturales, manejo ambiental, así como en el tema de la descentralización y la generación de empleo e ingresos relacionados con esta cadena productiva.

Despertar el interés por el uso y difusión del amplio abanico de posibilidades de expresión que tiene cada material al ser utilizado en su forma óptima, es decir en su forma más eficiente.

## LA INDUSTRIA MADERERA PERUANA Y LA CONSTRUCCIÓN

Se sabe que existe un déficit de viviendas que cumplan estándares de seguridad, salubridad, etc, hecho que el programa Mivivienda procura paliar, y que esta resultando, aunque no es el caso de los sectores de menos recursos y de zonas periféricas.

La cadena de la madera consiste un sector fundamental en cuanto a recursos naturales, manejo ambiental, descentralización, crecimiento del sector productor y por que haría posible la generación de empleo, la recuperación del mercado interno y su expansión hacia el exterior. En países con insuficientes recursos madereros se recurre a la reforestación o la importación de madera aserrada pero nosotros, en cambio, contamos con una amplia disponibilidad del recurso forestal y debemos aprovecharlos.

Sin embargo, existen ciertos obstáculos que limitan el uso de la madera en la construcción:

- Dudas sobre la durabilidad.
- Aceptabilidad del usuario (imagen o status)<sup>1</sup>.
- Poca resistencia al ataque de insectos, hongos e incendios.
- Precios poco competitivos.
- Inexistencia o desconocimiento de normas y especificaciones de diseño.
- Dificultad de abastecimiento de materia prima en condiciones de oportunidad, calidad y cantidad, especialmente para programas masivos.
- Poca difusión de tecnologías existentes en relación a las especies forestales, a las técnicas de protección y a los métodos de construcción.
- Falta de agresividad del sector público, que repercute en la poca disponibilidad de fuentes de financiamiento y en la falta de homologación de las tasas de seguro.
- Limitados esfuerzos por desarrollar programas de capacitación permanente de nivel superior y de mando medio.
- Reducido nivel de competitividad y disponibilidad de centros de adquisición de elementos y componentes constructivos.
- Carencia de normalización y/o aplicación de las normas.

---

<sup>1</sup> Es decir, el problema mas que técnico, es la falta de demanda por parte del usuario. Eso se comprueba en que en países con una industria de la construcción medianamente organizada, tales como México, Brasil y Chile, la demanda real de viviendas de madera es mucho menor que la capacidad instalada, por lo que la industria procura exportar, compitiendo con materia prima de alta calidad y mano de obra mas económica.

- Limitaciones en la transformación primaria de la madera en términos de dimensionamiento y clasificación por defecto.
- Inexistencia de agrupaciones organizadas para promover el uso de la madera en construcción.

En términos de la capacidad disponible para la investigación, se puede considerar como suficiente para impulsar la investigación de la madera como material de construcción. El principal problema se debe tal vez, que al ser de propiedad oficial, muchas veces se encuentra inactiva, ya sea por falta de fondos de origen local o internacional o por su limitado servicio a la industria privada del sector forestal y de construcción.

Uno de los aspectos en que existe coincidencia entre los países Latinoamericanos, es la escasez de cursos de capacitación regulares y permanentes, a nivel de profesionales, técnicos y carpinteros.

Los existentes son de corta duración y tratan temas específicos, sin profundizar lo suficiente en áreas de diseño, estructuras, tecnología, fabricación y construcción con madera. Ni siquiera existen en las universidades y en la mayor parte de ellas, las horas del curso se dividen entre todos materiales menos convencionales, como el acero<sup>1</sup>.

A nivel de técnicos, obreros y carpinteros, la capacitación se limita a la fabricación de muebles y ebanistería, y en el mejor de los casos, en el uso de encofrados de madera para la construcción tradicional de cemento y ladrillo.

Es necesario invertir en la capacitación del diseñador y de todos los profesionales que intervienen en el proceso constructivo, pues son el vínculo entre el usuario y la materia prima, y depende de que ellos conozcan las posibilidades del material para que puedan recomendarlo. Así se evita, que los pocos profesionales que practican la construcción a base de madera, no puedan ejecutar adecuadamente una obra, bajando los estándares de calidad, debido a la limitada disponibilidad de mano de obra calificada.

Gracias a los esfuerzos únicos desarrollados por la Comunidad Andina (antes Acuerdo de Cartagena) y sus investigaciones sobre las propiedades y posibilidades de utilización de la madera tropical en la construcción, sí se dispone de material didáctico, documentación técnica, publicaciones y ayudas

---

<sup>1</sup> Ver Capítulo 4, el futuro en la construcción con madera: la enseñanza.

audiovisuales, para emprender esta capacitación.

Respecto al tema de financiamiento, en ningún país se apoyan los programas de construcción con madera. Por el contrario, todavía existen serias limitaciones para que las viviendas a base de madera sean sujetas de crédito, aunque últimamente se observa un cambio de actitud en las autoridades responsables del otorgamiento de crédito para vivienda y se está facilitando similares condiciones de préstamos, a todos los materiales de construcción.

Desde el punto de vista de las tasas de seguros, la construcción con madera se encuentra en desventaja, pues se castiga demasiado el riesgo de incendio, sin premiar su efectividad en caso de sismo<sup>1</sup>. Al igual que en el caso de la disponibilidad de líneas de financiamiento, se observa un cambio progresivo a favor de la construcción con madera, considerando el riesgo de incendio y el riesgo sísmico se compensan entre sí. De este modo es posible la competencia con la construcción tradicional en igualdad de condiciones<sup>2</sup>.

---

<sup>1</sup> Sin embargo, en el EC5 sólo se consideran aptas para absorber sin dificultad la energía a través de deformaciones plásticas, a las estructuras de madera con uniones mecánicas. Mas adelante se verá una reseña acerca del EC5.

<sup>2</sup> Arbaiza Mendoza, Christian & Carazo S., Mercedes Ines & Hurtado E., Angel Paul. Los retos de la industria de la madera en el Perú: Innovando para competir. MITINCI-industria, Lima, 1999

## **CAPITULO 1 ASPECTO ECOLÓGICO**

### **El Impacto medioambiental**

En las últimas décadas del siglo XX hemos presenciado el advenimiento de una conciencia de carácter ecológico, que ha llevado a una creciente valoración de las implicaciones ambientales de cualquier producto, y no solo los económicos o tecnológicos. A través de foros y actividades, se está caminando hacia la armonización de criterios para el Análisis del Ciclo de Vida de los productos<sup>1</sup>. Se espera que en el futuro, todos los productos cuenten con sistemas de certificación de su nivel de impacto ambiental, sea éste del tipo que fuere.

El análisis de ciclo de vida de un producto puede definirse como la estimación de todos y cada uno de los impactos ambientales que pueda generar desde la obtención de las materias primas, los recursos y energía empleados en su producción, hasta el final de su vida útil y potencial reciclado. El análisis de ciclo de vida de un producto permite compararlo con otros a los que pueda sustituir o ser sustituido, en términos de viabilidad técnica y/o económica, independientemente de parámetros estéticos.

En el caso de los productos derivados de la madera como material estructural, los materiales de comparación serían el acero, el aluminio, el hormigón, los ladrillos, etc.

En general, los productos estructurales basados en la madera tienen impactos ambientales relativamente bajos: el nivel de consumo de energía y agua que emplean y las emisiones tóxicas que genera su producción son bajos. Además los bosques funcionan como un sumidero de carbono, y una pieza de madera es igual a un acumulador de energía solar.

Pero además, hay que considerar los problemas derivados de la explotación irracional de los bosques o la toxicidad de los tratamientos químicos.

La deforestación de estas áreas es una de las mayores amenazas para el equilibrio del planeta, si bien es posible asumir con carácter más o menos general que el mantenimiento de la capacidad productiva de los bosques es la principal garantía de su conservación.

El camino éticamente aceptable pasará por el establecimiento de certificaciones ambientales efectivamente válidas y contrastadas.

## Análisis de ciclo de vida

La actividad de la construcción es responsable de gran parte de la basura generada actualmente, tanto en el proceso de construcción como en la eliminación de inmuebles al final de su vida útil. Los productos de madera pueden ser reciclados mediante reutilización de componentes, manufacturación de otros derivados o en la generación de energía. En este caso, la combustión de la madera produce emisiones generales similares a los de otros combustibles, excepto en lo relativo a los sulfuros, dependiendo de la tecnología de combustión utilizada. La capacidad de generación térmica de la madera seca está entre 5,3 y 5,5 kWh/kg.

Un factor que limita el aprovechamiento de la madera al final de su vida útil, es el contenido en productos químicos de tratamientos o acabados. Estos tratamientos pueden llegar a hacer poco viable el aprovechamiento energético final debido a su potencial tóxico, ellos son responsables de buena parte de los impactos ambientales negativos de un elemento estructural en madera en términos del análisis de ciclo de vida. De tal forma que el proyectista debe tener presentes desde el principio del diseño la eliminación del producto que está creando.

La siguiente tabla indica los principales insumos de energía y agua, y residuos e impactos generados para la producción de madera maciza, laminada y tableros<sup>2</sup>.

---

<sup>1</sup> Una de estas actividades, es la desarrollada en el seno del comité correspondiente de la organización ISO, que dará lugar a las normas de la serie ISO-14000, que aportarán un marco de referencia homogéneo para el análisis de ciclo de vida.

<sup>2</sup> Datos elaborados a partir de la industria alemana. RODRÍGUEZ NEVADO, MIGUEL ANGEL. Diseño de estructuras en madera. Una aproximación en imágenes al estado del arte europeo a fines del siglo XX. Ed. AITIM, asociación de investigación técnica de las industrias de la madera y el corcho, Madrid.



Materia prima necesaria	1,82 m <sup>3</sup> de rollizos c.c.	1,54 m <sup>3</sup> de tablas	1285 kg de madera
<b>PRINCIPALES INSUMOS</b>			
Energía (mj)	417	4275	2703
Agua (kg)	11,3	89,4	146
<b>PRINCIPALES RESIDUOS (kg)</b>			
CO <sub>2</sub> uso de energía fósil	22,6	66,8	88,76
CO <sub>2</sub> de combustión de residuos de madera		274,3	102,7
CO	0,029	1,677	0,155
CH <sub>4</sub>	0,0003	0,152	0,001
SO <sub>2</sub>	0,019	0,372	0,068
NO <sub>x</sub>	0,106	0,582	0,464
N <sub>2</sub> O	0,0005	0,002	0,021
Aceite usado	0,014	0,05	
Agua usada	11,3	89,4	88
Vapor de agua			675
Metales	0,016	0,337	88
Papel y cartón		0,023	
Deshechos de la cola		0,977	
Otros	0,426	0,004	
Volumen de Material elaborado	1 m <sup>3</sup> de madera maciza y 240,2 kg de residuos de madera reutilizables	1 m <sup>3</sup> de madera laminada en dimensiones estandarizadas y 190,1 kg en residuos reutilizables	734 de tableros

Estos datos dan al proyectista una idea del grado de impacto ambiental de una estructura de madera al iniciar su vida útil: desde la extracción de la materia prima hasta ser convertido en un producto listo para su distribución.

La madera se forma por acumulación de CO<sub>2</sub>, agua y energía solar en los árboles, de forma que juega un papel fundamental en el ciclo de ese gas, que es uno de los principales entre los gases de efecto invernadero, cuyo incremento se potencia hasta unos límites de dudosa sostenibilidad a mediano plazo por el uso de combustibles fósiles.

Es posible reducir la cantidad de CO<sub>2</sub> en la atmósfera mediante el incremento del volumen de biomasa en un bosque. Sin embargo, un bosque maduro termina por alcanzar un punto de saturación a partir del cual la cantidad de CO<sub>2</sub> fijado por unidad de superficie permanece aproximadamente constante, de forma que la cosecha forestal periódica aumenta las posibilidades de fijación de gas de esa misma unidad superficial de referencia.

La posible liberación del gas al utilizar la madera como combustible en generación energética, no supone un incremento neto de gas en la atmósfera.

	Emisión de CO <sub>2</sub> (kg)	
	Emitido	Almacenado
Aluminio	327	0
Hormigón armado	101	0
Acero	76	0
Madera maciza	6	101

La siguiente tabla compara la emisión de CO<sub>2</sub> para una viga con luz libre de 7,5 m y carga de 3,75 kN/m, realizado en cuatro materiales

estructurales habitualmente utilizados.

energía primaria (kWh)		
	KWh/kg	KWh/m <sup>3</sup>
Madera maciza	1	350
Madera laminada	2	1200
Tablero de partículas	3	2210
Fibras	3	3400
Contrachapado	5	3240
Cemento	1	1750
Hormigón	0	700
Ladrillos	1	1360
Tablero de yeso	2	1820
Acero	6	46000
PVC	18	24700
Aluminio	52	141500

La energía primaria contenida en un material es uno de los principales indicadores de los impactos ambientales que genera. Su peso como indicador dependerá también del proceso de producción de energía utilizado. En el caso de los elementos estructurales de madera, hay una diferencia importante entre la madera maciza, y otros derivados. Otro aspecto a considerar en los

ciclos del material, es el hecho favorable de que las industrias de aserrado (primeras fases de transformación) pueden llegar a generar en torno al 80 % de la energía que necesitan de la cogeneración a partir de sus propios residuos.

Vigas	Pilares	Energía primaria kWh/m <sup>2</sup>
Celosía madera maciza	Madera laminada	33
Madera laminada	Madera laminada	37
Hormigón armado	Hormigón armado	62
Celosía de acero	Acero	155

Para comparar el impacto ambiental de diversos materiales, es necesario consolidar el resultado de su aplicación (los valores por unidad

de volumen no resultan muy descriptivos). La tabla presenta consumos energéticos totales para una solución estructural de requerimientos equivalentes: la construcción de una nave industrial de 20 m de luz y 6 m de altura.

## La gestión forestal

La madera, además de ser un recurso renovable, como material de construcción es totalmente reciclable.

La madera es la principal fuente de energía para el 40% de la población mundial, sobre todo en áreas deprimidas, esto equivale a la mitad de la madera cultivada. De lo que queda, dos terceras partes se utilizan en la construcción y carpintería. El resto constituye madera industrial para producir papel, entre otras cosas.

Sin embargo, los bosques no solo tienen importancia por la madera, sino por su función vital como biotipos naturales, como purificadores atmosféricos, fuentes de agua potable y hábitat de una enorme variedad de especies.

Hoy en día, en que es importante tener en cuenta las consecuencias ecológicas de nuestros actos, es necesario el uso responsable de los recursos de los cuales disponemos. En los últimos años, debido al abuso de los recursos naturales, al conflicto de intereses y al ser el desarrollo industrial prioritario, la utilización de grandes superficies en la agricultura y la construcción ha ido agudizando el problema de la deforestación .

Nuestros bosques, al igual que en otros países pobres, son víctimas de incendios provocados, tal como sucedió en verano de 1997 en Malasia.

Existe una conexión entre la destrucción forestal, la erosión del suelo y la formación de los desiertos, y a pesar de que en los países más pobres la población crece exponencialmente, el problema no se aborda.

Podemos estimar la existencia en el planeta de unos 5 billones de hectáreas, de las que unos 3 billones son bosques cerrados. Probablemente, esto supone un tercio de la extensión de los bosques antes del inicio del desarrollo de la cultura humana. El ritmo actual de deforestación está en torno a los 15-18 millones de hectáreas, principalmente en la selvas tropicales, que están siendo destruidos a una velocidad de entre el 1,5 y el 2,5 % de su superficie anual.

La deforestación es consecuencia de una gestión forestal deficiente y no de la explotación maderera.

- Debido a la desatención del bosque se pierden grandes masas de árboles por los incendios.
- Por procesos de extracción inapropiados en la extracción selectiva se deforesta más superficie de la que corresponde a la superficie de extracción puramente productiva.

- La falta de difusión de las propiedades de otras especies hace que no sean explotadas, desatendiéndose sus masas y volcándose la presión en la explotación insostenible de las más conocidas.

Los bosques admiten cierto nivel de explotación sostenible. Una gestión forestal eficiente debe partir de la determinación de dicho nivel, en términos no sólo cuantitativos. Teniendo en cuenta el ritmo con el que crece la humanidad, deberíamos buscar abastecer todas nuestras necesidades mediante el uso de materias primas renovables, y la madera, y sus productos derivados, obtenidos a partir de una gestión forestal eficiente es una de las pocas alternativas a corto plazo en el campo de los materiales estructurales.

Europa, particularmente el área meridional, fue sometida en el pasado a una intensa deforestación, cuyo ritmo empezó a decrecer en el último siglo, a merced a las políticas de reforestación y control. Pero no hay que olvidar, que no es lo mismo un bosque que un cultivo forestal. En todo caso, de los 160 millones de hectáreas arboladas (sin incluir superficies forestales marginales o baldías) en la Europa de hoy, antigua Unión Soviética excluida, se explota un 50%. Esta superficie produce actualmente unos 350-380 m<sup>3</sup> de madera en rollo con corteza anuales, un 11% del total producido en el planeta, y ap. un 75% del incremento anual neto de madera en pie en los mismos límites geográficos.

La evolución actual de las producciones forestales europeas y las políticas de planificación apuntan a la posibilidad real a corto plazo (15-30 años) de que el continente produzca de forma sostenible más madera de la que consume.

## La deforestación en cifras

El actual fenómeno de deforestación es similar al que tuvo lugar a principios del siglo XIX, durante el desarrollo industrial, en Europa, área en la que hoy las cualidades ecológicas han cobrado mayor importancia, y donde menos del 1% del total de su superficie forestal es de bosque natural, y donde la única zona europea de bosque primitivo, en la república rusa de Komi, esta amenazada por la industria maderera de los países industrializados.

La supervivencia o extinción de los bosques esta íntimamente relacionada con la política y el poder, y no es extraño que se acuse de hipocresía a los países desarrollados, ni que la Forest Convention, enmarcada en la Cumbre de la Tierra celebrada en Río de Janeiro en 1992, fracasara víctima de un irreconciliable conflicto de intereses.

*Área de bosques naturales (1000 ha) y producción de madera tropical (1000 m3) en 1997<sup>1</sup>*

País	Area boscosa	Trozas	Madera aserrada	Chapas	Contrachapados
Bolivia	48 282	491	166	1	15
Brasil	546 239	26 000	10 500	265	1 600
Colombia	52 862	1 042	520	1	30
Ecuador	11 092	5 932	2 075	185	109
Guyana	18 569	549	31	0	67
Honduras	4 112	731	380	2	17
Panamá	2 794	34	10	0	5
Perú	67 378	1 473	656	12	73
Suriname	14 713	99	29	0	7
Venezuela	43 742	700	250	129	15
OIMT-ALC	809 783	37 051	14 617	595	1 938

De acuerdo con la FAO( organización para la alimentación y la agricultura), en 1996 alrededor del 27% de la superficie de la tierra estaba cubierta por bosques. Hace 8000 años existían 8.08 billones de hectáreas de bosque. Europa he perdido aproximadamente el 62% de su superficie boscosa original, mientras que las costas asiáticas del Pacifico han perdido hasta un 88%.

En sus estudios hacia 1998, la Fundación Mundial para la Naturaleza (WWF) señala el espectacular aumento de la destrucción forestal durante los 5 años precedentes. Durante ese periodo 17 millones de hectáreas de bosque primitivo fueron destruidas o reemplazadas por plantaciones madereras de especies de baja calidad.

Según la FAO entre 1990 y 1995 la perdida neta de bosques fue de 11.3 millones de hectáreas.

Ambos estudios se diferencian en que el de la WWF tiene en cuenta la perdida de biodiversidad. Por ello propone en 1997 la creación de una red ferestal mundial para proteger la biodiversidad de los bosques primitivos.



En la selva tropical cae un árbol cada pocos segundos. De seguir esto, la superficie mas grande de bosque primitivo desaparecerá totalmente en 50 años. Lo mismo pasa con los bosques de Costa Rica, Malasia, Pakistán y Tailandia.

En porcentajes, durante el periodo 1990-1995, la perdida de superficie de los bosques existentes fue mayor en Líbano (7.8%), Afganistán (6.8%), Filipinas (3.5%), Costa Rica (3.3%), Pakistán (2.9%), Tailandia (2.6%).

En términos absolutos, las perdidas fueron mayores en Brasil (2.55 millones de hectáreas perdidas por año), Indonesia (1.08 millones de hectáreas), Zaire (740000 hectáreas), Bolivia (581000 hectáreas).

Como los pocos bosques que aun sobreviven se reducen cada año, estos se han vuelto muy importante para el crecimiento de las economías de los futuros países industrializados de Europa del Este y Asia, sobre todo en el caso de Rusia, que tiene la quinta parte de la superficie boscosa total. Desde la caída del telón de acero, el futuro de estos bosques es mas incierto, pues las compañías madereras occidentales intentan comprar los derechos de tala de árboles a cambio de sumas relativamente pequeñas.

La dificultad de reforestar zonas que ya han sido deforestadas puede verse en China: cada año se realizan enormes inversiones económicas plantando



millones de árboles para proteger los terrenos agrícolas del inminente avance de los desiertos. A pesar de ello, China aun depende de las importaciones, pues utiliza leña como combustible, y después de 30 o 40 años estos nuevos bosque no serán capaces de desarrollarse sin la ayuda humana, pues la segunda

generación de árboles se ha de plantar también a mano.

## **La certificación de la madera**

El objetivo de la certificación es fomentar la gestión de bosques sostenibles y aprender de experiencias previas aplicando una presión sutil en la vertiente mercantil de la ecuación. Esta tendencia relativamente reciente de administrar los bosques, se puede ver como una reacción a los debates globales sobre utilización de los bosques, biodiversidad y monocultivos (plantaciones de una única especie, a menudo de especies no locales).

El principal sistema mundial, cada vez más aceptado, es el Forest Stewardship Council FSC que, con sus cuatro sistemas de certificación para bosques naturales, se basa en una valoración sobre el terreno de la administración de los espacios forestales.

En Suecia, desde 1996 se ha ido progresando en el desarrollo de modelos de certificación en la industria maderera bajo los auspicios de la FSC. Se lleva a cabo un desarrollo similar en Finlandia, Noruega, Camerún y Brasil. En 1998 unos nueve millones de hectáreas de bosques deberían estar certificados de acuerdo con los modelos de la FSC.

Al igual que esta organización, la Canadian Standards Organization estableció en 1994 el proyecto del Sustainable Forest Management SMF. El SMF sigue el sistema de gestión medioambiental ISO 14001. Este sistema evalúa únicamente el sistema de gestión forestal, y tan solo en una serie de áreas concretas, con lo que tiene la desventaja de que no se puede desarrollar como sistema de etiquetado del producto.

En el extranjero se considera que toda importación de madera tropical y subtropical debe ser considerada con cautela, debido a la escasez de información fidedigna sobre el grado de impacto que su cultivo y/o extracción implican.

En el Perú, ya se inició el proceso de concesiones y subastas públicas de 25 millones de hectáreas del bosque amazónico para hacer posible el manejo sustentable y la certificación forestal de nuestros bosques. Se sabe que son 162 los interesados que han adquirido las bases del concurso público para tener acceso a 533133 hectáreas iniciales distribuidas en 91 unidades de aprovechamiento (UA). "Se calcula que en los próximos años aumentará diez veces la actual oferta de madera aserrada, que deberá ser absorbida principalmente por el sector construcción", señala al respecto el arquitecto Christian Arbaiza, director del programa CITEmadera.



## COMENTARIOS

El sistema de certificación de la madera no se aplica aun en nuestro medio, a pesar de ser dueños de una de las mayores extensiones de bosque del planeta. Ello trae como consecuencia que las empresas que trabajan en actividades de transformación de la madera se vean en grandes limitaciones y en algunos casos incluso imposibilitados de exportar sus productos, ya que sin la certificación para el consumidor no existe garantía alguna de que dicho material provenga de un bosque en el cual las empresas no se dediquen exclusivamente a la extracción del recurso, sino que al mismo tiempo se apliquen políticas de reforestación para el mantenimiento del equilibrio del ecosistema. Hoy está en camino "el proceso de concesiones forestales convocada por el Estado y subastas públicas de 25 millones de hectáreas del bosque amazónico para hacer posible el manejo sustentable y la certificación forestal de nuestros bosques. Se calcula que en los próximos años aumentará diez veces la actual oferta de madera aserrada, que deberá ser absorbida principalmente por el sector construcción", señaló el arquitecto Christian Arbaiza, director de este programa en reciente entrevista.

Es por ello que se hace necesaria una política de reforestación, no solo por mantener el equilibrio ecológico sino que esto significa asegurar la renovación de nuestros recursos naturales y además permitirá a las empresas del sector competir con los productos extranjeros, y por consecuencia, se impulsará nuestra economía.

## LOS BOSQUES

Recientemente se suspendió la extracción de caoba en el Perú debido a que la tala ilegal llevo a la especie al borde de la extinción, acarreado según el World Wild Fund pérdidas de 22 millones de dólares en el año 2000 al estado. Otra de las especies mas apreciadas es el cedro y el tomillo, aun cuando este último pertenece a la clase C, y dentro de ese grupo es uno de los mas bajos.

*Y en esto radica uno de los aportes del Manual del Acuerdo de Cartagena, al agrupar las especies maderables, cualquiera de las especies de determinado grupo puede ser utilizado indistintamente, sin por ello afectar su comportamiento estructural o que la estructura falle primero en la especie menos resistente.*

*En los planos siempre se calcula teniendo al tomillo como referencia, pero podría utilizarse cualquiera del grupo. Incluso en pies derechos o en piezas que no van a ser vistas es posible mezclar diferentes especies en un solo proyecto, pues*

*no es necesario que tengan texturas o colores uniformes. Como consecuencia, los planos de estructuras podrían indicar únicamente el grupo estructural y el arquitecto definiría la especie cuando se trate de una estructura y acabado a la vez.*

El bosque es por naturaleza muy heterogéneo y los intentos de reforestar por medio de monocultivos no han sido exitosos, es necesario sembrar diferentes especies.

En la Amazonía existen alrededor de 2500 especies maderables, sin embargo el maderero acostumbra a ser muy selectivo y solo busca las especies mas comerciales, pero una vez cortado, para llevar la maquinaria y sacar el tronco del bosque, él debe eliminar todos los árboles que se encuentran en su camino y hacer una trocha de varios kilómetros, generando un gran desperdicio de material que podría tener aplicación en la construcción o en otras actividades de la cadena productiva de la madera. Además con el tiempo, al escasear la especie más buscada, la trocha tiene que ir cada vez mas lejos.

Solemos tener la errónea creencia que el culpable de la deforestación de la Amazonía es el maderero, cuando la realidad es que el principal depredador es el agricultor, por cuanto la actividad agropecuaria empobrece el suelo con mayor rapidez que si se plantaran las mismas especies maderables existentes, obligándolo a variar de cultivos, dejar descansar el suelo, y finalmente trasladarse a otra superficie de terreno, para lo cual previamente se deben extraer todos los árboles. Con el tiempo esta nueva superficie también empobrecerá y el agricultor se verá en la necesidad de volver a repetir todo el proceso. Las leyes peruanas apoyan esta situación, pues protegen al agricultor. Por otro lado, la actividad del narcotráfico hace que el agricultor se incline por cultivos ilegales mas rentables, y que se eliminen áreas de bosques para hacer pistas de aterrizaje que cambian continuamente de ubicación, muchas veces recurriendo a incendios provocados, situación que se da no solo en Sudamérica sino también en el resto del mundo.

En este sentido, el uso de la madera en la construcción es la mejor alternativa para devolverle el valor económico a los bosques y garantizar su conservación, manejo sostenido y renovación.

A esto cabría agregar el acierto que ha resultado en los países de la Comunidad Andina, y seguirá siendo el futuro, la agrupación de especies madereras en grupos estructurales, por que no sólo permite una mayor

disponibilidad de especies para edificar una estructura, evitando que el proyectista tenga que limitarse al uso de las mas conocidas o las que son oriundas de su país, sino que provee de toda una metodología para ir incorporando mas especies desconocidas y que sin embargo abundan en los bosques tropicales. Así proyectar en otros países de la región es mas fácil. Todo esfuerzo de normalización beneficiará a la región, al facilitar la exportación y el intercambio y potenciando el sector productor, lo cual finalmente generará empleo y riqueza.

## **CAPITULO 2 LA MADERA: CONCEPTOS GENERALES**

### **MADERAS TROPICALES (LATIFOLIADAS)**

En nuestros bosques tenemos mayor volumen de maderas tropicales, llamadas también latifoliadas o frondosas, y coníferas en menor proporción.

La información respecto a la construcción con madera se encuentra en su mayoría, basada en información de países consumidores de madera de coníferas, que presenta propiedades y comportamiento diferentes.

La mayor diferencia entre ellas radica en la resistencia y rigidez, la capacidad para experimentar deformación. En ensayos de vigas a escala natural se observan deformaciones importantes antes de que se produzca la falla, y si se descarga el espécimen durante el ensayo se recupera casi toda la deformación.

Por ello merece destacarse el trabajo realizado por la Comunidad Andina, pues gracias a él disponemos de información sobre las propiedades y posibilidad de uso de la madera tropical en la construcción<sup>1</sup>.

### **ESTRUCTURA DE LA MADERA**

#### **Estructura interna**

Si observamos la sección transversal del tronco podemos distinguir:

La corteza, que se divide en 2 partes:

- Corteza exterior, es la cubierta que protege al árbol de los agentes atmosféricos; está formada por un tejido muerto llamado floema.
- Corteza interior, que es la capa que conduce el alimento elaborado en las hojas hacia el resto del árbol, está constituido por el tejido vivo floemático, llamado también líber.

Cambium, que es el tejido que se encuentra entre la corteza interior y la madera y produce el crecimiento del árbol. El cambium genera células de madera hacia el interior y floema o líber hacia el exterior.

La Madera o xilema, es la parte maderable o leñosa del tronco, se puede distinguir

---

<sup>1</sup> Esta acción conjunta ha permitido la determinación de las propiedades físicas y mecánicas de 104 maderas correspondientes a 91 especies diferentes de latifoliadas y 2 especies de coníferas de la Subregión, cuyas propiedades se consignan en tablas.

en ella la albura, el duramen y la médula.

- La albura, es la parte exterior del xilema, conduce el agua y las sales minerales de las raíces a las hojas, es de color claro y espesor variable según las especies. Es la parte activa del xilema.
- El duramen, es la parte inactiva y mas dura, que sirve para dar al árbol su resistencia estructural. Se forma a partir de la albura, que pierde agua y sustancias alimenticias almacenadas y se infiltra de otras sustancias orgánicas, tornándose más oscuro y resistente frente al ataque de hongos e insectos.
- Médula, es el núcleo de la sección del tronco, donde se da el crecimiento primario cuando los brotes y ramas se alargan. Está constituida por tejido parenquimático.

### **Estructura Anatómica**

El Xilema del árbol tiene tres funciones básicas: conducción de agua, almacenamiento de sustancias de reserva y resistencia mecánica. Para cumplir con estas funciones en la madera se distinguen tres tipos de tejidos:

- Tejido vascular (de conducción)
- Tejido parenquimático (de almacenamiento) aquellas células cortas y de paredes relativamente delgadas que tienen la función del almacenamiento y distribución de las sustancias de reserva.
- Tejido fibroso (de resistencia).

Se llaman elementos prosenquimáticos todas aquellas células alargadas y de paredes engrosadas, principalmente relacionadas con la conducción y la resistencia mecánica.

En el tronco existen dos grandes sistemas de elementos xilemáticos.

- El sistema longitudinal, formado por elementos prosenquimáticos (elementos vasculares, fibras o traqueidas) y elementos parenquimáticos
- el sistema transversal, constituido principalmente por elementos parenquimáticos.

Según el grado de apreciación visual de los tejidos, la estructura anatómica de la madera tiene tres niveles: macroscópico, microscópico y submicroscópico.

### **Estructura Macroscópica**

En la estructura macroscópica se consideran las características de los diferentes

tejidos de la madera. Es observada a simple vista o con la ayuda de una lupa de 10 aumentos.

- Anillos de crecimiento. Son capas de crecimiento que tienen la forma de una circunferencia. En las zonas templadas, al estar las estaciones bien marcadas, los árboles tienen anillos bien definidos. En las zonas tropicales, en donde las estaciones no son muy marcadas, el crecimiento del árbol es casi continuo, por lo que los anillos de crecimiento se distinguen claramente.
- Radios medulares. Los radios son líneas que van desde el interior hacia el exterior del árbol, formando el sistema transversal del tronco. Los radios están constituidos por células parenquimáticas, es por ello que son líneas débiles de la madera y durante el secado se producen grietas a lo largo de ellos. El ancho de los radios varía según la especie.
- Parénquima longitudinal. Formado por tejido parenquimático constituye parte del sistema longitudinal del tronco. El parénquima longitudinal tiene un color más claro que el tejido fibroso. Las maderas con mayor porcentaje de tejido parenquimático son maderas de baja resistencia mecánica y más susceptibles al ataque de hongos e insectos.

### **Estructura Microscópica**

La estructura microscópica trata de los diferentes tipos y características de las células que forman estos tejidos.

Según la estructura celular, las especies maderables se dividen en dos grandes grupos: las maderas latifoliadas y las maderas coníferas.

- Maderas latifoliadas. La madera tiene una estructura anatómica heterogénea, las células de parénquima pueden superar el 50 % del volumen total, formando un tejido leñoso blando. Está constituida por diferentes células leñosas: los vasos o poros que tienen la función de conducción del agua y sales minerales. Estas células forman del 6 al 50 por ciento del volumen total de la madera, siendo este porcentaje mayor en las maderas blandas y porosas. También existen fibras que son células adaptadas a la función mecánica y que forman el 50 por ciento o más del volumen de la madera.
- Maderas coníferas. La madera tiene una estructura anatómica homogénea, presenta células de parénquima en menor proporción mientras el 80 al 90 % del volumen total de la madera está constituida por elementos leñosos llamados traqueidas.

## **Estructura Submicroscópica**

La estructura de la fibra o célula leñosa presenta una cavidad central denominada lumen, delimitada por la pared celular, que presenta tres capas:

- Lámina media o capa intercelular. Une células adyacentes y está compuesta principalmente de lignina (60 a 90 por ciento de la pared celular) y pectina.
- Pared primaria o capa exterior de la célula. Compuesta principalmente de lignina y pectina distinguiéndose de la lámina media por la presencia de un 5 por ciento de celulosa en forma de fibrillas.
- Pared secundaria. Compuesta principalmente por celulosa o fibrillas, llegando a alcanzar el 94 por ciento. Está formada por tres capas que se distinguen por la orientación de las fibrillas. La capa central es la de mayor espesor y sus fibrillas se orientan casi paralelamente al eje de la célula. Consecuentemente esta orientación es fundamental en la resistencia de la fibra. Las fibrillas están formadas por la unión de microfibrillas. Las microfibrillas están compuestas de micelas o cristalinicos, que están constituidas por cadenas moleculares de celulosa.

## **Composición Química de la Madera**

La madera está constituida por los siguientes elementos:

Carbono (C) 49%

Hidrógeno (H) 6%

Oxígeno (O) 44%

Nitrógeno (N) y minerales 1%

La combinación de estos elementos forma los siguientes componentes de la madera:

Celulosa 40- 60 %

Hemicelulosa 5- 25 %

Lignina 20 -40 %



## CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA MADERA

### Contenido de Humedad

Esta variable es la que nos indicará el estado de la madera.

- Verde, cuando ha perdido parte del agua libre, que es la que se encuentra llenando las cavidades celulares.

El Punto de Saturación de las Fibras (PSF) es el contenido de humedad (CH) que tiene la madera cuando ha perdido la totalidad del agua libre y comienza a perder el agua higroscópica.

El PSF varía de 25 a 35 por ciento. Cuando el CH es menor que el PSF la madera sufre cambios dimensionales y varían sus propiedades mecánicas.

- Seca, cuando ha perdido la totalidad del agua libre y parte del agua higroscópica, que se halla contenida en las paredes celulares. Esto sucede cuando se expone la madera al ambiente, durante el proceso de secado.

El Contenido de Humedad de Equilibrio (CHE) es el contenido de humedad (CH) cuando la madera expuesta al aire, pierde parte del agua higroscópica hasta alcanzar un CH en equilibrio con la humedad relativa del aire.

- Anhidra, cuando ha perdido toda el agua libre y toda el agua higroscópica, mas no el agua de constitución, que forma parte integrante de la estructura molecular y no se pierde sino por combustión de la madera.

El contenido de humedad (CH) es el porcentaje en peso, que tiene el agua libre más el agua higroscópica con respecto al peso de la madera anhidra.

$$CH\% = \frac{\text{Peso humedo} - \text{Peso anhidro}}{\text{Peso anhidro}} \times 100$$

El peso anhidro es conseguido mediante el uso de un horno a 103 +/- 2°C, también se le llama peso seco al horno.

### Cambios Dimensionales

Estos se dan cuando el CH varía por debajo del PSF, es decir, al variar el contenido de agua higroscópica en la pared celular. La variación del agua libre de las cavidades celulares no causa efecto alguno en las dimensiones.

La contracción y la expansión presentan valores diferentes en las tres direcciones de la madera, siendo la contracción tangencial (CT) y radial (CR) las

principales responsables del cambio volumétrico. La relación CT/CR varía del 1.65 a 2.30, para maderas latifoliadas de la Subregión varían de 1.4 a 2.9.

Entre las maderas estudiadas en la Subregión, las contracciones volumétricas obtenidas varían desde el 6 por ciento en maderas livianas (Bonga, Colombia) a 20 por ciento en el Eucalipto de Ecuador y Oloroso de Colombia.

### **Densidad y Peso Específico**

Densidad es la relación que existe entre la masa y el volumen de un cuerpo. El peso en caso de usarse el sistema métrico. El peso de la madera es la suma del peso de la parte sólida más el peso del agua. El volumen de la madera es constante cuando está en el estado verde y disminuye cuando el CH es menor que el PSF y vuelve a ser constante cuando ha alcanzado el estado anhidro o seco al horno. Se pueden distinguir en consecuencia cuatro densidades para una misma muestra de madera.

- La densidad verde (DV), cuando la muestra se encuentra en estado verde.
- La densidad seca al aire (DSA), la muestra se encuentra en estado seco al aire.
- La densidad anhidra, (DA), si se encuentra en estado seco al horno.
- La densidad básica (DB), es la relación entre el peso seco al horno (PSH) y el volumen verde (VV). Es la menor de las cuatro.

La densidad básica es la que se usa con ventaja ya que las condiciones en las que se basa (peso seco al horno y volumen verde) son estables en una especie determinada.

El peso específico (Pe) es la relación entre el peso de la madera, a un determinado contenido de humedad, y el peso del volumen de agua desplazado por el volumen de la madera. Considerando que el agua tiene densidad igual a 1 puede decidirse que la relación entre la densidad de la madera dividida entre la densidad del agua igualan a su peso específico.

En el sistema métrico la densidad y el peso específico tienen el mismo valor, con la diferencia que este último no tiene unidades. La gravedad específica es equivalente al peso específico.

### **Expansión y Conductividad Térmicas**

Conductividad térmica es la cantidad de calor que fluye de un material sometido a un declive de temperatura, este valor se expresa comúnmente en kilocalorías por metro por hora y por grado centígrado. La conductividad de la

madera que es solo una fracción de la conductividad de los otros materiales. Por lo tanto, debido a su naturaleza porosa, la madera es un aislante por excelencia.

La conductividad térmica de la madera es directamente proporcional al contenido de humedad y la densidad, es mayor en la dirección longitudinal que en la dirección radial o tangencial.

La madera cambia de dimensiones cuando sufre variaciones de temperatura. La madera posee valores diferentes de dilatación térmica en sus tres direcciones anatómicas. La dilatación tangencial y radial aumentan con la densidad de la madera, siendo la tangencial mayor que la radial. La dilatación longitudinal no depende de la densidad pero varía entre las especies.

### **Transmisión y Absorción del Sonido**

La madera es considerada material acústico en el sentido de que absorbe vibraciones producidas por las ondas sonoras, debido a su estructura fibrovascular, su naturaleza elastoplástica y su densidad. La capacidad que tiene un cuerpo de absorber ondas es directamente proporcional a su densidad.

Por otro lado, es menos efectiva en bloquear la transmisión del sonido ya que esta propiedad depende del peso del material y la madera es más liviana que otros materiales estructurales. Por ello es conveniente seguir recomendaciones de diseño que permitan a las construcciones a base de madera aumentar su capacidad de aislamiento.

### **Conductividad Eléctrica**

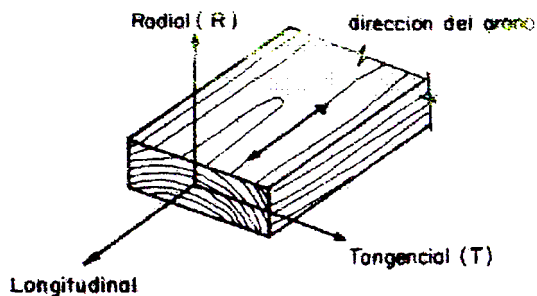
La madera en estado seco se comporta como un material aislante debido a que su resistencia eléctrica es aproximadamente 500 Megaohms.

La resistencia eléctrica de las maderas depende de su contenido de humedad, variando exponencialmente entre resistencias tan altas como 10,000 Megaohms, para contenidos de humedad del orden del 5 por ciento, hasta resistencias de menos de 1 Megaohm en el punto de saturación de la fibra.

La conductividad de la madera varía según sus tres direcciones anatómicas. La conductividad paralela a las fibras es doble que la conductividad en el sentido transversal, mientras que la conductividad en el sentido radial es 10 por ciento mayor que la tangencial.

## PROPIEDADES RESISTENTES DE LA MADERA

En la madera se pueden reconocer tres direcciones principales que pueden considerarse ortogonales entre sí, estas direcciones son la longitudinal, la tangencial y la radial. La dirección radial y la tangencial son perpendiculares al grano. En la práctica se consideran dos direcciones: la dirección longitudinal o paralela a la fibra y la dirección transversal o perpendicular al grano.



Las principales propiedades resistentes de la madera son:

- resistencia a la compresión paralela al grano
- compresión perpendicular al grano
- flexión
- tracción
- corte paralelo al grano

### Resistencia a la Compresión Paralela

En relación con su peso, resulta mas efectivo que el acero.

La madera presenta gran resistencia a los esfuerzos de compresión paralela a sus fibras, debido están orientadas con su eje longitudinal en esa dirección y que a su vez coincide, o está muy cerca de la orientación de las microfibrillas que constituyen la capa media de la pared celular. Esta es la capa de mayor espesor de las fibras.

La capacidad está limitada por el pandeo de las fibras y no por su resistencia al aplastamiento. Cuando se trata de elementos a escala natural como columnas, solamente aquellas de una relación de esbeltez (longitud / ancho) menor que 10 desarrollan toda su resistencia al esforzar la sección a su máxima capacidad. La mayoría de elementos son más esbeltos, luego la resistencia está determinada por su capacidad a resistir el pandeo lateral, que depende de la geometría de la pieza. La resistencia a la compresión paralela a las fibras en la madera es aproximadamente la mitad que su resistencia a la tracción.

Los valores del esfuerzo de rotura en compresión paralela a las fibras para ensayos con probetas de laboratorio varían entre 100 y 900 kg/cm<sup>2</sup> para maderas tropicales.

### **Resistencia a la Compresión Perpendicular**

Bajo este tipo de carga las fibras están sometidas a un esfuerzo perpendicular a su eje y que tiende a comprimir las pequeñas cavidades contenidas en ellas. Al incrementarse la magnitud de la carga la pieza se va comprimiendo aumentando su densidad y su capacidad para resistir mayor carga. Esto permite que se pueda cargar la madera sin que ocurra una falla claramente distinguible.

La resistencia está caracterizada por el esfuerzo al límite proporcional. Este varía entre 1/4 a 1/5 del esfuerzo al límite proporcional en compresión paralela.

### **Resistencia a la Tracción**

La madera supera al concreto en cuanto a resistencia a la tracción.

La resistencia a la tracción paralela es el doble de la resistencia a la compresión paralela en especímenes pequeños libres de defectos. se observa también la naturaleza explosiva y violenta con la que se produce la falla. El valor típico que caracteriza este ensayo es el esfuerzo de rotura que varía entre 500 y 1500 kg/cm<sup>2</sup>.

La resistencia a tracción paralela es afectada significativamente por la inclinación del grano, así tenemos que el esfuerzo de rotura perpendicular al grano es del 2 al 5 por ciento del esfuerzo de rotura paralelo al grano. Para efectos prácticos se considera nula.

### **Resistencia al Corte**

La madera presenta menor resistencia al corte paralelo a las fibras, que proviene de la capacidad del "cementante" de las fibras -la lignina-. Perpendicularmente a las fibras la resistencia es de tres a cuatro veces mayor.

En elementos constructivos el esfuerzo por corte o cizallamiento se presenta cuando las piezas están sometidas a flexión (corte por flexión). En teoría, en un punto dado los esfuerzos de corte son iguales tanto a lo largo como perpendicularmente al eje del elemento.

El esfuerzo de rotura en probetas sometidas a corte paralelo varía entre 25 y 200kg/ cm<sup>2</sup> en promedio. Es mayor en la dirección radial que en la tangencial.

Aumenta con la densidad aunque en menor proporción que la resistencia a la compresión.

### **Resistencia a la Flexión Paralela al Grano**

Un comportamiento característico de las vigas de madera en flexión, es la falla por tracción, a pesar de que la resistencia a la tracción paralela es mayor que la resistencia a la compresión.

Al inicio, la madera falla en la zona de compresión, deformándose gradualmente esta zona, el eje neutro se desplaza entonces hacia la zona de tracción, aumentando las deformaciones totales, ocasionándose la rotura por tracción. En vigas secas, ocurre directamente la falla por tracción.

Dependiendo de la densidad de la especie y del contenido de humedad, los valores promedios de la resistencia a la flexión varían entre 200 y 1700 kg/cm<sup>2</sup>.

## PROPIEDADES ELÁSTICAS DE LA MADERA

Las características elásticas de un material están dadas por el módulo de elasticidad, el módulo de corte y el módulo de Poisson. La madera como material ortotrópico tiene tres módulos de elasticidad, tres módulos de corte y seis módulos de Poisson, en cada eje ortogonal, pero se puede suponer que el material es homogéneo lo que permite considerar sólo tres.

### Módulo de Elasticidad (MOE)

El módulo de elasticidad de la madera puede ser obtenido de una curva esfuerzo-deformación o por ensayos a flexión. En las maderas tropicales el MOE en compresión paralela es mayor que el MOE en flexión estática, sin embargo, se toma el segundo como genérico de la especie, por ser las deflexiones en elementos a flexión criterio básico en su dimensionamiento.

La deflexión en la viga es la suma de dos deflexiones:

- debida a flexión, y
- debida a corte

cuando se obtiene el módulo de elasticidad se calcula considerando solamente la contribución de la flexión para un MOE aparente, menor que el MOE real que tiene el material, que es corregido para obtener el MOE real.

### Módulo de Corte o Rigidez (G)

Es la relación de la deformación con el respectivo esfuerzo de corte que la origina. El valor más usual es el que sigue la dirección de las fibras aunque existen valores distintos para cada una de las direcciones de la madera. Los valores reportados para esta propiedad varían entre 1/16 y 1/25 del módulo de elasticidad lineal.

### Módulo de Poisson

Es la relación entre deformación lateral y longitudinal. Existen seis módulos de Poisson: longitudinal, radial y tangencial, en dos direcciones.



## SECADO

Las funciones del secado de la madera son:

- mejorar su durabilidad
- darle mayor estabilidad en sus dimensiones
- mayor economía en la producción, debido a la reducción de su peso
- hacer que el material tenga un contenido de humedad compatible con el que tendrá que adquirir una vez en uso.

La madera seca tiene además mayor capacidad mecánica, menor susceptibilidad al ataque de xilófagos, brinda un mejor aislamiento térmico, acústico y eléctrico, y facilita la aplicación de preservantes, pinturas y barnices.

Sin embargo, el secado puede originar defectos<sup>1</sup> en la pieza; alabeos, colapso, rajaduras y grietas, lo cual le restará valor o la limitará para ciertos usos, y al optar por uno de los procedimientos se deberá tomar en cuenta la rapidez y economía de este.

En una pieza de madera el proceso de secado se inicia en la superficie, se presentan contracciones que son las que originan los cambios dimensionales de las piezas al cambiar su contenido de humedad. Además, debido a los diferentes coeficientes de contracción radial y tangencial, se recomienda que para piezas estructurales se opte por las de corte radial.

No es necesario secar las piezas grandes, para vigas, las que van a ser utilizadas bajo agua o en contacto con el suelo, a menos que estas vayan a ser sometidas a tratamientos de preservación. La madera para machihembrado, acabados y carpintería requiere de un secado cuyo grado puede ser incluso inferior al de la humedad de equilibrio del lugar.

Cuando se utiliza madera con un alto contenido de humedad, es necesario considerar los cambios dimensionales en el diseño de la edificación.

En la industria se utilizan dos métodos de secado: el natural y el artificial.

### Secado Natural

Antes de proceder al secado, se agrupa la madera según la especie,

---

<sup>1</sup> El Grupo Andino realizó ensayos de secado al aire y al horno de 105 especies en laboratorios de los cinco países miembros, cuyos resultados se pueden obtener en tablas. Se indican los defectos que aparecen en mayor proporción para tomar precauciones, sin embargo estos son de escasa magnitud.

dimensiones, humedad, calidad y según criterio de producción y comercialización, y se sumerge en soluciones preservadoras para evitar el ataque de hongos e insectos durante este período.

La madera recién aserrada no debe exponerse al sol, porque tiende a agrietarse. Tampoco se debe apoyar en el suelo.

El apilado de la madera y su orientación debe permitir la libre circulación del aire alrededor de cada pieza. La intensidad y velocidad del secado depende de la temperatura, estado higrométrico y velocidad de movimiento del aire.

- Apilado horizontal. Entre cada pieza se colocan separadores de madera perfectamente alineados uno debajo del otro para evitar defectos en el secado de las piezas.
- Apilado en Caballete
- Apilado por los Extremos o apilado de pie. En este caso, es similar a una pila horizontal, pero en posición casi vertical.

Las especies con un alto contenido de humedad o muy susceptibles al ataque de hongos e insectos pueden empezar a secarse en forma rápida mediante un sistema de apilado en caballete o vertical, pasando luego al apilado horizontal.

### **Presecado**

El presecado consiste en proteger la madera apilada de la acción directa de la lluvia mediante galpones en los que se pueden instalar sistemas para el movimiento o el calentamiento del aire, y así reducir el tiempo de secado al aire.

### **Secado Artificial**

Este se logra por medio de instalaciones, tales como los hornos secadores, que permiten controlar la temperatura y humedad relativa, alcanzando un contenido de humedad previsto, en el menor tiempo posible y sin producir defectos en la madera.

Se puede agrupar en un programa especies de similar comportamiento, basándose en el tiempo de secado, el grosor de las tablas y el contenido de humedad.

## PROTECCIÓN DE LA MADERA

La preservación de la madera es la respuesta moderna frente al agotamiento de las especies naturalmente durables en los bosques naturales, reemplazados paulatinamente por especies de crecimiento rápido.

La durabilidad natural de la madera es la resistencia que opone a la pudrición por hongos o al ataque de insectos u otros agentes destructores, como el fuego, desgaste mecánico y otros. Existen maderas de gran resistencia biológica que se usan en situaciones muy expuestas, mientras que otras son conocidas por su facilidad para ser atacadas. La densidad de la madera es un índice de durabilidad pues por lo general las más pesadas son las más durables.

La durabilidad natural se puede aumentar mediante procedimientos artificiales, ya sea por un simple secado o por tratamientos preservadores especiales<sup>1</sup>, haciéndola venenosa o repelente a los elementos biológicos.

Los preservadores se agrupan según el tipo de solvente que usan en: hidrosolubles y oleosolubles.

Los procedimientos por ósmosis y difusión necesitan que la madera conserve toda la humedad posible, para lograr la incorporación de los preservadores salinos en su interior. Todos los otros métodos exigen que la madera esté seca.

Se forma un anillo protector que no debe romperse, por eso todos los cortes o perforaciones deben hacerse antes del tratamiento, caso contrario se agregarán pastas preservadoras.

No es suficiente proteger la superficie de la madera, porque ésta se desgasta, agrietan o quiebran por el clima y durante el secado. Para un alto grado protección, el preservador debe penetrar hasta una profundidad considerable. Cuando se tiene maderas que resultan difíciles de preservar, por ser impermeables, se pueden hacer incisiones superficiales, con máquinas apropiadas para que el anillo de protección penetre.

Los métodos de preservación pueden dividirse en tratamientos con y sin presión.

### Tratamientos sin Presión

- Brocha. Para mantenimiento o protección temporal.

---

<sup>1</sup> Se pueden obtener en tablas los resultados del programa de investigación del Grupo Andino sobre los valores de absorción e índices de penetración de preservantes en 105 especies tropicales, mas una clasificación de estas de acuerdo la facilidad de aplicación del tratamiento.

- Pulverización. La penetración es muy escasa.

Los preservadores que generalmente se emplean por brocha y pulverización, son los solubles en aceite.

- Inmersión. Se sumerge la madera en una tina llena del preservador. A mayor tiempo de tratamiento, mayor será la eficiencia del mismo, dependiendo de las características de la madera. Este tratamiento se recomienda para carpintería.
- Baño Caliente y Frío. El baño caliente expulsa el aire de las capas externas de la madera, evaporando la humedad de la superficie. El baño frío hace que el aire y el vapor de agua que queda en las capas externas se contraigan, formando un vacío, que fuerza el preservador al interior. La duración del tratamiento varía según la clase de madera, de preservador y el grado de preservación que se quiere dar a las piezas tratadas o de la naturaleza del preservador.

### **Tratamientos con Presión**

Utilizando presiones distintas dentro de un autoclave, puede conseguirse una penetración profunda y uniforme, al nivel deseado, así como una mayor absorción. Los procedimientos a presión se adaptan mejor a la producción en gran escala y tiene el inconveniente de que las instalaciones tienen un valor elevado.

Comprende los métodos de célula llena y célula vacía.

- Célula Llena o proceso Bethell. Consiste en colocar la madera en un autoclave para aplicar luego un vacío inicial, se llena el autoclave con la solución preservadora, y se ejerce una presión hidráulica especificada hasta obtener el grado de tratamiento deseado. Un vacío final limpia la superficie de la carga de madera para facilitar su manejo, quedando las células de la madera con sus cavidades llenas de líquido, que al evaporarse, deposita los componentes químicos activos en las paredes.
- Célula Vacía. Existen dos modalidades: El proceso Ruping consiste en inyectar primero aire a presión y manteniendo esa presión, se aplica la solución preservadora (creosota) y se bombea hasta alcanzar la presión hidráulica especificada, se evacua el líquido y se efectúa el vacío final. El proceso Lowry es semejante al anterior, con la excepción de que al principio del tratamiento no se inyecta aire a presión. En el proceso por célula vacía, el preservador queda en las paredes celulares pero las cavidades de estas quedan vacías.

## ESTABILIDAD AL FUEGO

La madera es un material combustible. Sin embargo, conviene observar que la inflamabilidad de la madera, requiere temperaturas superiores a los 275 °C para iniciar su ignición, por lo cual, en la mayoría de los casos generales de incendio no es el primer material en arder y su resistencia mecánica solo disminuye en función de su destrucción progresiva.

Su comportamiento ante un incendio, depende de la especie, la densidad y la relación entre la sección y la forma de la superficie. Al arder una pieza de madera o un material derivado, iniciará una combustión superficial que crea una capa carbonizada aislante, cuya conductividad térmica es un sexto de la de la madera, obstaculizando la liberación de sus gases inflamables. Un aspecto positivo es el hecho de que la combustión de la madera genera gases de toxicidad relativamente baja<sup>1</sup>.

La combustibilidad de la madera aumenta con la relación superficie/volumen (así, la presencia de esquinas, con carácter general, incrementará la combustibilidad del miembro).

El tiempo necesario para la ignición y la velocidad de propagación hacia el interior de la madera disminuyen de forma casi exponencial con la densidad seca. Otro factor importante es el contenido de humedad, la de la madera en servicio suele oscilar entre un 8% y un 15%, entonces, para que la madera empiece a arder, es necesario evaporar entre 80 y 150 kg de agua por tonelada de madera, y el vapor resultante baja la temperatura en el área, pues reduce la cantidad de oxígeno.

La ignición espontánea de una pieza de madera delgada puede ocurrir entre los 340 y los 430 °C, salvo si ésta ha estado expuesta durante tiempo a temperaturas muy elevadas previamente; en tal caso, puede alcanzarse la ignición o a temperaturas del orden de los 150 °C. Si hay en el ambiente durante suficiente tiempo temperaturas muy elevadas, aunque inferiores a los 100 °C, el proceso de secado que sufre la madera reduce sus propiedades resistentes. Alcanzada la temperatura de 100 °C, el agua de la madera comienza a evaporarse, en la dirección de la de mínima resistencia: a través de esquinas, poros, juntas estructurales, fendas etc. Entre los 150 °C y los a 200 °C, los gases que se generan son en un 70 % dióxido de carbono y en un 30 % de monóxido de

---

<sup>1</sup> siempre y cuando esté exenta de tratamientos químicos, en cuyo caso, dependería de la composición de los mismos.

carbono. A partir de los 200 °C, se reduce la proporción de CO<sub>2</sub>. La temperatura crece rápidamente entonces a la par que la emisión de gases, y se desarrolla la carbonización de la madera. Este proceso tiene lugar en una capa de unos 5 mm, denominada capa de pirólisis. Cuando se alcanzan temperaturas en torno a los 500 °C, la producción de gas se reduce apreciablemente mientras se incrementa la generación de carbón; a medida que éste se crea, la capa de pirólisis avanza hacia el interior.

Otro aspecto crítico es el comportamiento de las juntas. Aunque el acero es incombustible, se dilata a partir de los 270 °C. La parte no protegida por madera de los elementos metálicos que se utilicen en las uniones pierde rápidamente sus propiedades mecánicas, hasta reducirse al 50 % cuando se alcanzan los 500 a 715 °C. Se puede considerar que cualquier unión metálica tiene una estabilidad al fuego mínima de 15 minutos.

### **Tratamientos Retardadores del Fuego**

Los materiales ignífugos disminuyen el grado de combustibilidad de la madera y la velocidad de propagación de la llama, dando tiempo a evacuar y dar la alerta. Hay dos métodos disponibles usando retardadores de fuego químicos:

- **Método de Recubrimiento.** Se aplica en edificaciones ya construidas, de forma que el material demore en alcanzar la temperatura de ignición y en propagar la llama. Con el calor se hinchan, formando una película que aísla la superficie del fuego. Permiten ser recubiertos con pinturas convencionales que permiten mejorar la duración de los retardantes. Son capaces de reducir hasta en un 75 % las posibilidades de propagación de la llama, si se aplica un mayor espesor.
- **Método de Impregnación.** Evita que el material arda fácilmente y disminuye el calor que se desprende durante la combustión, y así se produce una carbonización sin llama, que se extingue cuando es retirado la fuente de calor, impidiéndose la propagación del fuego. El tratamiento aumenta el peso de la madera en 15 o 20 % según la cantidad de sales que se utilice.



## CAPITULO 3 COMERCIALIZACIÓN

### EL MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN

Dentro de una vivienda o construcción liviana a base de madera deben distinguirse dos categorías de material. En una primera se encuentra todo aquel empleado con fines resistentes, principalmente el usado para en tramados de muros, techos, pisos elevados, columnas, que constituyen la estructura de la edificación. En otra categoría se encuentra el material usado para revestimientos, puertas, ventanas, muebles, que no está destinado a resistir cargas importantes: Los requisitos para la madera de estas categorías son por consiguiente diferentes. En lo que sigue se denomina: Madera Estructural o Madera de Construcción Estructural a la primera, y Madera No Estructural o Madera de Construcción No Estructural a la segunda.

*Cuadro. 3.1. PERÚ: viviendas particulares con ocupantes presentes, según material predominante en las paredes exteriores: 1981 y 1993*

MATERIAL PREDOMINANTE EN PAREDES EXTERIORES	1981		1993		1 VARIACION ACUMULADA 1993/1981	
	ABS	%	ABS	%	ABS	%
TOTAL DE VIVIENDAS	3257124	100.0	4427517	100.0	1 170393	35.9
LADRILLO BLOQUE DE CEMENTO	1011821	31.1	1 581 355	35.7	569534	56.3
PIEDRA O SILLAR	64594	2.0	54247	1.2	-10347	-16.0
ADOBE O TAPIA	1 544942	47.4	1 917 885	43.3	372 943	24.1
QUINCHA	224 347	6.9	207543	4.7	-16804	-7.5
PIEDRA DE BARRO	153 329	4.7	136964	3.1	-16365	-10.7
MADERA	228 343	7.0	310379	7.0	82036	36.0
ESTERA	17053	0.5	148029	3.4	130 976	768.1
OTRO MATERIAL	12695	0.4	71115	1.6	58420	460.2

FUENTE: INEI-CENSOS NACIONALES DE 1981 Y 1993.

Tabla 5.3.

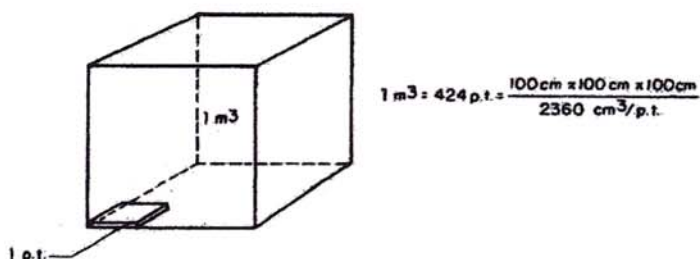
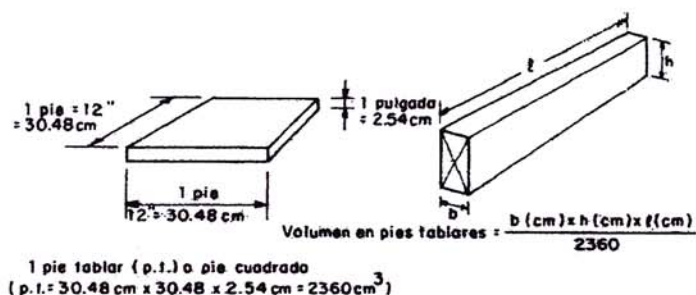
*Producción Industrial de Madera (en m3)*

TIP(j-	1990	1991	1992'	'-1994	1995]
Madera aserrada	141155	169240	170456	179360	203160
Parquet	1738	2806	2541	3896	5735
Madera a partir de desperdicios					5048
Triplay				37473	40114
Palo de escoba					1735
Esteras					184
Sillas					31
Muebles					15
Parihuelas					68
Tableros					16

Cajas						39
Pinzas						10
Ganchos						3
Machiembrados						40
Durmientes						371
Carpetas						53
Postes						383
Total	...	142893	1,72046	172997	220728	257005

FUENTE: Recursos S.A. Proyecto 4 Regiones MITINCI . GTZ. Cámara de Industriay Comercio - Cajamarca.

## Comercialización de la Madera



Tanto a nivel aserradero como detallista, la madera se comercializa por volumen: pies cuadrados o pies tablares. Un pie tablar es un prisma de base cuadrada de un pie de lado por una pulgada de espesor. Un metro cúbico equivale a casi 424 pies tablares.

- Los precios se obtienen entonces en soles por pie tablar (S/PT) o dólares por metro cúbico (US\$/M<sup>3</sup>).
- El parquet se comercializa por área: metros cuadrados (S/M<sup>2</sup>) ó (US\$/M<sup>2</sup>).
- Los tableros de materiales derivados de la madera se cotizan por unidad (S/Plancha) ó (US\$/Plancha), ó por volumen (US\$/M<sup>3</sup>).
- Las molduras se comercializan según ancho, por pie lineal (US\$/MILLAR pie lineal).
- En cuanto a los servicios forestales, el costo del servicio de aserrío y secado se da en (S/PT), el flete es en (S/PT), en Iquitos se da en (S/kg) excepto el del parquet, que es en (S/M<sup>2</sup>), y el del triplay (S/plancha).



La madera se utiliza en su estado natural, salvo por el secado artificial y la impregnación con preservantes, el único proceso que sufre es el cortado con herramientas manuales o mecánicas.

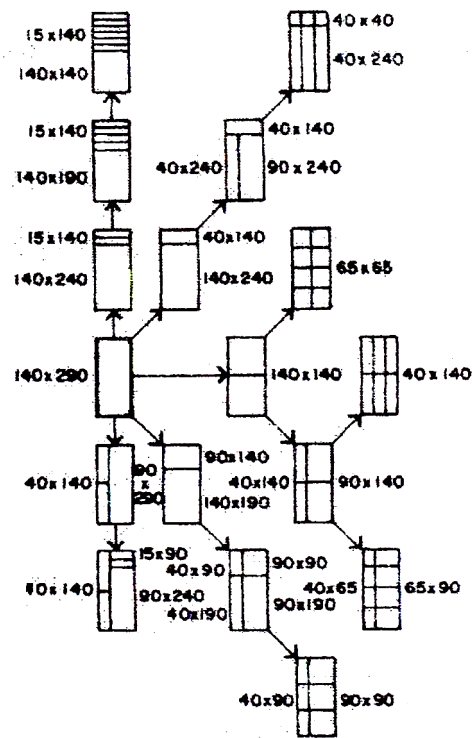
Luego de su extracción del bosque, la madera es sometida al aserrado mediante sierras de cinta o circulares. En el proceso de reaserrado, el cuartón es el producto final obtenido luego de cortar la troza del árbol longitudinalmente hasta convertirla en un conjunto de piezas esbeltas de sección transversal rectangular. Finalmente las piezas son cepilladas para que sus caras y cantos sean paralelos, perpendiculares y lisos.

### Escuadrías o Secciones Preferenciales PADT-REFORT

Son las dimensiones estandarizadas, que se usan al diseñar y las que deben tener al momento de la construcción, para una mayor economía y eficiencia. Estas son las dimensiones finales mínimas de piezas de madera aserrada y seca, en cuya obtención deben tenerse en cuenta las contracciones de secado.

Las secciones preferenciales se han determinado con el objetivo de alcanzar

- eficiencia de las formas estructurales
- adaptabilidad al mercado actual
- facilidad de obtención de unas a partir de las otras, teniendo en cuenta el ancho de la cuchilla y el cepillado.
- satisfacer la necesidad de contar con un número adecuado de escuadrías para construcción de viviendas y construcciones pequeñas que puedan normalizarse a través de la aceptación de los propios usuarios.



### Dimensiones Comerciales y Dimensiones Reales

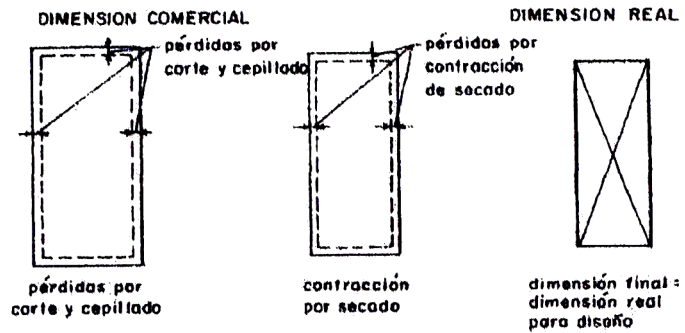
La madera se comercializa en función de unas dimensiones iniciales; las nominales, que solo se utilizan para adquirir el material, pero debido a

- las pérdidas por corte y cepillado,
- las contracciones naturales de la pieza debidas a la disminución del contenido de humedad durante el secado,

las dimensiones resultantes son menores. En el diseño y construcción se deben tener en cuenta las dimensiones reales de la escuadría.

Aun así, las dimensiones reales obtenidas no son uniformes entre proveedores.

Las dimensiones reales se consideran en centímetros, pues al ser mas aceptadas por los usuarios, su pronta generalización es factible.



Seccion preferencial o dimensión real $b \times h(\text{cm})$	Dimensión nominal o comercial $b \times h(\text{pulgadas})$	Uso mas frecuente
4 × 4	2 × 2	Pie-derechos
4 × 6.5	2 × 3	Pie-derechos, viguetas
4 × 9	2 × 4	Pie-derechos, viguetas, columnas
4 × 14	2 × 6	Viguetas, vigas
4 × 16.5	2 × 7	Viguetas, vigas
4 × 19	2 × 8	Viguetas, vigas
4 × 24	2 × 10	Viguetas, vigas
6.5 × 6.5	3 × 3	Columnas
6.5 × 9	3 × 4	Columnas, vigas
9 × 9	4 × 4	Columnas
9 × 14	4 × 6	Columnas, vigas
9 × 19	4 × 8	Vigas
9 × 24	4 × 10	Vigas
9 × 29	4 × 12	Vigas
14 × 14	6 × 6	Columnas
14 × 19	6 × 8	Vigas, Columnas
14 × 24	6 × 10	Vigas
14 × 29	6 × 12	Vigas

## MADERA LAMINADA Y PANELES DE MADERA

El desarrollo mas espectacular que se ha producido en la construcción con madera en el siglo XX fue la cobertura de grandes luces mediante la madera laminada. Los nuevos sistemas de unión, sobre todo el de tabla clavada, desarrollado en Estados Unidos, alcanzo mejoras en el ensamblaje de trozos sueltos de madera y nuevas articulaciones con mas capacidad de carga. Hoy, grandes luces se obtienen mediante juntas de acero. Este se utiliza también como refuerzo, al igual que el acero refuerza al cemento. Este tema se ha profundizado en el informe sobre madera laminada realizado por Juan Bringas.

El otro sistema para alcanzar grandes luces consiste en unir tablillas delgadas hasta formar un elemento estructural que sirva para cubrir un área. En este ámbito podemos mencionar los avances del ingeniero y arquitecto alemán Frei Otto, evidentes en la Multihalle de la Exposición Nacional de Jardinería de Mannheim, en colaboración con Carlfried Mutschler. Sin embargo, este tipo de construcción no esta del todo consolidado, quizás porque el dimensionamiento de estos elementos de gran envergadura resulta mas complicado que el de las vigas simples.

Por otro lado, en un deseo de homogenizar la madera y así regularizar características variables tales como la expansión, contracción y estructura desigual, y con el objetivo de simplificar el calculo y manipulación, se ha desarrollado un amplio abanico de paneles de diversos tipos de aglomerado de virutas y partículas y tablas contrachapadas a gran escala.

En el pasado, este sistema se utilizo solo en carpintería y ebanistería. Aplicado a la construcción, los postes no soportan la carga de forma individual, sino que con unos centímetros de espesor y un refuerzo para evitar el pandeo, el panel puede soportar toda la carga.

Aunque solo se fabrica en talleres especializados, comparado con el tradicional empleo de la madera en la construcción, este sistema tiene la ventaja de que también puede utilizar maderas de poca calidad para producir los paneles. Este tema se ha profundizado en el informe sobre paneles de madera realizado por Jorge Quijano.

Otra variación es el sistema de construcción Steko, ejemplo altamente innovador desarrollado por la compañía suiza Steko, de Kesswil. Los módulos Steko son elementos de madera similares a los ladrillos tradicionales en cuanto a medida y manipulación, y esta patentado en la mayoría de los mercados mundiales, mientras que la marca se encuentra protegida por la ley.

En Europa existe interés por la utilización de madera en la construcción de edificios de varias plantas, se han recuperado tipologías y sistemas tradicionales y explorado nuevas posibilidades estéticas gracias a las innovaciones tecnológicas. En Finlandia, Suecia, Alemania y Suiza se han construido edificios experimentales, lo cual alimenta el interés por la arquitectura en madera. En regiones frías y templadas se busca la reducción del consumo energético, tanto en el uso del edificio como en su construcción, por lo que las ventajas ecológicas, propiedades aislantes y capacidad de acondicionamiento natural del aire de las edificaciones de madera se adecuan perfectamente a esta tendencia. Se prevé un gran crecimiento en la industria maderera, sobre todo en el centro y norte de Europa.

## PRODUCTOS EXISTENTES EN EL MERCADO

mm

madera alistonada contraplacada

Tableros organizados mediante el encolado por su cara de varios tableros alistonados, usualmente tres en dirección de la fibra opuesta.

madera chapada encolada

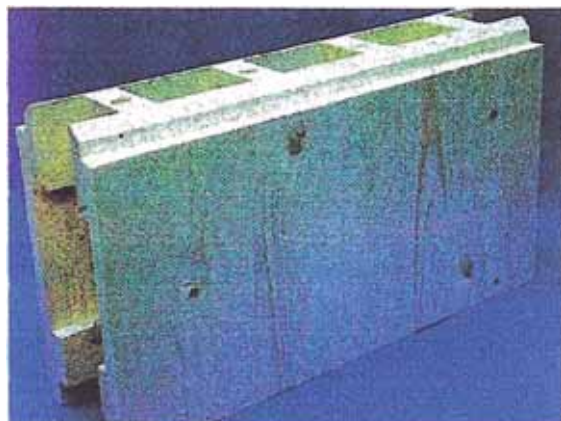
Corresponde al acrónimo inglés LVL. Se trata de un componente estructural realizado por el encolado de chapas de 3 o 4 mm todas o casi todas con la fibra en la dirección longitudinal del miembro estructural.

madera maciza con empalmes dentados

Elementos estructurales lineales obtenidos a partir de la unión por testa con empalmes dentados múltiples de elementos de madera maciza es cuadrada o madera maciza cilindrada.

madera reconstituida de fibras largas

Principal denominación comercial de "parallam". Se realiza mediante el encolado de tiras hasta 2.4 m de longitud y espesor se 2 o 3 mm.



**madera laminada clavada**

Componente estructural realizado mediante el clavado de piezas de madera maciza escuadrada.

**madera laminada encolada**

Componente estructural realizado mediante encolado de piezas de madera maciza escuadrada.

**madera laminada precomprimida**

Tablero estructural configurado por la unión de una serie de tablas puestas de canto a las que se aplica un estado de compresión perpendicular a la fibra que permite el comportamiento con placa del conjunto.

**madera maciza cilindrada**

Miembro estructural obtenido por descortezado del tronco y posterior torneado hasta la obtención de fuste cilíndrico uniforme.

**madera maciza descortezada**

Miembros estructurales obtenidos por descortezado del tronco.

**madera maciza escuadrada**

Miembros estructurales de sección rectangular obtenidos a partir del aserrado longitudinal de madera maciza descortezada.

**Madera reconstituida de virutas grandes**

La denominación mas extendida es "intrallam", consiste en el encolado de grandes astillas de unos 300 mm de longitud y unos 30 mm de grosor.

**madera de secciones trapezoidales laminada y encolada**

Perfil estructural hueco poligonal de pequeño lado obtenido por el encolado lateral de listones de madera trapezoidal.

**paneles de alma hueca**

Perfiles estructurales huecos de sección transversal poligonal de pequeño lado, generado por el encolado lateral de piezas de madera trapezoidal.

**tablero contrachapado**

Material estructural superficial obtenido por el encolado de chapas de grosor entre 1 y 3 mm de forma que cada chapa tiene la fibra en dirección opuesta a la siguiente.

**tablero contrachapado densificado**

Es un tablero contrachapado realizado con chapas de espesores variados entre los 0.25 y 3.2 mm que previamente se ha sometido aun proceso de densificación por compresión transversal a la fibra.

**tablero de partículas**

Material estructural superficial común imprecisamente conocido como aglomerado se obtiene por aglomeración y encolado de partículas de material leñoso.

tablero de fibra de densidad alta

Material estructural superficial obtenido por aglomeración y prensado de fibras lignocelulósicas con una densidad final entre 800 y 1000 kg/m<sup>3</sup>

tablero de fibra de densidad media

Material estructural superficial obtenido por aglomeración y prensado de fibras lignocelulósicas con una densidad final entre 600 y 800 kg/m<sup>3</sup>

tablero de viruta orientada

Material estructural superficial obtenido por encolado de virutas entre 50 y 75 mm que se distribuyen orientadas en las dos direcciones principales del tablero en un porcentaje determinado.

## PRECIOS EN EL MERCADO LOCAL

Las siguientes especies se pueden conseguir en el mercado local, además de la Catahua y la Cumala. Los precios que aquí se indican no incluyen IGV.

GRUPO	ESPECIE	VARIACIÓN DE PRECIOS EN SOLES / PIE CUADRADO
A	CAOBA	6.5 – 11
	CEDRO	4.5 – 8.5
B	HUAYRURO	3.6 – 3.8
	ISHPINGO	3
	PINO	9 - 15
A	PUMAQUIRO	4.5 – 4.6
C	TORNILLO	1.9 – 3 (selecto)

### Precios madera aserrada

Por otro lado, los precios en la selva, sin flete, al 21 de agosto del 2001, son

NIVEL	a Nivel Aserradero						a Nivel Depósito Detallista	
	Iquitos		Madre de Dios		Pucallpa		Lima	
UBICACIÓN	S/PT	US\$/M3	S/PT	US\$/M3	S/PT	US\$/M3	S/PT	US\$/M3
Cachimbo							1.85	224.11
Caoba	4.20	508.8	4.50	545.14	5.56	673.55	8.00	969.14
Catahua					0.51	61.78	1.40	169.6
Cedro	2.80	339.2	2.00	242.28				
Cedro de Altura					2.43	294.37	4.50	545.14
Copaiba					1.36	164.75		
Cumala	0.60	72.68			0.54	65.41	1.60	193.82
Huayruro					0.99	119.93		
Ishpingo			1.70	205.94	1.80	218.05		
Lagarto Caspi	1.50	181.7						
Moena							5.10	617.82
Pashaco	0.60	72.68						
Pino chileno							2.30	278.62
Pino de Cajamarca							1.50	181.71
Pumaquiro			1.10	133.25	1.79	216.84		
Quinilla					0.96	116.29		
Shihuahuaco					0.96	116.29		
Tahuari			1.30	157.48				
Tornillo	1.50	181.71	1.20	145.37	1.21	146.58	2.20	266.51



## Precios madera de exportación

Nivel FOB Callao.

ESPECIE	US\$/M3
Cumaru /Shihuahuaco, Seca al horno(SH), S4S dimensionada (Mercado Asiático).	480.00 – 500.00
Cumaru Shihuahuaco Seca al horno (SH) S4S (Mercado Americano).	590.00 – 630.00
Cumala Seca en horno (SH) Nro 1 común y mejor (Mercado Mexicano)	470.00 – 520.00
Nogal Seco al horno. (SH),KD, dimensionada (Mercado Americano).	480.00 – 510.00
Quinilla Seca al horno (SH) S4S(Mercado Asiático).	490.00 – 530.00

\*Precios FOB se mantienen

Valor de Madera Rolliza = Precios en puerto 1995

TIPO	VBP	""% particip. l
Cachimbo	1198473	2,36%
Caoba	5639960	11,10%
Capirona	246542	0,49 %
Catahua	1620906	3,19 %
Cedro	8440964	16,61 %
Copaiba	2915835	5,74%
Cumala	1248686	2,46%-
Ishpingo	2734478	5,38%
Lagarto	161182	0,32%
Lupuna	4112060	8,09%
Moena	1782601	3,51 %
Pashaco	97087	0,19 %
Shihuahuaco	733320	1,44 %
Tornillo	19523053	38,41 %
Utucuro	368732	0,73%
TOTAL	--srr823878--	100,00 %
Total 05\$.	22513346	

FUENTE: Recursos S.A. Proyecto 4 Regione.v MITINCI - GTZ Cámara de Industria y Comercio - Cajamarca.

## Servicios forestales

### Costo de Servicio de Aserrío y Secado

SERVICIO	Iquitos	Lima	Madre de Dios	Pucallpa
ASERRIO	S/PT	S/PT	S/PT	S/PT
Tipo de Corte				
Corte comercial	0.23 – 0.26		0.30- 0.33	0.12
Corte especial			0.60- 0.65	0.18
SECADO	0.30 – 0.35	0.42 – 0.56		3.22
FLETE	Iquitos-		Pto.Maldonado	Cusco-
	Lima		-Cusco	Lima
Madera	0.42		0.45	0.32
Aserrada			0.40	0.26
			0.60	0.42
	Aereo	0.33 – 0.35	Lima 0.55 S/kg	
	S/kg			
Triplay	Aereo	0.33 – 0.35	Lima 3.60 S/plancha	
	S/kg			
Parquet	Terrestre		Lima 2.40 S/plancha	1.60 S/M <sup>2</sup>



## Exportaciones peruanas de madera y sus manufacturas

Exportaciones Enero- Junio 2001

US\$ MILLONES/FOB

SECTOR	Ene-Junio 2001
MADERAS Y SUS MANUFACTURAS	39,843

### PRINCIPALES PRODUCTOS EXPORTADOS – JUNIO 2001

Rubro	Ene-Junio 2000	Ene-Junio 2001	Var. %
HOJAS CHAPAS Y LÁMINAS	1,784.6	2,215.6	24.2
LEÑA Y CARBÓN VEGETAL	0.0	-	(100.0)
MADERA ASERRADA	32,049.3	21,098.4	(34.2)
MADERA CHAPADA Y CONTRACHAPADA	5,015.2	6,708.2	33.8
MADERA EN BRUTO	0.3	-	(100.0)
MADERA SEMI MANUFACTURADA	1,597.2	2,650.7	66.0
MANUFACTURAS DE MADERA	1,195.5	2,730.6	128.4
MUEBLES Y SUS PARTES	4,146.5	4,355.3	5.0
TABLEROS DE FIBRA Y PARTÍCULAS	1.9	84.5	4,259.9
TOTAL GENERAL	45,790.6	39,843.3	(13.0)

Fuente: Aduanas

Elaboración: PROMPEX

### 10 PRINCIPALES PAISES DE DESTINO DE LAS EXPORTACIONES MADERERAS JUNIO - 2001 (US\$ MILLONES)

País	Ene-Junio 2000	Ene-Junio 2001	Var %
CHINA	82	704	755.20
ESTADOS UNIDOS	29,868	21,208	(28.99)
HONG KONG	759	1,570	106.79
ITALIA	1,161	992	(14.55)
MÉXICO	7,742	9,151	18.20
PANAMA	224	94	(57.92)
PUERTO RICO	337	687	103.87
REINO UNIDO	389	156	(59.87)
REP. DOMINICANA	1,913	715	(62.61)
VENEZUELA	1,651	2,768	67.69
OTROS	1,663	1,797	8.02
Total general	45,791	39,843	(12.99)

Fuente: Aduanas

Elaboración: PROMPEX

## 10 PRINCIPALES EMPRESAS EXPORTADORAS ENERO – JUNIO 2001

Empresa	Ene-Junio 2000	Ene-Junio 2001	Var %
ALPI ROSA SAC	1,636	1,542	(5.72)
EXPORTIMO S.A.	2,875	2,942	2.30
FORESTAL IND. YAVARI S A	1,626	1,063	(34.63)
INDUSTRIAL UCAYALI S.A.C	2,401	5,033	109.61
MADERERA BOZOVICH S.A.C.	13,087	8,716	(33.40)
MADERERA VULCANO S.A.C.	3,605	2,032	(43.62)
PROCESOS IND. MADEREROS S.A.C.	1,698	715	(57.89)
TRIPLAY AMAZONICO S.A.C	1,957	1,764	(9.86)
TRIPLAY ENCHAPES S.A.C.	1,336	2,151	61.08
TRIPLAYIQUITOS S.A.C.	391	871	122.74
OTROS	15,178	13,014	(14.26)
Total general	45,791	39,843	(12.99)

Fuente: Aduanas

Elaboración: PROMPEX

## COMENTARIOS

Existe un intervalo dentro del cual varía la cotización de una especie, debido a que existen diferentes calidades dentro de cada una.

Otro aspecto que debemos recordar, es que si queremos adquirir alguna pieza de, por ejemplo 7 u 8 metros, los precios son susceptibles de un aumento de hasta 50%. Es el caso de piezas que superen los 10 pies de longitud, es decir aproximadamente 3 metros.

## ASERRADO

Para la extracción de la madera se genera muchísimo desperdicio. *Ver capítulo 1.* pero durante el aserrado se genera aun mas, por el grosor de la sierra y por que para obtener las piezas se debe reaserrar, eliminándose considerable cantidad de material. Eso sin contar que durante el proceso constructivo siempre se genera desperdicio, sobre todo cuando la modalidad de construcción no es industrializada.

Es por ello recomendable la utilización de este desperdicio en la elaboración de materiales derivados de la madera como tableros, que al depender su desarrollo del tipo de adhesivo empleado, puede ser objeto de continuas mejoras y transformación.

## ESCUADRIA

En el mercado local, dos piezas que aparentemente tienen las mismas medidas nominales, pueden tener diferentes dimensiones, porque las escuadrías no se respetan, y al existir ese desorden siempre se procura la adquisición de piezas de un sola maderera y un lote, pues en la práctica cada uno tiene sus propias medidas.

## EXTRACCIÓN, COMERCIALIZACION

Antes se extraía la madera y no se le daba ningún valor agregado en su lugar de origen. Se trasladaban los troncos aun húmedos con el consiguiente exceso de peso en agua que es causa de deterioro tanto para camiones como para las carreteras. Esto trae como consecuencia que su traslado sea menos productivo. Lo ideal sería secar la madera y llevarlo a las ciudades en forma de tablones o cuarterones, listos para el corte. En Pucallpa se considero la posibilidad de instalar un secador solar.

## CAPÍTULO 4 TIPOLOGÍA ESTRUCTURAL DE LA MADERA

Se consideran sistemas estructurales compuestos según tipo de esfuerzo o combinación de esfuerzo, que es el principal factor o condicionante del diseño. La forma pasa así a ser expresión clave del tipo de esfuerzo.

### SISTEMA FLECTOR

#### 1 SISTEMAS TRIDIMENSIONALES ORTOGONALES

Procedimientos basados, fundamentalmente, en la distribución de los esfuerzos mediante pilares y viguetas en las tres direcciones ortogonales del espacio. Suelen basarse en retículas horizontales de entre 2.50 a 4.00 m. La estrategia de estabilización de la estructura, puede consistir en la colocación de arriostramientos metálicos o de madera, o la creación de núcleos planos rígidos mediante tablero contrachapado.

- **Entramados pesados.**

Con esta denominación se conocen sistemas de retículas ortogonales tridimensionales de vigas y postes de secciones simples de cierta magnitud (a partir de 10x10cm) que convergen en nudos estructurales. En esta retícula ortogonal, entregan órdenes de viguetas o postes.



Sede administrativa en Chalens Sur Marne  
Oficinas y laboratorio del C.T.B.A. en París

- **Entramados ligeros**

Caracterizados por el uso repetitivo de secciones delgadas (bases aprox. De 3.8 a 7.6 cm y canto generalmente menor que 28 cm, salvo en el caso de vigas compuestas). Cuando la estabilización de basa en el efecto de pantalla del tablero contrachapado, tablero de viruta orientado y madera laminada clavada, si el planteamiento se extiende a todas las superficies ciegas, o a las barras de pequeña dimensión de madera maciza escuadrada se repiten adosándose, la configuración se aproxima a un panelado. asimismo podrían enfocarse como un sistema plegado: laminas nevadas o laminas superficiales con ángulos de plegado de 90°. Este planteamiento de análisis, modelando toda la estructura como una serie de planos rígidos con capacidad de constituir vigas planas o huecas de

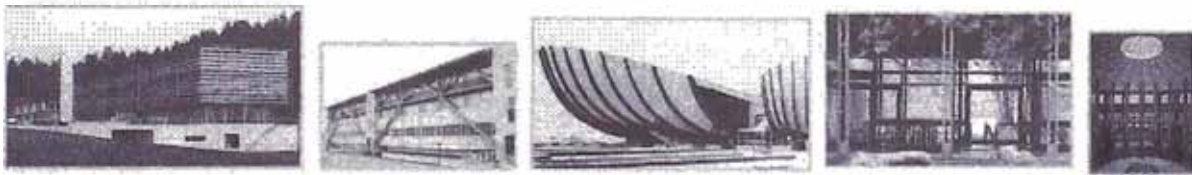
gran canto, permite alcanzar un nivel de estabilidad adecuados frente a acciones horizontales elevadas.

## 2 PORTICOS PARALELOS DE VARIAS ALTURAS

Sistemas en el que una serie de pórticos planos de varias alturas, de disposición radial o paralela, son unidos por ordenes de viguetas. Suelen estabilizarse en forma análoga a los anteriores. Existen dos variantes desde el punto de vista del nudo, que pueden conjugarse en un mismo entramado.

- **Miembros escindidos**

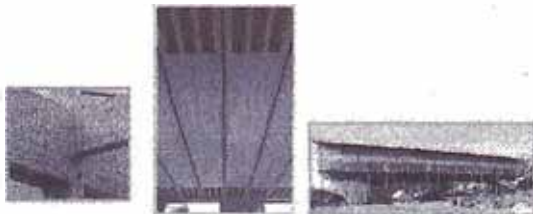
El nudo se materializa dividiendo en dos miembros diferentes la misma barra estructural (poste o viga).



Escuela Forestal en Lisst  
Liceo en Chaumont  
Paraninfos en Reims  
Residencia Juvenil en Four  
Edificio de oficinas en Waterloo

- **Miembros continuos**

Las barras estructurales de sección continua, con diversas posibilidades de organización del nudo, siendo frecuente la inserción de placas metálicas.



Oficinas y laboratorio del C.T.B.A. en París  
Escuela de Ingeniería en Biel  
Oficinas del C.T.B.A. en Bordeaux

## SISTEMA FLECTOR + CORTANTE

### 1 EMPARRILLADOS PLANOS

Los emparrillados planos se basan en la búsqueda de cooperación vinculada entre todos los elementos de un plano de forjado o de faldón. Las mallas geométricas de referencia permiten una clasificación en los dos tipos en que las agrupamos (ortogonales y oblicuas). Cabría también dividir las entre aquellas soluciones en las que cada viga abarca de un apoyo a otro de la estructura global, y aquellas en las que cada viga abarca desde un apoyo de la estructura global a un punto intermedio del recorrido de otra viga. La transmisión del esfuerzo cortante en este tipo de juntas suele ser uno de los puntos clave del análisis. Respecto a la organización de los nudos pueden distinguirse dos casos habituales. Aquellos en que las vigas de una dirección se sostienen entre las de la otra, en cuyo caso apenas hay un aprovechamiento de las posibilidades de distribución de flexión en las dos direcciones; y aquellos en los que se garantiza la continuidad de la transmisión de flexión entre las mismas (por ejemplo mediante la laminación y organización de determinadas láminas como pasantes).

- **Mallas ortogonales**

El supuesto básico es del de dos vigas de igual inercia cruzadas ortogonalmente, cargadas en su punto de cruce. En tal caso, la parte de carga que asume la viga de mayor vano, evoluciona del 50% al 96%, cuando la relación entre luces evoluciona de 1 a 3. Las luces de estos sistemas abarcan desde los 12 a los 25 m. en madera laminada encolada y 6 a 12 m en madera maciza escuadrada, con recuadros de 2 a 8 m., y cantos entre  $L/16$  y  $L/30$ .



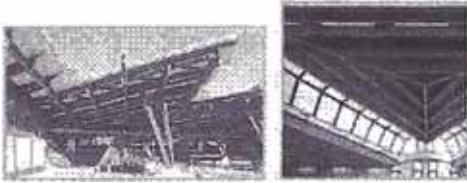
Iglesia del Hannerup  
Piscina en Venecia  
Taller de Carpintería en St. Jean Soleymieux

- **Mallas oblicuas**

Basadas habitualmente en tramas de referencia de triángulos equiláteros, o cuadriláteros regulares no ortogonales. En el primer caso, la estabilidad horizontal conseguida, evita el



recurso a arriostramientos. Sin embargo, el mayor costo de los nudos hace que su aplicación se limite a estructuras vistas en las que la presencia visual de tal trama es fundamental, o como recurso para el techado de plantas de geometría irregular.



Centro Experimental de Cantercel  
Iglesia en Parma

## 2 PANELADOS

El uso de sistemas superficiales, modulares o no, conduce a elevadas cotas de eficacia en el aprovechamiento del material.

- **Paneles nervados**

Obtenidos por nervado de la superficie generalmente mediante madera maciza escuadrada o madera laminada encolada. La absorción del esfuerzo cortante entre nervios y superficie suele realizarse mediante encolado o clavado.



Escuela de Ingeniería en Biel  
Sede Administrativa en Chalens Sur Marne  
Puente Drostabel

- **Paneles superficiales.**

Habría dos grandes grupos. Por un lado el de los paneles prefabricados (tipo sandwich, tablero contrachapado, madera laminada clavada..) y por otro el de los sistemas superficiales realizados in situ (madera laminada precomprimida, madera laminada encolada). Los forjados mixtos madera-hormigón entrarían en este tipo. La absorción del esfuerzo cortante entre superficies de madera, se realiza mediante clavado y/o encolado; entre superficies de madera y hormigón, generalmente mediante diferentes tipos de rebajes practicados en la madera, o combinando ambos métodos.



Museo de Hedmark  
Museo Glaciar en Ballestrand  
Pabellón de la Grüne Universität en Stuttgart  
Pasarela peatonal en Lac Rossel  
Pasarela peatonal Wernau  
Puente de carretera Martigny



## FLECTOR + AXIAL

### 1 CONFIGURACIONES PRIMARIAS

En este apartado englobamos organizaciones del material resistente que responden a los tipos estructurales básicos de poste y viga. En función del nivel de simplicidad de la configuración, tendríamos dos posibilidades:

- **Elementos básicos**

Nivel mínimo de organización. La estabilización se suele confiar al arriostramiento de faldones, o a la estabilización mutua de pares. En el caso de dos pares atirantados, estaríamos próximos a cuerdas rectas (axial: 1.cerchas básicas); para este caso, la luz abarcaría los 15 a 50 m, con cantos de  $L/30$ . Los sistemas de viga recta pueden convenir hasta vanos de 30 m, siendo recomendable estimar cantos de  $L/17$ . Para vigas de canto variable, éste debería variar entre  $L/30$  y  $L/16$ .



Capilla rural de Brummundal  
Piscina en Greve  
Sala de juntas del Palacio de Botines en Leon  
Pasarela Peatonal Wageningen  
Pasarela Peatonal Mellansel

- **Elementos peraltados**

Configuración igualmente elemental de la estructura en su globalidad, pero con barras de inercia mejorada, merced a su división en miembros menores vinculados entre sí por juntas intraelemento mediante redistribución de esfuerzos axiales (por ejemplo arriostramientos internos) o mediante esfuerzos cortantes, como inclusión de pies derechos intermedios entre dos arcos de concavidad inversa; en cuyo supuesto, nos aproximamos a cuerdas curvas o arcos de alma en celosía (axial: 1.cerchas básicas)



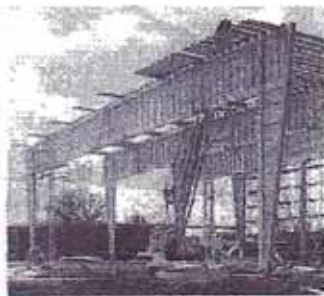
Pasarela Peatonal Wageningen  
Casino en Frankfurt  
Almacén Wangen  
Factoría en Schweiz

## 2 PORTICOS CONTINUOS

Sistemas de repetición paralela o radial de grupos planos de barras mayoritariamente sometidas a esfuerzos de flexo-tracción o flexo-compresión. En el supuesto de varias plantas, estaríamos próximos a pórticos paralelos de varias alturas (flector: 2).

- **Miembros rectos**

Derivados inmediatos de dos prototipos básicos: el pórtico de dintel elásticamente apoyado o semirígidamente empotrado en sendos pilares; y el pórtico a dos aguas triarticulado. En este último caso, para luces entre los 15 y 35 m, el canto máximo estará entre 0,06 y 0,08 veces la suma de las longitudes de un par y un pilar. Las diferentes formas de enfocar la organización de los empotramientos efectivos o la configuración de las barras, podrían constituir a su vez criterios de subclasificación. En el caso de pórticos rígidos con cartelas (habitualmente de tableros contrachapados), si los postes son rectos, las luces irán de 8 a 13 m (con cantos de barra de L/30 a L/35); si son inclinados, irán de 10 a 23 m (con cantos de barra de L/35 a L/40).



Hangar en Gatwick  
Hemiciclo del Parlamento Europeo en Bruxelles  
Estación de Sandvika

- **Formas de transición**

El problema de la solución del nudo de esquina de pórtico, lleva a la búsqueda de la continuidad lineal de pilar y par, lo que crea un elemento de directriz mixta de ricas posibilidades plásticas; utilizado individualmente y biarticulado, sus luces abarcarían entre 10 y 25 m y utilizado simétricamente, como pórtico triarticulado, entre 10 y 50 m. En este último caso, cantos variarían linealmente entre el abanico L/30 -L/60 para la sección menor (articulaciones de pórtico) y L/20 -L/40, para la sección mayor (esquina de pórtico).



Iglesia de Lyng  
Estadio de Tourbillon  
Pabellón de Hielo en Morges  
Castillo de Koldingus

- **Miembros curvos**

La continuación del proceso hacia la máxima continuidad posible de la directriz del pórtico, nos conduce al arco. Sus variantes se distribuyen típicamente entre arcos flexotraccionados o flexocomprimidos, por un lado, y biarticulados o triarticulados (muy infrecuentemente biempotrados) por otro. Para el caso de los flexocomprimidos, las luces pueden abarcar desde los 30 a los 100 m, con cantos entre  $L/35$  a  $L/50$ . Las flechas oscilarán entre  $L/6$  y  $L/10$  para arcos biarticulados, o entre  $L/5$  y  $L/7$  para arcos triarticulados. Las directrices frecuentes de predimensionado inicial suelen ser correspondientes a parábolas de segundo orden o arcos de hipérbola.



Centro Náutico de Sère  
Pasarela Peatonal Essing  
Pasarela Peatonal Moscú  
Pasarela Peatonal Schweiz

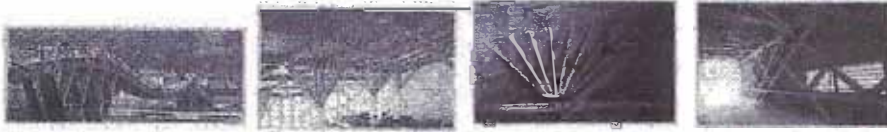
### 3 ELEMENTOS MULTISOPORTADOS

Sistemas basados en una subestructura (por ejemplo, viga, forjado nervado o placa de madera laminada precomprimida), que se apoya a lo largo de su recorrido en otros elementos (puntales o tensores) del mismo conjunto estructural. Frecuentemente, se resuelve en la misma operación la estabilización en el plano del sistema, y la optimización de la capacidad resistente del elemento soportado, merced a la estrategia de distribución de esfuerzos flectores. Cuando los citados elementos se distribuyen también en planos ortogonales de referencia, buscando la estabilización en los mismos, o efectos de distribución como los indicados en mallas ortogonales (flector+cortante: 1.emparrillados planos), podemos aproximarnos a emparrillados de celosía y entramados tridimensionales (axial: 4.triangulaciones espaciales no ortogonales).

- **Sistemas apuntalados**

Método heredado directamente de la carpintería de amar tradicional, en el que los elementos de apoyo están comprimidos (en algunos casos, flexo comprimidos),

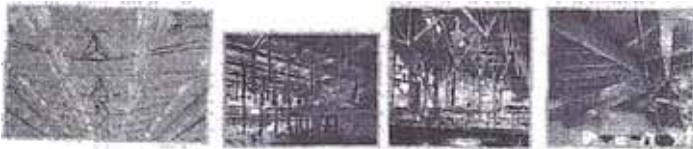
entregando su otro extremo directamente en la cimentación, o bien en una estructura, generalmente del tipo: configuraciones primarias (flector+axial: 1).



Pasarela peatonal Essing  
 Refectorio universitario en Weihenstephan  
 Salón del Ayuntamiento de Säynätsalo  
 Puente de carretera Kaltbrunn

- **Sistemas subtensionados**

Basados en el armado inferior de vigas continuas, habitualmente por la inserción de péndolas entre aquéllas y tensores metálicos. Cuando los huecos entre péndolas se arriostran, nos aproximamos a cerchas básicas (axial: 1). La altura estática máxima (entre ejes de viga de madera y tensor inferior) estará en torno a  $L/12$  y  $L/20$ , con luces de 8 m a 80 m.



Factoría en Schweiz  
 Piscina en Kochel Am See  
 Sítio Arqueológico en Ahrwiler  
 Restaurante Villa Angélica en Ozzano Emilia

- **Sistemas colgados**

La subestructura está suspendida, generalmente por cables o sistemas de cables metálicos, y ocasionalmente por *cables* de madera, anclados a estructuras del tipo configuraciones primarias (flector+axial: 1), miembros curvos (flector+axial: 2.pórticos continuos), o sistemas verticales (axial: 3.triangulaciones planas no paralelas). La estabilización lateral suele confiarse a la propia estabilidad de estas últimas estructuras, o a su combinación con la rigidez en el plano propio de la subestructura.



Pasarela peatonal en Lac Rossel  
 Puente de carretera Martigny  
 Teatro al aire libre en Rovaniemi  
 Puente de Carretera Sörsjön



## AXIAL

### 1 CERCHAS BASICAS

Elementos estructurales planos organizados por la unión de barras lineales que se enlazan tratando de alcanzar la máxima convergencia posible de los ejes de los barras que van a cada nudo, creando un sistema triangulado. Plásticamente, tenemos dos planteamientos distintos: sucesión de cerchas estrecha (0,3 o 1,0 m) o ampliamente espaciadas (4 a 10 m), con sistema intermedio de correas. En el primer caso, la estabilización se suele confiar a arriostramientos de llantas metálicas en plano de faldón; en el segundo, se recurre al mismo sistema o bien al apuntalado de las correas. La complejidad de éste, puede aproximar la estructura a emparrillados de celosía o entramados tridimensionales (axial: 4. triangulaciones espaciales no ortogonales).

- **Cuerdas rectas**

En sus organizaciones más elementales en cerchas de cubierta, las luces pueden ir desde los 7,5 a los 30 m, con altura estática máxima en tomo o  $L/10$ . Habitualmente con madera laminada encolada, en cerchas de esquinas truncadas, las luces irían de 20 a 50 m, con altura estática máxima entre  $L/6$  y  $L/8$ . Con cerchas de cuerdas superior e inferior paralelos, las luces pueden alcanzar los 80 m, con alturas estáticas medias entre  $L/10$  y  $L/14$ . En el caso de celosías en voladizo, éste puede ir de 10 a 30 m, con alturas estáticas de  $L/4$  a  $L/6$  en el empotramiento.



Gimnasio escolar en Saint Vulbas  
Montaña Rusa en el Parque Asterix  
Almacén en Scotland  
Pasarela peatonal Bruxelles

- **Cuerdas curvas**

Una variación matizada del tipo anterior, en el que el cordón superior, inferior o ambos, Son continuos y curvos (de madera laminada encolada, o madera laminada clavada, por lo general).



Talleres en Chalon Sur Mame

Anfiteatro de las Luces del Norte  
Piscina del Centro Sântispark  
Puente Evenstadt

- **Arcos de alma en celosía**

Tipo estructural particularmente adecuado a las grandes luces y cargas. Se suele organizar como biarticulado, teniendo un rango de luces de 50 a 120 m, con cantos de  $L/20$  o  $L/40$ , y flechas de  $L/5$  a  $L/8$ .



Håkon may  
Pabellón Olímpico de mar  
Pabellón en Frydlant  
Polideportivo en Faenza

## 2 CERCHAS COMPUESTAS

Bajo esta denominación, englobamos sistemas triangulados planos obtenidos a partir de cerchas básicas de barras rectas, con directrices quebradas generalmente en la cuerda inferior.

- **Cerchas peraltadas**

Cerchas en tijera, sistemas de pares de vigas en celosía y similares. Estos últimos, cuando están triarticulados y con tirante inferior, abarcan luces de 15 a 50 m, con alturas estáticas de pares de  $L/15$  a  $L/25$ .



Almacenes en Freising  
Dársena de Carga en Kemijärvi

- **Pórticos triangulados**

Pórticos, habitualmente a una o dos aguas, cuyas barras son celosías. Por analogía mecánica, son tipos próximos a los arcos de alma en celosía (axial: 1.cerchas básicas). Las luces pueden ir de los 10 a los 50 m, con alturas estáticas de los pares del orden de  $L/10$  a  $L/15$ .



Piscina del Polideportivo de Verbier

Pabellón de Hielo del Polideportivo de Verbier  
Picadero en München  
Pasarela peatonal Tuttlingen

### 3 TRIANGULACIONES PLANAS NO PARALELAS

Configuraciones obtenidas a partir de la vinculación de varias celosías planas, generalmente rectangulares o trapezoidales, a través de sus cuerdas, con diferentes métodos de arriostramiento interno. Suelen generarse en base al principio de que si una celosía espacial completa posee la forma de un poliedro cerrado de caras planas subdivididas en triángulos, la estructura constituirá, con generalidad, un cuerpo rígido. En determinados casos, la rigidez de algunas de tales caras, se sustituye por la forma de vinculación a los apoyos, o por rigidización superficial. Ocasionalmente admiten su interpretación como plegaduras que configuran perfiles estructurales huecos compuestos.

- **Sistemas horizontales**

Agrupamos aquí los casos característicos de vigas cajón en celosía, frecuentemente utilizados en puentes o pabellones de grandes luces.



Polivalente de Martigues  
Pasarela Peatonal Remseck  
Estación de peaje en Groissiat  
Estaciones de peaje en la A49

- **Sistemas verticales**

Sistemas habituales de torres exteriores, o entramados de silos industriales. En determinados casos, estos sistemas tienen arriostramientos internos que les aproximan a entramados tridimensionales (axial: 4. triangulaciones espaciales no ortogonales).



Montaña Rusa en el Parque Asterix

### 4 TRIANGULACIONES ESPACIALES NO ORTOGONALES

Estructuras obtenidas a través del enlace, por sus nodos, de triángulos (triangulaciones planas en el caso de emparrillados de celosía) no coplanarios.



Determinados supuestos de estructuras basadas en el esfuerzo axial, como ya se ha indicado, pueden analizarse desde esta óptica dependiendo de la configuración de las disposiciones constructivas que aportan estabilidad a los sistemas planos.

- **Emparrillados de celosía**

Estructuras análogas a emparrillados planos (flector+cortante: 1), utilizando celosías en lugar de vigas macizas, o a cerchas compuestas (axial: 2) y a arcos de alma en celosía (axial: 1.cerchas básicas), con correas en celosía integradas en los propios pórticos. En los casos de forjados planos, los cuadros internos oscilan entre 1 y 12 m, y las luces entre 8 y 60 m, con alturas estáticas de L/8 a L/16.



Pabellón de Atletismo de Saint Gratien  
Velódromo Olímpico de Bordeaux  
Sitio Arqueológico en Chur  
Polivalente en Lüterkofen

- **Entramados tridimensionales**

Sistemas basados en la superposición de poliedros regulares (habitualmente tetraedros o demioctaedros) con aristas realizadas en madera maciza escuadrada o madera laminada encolada. Cuando constituyen forjados planos, una característica típica de su diseño es la elección de las condiciones idóneas de apoyo. Sus luces van de 20 o 80 m.



Casino en Frankfurt  
Acceso al Parque de atracciones de Kaatsheuvel  
Granja ganadera en Róterdam  
Puente de Carretera Thalkirchen

- **Cúpulas reticuladas**

Podemos distinguir tres grupos: radios comprimidos con anillos meridionales y barras de arriostamiento (tipo *schwedler*); serie de meridianos con triangulaciones entre ellos; y cúpulas geodésicas (generadas por adición de grupos de caras de *poliedros platónicos*). Otra variación se obtiene por el recurso al procedimiento de entramados tridimensionales. La luz puede abarcar de los 18 a los 200 m, tratándose del tipo estructural de mayor abanico posible de luces económicamente eficaces.



Palasport de Bologna o de Busto-Arsizio  
Pabellón de Tenis en Rovinj  
Delfinarium de Brugge  
Papilorama en Marin (1987)  
Tribunal de Apelación en Bordeaux

## AXIAL + CORTANTE

### 1 SISTEMAS PLEGADOS O LAMINARES

Se basan en la conexión de subsistemas globalmente superficiales (por ejemplo los definidos en flector + cortante: 2. panelados) a través de pliegues que discurren sensiblemente en la dirección del vano a salvar. El procedimiento más inmediato es la construcción de una viga mediante dos planos en "v" invertida. La repetición del método mediante faldones constituidos por áreas planas triangulares o rectangulares, da lugar a un amplio abanico de formas posibles. Los sistemas de entramados ligeros (flector: 1. sistemas tridimensionales ortogonales) pueden considerarse un caso particular de configuraciones primarias (flector+axial: 1), en el caso de un uso extensivo de tableros de arriostramiento totalmente solidarios a las barras en términos de esfuerzo cortante. Generalmente, estudiar su comportamiento por la *analogía de la viga*, ofrece buenas aproximaciones de diseño con fines prácticos. Con faldones rectangulares de ancho "H", un posible criterio de dimensionado para sección transversal de la plegadura de canto (diferencia de cota entre pliegues consecutivos) mayor que  $L/8$  y ángulo de plegado superior a  $30^\circ$ , es utilizar un espesor total de superficie (incluidos nervios) de  $H/20$  a  $H/30$ . En el caso de elementos peraltados (flector+axial: 1. configuraciones primarias), la sección de las barras en dirección transversal al plano de la celosía, será de  $H/15$  a  $H/25$ .

- **Láminas nervadas**

Las láminas se organizan con elementos superficiales (típicamente una o varias capas de tableros contrachapados, o varias capas de secciones delgadas de madera maciza escuadrada), que son nervadas por uno o ambos lados de la superficie. Otra opción suele ser la creación de la superficie como un bastidor de madera maciza escuadrada o madera laminada encolada, revestido por ambas caras con tablero.

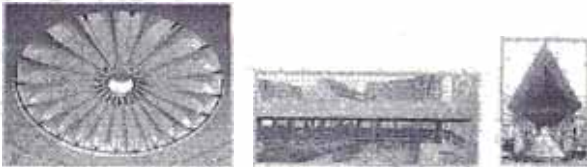


Edificio Municipal en Memmingen  
Factoría en Münchwillen

- **Láminas superficiales**

Representan el caso más puro de plegadura. Las láminas se realizan exclusivamente con tablero contrachapado, madera reconstituida de virutas grandes, madera alistonada

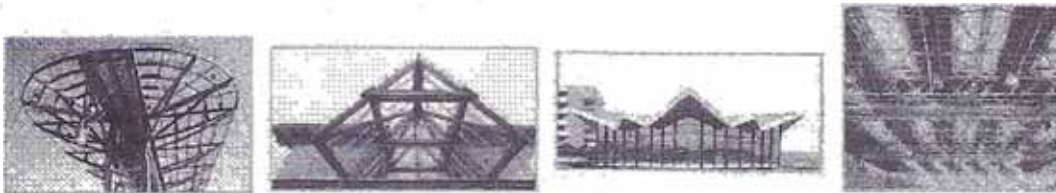
contrachapada, o madera chapada encolada. La aparición de nevaduras se limita a la absorción de esfuerzos de borde en los pliegues. La clave de su elevada economía de material, estriba en la reducción de los esfuerzos de flexión perpendicular al plano de la superficie, que pasan a tener relevancia exclusivamente en función de la separación entre pliegues. El pandeo local y la transmisión de esfuerzos del pliegue a la superficie suelen ser factores críticos del diseño.



Escuela Cantonal en Wholeh  
Pasarela peatonal Amberg  
Pasarela peatonal Freiburg

- **Subsistemas planos reticulados**

Agrupamos aquí estructuras asimilables a plegaduras en las que la lámina pasa a ser un entramado plano, por ejemplo del tipo miembros curvos (flector+axial: 2.pórticos continuos), o sistemas subtensionados (flector+axial: 3.elementos multisoportados). Los tipos triangulaciones planas no paralelas (axial: 3), pueden interpretarse como un caso particular de subsistemas planos reticulados, en tanto que plegaduras cerradas.



Estación de peaje en Groissiat  
Escuela Técnica de Murau  
Pabellón de la Hartwald Klinik  
Pabellón polivalente en Fiels

## 2 MEMBRANAS Y CASCARONES

Estructuras globalmente superficiales, en las que los esfuerzos de flexión son reducidos al mínimo, organizándose el equilibrio de manera que (esquemáticamente) los esfuerzos que no pueden ser absorbidos por descomposición en esfuerzos axiales, lo son por esfuerzos cortantes. En estos sistemas, así como en las cúpulas reticuladas (axial: 4.triangulaciones espaciales no ortogonales) y las configuraciones primarias (flector+axial: 1), la clave del diseño estructural estriba en la acertada selección de la forma,

y la implementación local de los vínculos necesarios para garantizar que efectivamente se desarrollan esfuerzos de membrana; para ello, suele ser necesario el permitir constructivamente desplazamientos de cierta entidad, al objeto de evitar la



aparición de flexiones en las fronteras de la superficie. Lógicamente, en este tipo de estructuras, un conocimiento profundo de su comportamiento, suele implicar la realización de análisis de segundo orden.

Atendiendo a la clasificación geométrica entre superficies *sinclásticas*, *desarrollables* y *diaclásticas*, es útil distinguir, aparte de la agrupación que sigue, entre superficies generadas a partir de criterios de equilibrio puro, que dan lugar a expresiones analíticas complejas, y aquellas superficies generadas por expresiones analíticas simples. En el caso de los paraboloides, las superficies cubiertas pueden ser cuadriláteros de los 7 a los 25 m de lado en el caso de los paraboloides hiperbólicos, y a 30 m en el caso de los elípticos. En los conoides, la luz del arco inicial puede ir de 12 a 27 m, con una longitud de 7 a 12 m. Las bóvedas de cañón, pueden tener una sección transversal de 7 a 20 m, con vanos longitudinales de 12 a 36 m. Cuando éstos son superiores a cinco veces la cuerda de la sección transversal, la analogía de la viga arroja resultados orientativos aceptables.

- **Nervados**

Membranas superficiales reforzadas con nervios rectos o curvos, generalmente en direcciones significativas sea desde el punto de vista de la distribución de esfuerzos, o desde el de la generación de la geometría.



Polideportivo Palasport de Ostia Lido  
Polideportivo Palasport de Cesena  
Piscina en St Quertin en Ivelines  
Exposición de Automóviles en Hückelhoven

- **Superficiales**

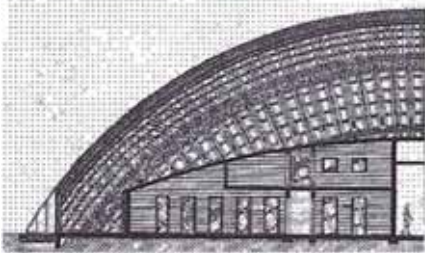
Las superficies no nervadas suelen construirse mediante piezas de delgada sección de madera maciza escuadrada (generalmente enlazadas mediante empalmes dentados múltiples), o bien tablero contrachapado, tablero de virutas orientadas, o madera reconstituida de virutas grandes, en dos o más capas unidas entre si por grapado, clavado o encolado.



Piscina en Freiburg  
Gimnasio escolar en Samen

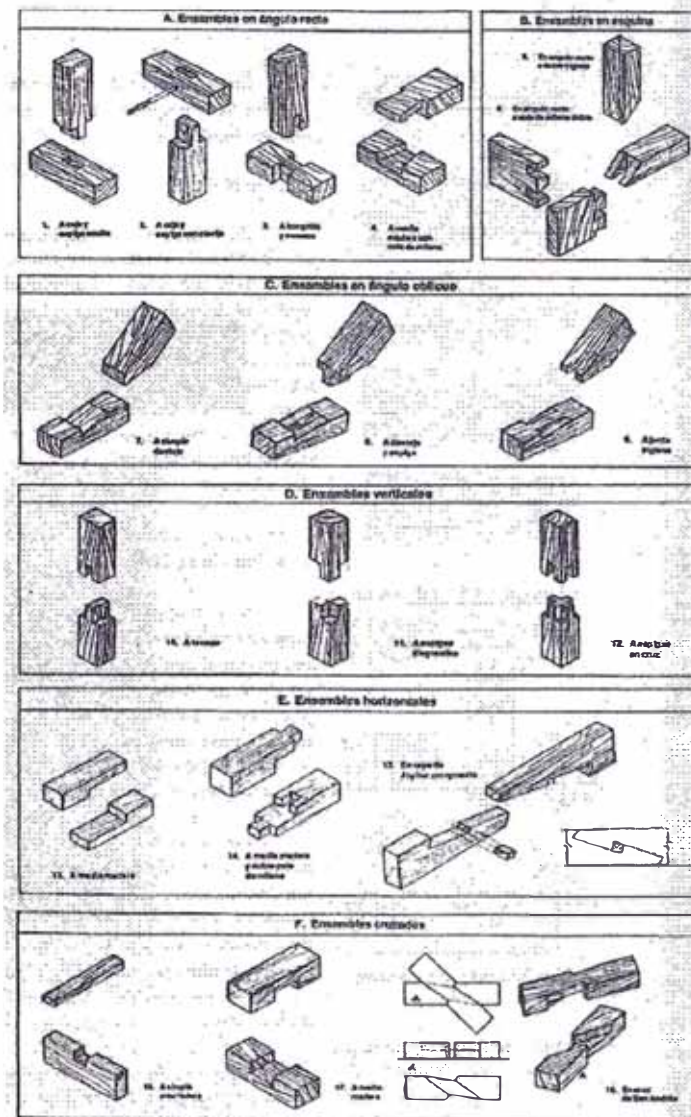
- **Reticulados**

La superficie se «reduce» a una a varios órdenes (habitualmente dos) de barras estructurales constituidas por piezas múltiples de madera maciza escuadrada. Estos órdenes se entrecruzan siguiendo, generalmente, direcciones principales de curvatura de la superficie, y uniéndose por sistemas de transmisión de esfuerzo cortante de diferentes tipos, frecuentemente pasadores roscados con sistemas de arandelas mas o menos sofisticados. Este tipo de estructuras requieren una distribución de arriostramientos en su superficie, diagonales a la malla, para asegurar su estabilidad. Una variedad de este tipo estructural, que no requieren estos dispositivos, son las bóvedas tipo *lamella* o *zollinger*, que pueden considerarse asimismo un caso particular de cúpula reticulada (axial: 4.triangulaciones espaciales no ortogonales).



Centro Experimental de Hooke Park  
Polideportivo en Limoges  
Laboratorio Forestal en Marche en Famenne  
Taller Naval en Morges  
Oficinas Municipales en Naarden  
Membrana

## UNIONES Y ENSAMBLES DE MADERA

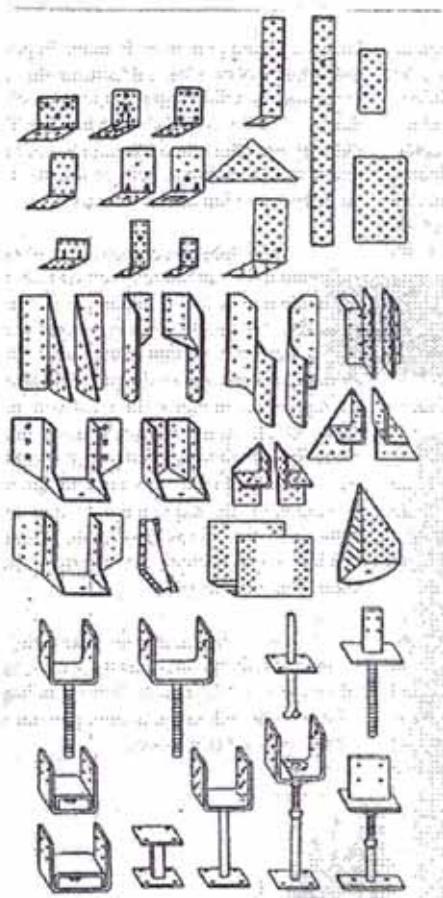


conjunto.

Las uniones empalmadas basadas en una buena carpintería, se han perdido para la construcción y su uso se limita ahora casi únicamente a la ebanistería. Queremos sin embargo consignarlas pues constituyen una alternativa de sumo interés.

Hasta la década del 50 los estudiantes de la Escuela de Ingenieros aprendieron del maestro Héctor Velarde el uso de los empalmes. en un curso que se llamaba "estereotomía de la madera", Los gráficos muestran los casos mas importantes. Para uniones empalmadas mas sofisticadas, sin auxilios metálicos, habría que referirse a los ejemplos japoneses que revelan un verdadero virtuosismo.





Los elementos de unión más utilizados en construcciones contemporáneas con madera son los siguientes:

**a. Conectores**

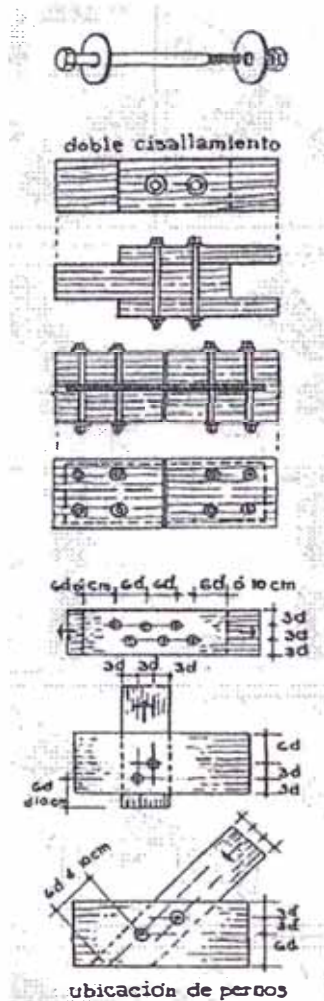
son accesorios metálicos que se introducen en la madera, bien sea en una ranura hecha con fresadora o con simple presión, según el tipo de accesorio. Los conectores permiten involucrar una mayor área de madera en la unión (principalmente de corte). Trabajan con un perno, que asegura la unión y toma una parte de los esfuerzos. Los conectores ensamblan piezas de madera, los medios conectores permiten unir elementos de madera con elementos metálicos.

**b. placas dentadas o tipo gang-nail**

Son placas de acero de 1-2 mm de espesor troqueladas en forma de punta o grapas que penetran con fuerte presión en la madera. La parte no troquelada de la superficie de la placa contrarresta la resquebrajadura de la madera provocada por la penetración de las puntas. La placa debe transmitir a la madera los esfuerzos soportados por las puntas o grapas.

Los topes y los cantos de las piezas de , madera son colocados en la posición a ensamblar, luego las placas dentadas son hundidas a presión simultáneamente por los dos costados. Este tipo de unión requiere menos sección de madera con relación a los ensambles con clavos, en razón de la menor concentración de los esfuerzos en las uniones.

Una variación de este elemento de unión lo constituye la placa de clavos Menig que se compone de finas puntas de acero distribuidas en ambas caras de la placa, que permiten asegurar



una penetración uniforme de los dientes y se ensamblan al centro de las caras de las dos piezas de madera quedando ocultas a la vista

### **c. Cartelas metálicas**

Placas metálicas simples: placas generalmente protegidas contra la corrosión, que están provistas de perforaciones para clavos y trabajan usualmente en tracción. Existen así mismo piezas de diferentes forma. (placas dobladas), para ensamblar piezas de madera con múltiples posibilidades de encuentro en las uniones.

Piezas soldadas: piezas fabricadas con placas soldadas que se fabrican con diferentes grados de complejidad. Existen piezas soldadas estándar en el comercio aunque generalmente deben ser fabricadas según diseños específicos. Este tipo de ensamble es muy común utilizarlo como elemento de anclaje de las columnas al piso.

Piezas de hierro fundido: en ciertos casos las piezas metálicas son reemplazadas por piezas de hierro fundido, justificándose su fabricación cuando se requieren grandes cantidades

## LA EXPERIENCIA EN EL PERÚ

### ANTECEDENTES



En la época prehispánica la madera se utilizó para estructurar techos de edificaciones con cerramientos de piedra.

En el siglo XVI, y durante casi 3 siglos la mayor parte de Latinoamérica conquistada por España y Portugal tenía como material de construcción predominante a la madera, empleada como material estructural de entresijos, techos y segundos y terceros niveles, con caña como material de forro, y el ladrillo y el adobe en el primer nivel.

Para el conquistador, debido a sus raíces tanto árabes como castellanas, la madera era insustituible como material de construcción y combustible. La técnica empleada se denominaba

quincha, aunque el uso de la caña tiene origen prehispánico. Su nombre español,







bahareque (Colombia) o bajareque (Ecuador) alude a un origen moro<sup>1</sup>. Esta técnica se empleó incluso en torres cúpulas y bóvedas, oficializándose en la primera reglamentación oficial respecto al uso de la quincha en 1702, al comprobarse sus características sismo-resistentes como consecuencia de los terremotos que azotaban las ciudades coloniales<sup>2</sup>.

Debido a la dificultad de cruzar la Cordillera de los Andes para comercializar la madera de la selva amazónica, se utilizó el transporte marítimo para el traslado de roble ecuatoriano, cedro de Nicaragua y alerce o cedro de Chile y el mangle, el guarango y el aliso o quishuar, de la campiña limeña. Esta es la razón por la cual las edificaciones coloniales de madera se encuentran en la costa.

Pero con la apertura del Canal de Panamá en 1914 empezó el ocaso del periodo de utilización intensiva de la madera como material de construcción en el Perú, pues fue posible el ingreso masivo de los materiales hoy tradicionales, como el cemento, el acero y el vidrio, así como una mayor comunicación con Europa.

Hoy en día, el uso de la madera se encuentra relegado frente a los tradicionales “materiales nobles”, pero existe un nuevo interés que se traduce en el desarrollo de:

- Institucionalidad
- Normatividad
- Introducción y difusión de nuevas especies madereras y tipologías estructurales.

**CITEmadera** forma parte de la red de Cites, fundados por el Ministerio de Industria, dedicados a diferentes rubros como la industria del calzado y la vitivinícola. Nació para respaldar con tecnología y capacitación a los productores madereros del Perú.

---

<sup>1</sup> Sin embargo, en Gran Bretaña también existe una técnica muy similar llamada Wattle & daub.

<sup>2</sup> Materiales y Metrados N°11: La madera en la construcción. Febrero 1994, página 7.

Tiene una sede en Lima y otra en Pucallpa, por ser zonas que concentran más consumidores y productores de madera, respectivamente. Recibe el apoyo financiero de la Agencia Española de Cooperación Internacional (AECI) y del Servicio Alemán Social Técnico.

Los productores deben tener las herramientas técnicas necesarias para mejorar el trabajo de transformación de madera, sobre todo puesto que con el proceso de concesión de los bosques se espera un gran aumento de la oferta de madera aserrada.

### **La norma técnica de edificación E-102 sobre diseño y construcción con madera**

Desde su oficialización el 2 de Marzo de 1994, la madera pudo contarse como uno más entre los materiales estructurales tradicionales en la industria de la construcción. Gran parte de ella se basa en las investigaciones del entonces Acuerdo de Cartagena.

Está constituido por cuatro partes:

**Generalidades.** Se establecen los requisitos mínimos para considerarse de carácter permanente y otras definiciones.

**Materiales.** Especificaciones para madera y tableros permitidos en edificaciones permanentes, espesores y densidad mínimos.

**Diseño.** Para elementos sometidos a flexión, tracción, flexo-tracción, compresión y flexo-compresión, cargas laterales de sismo o viento, armaduras y uniones.

**Construcción.** Protección contra la humedad, insectos y fuego, y mantenimiento.

**Anexos:** definiciones, normas de materiales y procedimientos citados, lista de especies agrupadas, abreviaturas y símbolos, y bibliografía.

Eventualmente las especificaciones oficiales de calidad, dimensionamiento, serán el estándar en la industria, de modo que se establezca en igualdad de condiciones con los materiales tradicionales.

Además existen más de 130 normas entre las que mencionaremos:

ININVI NTE E. 101. Agrupamiento de maderas para uso estructural. Norma y comentarios.

ITINTEC 251.101. Madera aserrada, defectos, definiciones y clasificación.

ITINTEC 251.102. Madera aserrada, defectos, métodos de medición.

ITINTEC 251.103. Madera aserrada y cepillada para uso estructural. Dimensiones.

ITINTEC 251.104. Madera aserrada para uso estructural, clasificación visual y requisitos.

A continuación se analizaran las aplicaciones en madera mas saltantes:



## SHOWROOM DE LA FÁBRICA DE PISOPAK-PERÚ



La mencionada fábrica se halla ubicada a la altura del Km. 3 de la carretera Central, en el distrito de Ate. Cuando se proyectó la construcción de showroom, entre 1972 y 1973, todos los terrenos colindantes estaban rodeados por sus respectivos muros perimetrales calados o continuos, lo que daba un efecto de anonimato en que la calle y las edificaciones se daban la espalda, estaban totalmente desintegrados. Por otro lado, el proyectar un showroom requería un resultado totalmente diferente a ello, y esto llevó a la estructura de madera que a continuación se comenta.

La edificación, diseñada por el ingeniero Roberto Levaggi consiste en 3 módulos iguales, cada uno de ellos constituido por un hexágono de una luz libre de 8.05 m. entre apoyos y un área techada de 53 m<sup>2</sup>. Cada lado





del hexágono tiene 4.5 m. y un apoyo en ángulo recto de 25 por 4 cm. y 2.45 m. de alto en cada extremo, que al ser unidos forman un hexágono con 6 apoyos dobles unidos a 60° por una de las aristas internas mediante una pletina metálica que fija el poste con la respectiva viga, es una unión empemada con refuerzo exterior. Todo ello esta empemado a una losa de cimentación elevada.



La unión de las viguetas se da canto a canto con rebajo. Sobre éstas descansa el machihembrado del techo, también de pino. Éste presenta algunos ataques puntuales de insectos.

En la zona de ingreso existe una ligera separación entre las viguetas y la viga principal, que no existe en ninguna otra parte de la estructura, presumiblemente debido a que es el lado menos arriestrado, pero la deformación de la estructura es contenida gracias al arriostamiento exterior de las vigas soleras.

La especie que se ha utilizado es el pino oregón chileno, tanto en la estructura como en el machihembrado del techo y como acabado superficial







se le aplicó laca mate (duramat).

En el exterior presenta signos de la humedad, y para contrarrestarlos cada año se hace una limpieza en la parte exterior y como mantenimiento se pasa removedor y se barniza. Se utiliza una mota de lija, vidrio para escarapelar y se da el acabado con barniz y lija para que no brille.

El entablado tiene cubierta de tejas y en la parte más alta de cada módulo se ha ubicado una teatina, garantizando así el confort térmico de la edificación y la evacuación de los gases tóxicos en caso de incendios<sup>1</sup>. La fachada posterior es de albañilería, pero ésta funciona simplemente como tabiquería, al ser toda la estructura, vigas y columnas de madera. La fachada principal que da a la carretera central es vidriada y, las vigas se prolongan en volado de un metro, y con una cartela se les ha emperado una pieza ascendente de las mismas dimensiones, que se unen a modo de alero, y que como remate resulta efectivo, como se aprecia en la fotografía del frente.

---

<sup>1</sup> Como se recomienda en la Sección II, Capítulo 6, parte 6 del “Manual de Diseño para maderas del Grupo Andino” de la Junta del Acuerdo de Cartagena PADT-REFORT, sobre protección por diseño contra incendios mediante la previsión y control utilizando sistemas de ventilación.

## FÁBRICA DE MUEBLES ESTUDIO 501

LABORATORIO ANDINO DE INGENIERIA DE LA MADERA DE I.N.I.N.V.I.

MOLINOS TAKAGAKI



La Junta del Acuerdo de Cartagena, como parte de sus actividades de difusión, introdujo en nuestro medio al igual que en los otros países miembros del Acuerdo, el empleo de un sistema estructural que consiste en una serie de pórticos triarticulados, el mismo que fue aplicado en la selva y en otros países en la edificación de postas médicas e iglesias, como fue el caso en Colombia.

La aplicación que se dio en L.A.D.I.M.A. consta de dos series de los mencionados pórticos: una alberga el taller de Investigación de Carpintería y el otro, de mas altura se ha reservado para el ensayo de columnas. A este local pertenecen las fotos del proceso de construcción. La luz libre es de 15 m.

Cada pórtico esta formado por dos medios pórticos unidos en la cumbre y a los apoyos mediante una unión mecánica articulada. A su vez, cada medio pórtico consta de 2 capas de entablado de madera a 45° en los dos sentidos, todo ello con cuerdas dobles que amarran el conjunto a modo de sándwich. El elemento de arriostamiento principal de la estructura lo constituyen dos





armaduras de diagonales simples y cuerda superior e inferior doble, ubicadas a cada lado de la sucesión de pórticos y unidas mediante pletinas metálicas. La unión entre los pórticos y las correas se da a través de una pieza doble apoyada canto a canto con rebajo al pórtico, que sujetan los extremos de las correas. Sobre éstas descansa la cubierta que es de calamina. Para estabilizar el conjunto se colocaron tensores en las diagonales.

La fábrica de muebles Estudio 501 fue construida en 1978 por el arquitecto Renato Maurtua. Se encuentra emplazada en el Km. 2 de la Carretera Central. En la actualidad solo funcionan las oficinas en el local, encontrándose el ambiente en estudio, la fábrica propiamente dicha, en desuso. Esta se erigió en un segundo nivel, sobre unas oficinas edificadas utilizando el sistema tradicional, y consta de una serie de 5 pórticos de una luz aproximada de 14 m. Tanto la fachada principal como la cubierta del techo es de calamina, mientras que unos paneles entramados con entablado de madera constituyen los cerramientos laterales. Las armaduras coinciden esta vez con la cubierta, sirviendo como apoyo y las pletinas las unen a los pórticos.

La que fue la tercera aplicación se encuentra ya desaparecida. Se ubicaba a la altura del Km. 13 de la Panamericana Norte y con aproximadamente 25 m. de luz libre, era la mas amplia de las tres. Lamentablemente, con el cierre de la fábrica se derribó la estructura para dar al terreno uso comercial, con la edificación





del Centro Comercial Construccenter, que se inauguró en diciembre del 2002. Este hecho trae a colación la importancia que tiene la conservación de las estructuras de madera existentes, mas aun tratándose de tipologías singulares en nuestro país, que pertenecieron a un proceso de introducción de un sistema constructivo, pues esto permite el estudio del comportamiento versus el tiempo y de la conservación de las estructuras de madera.



## LA CASA DE PLAYA



Este es una categoría típica

En el particular contexto de los años '80, se popularizó en la burguesía limeña la edificación de proyectos tales como la Casa Gezzi en la playa La Barca, por el arquitecto Juvenal Baracco, en los cuales ellos encontrarían un escape de la violencia terrorista y la crisis económica y social.

El resultado serían casas de estilo vernacular, de fácil mantenimiento, gran efectividad y de inversión relativamente baja mediante el empleo de materiales lugareños, tales como la caña y el eucalipto. Inspiradas en la casa patio de la colonia o en el templo prehispánico, pudieron materializarse en este contexto<sup>1</sup>.

La casa de playa como símbolo de estatus estaba dirigida al sector poblacional capaz de financiar la obra privada y la urbanización de nuestro litoral.



En una época de crítica a la



<sup>1</sup> José Beingolea del Carpio, *Arquitectura Peruana Moderna*, 2002.

modernidad, la inspiración idónea sería la tradición y el contexto y la madera y la caña materiales ideales para materializar la diferencia entre las edificaciones en parajes idílicos y la arquitectura urbana tradicional.

Mas tarde el material no se limitaría a las afueras de Lima sino que se proyectarían viviendas de presupuestos más elevados en zonas urbanas residenciales, en las que se hace uso de la madera para estructurar techos de grandes luces y obtener un efecto de elegancia así como calidez.

Así como en la colonia se empleaba madera en edificaciones a lo largo de la costa por razones de disponibilidad del material, hoy se sigue empleando la caña en viviendas particulares, para el arrendamiento o para el hospedaje.

El sistema estructural que mas se emplea es el sistema de entramado en techado de terrazas y es común el uso de la caña, como se puede apreciar en los ejemplos.





## LA EXPERIENCIA DE LAS MALVINAS 1985

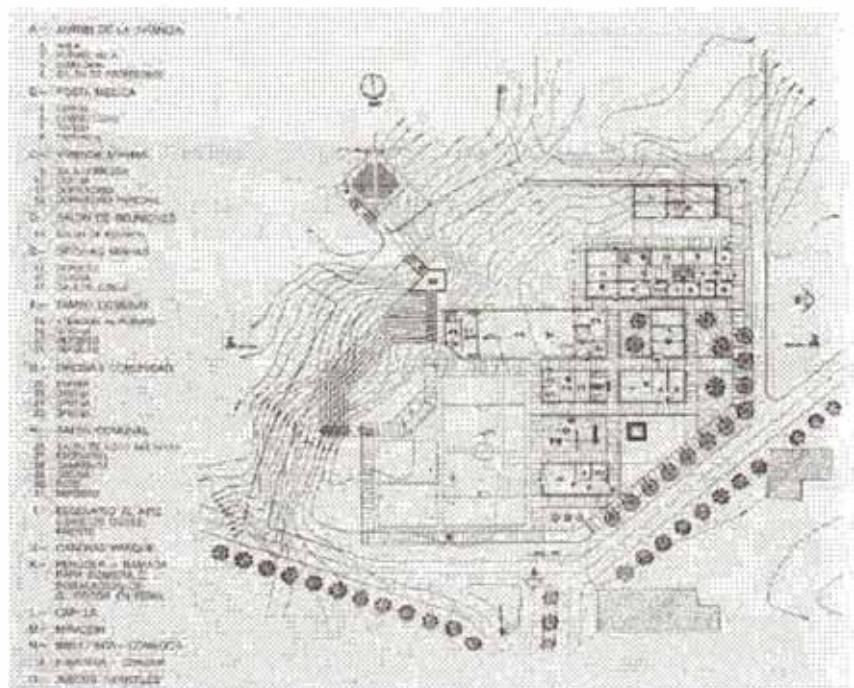


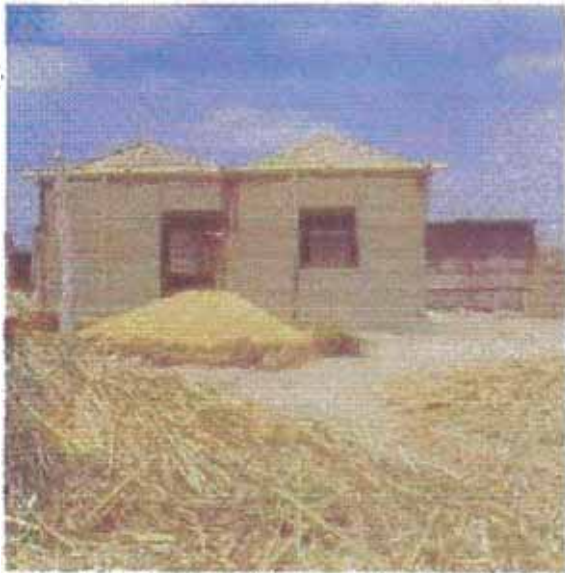
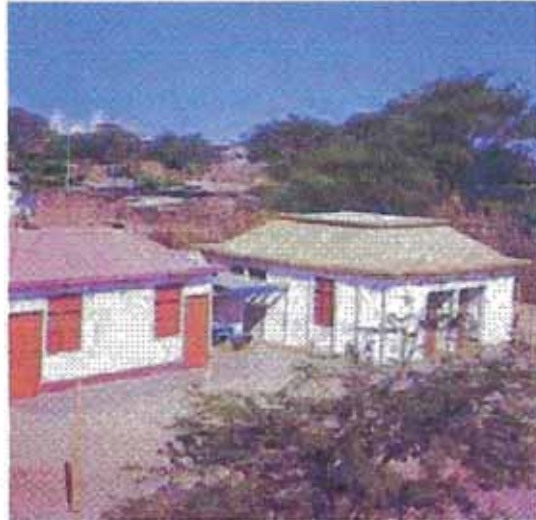
Los siguientes ejemplos, aun cuando han sido construidos fuera de Lima, son mencionados debido a que son ejemplos típicos de desarrollo de la vivienda social, y la experiencia del desarrollo y prototipo del mas reciente de ellos pudo apreciarse en la capital.

En diciembre de 1982 el fenómeno El Niño provocó lluvias que se prolongaron por cinco meses. Dos mil quinientas personas tuvieron que salir de las zonas inundadas y así se originó el 4 de abril de 1983 el asentamiento humano Las Malvinas en el distrito La Arena, en Bajo Piura.

La ONG Movimiento para la Realización del Hábitat Social (MIRHAS-PERU), creada por los arquitectos Eliseo Guzmán y Emilio Luisoni, fue la entidad encargada de coordinar y ejecutar la ayuda en el sitio. Se elaboró el proyecto Hábitat las Malvinas. Con la ayuda del diario "La Suisse" se realizó una colecta pública en la ciudad de Ginebra y se obtuvo financiamiento del pueblo de Ginebra y del Consejo de la Ciudad de Ginebra.

Lo que se buscaba era una respuesta a la problemática de los asentamientos populares a través de la autoconstrucción, para que a través de ella se establezcan vínculos en la familia y la comunidad, mientras se





implementaba una red de servicios básicos. Debía utilizarse materiales, técnicas y recursos locales para reducir gastos de transporte y promover soluciones de bajo costo frente a los problemas energéticos locales. Se identificarían materiales, lugares y formas de extracción además de enseñar técnicas de autoconstrucción, formar talleres e impulsar micro industrias. De esta manera se crearían fuentes de trabajo.

En el aspecto arquitectónico urbanístico, ellos se encargarían de cubrir los aspectos de la concepción y realización del equipamiento urbano; de dar soluciones para la mejor utilización de lotes y espacios, asistencia técnica, de asesorar a las autoridades para la realización de los servicios de infraestructura, y finalmente formar y orientar técnicos.

Los materiales que se emplearon fueron:

- Yeso
- Cal





- Caña de Guayaquil (bambú)
- Caña brava
- Carrizo
- Conchuela (yapato)
- Barro
- Cáscara de arroz (tamo)

Como el terreno era de arena lo apropiado eran construcciones livianas para evitar cimentaciones profundas. Entonces las columnas requirieron zapatas, mientras que los cimientos y sobrecimientos de los muros sólo se limitaban a aislar la humedad del exterior, pues las paredes cuelgan de las columnas. Con un entramado de Bambú se hace la estructura de los módulos de 3.3 m. por 3.3 m., dimensión que corresponde a la de los materiales. Los techos consisten en unas cúpulas de bambú o eucalipto con un tejido de carrizo, de base cuadrada, que corresponde a la dimensión del módulo, que eliminan el uso de viguetas y cuyas cargas se transmiten a la base.

Todas las superficies son, finalmente revestidas de barro, conchuela o cemento. La protección de la caña varía según el lugar.

Se creó un fondo rotatorio para pequeñas empresas y talleres, y el Programa de Autoconstrucción de Viviendas (PAVi), con créditos, préstamos de materiales y herramientas, y seguimiento y asesoramiento, todo administrado por los propios vecinos

En el período comprendido entre septiembre de 1985 y diciembre de 1986, es decir en 16 meses se ha ejecutado el Núcleo Social que comprende jardín de la infancia, puesto de salud, sala de reuniones, servicios higiénicos y oficina y vivienda para MIRHAS- PERU .

Adicionalmente se ha edificado otros dos jardines de infancia, biblioteca, anfiteatro exterior y juegos infantiles.

Estas construcciones han sido realizadas en quincha, dentro de un sistema constructivo recreado a partir de las tradiciones locales en cuanto a materiales, técnicas y mano de obra.

Además se han organizado pequeñas empresas para fabricación de cal, yeso, comercialización de caña, etc. De otro lado se han desarrollado artefactos como cocinas, calentadores, etc., con energía solar y eólica.

El Proyecto Habitat Las Malvinas obtuvo premios nacionales e internacionales sobre vivienda social.

Más tarde, en abril de 1988 la Comunidad Campesina San Juan de Catacaos, que agrupa 27 asentamientos humanos, entre ellos Las Malvinas, suscribió una Declaración de Principios de Cooperación con MIRHAS-PERÚ, para la elaboración de un proyecto de apoyo a 8 asentamientos denominado "Proyecto Hábitat los Tallanes". También se han realizado experiencias puntuales en Sullana: Local comunal en el Distrito de Bellavista; en Chulucanas: Núcleo Social en Malinguitas; en La Arena: Comedor Infantil; y existen más solicitudes de apoyo en la región y en otras zonas del Perú para la aplicación de la metodología planteada.





## PROYECTO PICHIS PALCAZU 1988

Este proyecto es la siguiente versión del proyecto Ciudad Constitución, cuyo diseño arquitectónico fue elaborado por el equipo técnico del Programa IV-PRID de la Junta del Acuerdo de Cartagena. En esta etapa se han introducido algunas modificaciones para hacer más práctico el sistema. Se realizó un programa de 65 viviendas prefabricadas, patrocinado por el Proyecto Especial Pichis Palcazu y el Banco de Materiales, utilizando materiales locales. Debido a su reducido costo y al método constructivo, deberían promoverse iniciativas similares en zonas de características geográficas similares así como para otros climas del Perú.

Son responsables técnicos el Ing. Nikita Hidalgo Alvarado y la arquitecta Nancy Rioja Flores.

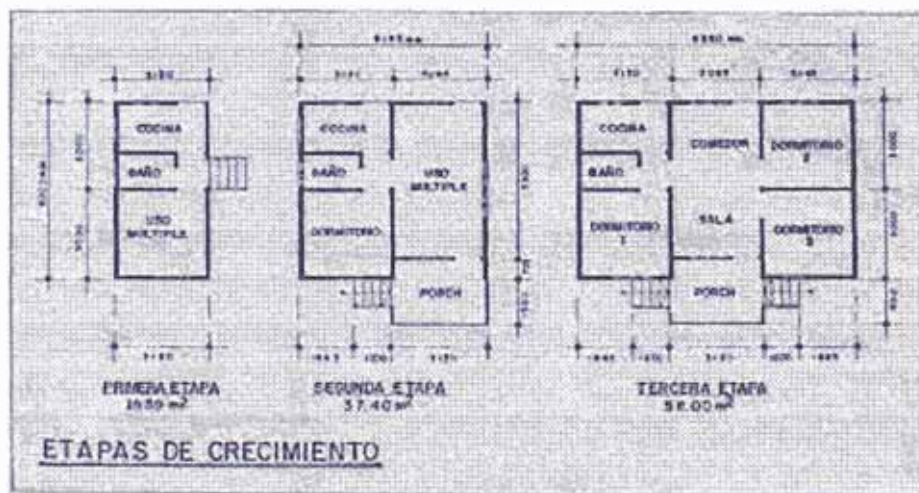
Según el convenio, el PEPP y el BANMAT, el primero vende los elementos prefabricados que constituyen paquetes constructivos completos, conjuntamente con planos, un expediente técnico y la cartilla para la autoconstrucción.

Se pone especial interés en la utilización de especies forestales tropicales seleccionadas mediante un detenido estudio, que son según las funciones específicas:

- tornillo
- moena
- huayruro
- mashonaste
- cachimbo
- requia
- copaiba

Aunque los paquetes constructivos no

tienen elementos pre-armados, como es de rigor en la construcción prefabricada, el sistema se basa en la preparación en taller de cada una de las partes del proyecto, con lo cual se aprovechan las ventajas de la producción industrial, eliminando en la obra la iniciativa artesanal o por lo menos gran parte de ella, asegurando así una gran



uniformidad en la calidad final, ejecución rápida y bajos costos. La calibración y carpintería fue hecha en los talleres de la Unidad Social de Asuntos Nativos (USAN)<sup>1</sup>.

Las unidades de vivienda tienen las siguientes áreas:

- Primera etapa: pasadizo, estar-dormitorio, cocina y baño 18.59 m<sup>2</sup>
- Primera ampliación: adición de un porche y una sala-comedor 3'7.40 m<sup>2</sup>
- Diseño completo: añade dos dormitorios, se alcanza 56.00 m<sup>2</sup>

Se recomienda para la vivienda un lote de 10x20 metros, suficiente para la implantación holgada de la vivienda y una adecuada ventilación, considerando el clima tropical.

La vivienda está levantada del suelo por medio de rollizos de madera a fin de permitir el escurrimiento del agua de lluvias y de aislar la vivienda de los insectos destructores de la madera. Para ello, cada uno de los pilares lleva un protector metálico que impide el acceso de termitas subterráneas. Toda la madera está tratada y protegida contra la humedad, insectos y hongos por medio de adecuados preservantes. Sobre el piso de madera se levantan los paneles de los muros, cuidando que en su colocación se arriostren entre sí. Sobre ellos se colocan las soleras de amarre y correas del techo a dos aguas. Los muros, en el sistema original construido en Ciudad Constitución, se rellenaron con pona batida y tarrajeo de cemento-arena. En el proyecto modificado se ha optado

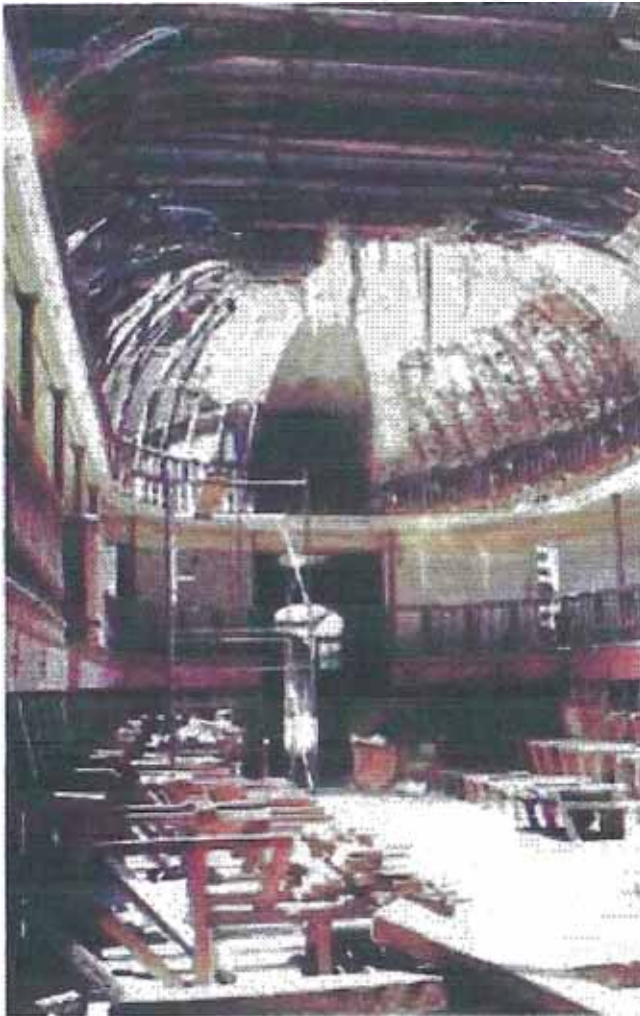


<sup>1</sup> Medios de Construcción n°22, "Viviendas prefabricadas en la Selva Central", agosto a septiembre de 1988.

por cerrar los muros con machihembrado de madera. En forma paralela al revestimiento de los paneles se realiza el tendido de redes y conductos eléctricos y sanitarios. Los techos se recubren con calamina de fierro galvanizado, fijada con clavos especiales calamineros. El piso, por último, es de madera en toda la extensión de la vivienda y sólo en el baño recibe una capa adicional de concreto de 4 centímetros, convenientemente impermeabilizada por medio de una lámina de polietileno de 1.5 cm.

Para una vivienda de segunda etapa (37,40m<sup>2</sup>) se requieren 3200 pies tablares. Los demás materiales son de menor monto: 14 tubos para luz, 7 bolsas de cemento, una de cal, un inodoro de tanque alto, un lavatorio y un lavadero, así como conexiones y accesorios.





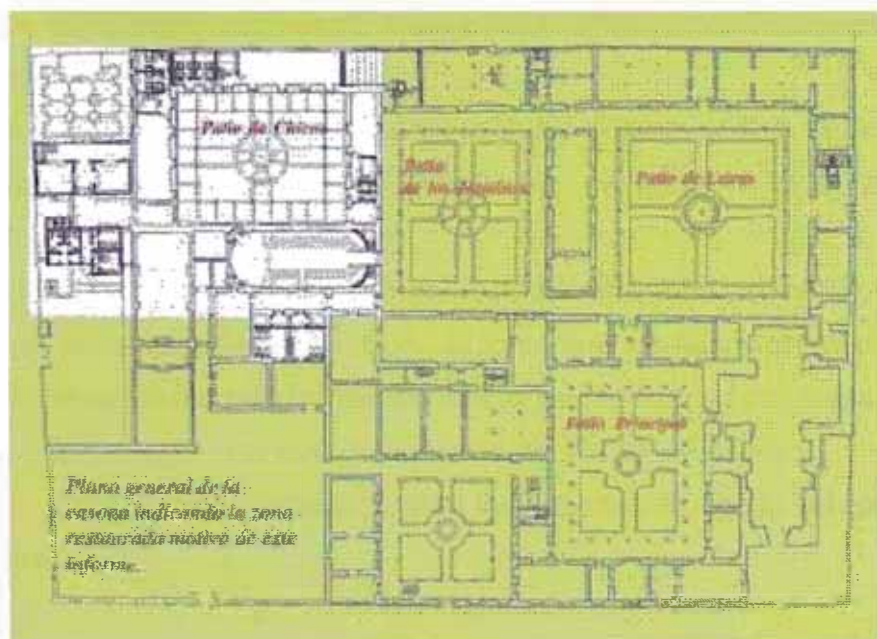
El siguiente ejemplo se ubica en el área de la restauración.

La restauración de la Casona se inició en 1992, dentro del Programa del AECI y en trabajo conjunto con el Instituto Nacional de Cultura y la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, realizándose con fondos españoles y de la universidad. Estuvo a cargo del arquitecto Correa y del arquitecto Reinhart, el cual nos dio acceso a la información que sigue.

La intervención ha sido desde el comienzo muy compleja así como la constante toma de decisiones tanto por la falta de documentación sobre los cambios sufridos a lo largo de 400 años de

historia y la necesidad de adecuar la edificación a su función como centro cultural:

con áreas para ballet, biblioteca, folklore y teatro<sup>1</sup>. Debido a la presencia de diferentes estilos, y a los ambientes continuamente añadidos, incluso mediante la ocupación de patios, se corrieron



<sup>1</sup> Medios de Construcción n°168, "La Restauración de La Casona de San Marcos", Pág. 31.

columnas, el resultado fue que la configuración original se había perdido y se dañaron lenguajes. Además con el paso del tiempo las redes sanitarias filtraron en estructuras de madera

y se deterioraron los muros que estaban asentados directamente sobre el terreno húmedo<sup>2</sup>. Otro problema era que los muros de adobe, todos de espesores heterogéneos,

estaban simplemente adosados en las esquinas. Al retirar el revoque se recuperaron vanos escondidos y otras antiguas modificaciones.

La evaluación inicial determinó la necesidad de

reemplazar el 90% de las estructuras de madera.

Los entrepisos de madera fueron totalmente sustituidos<sup>3</sup>, pues el 40% de las viguetas estaba afectados por los xilófagos, perdiendo en gran medida su capacidad portante.

Las columnas, por su parte se encontraban afectadas por la humedad y los xilófagos y tuvieron que ser sustituidas en un 50%. Al igual que los falsos arcos de caña, las columnas de éstos, de madera tarrajada fueron reemplazadas por piezas de madera maciza de tornillo sobre una losa de concreto de 10 cm. de espesor.

En las viguetas de pino, lo mas afectado eran las cabezas de apoyo debido al contacto con el adobe.



<sup>2</sup> Aún cuando en aquella época era práctica común asentar los muros sobre un cimiento de piedra y cal.

<sup>3</sup> Conservando, sin embargo un paño original como testigo del sistema constructivo de la época.



Las especies de madera utilizadas en la restauración fueron:

- Huayruro
- Shihuahuaco

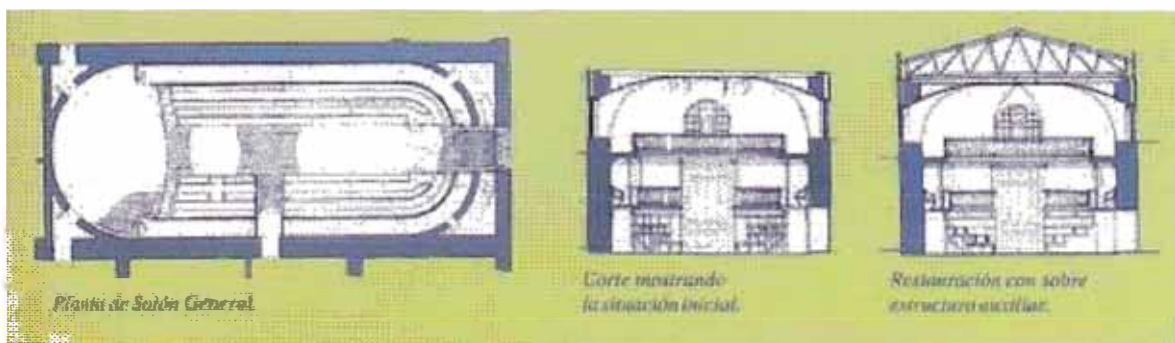
Que, además de las piezas que se rescataron fueron debidamente preservadas y para evitar posteriores filtraciones, las instalaciones sanitarias se independizaron de los muros.

El Salón General fue abandonado desde los años 70 debido a su mal estado. El espacio es interesante; de planta rectangular rematada en semicírculo a manera de ábside, con galerías de madera en tres niveles a lo



largo de sus lados, con una cubierta de cerchas de madera y falso techo conformando una bóveda colgada esquifada realizada en quincha, interceptada con las lunetas de las ventanas laterales. Este salón estaba muy degradado, la pérdida de la cubierta había dejado la vigería y la estructura de la bóveda expuestas a la intemperie y por tanto también todos los elementos interiores de madera que, además atacados por insectos, presentaban acelerados procesos de pudrición. Fue necesario reemplazar íntegramente la bóveda.

La intervención propuso la consolidación estructural la protección de la cubierta de modo que se considerara su fácil mantenimiento. La grieta que presentaban dos muros en el amarre se controló con un tensor, se reemplazaron las vigas en mal



estado y se diseñó una sobrecubierta ventilada, donde se ubicaron las instalaciones eléctricas que, a la par permite el mantenimiento periódico del encañado, evitando la formación de microorganismos y alcanzando un gran mejora en las condiciones climáticas.

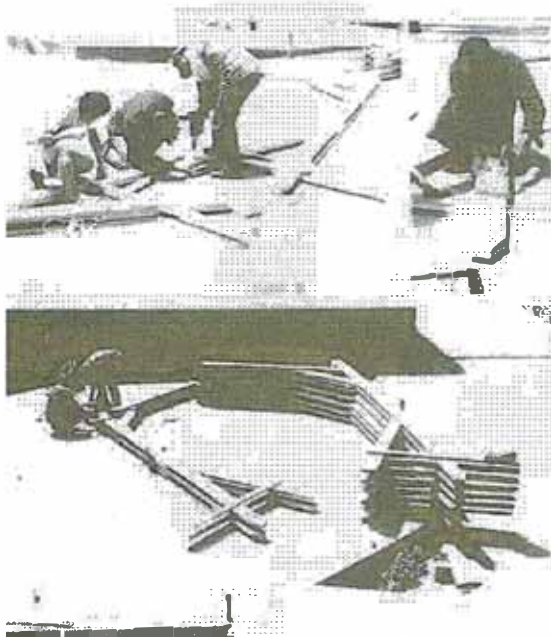
Se calzaron los muros y se realizaron drenes para aislar la humedad del suelo. La carpintería de las galerías fue restaurada conservando los elementos originales y las instalaciones eléctricas se replantearon íntegramente.

La intervención del Salón General tomó dos años, se terminó en 1994.

El Salón de Grados de Nuestra Señora de Loreto, antes Capilla de los Jesuitas , es una bóveda trilobulada que sufrió en el pasado un recorte en dos tramos con el fin de eliminar un mural de San Ignacio de Loyola y todo vestigio de ellos. Se recurrió a un artificio para simular la recuperación del espacio, con la colocación de un espejo que da la ilusión de continuidad a la bóveda.

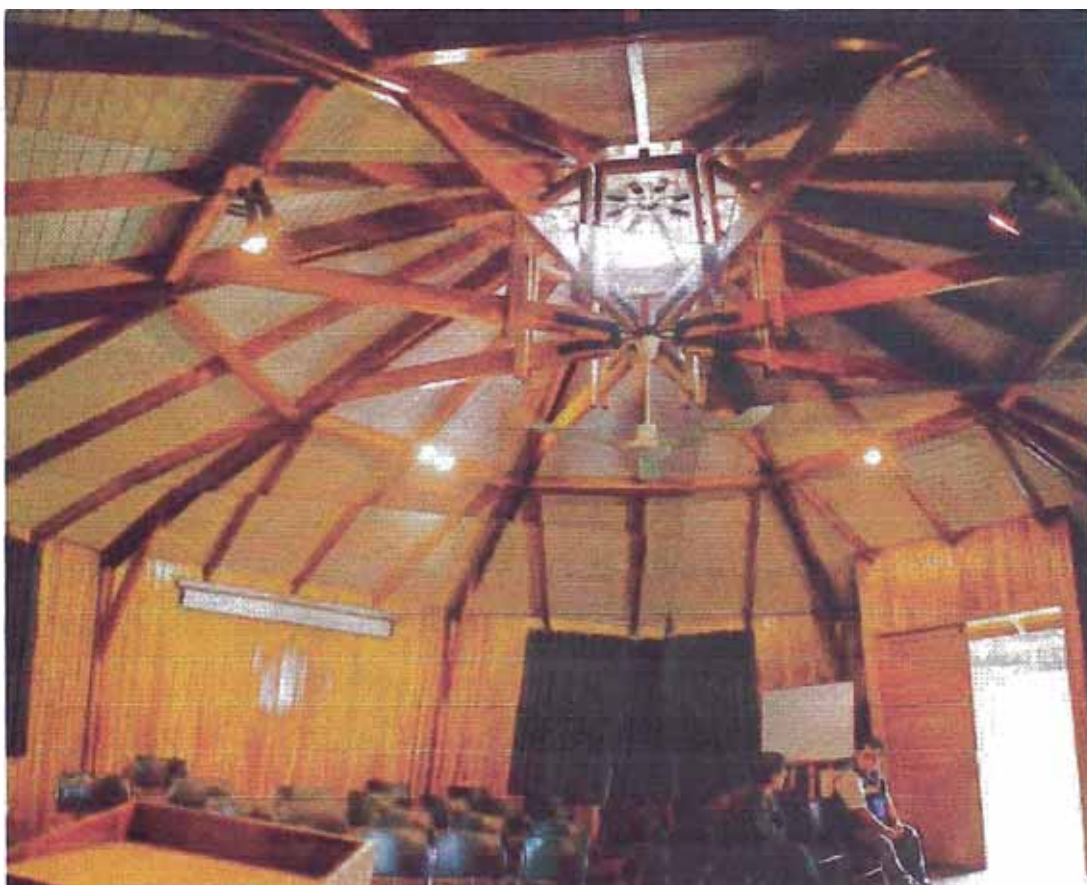
El sistema estructural de la bóveda es igual al original, compuesto por cerchas de madera y correas de cuero de chivo, apoyadas en las pilastras de madera originales. Por seguridad, sin embargo, se ha colocado unos apoyos metálicos alternativos por si en alguna ocasión llega a fallar la estructura. Además, en el segundo nivel se ha dejado una abertura que sirve de registro del sistema estructural.

## SALA DE USOS MULTIPLES DEL DEPARTAMENTO DE INDUSTRIAS FORESTALES DE LA UNIVERSIDAD AGRARIA LA MOLINA 1992

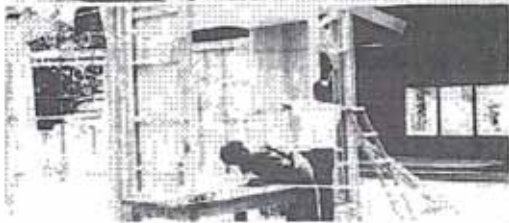


Esta obra es un prototipo demostrativo de madera, como parte de un proyecto para promover la utilización de nuevas especies forestales peruanas en la construcción. Este proyecto cuentan con la aprobación de la Organización Internacional de Maderas Tropicales (OIMT) y es parte de un convenio entre la Cámara Nacional Forestal y de Fauna del Ministerio de Agricultura, que se viene desarrollando desde 1990. De esta manera se mejora el aprovechamiento del bosque, la explotación resulta mas

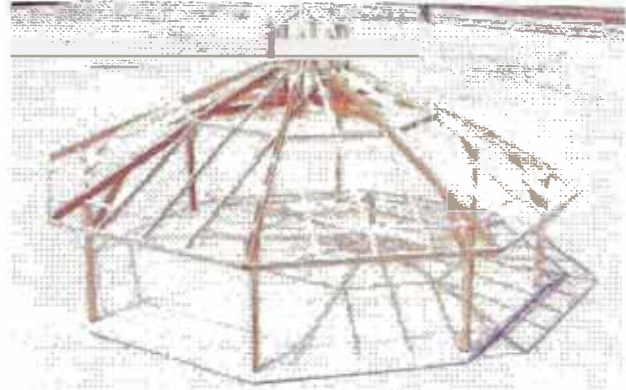
económica, se hace posible una reforestación permanente y un manejo sustentable del recurso forestal. El aprovechamiento industrial de dichas especies producirá un







intermedios, es de propósito multifuncional, dado que esta constituida por un solo ambiente. madera fue aserrada y secada en las instalaciones de la Empresa Industrias Forestales la Marginal Pucallpa y fue habilitada y preservada con el método de presión, en la Empresa Maderera S.A. de Lima. El proceso de fabricación y montaje se realizó a

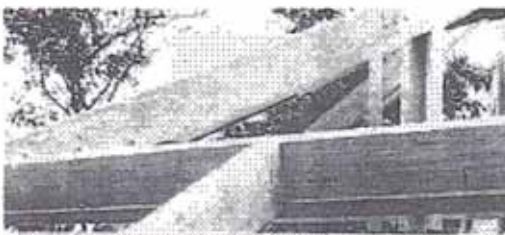


alza de la tasa de productividad a 40/50 m<sup>3</sup> por Ha., comparado con la actual tala selectiva que solo rinde 10/15 m<sup>3</sup> por Ha.

Las nuevas especies que se aplicaron en el prototipo para promover su incorporación en el mercado son: la manchinga, el cachimbo, la panguana, el oje rosado, oje renaco y capirona.

La edificación tuvo lugar durante el curso de capacitación de construcciones demostrativas de madera el 22 de abril de 1992 mediante la coordinación del Centro Latinoamericano de promoción y Desarrollo de la Madera (CAMBIUM) en la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

La edificación, por ofrecer una luz sin apoyos



La  
horno, en  
S.A. de  
vacío-  
Sullana  
pie de

obra utilizando la carpintería de la Facultad de Ciencias Forestales de la UNALM. El



proceso de erección y montaje se realizó en forma manual, empleando un



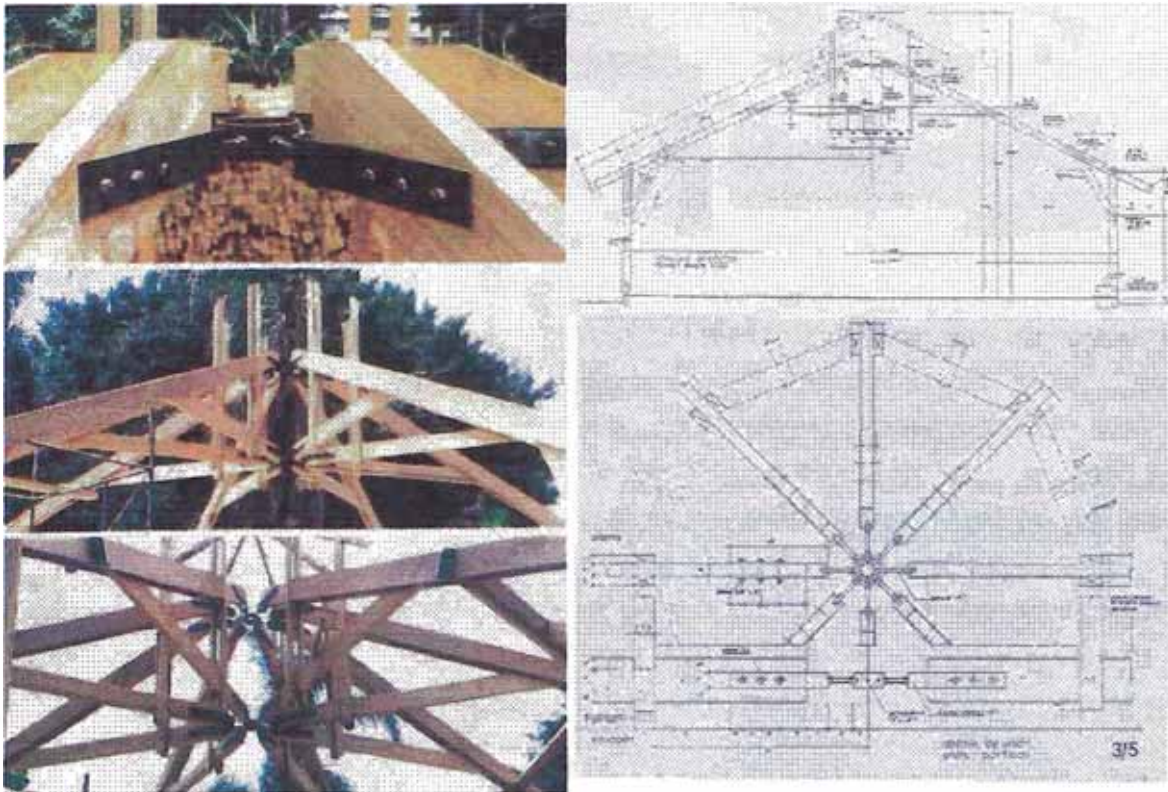
andamiaje central.

La planta de la edificación esta constituida por un octógono techado por pórticos ligeros semi-articulados de una luz libre de 9 metros entre apoyos.

La estructura del octógono se construyó sobre una losa de cimentación de concreto de 12 cm de espesor elevada a 35 cm del suelo. Los pórticos de madera estuvieron simplemente apoyados en anclajes consistentes en tubos metálicos de 45 cm de longitud y 5 cm de diámetro, rellenos de concreto y empotrados 20 cm en la cimentación. A efecto de impedir el posible humedecimiento de las columnas de los pórticos, estas se distanciaron 5 cm de la cimentación. Del mismo modo, las soleras inferiores de los paneles de muro, estuvieron debidamente protegidas por la aplicación de preservantes a base de sales arsenicales.

El octógono está integrado por 8 medios pórticos compuestos de columnas, cuerdas superiores y elementos de arriostre, que se apoyan en el centro de la luz, en un anillo metálico que soporta los esfuerzos de compresión de las cuerdas. En otro anillo ubicado en un plano inferior y paralelo al primero, se neutralizan los esfuerzos de tracción de los tirantes ubicados en el tercio superior de las cuerdas.





El elemento de arriostramiento principal de la estructura, lo constituye una viga perimetral de 40 x 140 mm. unida mediante pletinas metálicas, que se ubican en el centro de las cuerdas superiores y cumplen la función de estabilización de la estructura, conjuntamente con los paneles de muro y los machihembrados de pared y de techo. De este modo se garantiza el adecuado comportamiento sismo-resistente de la estructura ante sollicitaciones de cargas laterales.

En la cumbre del octógono se colocó una teatina



para garantizar el confort térmico de la edificación<sup>1</sup>.

El volumen de madera utilizado para la estructura principal y secundaria fue aproximadamente de 3,600 pies tablares.. lo que representó un consumo promedio de 60 pt/m<sup>2</sup>.

Este prototipo demostrativo tiene un área techada de 62 m<sup>2</sup> y un costo de 180 dólares /m<sup>2</sup>. En el proceso de fabricación y montaje de los elementos estructurales y de revestimiento se utilizaron 1280 horas-hombre, todo lo que tomó un día, de acuerdo a los siguientes cuadros<sup>2</sup>:

PROCESOS	HORAS/ HOMBRE	% DEL CONSUMO DE MANO DE OBRA
Fabricación de elementos y componentes	104	8.1
Montaje de la estructura	374	29.2
Colocación de machihembrado de muros y techos	802	62.7
<b>TOTAL</b>	<b>1280</b>	

UTILIZACIÓN	TIPO DE MADERA	PIES TABLARES
Estructuras	Manchinga Cachimbo Panguana	1600
Machihembrados exteriores e interiores de muros y techo	Cachimbo Panguana Ojé renaco Ojé rosado	2000
Revestimiento del piso con parquet	Capirona	260
<b>VOLUMEN REAL</b>		<b>3860</b> (62 pt/m <sup>2</sup> )

<sup>1</sup> Ver planos adjuntos del "Proyecto ITTO PD 37/88 revisión 3. Utilización Industrial de Nuevas Especies Forestales en el Perú . Fase II. Programa de Promoción Comercial. Construcciones Demostrativas con Madera" y "Curso de Capacitación de Construcciones Demostrativas en Madera" de la Cámara Nacional Forestal y la Organización Internacional de las Maderas Tropicales.

<sup>2</sup> Medios de construcción n°73, "Utilización de nuevas especies forestales en construcción demostrativa", noviembre-diciembre de 1992, Pág. 16,17.



## DEPOSITO DE LA MUNICIPALIDAD DE BARRANCO



En los ejemplos anteriores se utiliza la madera para estructurar muros y techado, en este caso la Municipalidad de Barranco requería no solamente el cerramiento del espacio, sino estructurar además un entrepiso para la función de depósito en un segundo nivel.



El resultado fue una construcción mixta, pues se conservaron las columnas de concreto existentes que estaban distribuidas en la mitad de la superficie destinada al proyecto, sobre ellas se edificó el segundo piso y finalmente se techó ambas superficies. El ambiente a doble altura fue techado a una agua, generándose un desfase en el techo



para dotar de iluminación natural y ventilación. Esto a su vez servirá de protección en caso de incendio, como se recomienda en la protección por diseño en el Manual del Acuerdo de Cartagena.

Las vigas son dobles, entre ellas se han clavado patas de gallo para acortar la luz. Lo mismo se realizó en la sección en voladizo.

Las uniones son clavadas sin refuerzo, y sobre ello van las vigas simples del entepiso en un encuentro canto a canto y luego el entablonado.

En el segundo nivel las vigas cambian de sentido para techar el depósito elevado y el espacio a doble altura. Las viguetas se apoyan en el muro perimetral, la viga cumbre y las vigas paralelas a ella, sosteniendo la cubierta de calamina.

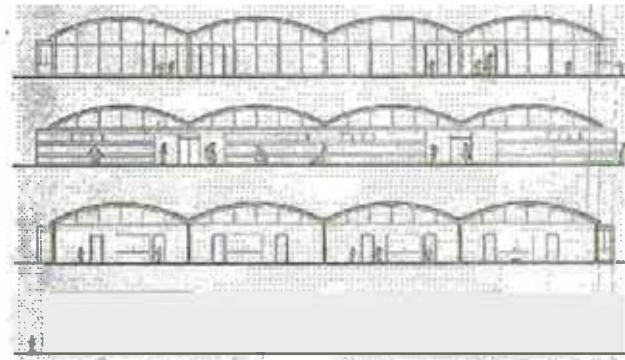




## PABELLÓN DE LA SECCION PRE-ESCOLAR DEL COLEGIO PESTALOZZI 2002



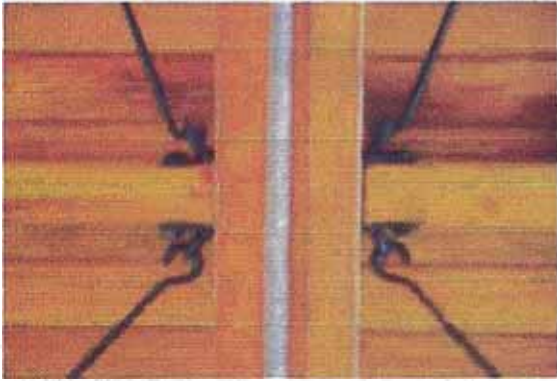
El siguiente es un ejemplo particular al haber sido acreedor de un premio en la categoría de servicios y espacios públicos en el Primer Concurso de la Cerámica en la Arquitectura Moderna convocado por la fábrica de cerámica Celima en el año 2002.



El conjunto en el que se inserta este proyecto, fue construido en 1947 por los arquitectos Carlos Morales y Ernesto Montagne, la ampliación estuvo a cargo de los arquitectos Juan Reiser y Pedro Belaunde.

la Asociación Colegio Pestalozzi optó por una estructura de madera laminada, lo cual demandaba presupuestos mas elevados pero ello quedaba plenamente justificado, debido a su ubicación y al mercado al cual se encuentra dirigido, el ambiente contaría con una mayor aceptación que el sistema tradicional. Es por ello que frente a unas clásicas aulas de concreto se decide invertir en un diseño de





forma más llamativa sin dejar de lado la sobriedad y apelando a la cálida textura del material expuesto: el grano de la madera y las formas curvas.

El sistema constructivo elegido ofrecía además un plazo de ejecución mas reducido, lográndose un plazo de ejecución a 3 meses, y con ello el costo de la mano de obra directa en un 70%, pues se trasladó parcialmente a la industria o a los talleres respectivos. Se ahorra el encofrado mediante el uso de albañilería de concreto, bloques de arcilla, y viguetas pre-tensadas en el aligerado de los ambientes secundarios<sup>12</sup>.

El pabellón pre-escolar está conformado por dos secciones: pre-kinder y kinder, que está a su vez conformada por un hall de acceso, los SS.HH. para niños y niñas, y dos aulas de 10 m por 10 m con un espacio de usos múltiples.

El techo de madera fue prefabricado e instalado por el arquitecto Takahashi. Cada techo consiste en una serie de 10 vigas laminadas curvas de madera

<sup>1</sup> Medios de construcción n°168, año 2002, Pág. 20. "Primer Concurso: La Cerámica en la Arquitectura Moderna. Premio categoría servicios y espacios públicos"

<sup>2</sup> Arkinka n°76, marzo 2002, Pág. 12 "Kindergarten Colegio Pestalozzi".





shihuahuaco<sup>3</sup>, una de cada tres está unida a la base de las dos vigas colindantes y de extremo a extremo mediante tensores. Las vigas se apoyan en los muros de albañilería de concreto y bloques de arcilla, y son empemadas a las vigas del aula contigua con una pletina. Así, el entablado de madera shihuahuaco machihembradas se va apoyando a lo largo de los cuatro sistemas estructurales, donde a su vez descansan planchas de styropor con una cara de fibrocemento y cubiertas por tejas asfálticas de color verde botella. La gran área del aula permite adaptar el espacio de acuerdo al uso deseado. La estructura de madera del techo junto con el piso laminado, contrasta con la textura natural de los bloques de los muros y el frente vidriado integra visualmente interior y exterior.



<sup>3</sup> Cabe recordar que el Shihuahuaco es una especie maderable que debido a su gran resistencia no necesita de mantenimiento.

## PLANTA DE LA SEDE EN LIMA DEL CENTRO DE INNOVACIÓN TECNOLÓGICA (C.I.T.E.) DE LA MADERA 2002



El C.I.T.E.madera es una institución que realiza la promoción tecnológica del procesamiento de la madera en sus diferentes estadios, respalda con tecnología y realizan capacitación de los productores modernos del Perú y la difusión de los procesos de fabricación tecnológicos de la madera.

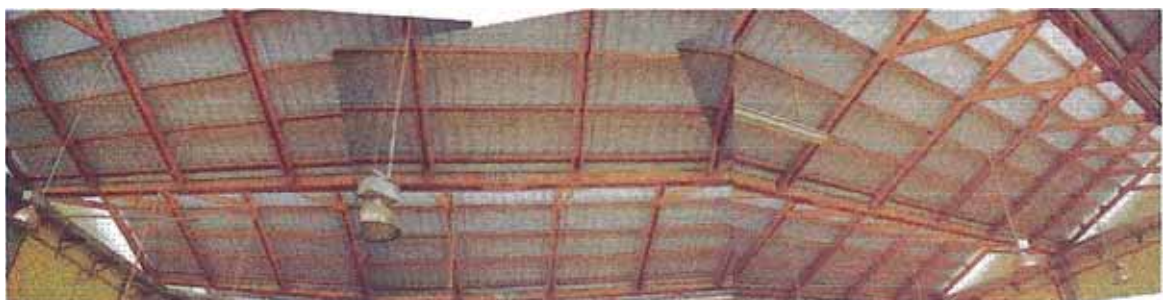


Esta edificación es un proyecto muy reciente y a la vez singular, pues el diseño fue producto de un concurso, y debido a la función que albergaría, se planteaba la necesidad de que el proyecto sea el reflejo de la labor

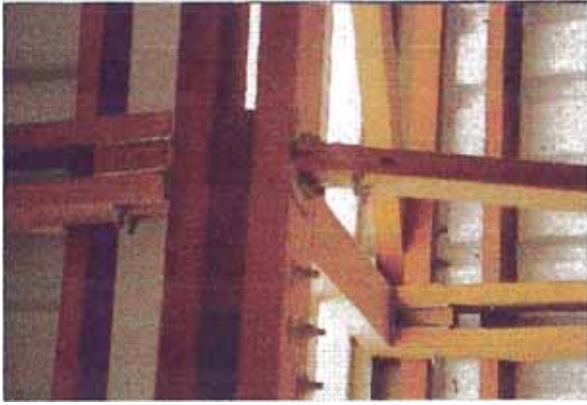
que allí se cumple y que por otro lado sirva como promoción de la utilización de la madera.

Se convocó a un concurso arquitectónico de anteproyectos para presentar el expediente técnico para la construcción del C.I.T.E.madera de Villa el Salvador, cuyo ganador fue el arquitecto Guillermo Guevara. La edificación de 2350 m<sup>2</sup> debería utilizar la madera como material predominante.

Se trata de una construcción mixta, cuyo muro perimetral fue construido utilizando el sistema tradicional de concreto, mientras que el techado es de madera.







La planta del C.I.T.E.madera consiste en un gran ambiente, de 4 m. de altura, techado por una sucesión de 8 vigas de celosía colocadas cada 4 m., que tienen 18 m. de luz libre por 1.5 m. de sección transversal. Cada armadura consta de 12 paños de puntales simples, mientras que las cuerdas superior e inferior son dobles. A través de ellas se permite el paso de la luz, pues debido a la función se requería iluminación cenital, además de corresponder con una de las recomendaciones de protección por diseño del Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino según el Acuerdo de Cartagena. Las viguetas dobles son empernadas directamente al nudo inferior de una armadura y al nudo superior de la siguiente armadura, y se encuentran arriostradas en su punto medio por un puntal que parte del nudo inferior de la segunda armadura. Sobre las viguetas descansan 7 correas que sostienen la cubierta de calamina. Todas las

uniones son empemadas con refuerzo interior simple y en otros casos doble.

Se ha utilizado madera shihuahuaco, por lo que no necesita ningún mantenimiento, sólo ha sido barnizado, pero por motivos puramente estéticos. Pues el shihuahuaco, como se sabe no requiere preservación y por su durabilidad, puede ser usado en durmientes y pisos, lamentablemente su comercialización no esta extendida no a nivel nacional ni internacional, se comercializa localmente en Pucallpa. Tomando en cuenta sus propiedades mecánicas, alta durabilidad y abundancia en el bosque, es una madera que ofrece interés a pesar de la posibilidad de aparición de deformaciones después del secado de piezas mayores y es una especie propuesta por proyectistas con trayectoria en la construcción con madera.

## MÓDULO DE VIVIENDA DEL C.I.T.E.madera



En septiembre del año 2002 un incendio en el distrito de Punchana, en Iquitos destruyó las viviendas de 200 familias. Un incidente similar ocurrió en Ventanilla.

La madera es un material sismorresistente y de bajo costo, y además uno de los recursos mas abundantes con los que contamos; al aprovecharlo no sólo ponemos en valor nuestros bosques y toda la cadena productiva de la madera, sino que como beneficio conjunto, ello generará trabajo para salir de la crisis.

Debido a esto surge la iniciativa de crear módulos de vivienda de madera contra incendios. El Centro de Innovación Tecnológica de la Madera (CITE Madera), creado por el Ministerio de la Producción pone a disposición del Ministerio de Vivienda, que encargó la investigación, dos diseños junto con asesoramiento y consulta para su producción en masa. Luego de hacer las coordinaciones necesarias, esta propuesta tecnológica al problema de la combustión de la madera pasa a la práctica, pues debido a la rapidez con la que pueden levantarse, ya se han entregado a los habitantes de Punchana.<sup>1</sup>

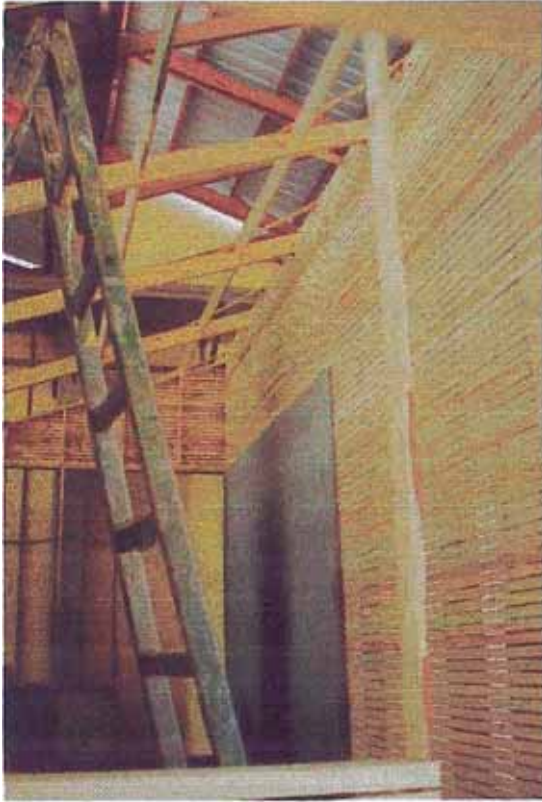


El sistema estructural empleado es el entramado de



<sup>1</sup> El Comercio, miércoles 13 de noviembre del 2002, cuerpo E, Pág.2 “Mas resistente al fuego”





listones delgados de madera, de una pulgada con uniones clavadas, dejando una separación entre ellos para evitar la transmisión del fuego<sup>2</sup>, en vez de los listones anchos y adosados que normalmente se utilizan, más un revestimiento de dos capas que rellenan los espacios mencionados. La primera capa es de cemento con yeso y la segunda de cemento con arena, así se logra retardar la propagación del fuego durante dos horas aproximadamente, tiempo suficiente para evacuar y alertar a los vecinos.



Estas viviendas tienen 18 metros cuadrados y están compuestas por seis muros de 2.45 metros de alto, 3 metros de ancho y 4 centímetros de espesor, todos de madera, que puede ser tornillo, moena y copaiba, y el revestimiento indicado. Además, cuentan con una entrada con escalera, patio trasero y un panel divisorio no portante que movable según las necesidades de los usuarios. La casa se construye por encima de pilotes, conocidos en la selva como "shungos", que son de madera de alta resistencia natural al fuego.

El planteamiento urbano contempla una adecuada distribución de vías de acceso, medidas de prevención contra incendios coordinadas con el Cuerpo de Bomberos Voluntarios del Perú y una lotización adecuada con un distanciamiento

---

<sup>2</sup> Como ya se vio en el primer capítulo, durante la combustión de la madera se forma una capa de carbón que actúa como retardante, es por esta razón que a cada pieza estructural se le dan dimensiones mayores a las requeridas por la carga. El objetivo del recubrimiento es prolongar esta natural resistencia a la combustión para evitar la propagación del fuego a otras partes de la estructura u otras viviendas aledañas.

de dos metros entre edificaciones para garantizar separaciones físicas de paredes medianeras también revestidas entre las mismas a manera de cortinas cortafuego.

El sistema constructivo de estas viviendas permite prefabricar los elementos de piso, pared y techo en forma simultánea en fábrica, lo que posibilita la construcción de 180 viviendas en sólo seis semanas, o ser autoconstruidas, con la capacitación brindada por representantes del CITE Madera, siendo su costo de 4000 soles por módulo.



## HELADERÍA EN EL CENTRO COMERCIAL LARCOMAR



Al estar esta edificación frente al mar se requería madera de durabilidad natural, por lo que se empleó madera laminada Shihuahuaco en las dos pérgolas ubicadas en la plaza de ingreso a nivel de la calle, y en dos estructuras iguales ubicadas en la plaza hundida.



Estas consisten en ambientes vidriados oblongos, que se encuentran medio nivel mas abajo que la plazoleta, uno de sus lados mayores tienen una terraza en voladizo y vista hacia el acantilado. Los cerramientos y techados están estructurados mediante el sistema de poste y viga.



Las vigas del techo arrancan en forma paralela al piso, dibujando una curva hacia la playa, con volado de 1.5 m hacia ambos extremos. Consta de 8 vigas de madera



laminada encolada, que por el lado de la plaza se apoyan en unas prolongaciones en metal de las columnas de concreto, mientras que por lado que mira hacia el mar está descansa en columnas de madera laminada. Un único par de puntales de acero en diagonal estabiliza la columna central de madera laminada, hallándose empemados a la pletina superior de ésta y a las inferiores de las columnas adyacentes a ella. La estructura utiliza uniones empemadas con refuerzo interior.



Presenta ataques puntuales de hongos en los cielorrasos del espacio interior y

de la terraza, mas no así en los lados que dan a la plazoleta, que presentan una espesa capa de barniz.

Las pérgolas ubicadas en la plaza de acceso hace eco al lenguaje de líneas curvas: cada módulo está formado por un entramado de doble curvatura y mediante una unión mecánica se ancla a los lados de las columnas.

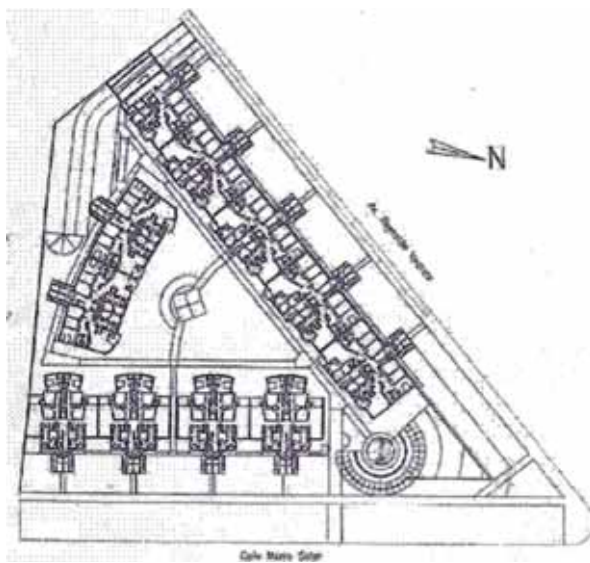




## CONJUNTO MULTIFAMILIAR EN CHACARILLA



En el siguiente ejemplo la madera es utilizada en la estructuración del techado de los últimos niveles de todo un conjunto multifamiliar en una zona residencial, ubicada en el cruce de la Panamericana Sur y avenida Reynaldo Vivanco, en Chacarilla.



El planteamiento general, a cargo del arquitecto Augusto Ortiz de Cevallos, establece que la vida en ciudad y la densidad urbana ofrece la cercanía y cantidad de servicios, lo cual armoniza con la velocidad y tiempos metropolitanos. Sin embargo, esa concentración necesita mas espacios de área verde que mejoren la calidad de vida de los

que normalmente la ciudad carece. Es por esa razón que se propuso maximizar el área libre (2/3 de un lote de 8800 m<sup>2</sup>) disponiendo el estacionamiento en los bordes para de esta forma obtener suficiente área verde en el centro. El ladrillo unifica el conjunto y así como la madera, connota domesticidad y durabilidad con un mantenimiento mínimo.

Cada uno de los 22 bloques es un edificio en sí mismo, abierto a la calle, con 2 departamentos por piso y 10 en total, con ascensor.



Los departamentos resuelven, en áreas entre 110 y 125 m<sup>2</sup>, un programa de 3 dormitorios familiares y uno de servicio, 4 baños, recibo, estar familiar, estar,

comedor, terraza, cocina-comedor de diario, lavandería-tendal. Los 22 penthouses tienen un área mayor que se resuelve en dos niveles y cuyo techado se estructura

JULIE MIQUELUS



mediante el sistema de cerchas de madera. Pero además del programa básico, estos departamentos duplex cuentan con un área adicional de 50 m<sup>2</sup> en el nivel superior, que incluye una terraza y un baño y que puede ser adaptada a la función de estar, estudio o dormitorio principal. El ambiente tiene vista a una sala-comedor de doble altura, y a través de ésta mira hacia el exterior.

Son precisamente estos dos ambientes los que son cubiertos por medio de una serie de cuatro cerchas de madera, cuyas cuerdas superior e inferior son dobles y las diagonales son simples. Los peraltes de las vigas de celosía son todos diferentes; van aumentando conforme se aproximan al eje de simetría y de esta manera los techos de madera ayudan a marcar en la volumetría el ingreso y el área de circulación vertical y horizontal de cada edificio.

Sobre las vigas se encuentran clavadas las correas que sostienen el machihembrado de tornillo. La madera que se utilizó en toda la estructuración es, igualmente el tornillo. La estructura lleva 4 años de construcción y se encuentra en buen estado.





## MADERERA EN VILLA EL SALVADOR



En la zona industrial de Villa El Salvador existe una gran concentración de madereras que levantan sus galpones, estructurando el techo, mas no las paredes, con madera.

El ejemplo que sigue se encuentra en la avenida Pachacútec.

Se trata de un ambiente de 10 m. por 20 m. de profundidad, techado en dos niveles, mediante un sistema de cerchas. Cada sección esta conformada por siete cerchas sin triangular, con puntales a modo de tímpano y tirante y refuerzo de madera clavado en la unión de los pares, cuya luz máxima es de 1.5 m. Del extremo inferior del puntal central parten dos barras diagonales hacia los extremos superiores de los puntales adyacentes.

Están estabilizados con riostras diagonales en cruz, en toda la línea de cumbreras y dos longitudinales discontinuas en la cuerda inferior. Y una serie de correas traslapadas cara a cara, clavadas a la cuerda superior, sostienen la cubierta de calamina. En el centro del ambiente se levantado una teatina.

Y un ángulo metálico sirve de anclaje a la solera del muro de ladrillo.





Las piezas son empalmadas y están clavadas y encoladas.

## EDIFICACIONES PREFABRICADAS



En el área de la construcción industrializada, tenemos a Empresa Maderera Sullana S.A., que fabrica ambientes con paneles modulares, tijerales de madera y conectores metálicos gang nail, tales como viviendas para trabajadores y oficinas.

Este sistema constructivo presenta ventaja al requerir menos mano de obra calificada en su armado y control de calidad pues gran parte del trabajo se realiza en planta y es aplicable en lugares en lugares donde las condiciones climáticas impiden mucho tiempo en obra.

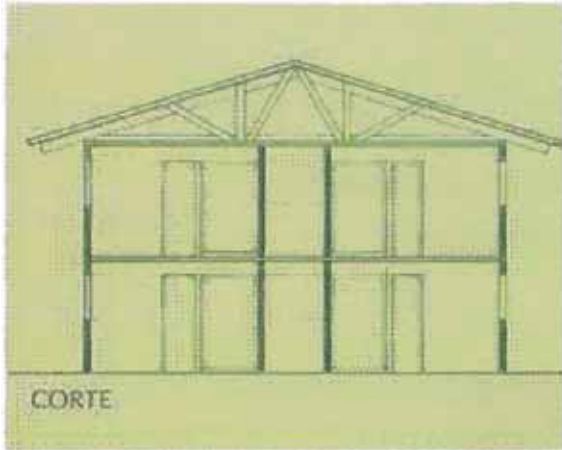


Además se reduce el desperdicio de material y el tiempo de armado.

Por otro lado, dentro de los sistemas constructivos semi industrializados, en la Carretera Central existen pequeñas empresas que utilizando sistema de pre-cortado, se dedican a la venta de ambientes prefabricados, construidos a partir de paneles con entablado machihembrado y techo de madera o calamina.







La madera se habilita en carpintería en sección, longitud, destajos y las piezas quedan listas para ser erigidas en el lugar de obra. Se ofrecen en modelos pre-determinados y con un tratamiento superficial con barniz.

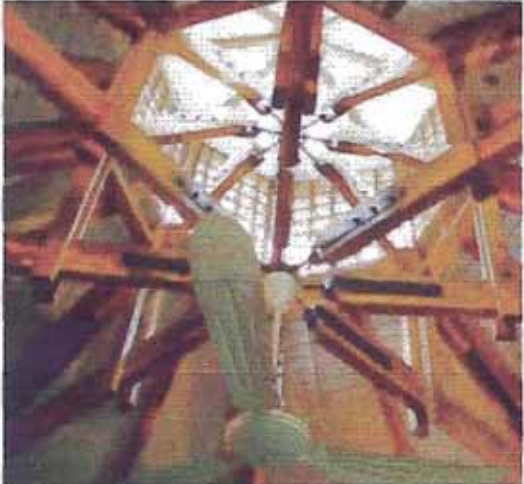

Para ello emplean madera de Bolaina, una especie no agrupada cuya mayor ventaja es su facilidad de crecimiento.



Nombre del proyecto	SHOWROOM DE LA FABRICA DE PISOPAK-PERU	LABORATORIO ANDINO DE INGENIERIA DE LA MADERA DE I.N.I.N.V.I. FABRICA DE MUEBLES ESTUDIO 501
Fotografía		
ubicación	Ate	Independencia, el Agustino
Autor	Roberto Levaggi	Junta del Acuerdo de Cartagena, Renato Maurtua
año	1972	1978
Especie maderera	Pino oregón chileno	
Mantenimiento	Limpieza, barniz y lija	ninguno
Estado de conservación	Regular, presenta degradación por hongos en el exterior, ataques puntuales de insectos en el interior un desfase de viguetas en el ingreso.	Regular, ambas estructuras se encuentran en estado de abandono o en desuso
Sistema estructural	Poste y viga	Aporticado triarticulado y vigas de celosía
Tipo de unión	Empemada con pletina	Clavada, mecánica
Luz libre	8.05 m.	15 m.
Área	167.4 m <sup>2</sup>	330 m <sup>2</sup>
Altura	3.8 m.	7 m.
Volumen	3066.5 pt., 18.3 pt/m <sup>2</sup> , no incluye machihembrado.	---
Costo	84.18 s/m <sup>2</sup>	---
Comentarios	Construcción sobre losa elevada, columnas dobles de madera, y tabiquería de ladrillo	Debido a su singularidad se hace necesaria su recuperación y conservación para posteriores estudios.

LA EXPERIENCIA DE LAS MALVINAS	PROYECTO PICHIS PALCAZU 1988	CASONA DE SAN MARCOS 1992
		
La Arena, Bajo Piura	Oxapampa, Pasco	Lima
Eliseo Guzmán	Junta del Acuerdo de Cartagena	AECI - INC - UNMSM
1985	1987	1992
Bambú, caña brava y carrizo	Tomillo, moena, huayruro, mashonaste, cachimbo, requia, copaiba	Huayruro y shihuahuaco
---	---	---
---	---	Bueno
Entramado	Entramado	Entramado y quincha
Clavada 3 m	Clavada 3 m	Clavada 10 m.
9 m <sup>2</sup> x módulo 3 m.	37.4 m <sup>2</sup> x 65 viviendas 3 m.	--- 7 m.
---	3200 pt x 65 viviendas 85 pt/m <sup>2</sup> incluye machihembrado	---
---	161.5 - 255 s/m <sup>2</sup>	---
Programa de capacitación para la autoconstrucción de vivienda y equipamiento mediante el perfeccionamiento de las técnicas locales	Segunda fase del proyecto ciudad Constitución	Por su durabilidad natural, el shihuahuaco ofrece mayor seguridad en la restauración de estructuras expuestas a la humedad del suelo, a precio relativamente bajo.





proyecto	SALA DE USOS MULTIPLES DEL DEPARTAMENTO DE INDUSTRIAS FORESTALES DE LA UNIVERSIDAD AGRARIA LA MOLINA 1992	DEPOSITO DE LA MUNICIPALIDAD DE BARRANCO
Fotografía		
ubicación	La Molina	Barranco
Autor	Christian Arbaiza	Francisco Flores
año	1992	1994
Especie maderera	Manchinga, cachimbo y panguana	Tornillo
Mantenimiento	Barniz y cera	Ninguno
Estado de conservación	Muy bueno	Bueno
Sistema estructural	Aporticado semiarticulado	Poste y viga
Tipo de unión	Empernada y mecánica	Clavada
Luz libre	9 m	3 m.
Área	62 m <sup>2</sup>	180 m <sup>2</sup>
Altura	5.35 m	5 m.
Volumen	3 860 pt, 62 pt/ m <sup>2</sup> , incluye machihembrado	---
Costo	229.4 s/ m <sup>2</sup>	---
Comentarios	Resultado estético de gran calidad, en el manejo de las uniones mecánicas y la incorporación de la teatina al conjunto en forma limpia como prolongación de los puntales.	Sistema constructivo mixto en dos niveles y entrepiso de madera, que soporta cargas continuas. Se acorta la luz mediante patas de gallo.

BELLÓN DE LA SECCION PRE-ESCOLAR DEL COLEGIO PESTALOZZI	PLANTA DE LA SEDE EN LIMA DEL CENTRO DE INNOVACIÓN TECNOLÓGICA DE LA MADERA CITEmadera	MODULO DE VIVENDA ECONOMICA DEL CITEmadera
		
Miraflores Takahashi 2002	Villa el Salvador Guillermo Guevara 2002	Villa el Salvador CITEmadera 2002
Shihuahuaco	Shihuahuaco	Tornillo, moena y copaiba
Ninguno; la especie no lo requiere.	Ninguno; la especie no lo requiere.	ninguno
Bueno	Bueno	Bueno
Arco subtensionado	Viga de celosía	Entramado
Mecánica, empernada	Empernada con refuerzo interior	Clavada
10 m	18 m	3 m
400 m <sup>2</sup>	576 m <sup>2</sup>	18 m <sup>2</sup>
5 m	4 m	2.45 m
---	---	---
---	---	S/ 4000
Sistema constructivo mixto con madera laminada, que por tener poco peso y gran resistencia puede ser explotado para alcanzar luces mayores	Sistema constructivo mixto. Las piezas de madera han sido barnizadas con fines puramente estéticos.	Vivienda económica resistente al fuego, que aplica la separación de elementos combustibles a nivel de propuesta urbana y en el entablado, para finalmente recibir una capa de mezcla retardadora.



proyecto	HELADERÍA EN LARCOMAR	CONJUNTO RESIDENCIAL EN CHACARILLA
Fotografía		
ubicación	Miraflores	Chacarilla
Autor	Takahashi	Ortiz de Zevallos
año	1997	1999
Especie maderera	Shihuahuaco	Tornillo
Mantenimiento	Barnizado en exteriores	Hasta hoy, ninguno
Estado de conservación	Bueno en exteriores, sin embargo en interiores presenta degradación por hongos	bueno
Sistema estructural	Poste y viga	Viga de celosía
Tipo de unión	Empemada	empemada
Luz libre	5 m.	8 m.
Área	100 m <sup>2</sup>	50 m <sup>2</sup>
Altura	4.5 m.	5 m.
Volumen	---	Viga de celosia 17.6 pt/ml
Costo	---	105.6 s/ml
Comentarios	Estructura de madera laminada. Es una de las aplicaciones recientes mas notables debido a su magnitud y radio de influencia.	En zonas residenciales se pueden ver cada vez mas interés en la utilización de madera debido a las connotaciones domésticas de este.

MADERERA EN VILLA EL SALVADOR	MODULOS PREFABRICADOS
	
Villa el Salvador	---
---	Empresa Maderera Sullana S.A.
---	---
Tornillo	
barnizado	
bueno	
Cerchas	Cerchas
Clavada y encolada	Conectores metálicos gang nail
10 m.	
200 m <sup>2</sup>	
7 m.	
---	---
---	---
Cerchas fabricadas a modo de tímpanos, sin triangulación.	Sistema de prefabricación de paneles modulares preservados a vacío-presión en autoclave

## COMENTARIOS

### EXPERIENCIA EN EL PERU



Dando un rápido vistazo al cuadro resumen, podemos notar que en Lima existe poca apuesta por estructurar entresijos o incluso paredes con madera, en la mayor parte de los ejemplos se utiliza sistemas mixtos de concreto y la madera solo en los techos, pérgolas o terrazas.

Parece que se asocia su poco peso con falta de permanencia y temporalidad

Sin embargo sus cualidades estéticas son bien apreciadas, en distritos como Chaclacayo es común recurrir incluso al enchape exterior para lograr ese aspecto cálido y aprovechar las connotaciones domésticas que tiene la madera.

Por otro lado notamos varias experiencias recientes de utilización de madera de Shihuahuaco, una alternativa que hace algún tiempo solo utilizaban algunos arquitectos ya conocidos por estar dedicados a la construcción con madera, hoy lo vemos en trabajos de restauración y en proyectos de autores distintos. Por su durabilidad natural, el shihuahuaco no requiere preservación, ofreciendo mayor seguridad en estructuras expuestas, a menor precio, si comparamos los precios de otras especies pertenecientes al mismo grupo de maderas estructurales<sup>1</sup>. Lamentablemente, esta madera solo se comercializa localmente en Pucallpa y se exporta al mercado asiático y al americano, llegando a cuadruplicar y quintuplicar su precio (respectivamente) en el Callao.



<sup>1</sup> Por ejemplo, el Pumaquiro tiene un precio de 1.79 s/pt ó 216.84 \$/m<sup>3</sup> vs. el Shihuahuaco que cuesta 0.96 s/pt ó 116.29 \$/m<sup>3</sup>, precios de Pucallpa a nivel aserradero, sin flete, al 21 de agosto del 2001, obtenidos de SIPEC-servicio de información, precios y estadística comercial, boletín 7-2001 de PROMPEX & TROPICAL FOREST S.R.L.





Una opción bastante utilizada en la actualidad entre los constructores, es la adquisición de madera de demolición en los distintos

depósitos de Lima. Esta es una forma de reducción de costos que es posible por cuanto la madera, mientras no haya fallado por compresión, su reciclaje siempre será posible, aun en el caso de que el material haya sido víctima de un incendio, sin que por ello se mengue su valor estético. Esta es la razón por la cual aparecen en Lima construcciones en distritos como La Molina, Cieneguilla, que emplean especies tales como el pino, de elevado precio y que no son oriundas de nuestro bosque amazónico<sup>1</sup>, lo que en otras circunstancias podríamos considerar excesivo y una elección criticable. En la construcción tradicional de concreto esto resulta imposible, y de su demolición solo se genera desperdicio, con sus respectivas consecuencias ambientales, mientras que la madera, el hecho de ser reciclable es una cualidad que tiene mayor correspondencia con la nueva escala de valores de la sociedad y le añade competitividad económicamente hablando.

Toda construcción esta diseñada para soportar carga sísmica, incendios, etc, el tiempo necesario para evacuar a los usuarios y conseguir ayuda. Así, el concreto se quema, el acero queda totalmente inutilizable. No así la madera, a la que la capa de carbón que se forma en su superficie sirve como auto protector retardante del fuego, y una vez retirado el carbón, la pieza puede volver a ser utilizada para techar un ambiente de menor luz, pues todo el interior queda intacto. Por ello en el cálculo , a la madera se le da mas sección para resistir el fuego. A ello se suman las colas, en el caso de la madera laminada, que tienen cierta resistencia, y también existen pinturas retardantes, aunque estas encarecen el producto y tienen cierto grado de toxicidad.

*En el manual del Acuerdo de Cartagena existe una guía de clasificación visual por defectos que nos será muy útil para identificar el estado de las piezas, en caso de que optemos por madera de demolición. Este punto nos remite al esfuerzo que significó el Acuerdo de Cartagena, la reunión de 5 países que comparten el bosque tropical, es posiblemente un acontecimiento único de esa naturaleza, dedicado al estudio de especies maderables de esta parte del mundo y su*

---

<sup>1</sup> Aunque en la actualidad existen cultivos de pino en Cajamarca y el Cusco.



*aplicación en la construcción. Se realizaron ensayos a escala real, estudios de fibra, densidad, etc, cuyos resultados podemos obtener en tablas y se realizó la introducción de especies propias para cada país y de prototipos demostrativos con soluciones nuevas en nuestro medio, como los pórticos triarticulados, uno de los cuales ya fue demolido.*

En la construcción con madera hay un campo de la construcción social y la vivienda económica que si bien generalmente no se aplica en Lima, aquí se han construido prototipos, en este campo existen dos vertientes: la construcción en masa, que debido a la producción de un mayor volumen resulta mas económico, y la capacitación y seguimiento técnico para el armado de elementos prefabricados que aprovecha los beneficios de las dos vertientes, o la autoconstrucción, que genera sus propios beneficios, como crear empleo, pequeñas empresas, y con ello, un efecto multiplicador de la experiencia, como sucedió en la experiencia de Las Malvinas.

Este tipo de programas suele ser obstaculizado luego de los cambios políticos.

Otro problema es que se menosprecia al personal de mando medio al no contar con personal suficientemente calificado, por otro lado, en caso de contar con ellos, se les delega mas decisiones de las que debiera, y además el cumplimiento de los plazos siempre pesa mas, por lo que es común dejar de lado otros trabajos igualmente importantes.

Una práctica muy común, es proyectar en obra, y con esto la ausencia de planos. Esto no sucede sólo en edificación con madera, muchas veces esto se debe a la presión de los plazos y se da mayormente cuando no se trata de construcciones de gran envergadura, o durante la etapa de acabados y detalles.



## COSTOS DE OBRA PARA LOS TRES SISTEMAS ESTRUCTURALES DE MADERA MÁS USADOS EN EL PERÚ

### Sistema entramado

Los que siguen son los costos para la vivienda económica típica, propuesta en ciudad Constitución<sup>1</sup> (Pasco) y en Pichis Palcazu, cuya área final es 56 m<sup>2</sup>, pero que permitía ser construida en tres etapas. La distribución de ambientes y áreas es como sigue:

Porch	2.62
Pasadizo	1.29
Sala comedor	16.19
Cocina	5.42
SS.HH.	2.58
Dormitorio 1	9.30
Dormitorio 2	9.30
Dormitorio 3	9.30
Total	56.00

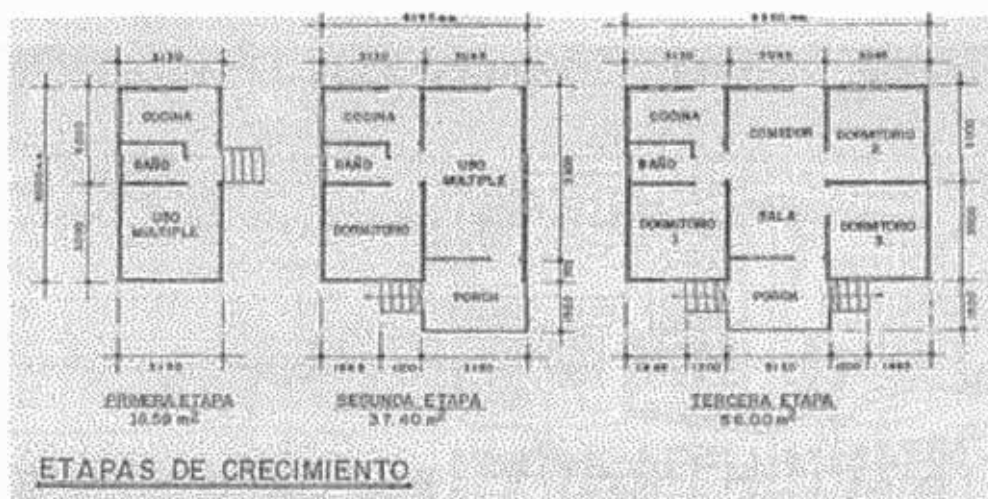
Presupuesto de la estructura entramada de madera. Material: huayruro o tornillo, y para las escaleras, huayruro, tomillo o lagarto, la primera opción es la madera de huayruro, pues la especie pertenece al grupo estructural B y en la zona (no así en Lima) es además, mas económica que el tomillo que pertenece al grupo C. Debido a su cercanía a los lugares de extracción, la madera constituye, por su abundancia, el material ideal para usar en la vivienda económica, pues el costo de flete no es muy significativo. Otro aspecto que cabe recalcar es el hecho de que el proyecto fue obra de la autoconstrucción, por lo que el presupuesto original no incluyó mano de obra. Sin embargo, para tener idea del costo real de una estructura entramada de madera, y a efectos de comparar este costo con el de otros sistemas estructurales, calculamos el volumen de madera, el cual podemos comparar directamente o multiplicar por los

---

<sup>1</sup> Desarmadas y posteriormente trasladadas a la laguna Yanacocha en Pucallpa para la fundación por los Niños del Perú.

costos de madera en Lima, los cuales ya incluyen flete. La mano de obra es proporcional al volumen de madera y la cantidad de acabados con el área construida.

ESTRUCTURA		VOLUMEN	PRECIO PARCIAL
piso	vigas viguetas y bloques	597 pt.	1313.4
paneles de muro	pie-derechos, travesaños, soleras, dinteles y puntales	961.5 pt.	1301.3
tímpanos	cordones, travesaños y puntales	228.5 pt.	502.7
techo y teatina	vigas, viguetas, correas, frisos, etc	597 pt.	1313.4
Soleras de amarre de muros		93 pt.	204.6
Escalera de ingreso	2 escaleras de 4 pasos	68 pt.	149.6
<b>PRECIO TOTAL (S/.) DE LA ESTRUCTURA</b>		<b>2545 pt.</b>	<b>5599</b>
		<b>45.45 pt/m<sup>2</sup></b>	<b>100 s/m<sup>2</sup></b>



## Sistema aporticado

Presupuesto para una estructura aporticada de un ambiente de 8 m. de luz por 10 m. de largo, 80 m<sup>2</sup>.

Cálculo del Volumen de un pórtico simple empotrado con una luz de 8 m.:

CÓDIGO	DIMENSIÓN NETA (mm.)	DIMENSIÓN BRUTA		VOLUME N (pt./pieza)	N° PIE ZAS	VOLUMEN (pt.)
		mm.				
C1.P1.P4	20x140x3600	25x150x3600	1"x6"x12'	6	8	48
P2.P3	20x140x3000	25x150x3000	1"x6"x10'	5	4	20
T1	40x140x3600	50x150x3600	2"x6"x12'	12	1	12
C2,D1, S1+S2+E1+ E2+E3	40x140x3000	50x150x3000	2"x6"x10'	10	5	50
VOLUMEN BRUTO TOTAL (por pórtico)					0.30 m <sup>3</sup> ó 130 pt.	

Volumen por arriostre longitudinal, para columnas cada 2 m.:

CÓDIGO	DIMENSIÓN NETA (mm.)	DIMENSIÓN BRUTA		VOLUMEN (pt./pieza)	N° PIEZAS	VOLUMEN (pt.)
		mm.				
CD1, D1+M1+S1	20x90x2100	25x100x2100	1"x4"x7'	2.333	6	14
VOLUMEN BRUTO TOTAL (por arriostre)					0.034 m <sup>3</sup> ó 14 pt.	

Volumen de las correas simplemente apoyadas, de 4 cm. de base y 10 cm. de peralte, cada 1.40 cm., = m<sup>3</sup>

Volumen de los arriostres transversales cada 3 pórticos, de dimensiones netas de: 4 cm. por 9 cm.

PIEZAS	DIMENSIÓN NETA (mm.)	DIMENSIÓN BRUTA		VOLUMEN (pt./pieza)	N° PIEZAS	VOLUMEN (pt.)
		mm.				
arriostres	40x90x3000	50x100x3000	2"x4"x10'	6.666	8	53.333
correas	40x90x3600	50x100x3600	2"x4"x12'	8	3x10	240
VOLUMEN BRUTO TOTAL DE PIEZAS						293.333 pt.



El volumen total de madera y el precio de la estructura será:

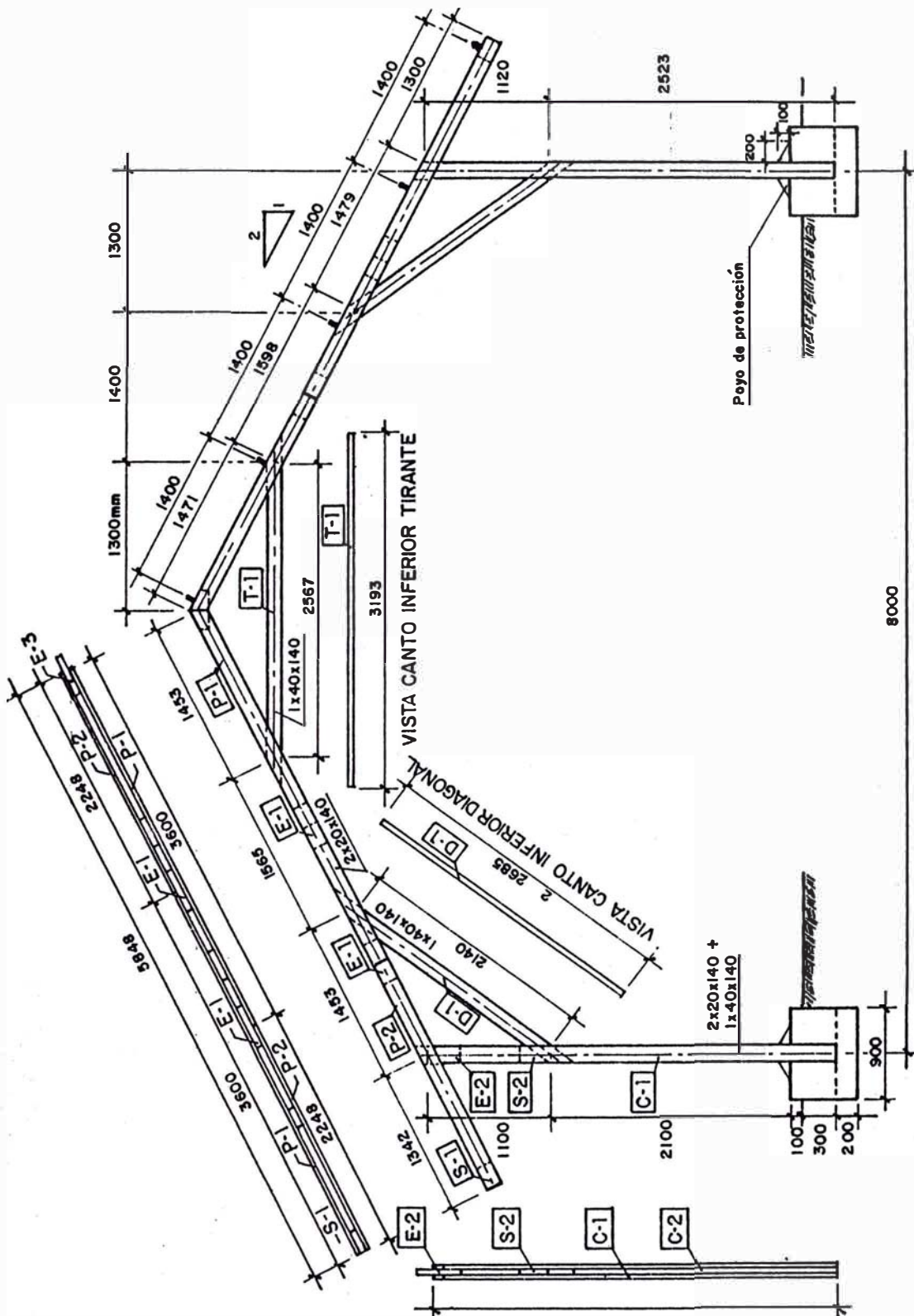
PIEZAS	VOLUMEN (pt./pieza)	N° PIEZAS	VOLUMEN(pt.)
pórtico	130	6	780
Arriostre longitudinal	14	10	140
Riostras + correas			293.33
<b>VOLUMEN BRUTO TOTAL</b>		<b>15.16 pt/m<sup>2</sup></b>	<b>1213.33 pt.</b>
<b>PRECIO DE ESTRUCTURA</b>		<b>33.36 s/m<sup>2</sup></b>	<b>2669.33 s.</b>

- **COMPARACIÓN**

Podemos compararlo VS. el sistema entramado, que sale un total de 45.45 pt/m<sup>2</sup>. y un precio de 100 s/m<sup>2</sup>

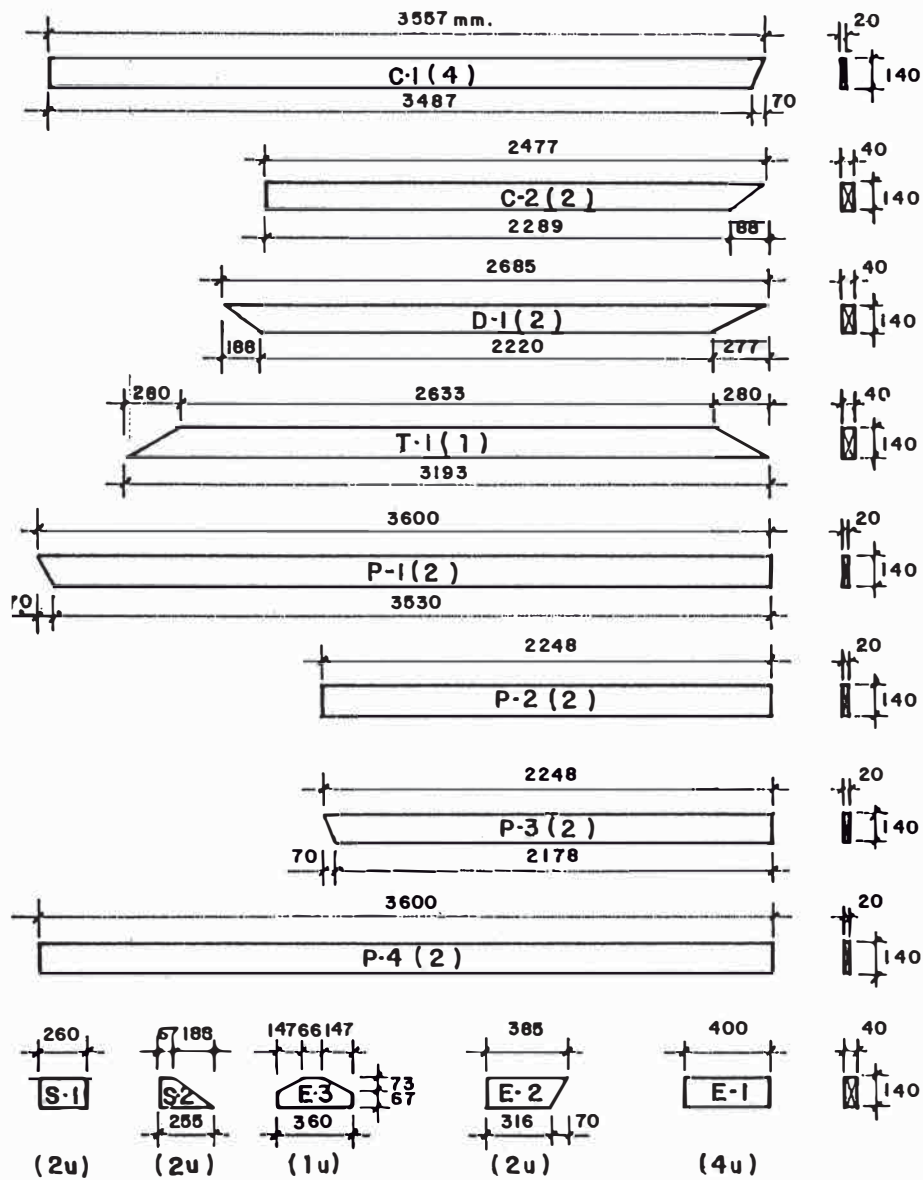
PORTICO SIMPLE EMPOTRADO - PSE - 8/1:2

FABRICACION



**PORTICO SIMPLE EMPOTRADO - PSE - 8/1:2**

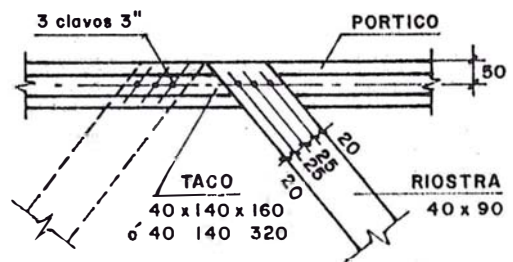
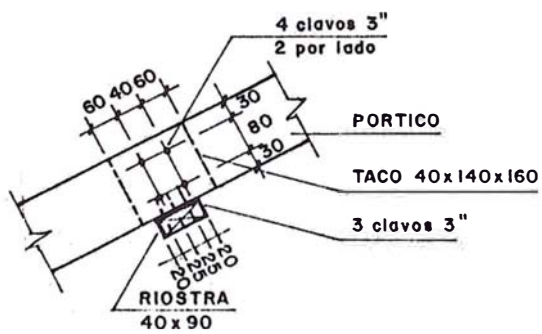
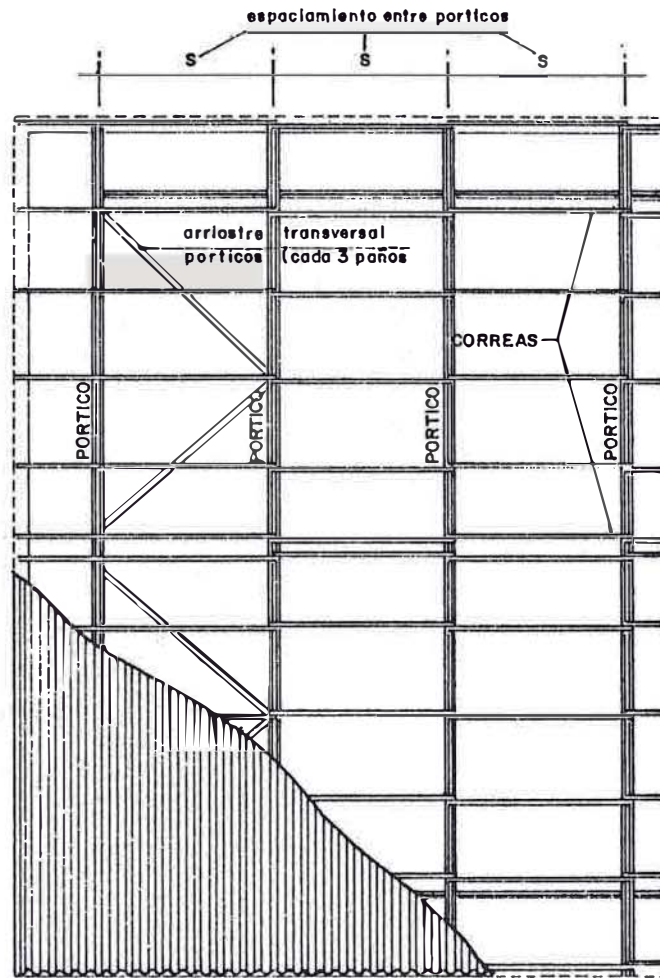
**DESPIECE**





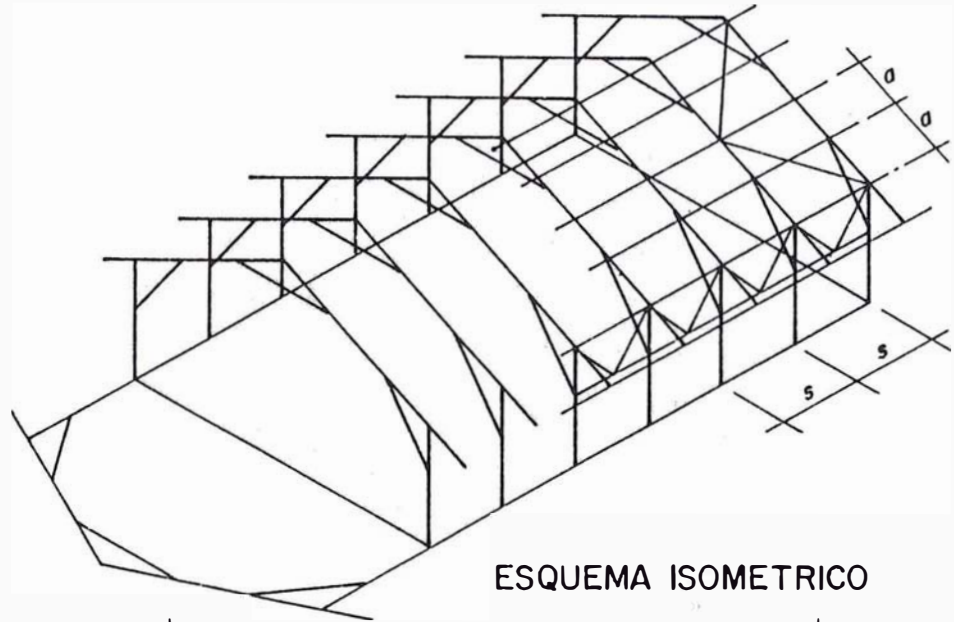


# ARRIOSTRE TRANSVERSAL

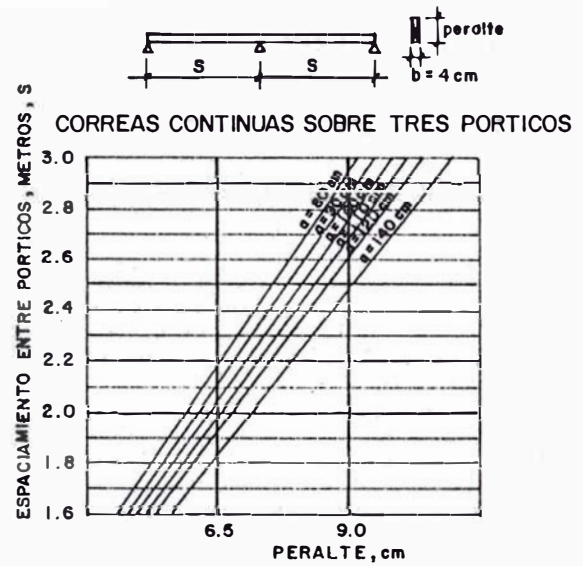
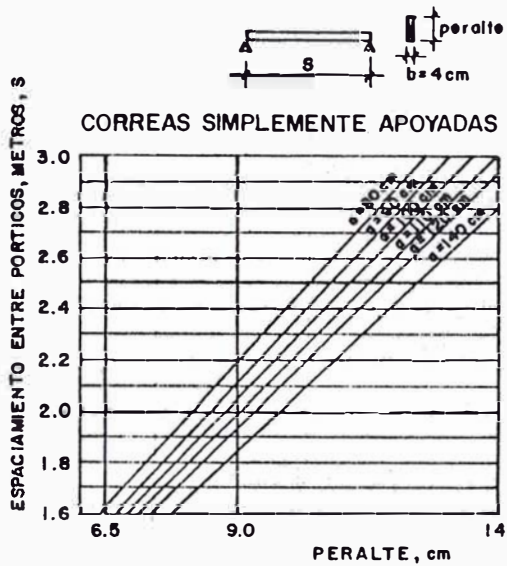


## DETALLE DE FIJACION

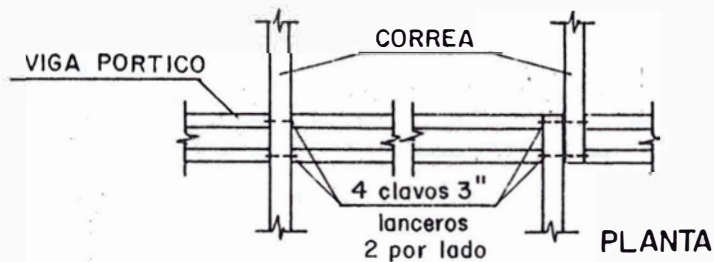
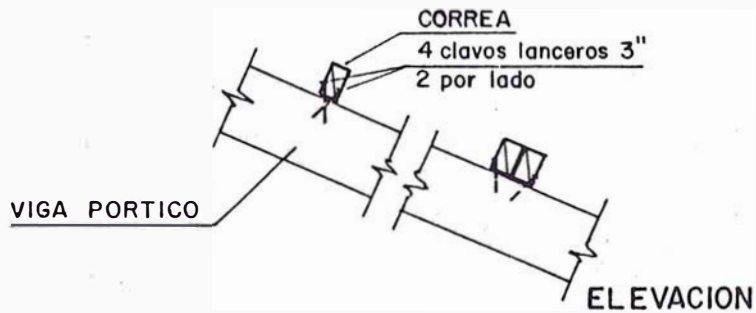
# CORREAS CONTINUAS Y SIMPLEMENTE APOYADAS



ESQUEMA ISOMETRICO



ESPACIAMIENTO ENTRE CORREAS (a)



FIJACION DE CORREAS

## Sistema de cerchas

Se emplean para cubrir luces de aprox. 10 m. y van espaciadas entre 0.6 y 1.2 m.

Calculamos el volumen de la estructura de techos para un ambiente de 8 m. x 10 m.

Se trata de armaduras de cuerdas simples.

CÓDIGO	DIMENSIÓN NETA (mm.)	DIMENSIÓN BRUTA mm.		VOLUMEN N (pt./pieza)	N° PIE ZAS	VOLUMEN (pt.)
S1	40x140x3600	50x150x3600	2"x6"x12'	12	2	24
I1	40x90x3600	50x100x3600	2"x4"x12'	8	2	16
D1+D2	20x140x3600	25x150x3600	1"x6"x12'	6	2	12
S2	40x140x2100	50x150x2100	2"x6"x7'	7	2	14
E1	20x140x2100	25x150x2100	1"x6"x7'	3.5	1	3.5
VOLUMEN BRUTO TOTAL (por armadura)						ó 69.5 pt.
VOLUMEN TOTAL DE ARMADURAS						764.5 pt.

Volumen de las correas colocadas cada metro

PIEZAS	DIMENSIÓN NETA (mm.)	DIMENSIÓN BRUTA mm.		VOLUMEN (pt./pieza)	N° PIEZAS	VOLUMEN (pt.)
correas	40x65x3600	50x75x3600	2"x3"x12'	6	3x12	216
r. diag	40x65x3600	50x75x3600	2"x3"x12'	6	8	48
r. long	40x65x3600	50x75x3600	2"x3"x12'	6	3x2	36
r. cruz	40x65x2100	50x75x2100	2"x3"x7'	3.5	8	28
VOLUMEN BRUTO TOTAL DE PIEZAS						328 pt.

El precio de la estructura de techos será:

PIEZAS	VOLUMEN (pt.)	PRECIO
armaduras	764.5	1681.9
Arriostre+correa	328	721.6
<b>TOTAL</b>	<b>1092.5</b>	<b>2403.5</b>
	13.66 pt/m <sup>2</sup>	30.04 s/m <sup>2</sup>

- COMPARACIÓN

Podemos compararlo VS. el techado mediante el sistema entramado, que incluye teatina y timpanos, sale un total de 14.7 pt/m<sup>2</sup>. y un precio de 32.34 s/m<sup>2</sup>





## Comparación de sistemas constructivos

Se plantea una comparación aplicada al campo de la vivienda económica, entonces tomemos como referencia el sistema entramado, por ser más flexible en el diseño, tener formas de unión sencillas y económicas, y por ser el que mejor se adapta en lugares donde no se dispone de mano de obra bien calificada o de madera tropical en grandes dimensiones. Por otro lado, tenemos los conocidos sistemas constructivos tradicionales, la albañilería simple y la reforzada, esta que se divide en confinada y armada (y esta, a su vez en asentada y apilada), de los que tomaremos la albañilería confinada.

Los precios que siguen incluyen la obra completa: cimentación, estructuras, cerramientos, revestimientos, acabados, instalaciones.

SISTEMA CONSTRUCTIVO	PRECIO (\$/m <sup>2</sup> )
Albañilería confinada	220
Sistema industrial de placas	170
Sistema entramado	150

Además debe tenerse en cuenta la variable tiempo. El tiempo de construcción mediante el sistema entramado puede llegar a ser mucho menor que el del sistema tradicional, ocasionando una reducción en los gastos de administración y financiación.

También se ahorra en cimentación debido al poco peso que tiene la madera.

## EL FUTURO EN LA CONSTRUCCIÓN CON MADERA

Ya se inició el proceso de concesiones y subastas públicas de 25 millones de hectáreas del bosque amazónico para hacer posible el manejo sustentable y la certificación forestal de nuestros bosques. Se sabe que son 162 los interesados que han adquirido las bases del concurso público para tener acceso a 533133 hectáreas iniciales distribuidas en 91 unidades de aprovechamiento (UA). Se calcula que en los próximos años aumentará diez veces la actual oferta de madera aserrada, que deberá ser absorbida principalmente por el sector construcción.

La edificación de estructuras con madera lleva tras de ella una larga tradición en todo el país. Sin embargo, a pesar de lo elevado de algunas de las técnicas artesanales de trabajo de la madera, los esfuerzos deberían perseguir la adaptación a los procesos constructivos modernos. En un régimen de libre comercio, frente a la competencia de la madera con los otros materiales de construcción, las innovaciones técnicas son una necesidad. Y para alcanzar este objetivo es necesario que sean intensificados los esfuerzos aplicados a la investigación y la formación de los futuros constructores.

La secuencia a seguir podría orientarse como sigue:

- Preservación y conservación de estructuras de madera existentes.
- Alentar procedimientos artesanales tradicionales de construcción con madera en la pequeña empresa.
- Desarrollo de investigación conjuntamente con puesta en obra de procedimientos industriales.

En este nivel, el intercambio de conocimientos y experiencias particulares a nivel regional resulta fundamental<sup>1</sup>, pues ello nos asegura de mejores perspectivas para el sector de la construcción. Debemos aprovechar las ventajas de la integración comercial en el marco de la Comunidad Andina y del Tratado de Cooperación Amazónico. Por ejemplo los países de la Comunidad Andina han tratado de armonizar criterios para promover el uso de la madera en la construcción. Deberían realizarse aún más proyectos en materia de normalización, tal como el criterio de agrupamiento estructural de especies, pues eso lleva facilita y promueve el intercambio comercial en la región.

---

<sup>1</sup> Un ejemplo es lo que sucede en Europa, con la entrada en vigencia del Eurocódigo 5 (EC5) y por lo tanto la estandarización de cálculos de estabilidad, con lo que además podría tener el efecto de promover la construcción con madera en los países en los que es menos valorada. Mas adelante se dará una breve reseña acerca del EC5.

Además, deben tomarse en cuenta las siguientes orientaciones al definir la prioridad de los objetivos de la investigación:

- El estudio de las propiedades de la madera de construcción y de los nuevos materiales derivados de ella, con efectivos procedimientos para su clasificación en función de la distribución de resistencias y sobre todo de la acción del tiempo y de los factores externos, tales como la humedad y la temperatura, sobre las propiedades que tienen incidencia directa en la construcción. En cuanto a los derivados de la madera, con la posibilidad de ser sujetos a continuas modificaciones o mejoras tecnológicas, conviene determinar periódicamente sus características mecánicas y de resistencia, sobre todo de materiales nuevos, para ponerlos a disposición del diseñador.
- La adquisición de nuevos conocimientos en lo que concierne a las técnicas de unión y ensamble de piezas estructurales. Éstas suelen ser el eslabón más débil en las estructuras de madera, debido a las deformaciones a las que son sujetas. Esto deberá darse por medio de análisis teóricos además de ensayos.
- El análisis del comportamiento de cada elemento estructural y del periodo de vida de una estructura de madera, pues debido a que las uniones son de un material distinto, igualmente su comportamiento al ser sometido a la influencia de factores externos tales como las cargas, el clima y el tiempo, será diferente, es por ello que el comportamiento del conjunto será muy complejo.

## **LA ENSEÑANZA DE LA CONSTRUCCIÓN EN MADERA**

En la Facultad de Arquitectura de la Universidad Nacional de Ingeniería se dicta el curso de Estructuras 4, en el cual se trata el tema de la construcción con madera y se concluye con la entrega de una planimetría completa de un proyecto. En cambio, en el curso de Construcción 1, se toca el tema a elección del alumno. Incluso se realizó un convenio para que los alumnos diseñen viviendas a base de madera para los damnificados del terremoto de Moquegua en el año 2001, las que efectivamente llegaron a materializarse.

Por otro lado, en la Facultad de Arquitectura de la Universidad Ricardo Palma se lleva el curso Edificación 1, donde se trata la madera y los detalles, y en



· Estandarización y Prefabricación en la Construcción igualmente se trata el tema que el alumno elige.

Resulta esperanzador el hecho de que cada vez haya mas alumnos interesados en el tema de la madera, quincha y bambú ya sea por interés en la construcción o la restauración.

En las facultades de Ingeniería Civil sólo se dicta un curso que divide sus horas en acero y madera.

A nivel de maestría no existe ningún programa que se proyecte a la investigación de la madera como material de construcción. El mas cercano se imparte en la Universidad del Bío Bío en Chile.

Pero en la mayor parte de las universidades existe una gran desproporción entre la cantidad de horas dedicadas al estudio de la construcción en madera y la cantidad de horas dedicadas a otros materiales, a veces solo se le menciona o se hace un estudio teórico muy somero, sin llegar a su aplicación en un diseño. Mas tarde, en la práctica el tiempo requerido en trabajos con madera tampoco tiene correspondencia con las horas que se le dedicaron. Esto se refleja en la calidad de la edificación y muchas veces en la renuencia a aplicar el material en la práctica profesional.

Para remediar esta situación es necesario implementar cursos dirigidos a estudiantes del antegrado y cursos cortos para la capacitación permanente de profesionales. En el caso de los estudiantes, probablemente serán necesarias ayudas pedagógicas.



El objetivo será lograr que el diseñador elija la forma mas adecuada para una estructura y el sistema de uniones que aplicará.

Normalmente se enseña a utilizar cada material independientemente de los otros, entonces se empieza por el estudio del concreto armado, y según la disponibilidad de tiempo, los otros. Se presenta al estudiante una forma particular de estructura, dedicando el resto del curso al análisis de esta forma y a su dimensionamiento, sin detenerse en las razones que llevaron a la elección de esta forma entre tantas otras.

El proyectista necesita conocer las propiedades de todos los materiales y aprender a determinar de forma intuitiva el comportamiento de una estructura y de cada uno de sus elementos según el material que se emplee en su construcción.

Otro tema que debe tenerse en cuenta es la variedad de características que puede tener el material y las repercusiones que esto tiene en la concepción de las estructuras. En el caso de la madera, los estudiantes deberían tener conocimiento de la agrupación de especies madereras y de los materiales reconstituidos, como la madera laminada. Su estudio debería estar incluido en la medida que pone en evidencia las posibilidades estructurales de la madera, y permite estimular la capacidad creadora del estudiante.

En cuanto a los profesionales el objetivo será que tenga conocimiento de cada etapa del proceso de la edificación con madera, su durabilidad y de los materiales, tipos de unión, colas y preservantes, teniendo en cuenta permanentemente el aspecto estético.

Estos cursos podrían darse tanto en universidades como en institutos técnicos.

Es necesario que éste conozca las posibilidades de la madera, pero también sus límites, para poder darle las mismas oportunidades que a otros materiales.

## **NORMATIVA EXTRANJERA: EL EUROCÓDIGO 5 (EC5)**

Los Eurocódigos son normas elaboradas por la Comisión de Comunidades Europeas para la construcción, existen para diferentes sistemas constructivos como para zonas sísmicas, contra incendios, aislamiento acústico y ahorro de energía, se prevé igualmente para puentes y construcciones agrícolas. Se han inspirado en otros códigos europeos y en normas ISO sobre materiales de construcción. Se han creado para alcanzar los siguientes objetivos:

- Promover el comercio interior suprimiendo obstáculos provenientes de la diversidad de reglamentos de construcción.

- Aumentar la competitividad de las empresas constructoras europeas en el mercado global.
- Establecer una base para la uniformización de normas de los materiales de la construcción.

El EC5 es una normativa europea aplicada a la construcción en madera, de implantación generalizada a mediano plazo. Los trabajos para su desarrollo se iniciaron en 1973, su implementación esta actualmente en fase de aplicación experimental, para ser utilizado en forma paralela a los dispositivos nacionales y ser comparados, no pudiéndose editar más reglas nacionales. Con la aplicación del EC5, el proyectista será incentivado a emprender trabajos fuera de su país, y con la uniformización la burocracia se reducirá.

El EC5 se divide en cuatro partes:

La primera es similar en todos los eurocódigos, incluye unidades, simbología, definiciones, referencias, bases de seguridad y algunas reglas particulares concernientes a la humedad y la duración de la carga.

La segunda parte se dedica a las exigencias a las que deben responder los materiales, contiene numerosas referencias a otras normas y a anexos.

La tercera parte tiene reglas de cálculo para cada elemento en condiciones de uso normales o condiciones límites<sup>1</sup>.

La cuarta parte indica las exigencias para poder aplicar las normas de cálculo.

Pero actualmente existe el mismo problema que en nuestro país, acerca de la diferencia entre dimensiones nominales y dimensiones reales, solo que a diferente escala: que estructuras provenientes de diferentes países, y aparentemente con las mismas dimensiones, presentan cierta variación en sus dimensiones efectivas. Además las diferentes especies madereras de cierta resistencia, pueden tener distinta durabilidad y aceptación de preservantes.

---

<sup>1</sup> En el EC8, dedicado a las construcciones en zonas sísmicas, se privilegia materiales y construcciones capaces de absorber la energía a través de deformaciones plásticas, entre los que no figura la madera, excepto los galpones con uniones mecánicas. Eso puede deberse a que las especies predominantes, las coníferas no son muy dúctiles o elásticas, a diferencia de las frondosas, que predominan en nuestros bosques..

## CONCLUSIONES

El uso de la madera como material de construcción ofrece ventajas considerables entre las que destacan el relativo bajo costo de la mano de obra, la rapidez de su colocación, su poco peso y gran resistencia, la facilidad de normalización y la posibilidad de satisfacer una amplia variedad de exigencias con una reducida organización.

Comparada con otras actividades económicas, el uso de la madera en la construcción es la mejor alternativa para devolverle el valor económico a los bosques y garantizar su conservación, manejo sostenido y renovación.

El objetivo de la Comunidad Andina de la incorporación de la madera tropical, con todas las características técnicas, de normalización y reglamentación de que gozan los materiales tradicionales de construcción, se está logrando paulatinamente, comprobándose el uso de maderas tropicales alternativas como solución a la sobreexplotación de una sola especie, dando resultados efectivos, tal como se vio en las experiencias peruanas.

Es necesario sensibilizar a los productores y consumidores sobre la necesidad de establecer un manejo sostenido y responsable del recurso forestal.

Se determina la necesidad de mejorar las condiciones de abastecimiento de madera en términos de oportunidad, calidad, cantidad y costos.

Establecer centros de servicio y acopio de madera aserrada, así como de componentes de la construcción.

Se sugiere incorporar especies secundarias con un criterio de agrupamiento estructural.

Se debe investigar y poner a disposición del proyectistas las características mecánicas y de resistencia de las maderas menos difundidas y materiales derivados que son objeto de continuas transformaciones y mejoras.

Se deben considerar más esfuerzos en materia de normalización de códigos regionales de construcción, pues todo esfuerzo de normalización beneficiará a la región, al facilitar la exportación y el intercambio y potenciando el crecimiento del sector productor, lo cual finalmente generará empleo y riqueza.

Se determina la necesidad de preservar y conservar las estructuras de madera existentes para que sirvan como referencia para el estudio del comportamiento en el tiempo de estas.

Se plantea que en el futuro se realicen investigaciones sobre técnicas de ensamble de piezas estructurales, pues es allí donde suelen presentarse las fallas.

Para alcanzar la competitividad global de nuestra industria es necesario que el estado en conjunto con el sector privado creen mecanismos y programas que fomenten la innovación y el cambio técnico en la empresa, así como fortalecer el entorno institucional para favorecer la generación, desarrollo y transferencia de tecnologías ligadas a la producción, como la investigación aplicada.

Fomentar el desarrollo de nuevos sistemas constructivos, productos y accesorios a base de madera a través de concursos o durante cursos incluidos en la currícula universitaria.

A corto plazo se deberían implementar cursos a nivel técnico y superior, dirigidos a constructores y profesionales para que sea posible una mayor enseñanza sobre construcción en madera en el antegrado.

A largo plazo la enseñanza del diseño estructural debería basarse en el entendimiento del material y el conocimiento del comportamiento estructural, y la división de la enseñanza por elementos primero y materiales después, de esta forma todos los materiales alcanzarían un nivel adecuado en el antegrado.

Se considera necesario fomentar la demanda, realizando una campaña de difusión, la cual estaría dirigida a los diferentes estratos de la población, para eliminar prejuicios y superar los problemas de aceptación de las construcciones de madera, distribuyendo cartillas de instrucciones para la conservación y



mantenimiento de construcciones a base de madera<sup>1</sup>.

Por otro lado, en el sector de la construcción se orientarán programas de construcción a base de madera y difundirán tecnologías, normas, especificaciones técnicas y fuentes de financiamiento disponibles.

Fomentar la utilización de la madera en construcciones mixtas, combinando las mejores ventajas de los diferentes materiales de construcción.

---

<sup>1</sup> Al respecto existe un reciente informe realizado por Francisco Flores, que trata sobre mantenimiento.

## BIBLIOGRAFÍA

ARANA FREIRE, ELSA & GUZMÁN NEGRON, ELISEO & LUISONI-PRADA, EMILIO.

Una isla en el desierto. Un proyecto  
sobre el hábitat social  
AUSONIA S.A., Lima, 1989.

ARBAIZA MENDOZA, CHRISTIAN & CARAZO S., MERCEDES INES  
& HURTADO E., ANGEL PAUL

Los retos de la industria de la madera en el  
Perú: Innovando para competir.  
MITINCI-industria, Lima, 1999

ARKINKA

n°76, marzo 2002, Pág. 12  
"Kindergarten Colegio Pestalozzi".

COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES

Industrial processes. Building & civil  
engineering.  
Timber structures.  
Ed. Luxembourg, 1989.

CÁMARA NACIONAL FORESTAL Y LA ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DE  
LAS MADERAS TROPICALES

"Proyecto ITTO PD 37/88 revisión 3. Utilización  
Industrial de Nuevas Especies Forestales en el  
Perú . Fase II. Programa de Promoción  
Comercial. Construcciones Demostrativas con  
Madera"  
"Curso de Capacitación de Construcciones  
Demostrativas en Madera"  
mayo, 1992.

EL COMERCIO

"Mas resistente al fuego"  
miércoles 13 de noviembre del 2002,  
cuerpo E, Pág.2

FRANCIS, A. J.

Introducción a las estructuras  
Editorial Limusa, México, 1984

HILDEBRANDT, STEFAN & TROMBA, ANTONY

Matemáticas y formas óptimas  
Editorial prensa científica, Barcelona, 1990

[http://WWW.WHO.INT/PCS/PCS\\_NEW.HTM](http://WWW.WHO.INT/PCS/PCS_NEW.HTM)

Marketing and Dissemination (MDI)  
World Health Organization - CH-1211 Geneva  
27 - Switzerland

JUNTA DEL ACUERDO DE CARTAGENA PADT-REFORT

Manual del diseño para maderas del Grupo  
Andino.  
Princeliness e.i.r.l., S.M.P., 1984

MATERIALES Y METRADOS N°11

La madera en la construcción.  
Febrero 1994, página 7.

MEDIOS DE CONSTRUCCIÓN N°22

"Viviendas prefabricadas en la Selva Central"  
agosto a septiembre de 1988, Pág.12.

MEDIOS DE CONSTRUCCIÓN N°73

"Utilización de nuevas especies forestales en  
construcción demostrativa", noviembre-  
diciembre de 1992, Pág. 16,17.

MEDIOS DE CONSTRUCCIÓN N°168

"Primer Concurso: La Cerámica en la  
Arquitectura Moderna. Premio categoría  
servicios y espacios públicos", Pág. 20.  
"La Restauración de la Casona de San  
Marcos", Pág.28.  
año 2002.

PROMPEX & TROPICAL FOREST S.R.L.

SIPEC-servicio de información, precios y  
estadística comercial, boletín 7-2001

RODRÍGUEZ NEVADO, MIGUEL ANGEL

Diseño de estructuras en madera. Una aproximación en imágenes al estado del arte europeo a fines del siglo XX.

Ed. AITIM, asociación de investigación técnica de las industrias de la madera y el corcho, Madrid,

SALVADORI, MARIO

Estructuras para arquitectos

Editorial CP67, Buenos Aires, 1987

STUNGO, NAOMI

Arquitectura en madera. Nuevas tendencias.

Editorial Blume, Barcelona. 1999.

VILLASUSO, BERNARDO M.

La madera en la arquitectura 2

El ateneo, Buenos Aires, 1997.