

CYTED



HABYTED

PROTERRA

PROYECTO XIV. 6

Tecnologías de Construcción con Tierra

HABYTED Subprograma XIV
Tecnología para Viviendas de Interés Social

Programa Iberoamericano
de Ciencia y Tecnología
para el Desarrollo
C Y T E D

Técnicas Mixtas de Construcción

con

T i e r r a

Julio del 2003



Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo
CYTED

Proyecto XIV.6 PROTERRA

HABYTED

Subprograma XIV

Viviendas de Interés Social

Dr. José Antomio Cor dero, Secretario General del CYTED

LIC. Edín de Jesús Mar tínez, Coordinación Internacional de
Subprograma XIV HABYTED

Ing. Célia Mar tins Neves , Coordinación Internacional del Proyecto
HABYTED XIV.6 PROTERRA

Este material ha sido editado por la

Coordinación del Proyecto XIV.6 PROTERRA del CYTED

Diseño y diagramación

Emma Gill Nessi

Julio del 2003

*Foto Carátula, Indígena
Kogi, construyendo una
estructura de bahareque,
grabado de Alain Hays según
un documento fotográfico del
antropólogo Gerardo
Reichel-Dolmatoff (© Hays)*

© Programa CYTED - Sub Programa XIV.

Todos los derechos de reproducción o traducción reservados para el Programa CYTED y los autores de los respectivos trabajos. El Subprograma autoriza la reproducción de las mismas siempre que la fuente sea citada.

Técnicas Mixtas de Construcción

con

T i e r r a

Contenido

Presentación

Primera Parte

Las **Técnicas Mixtas** de construcción con tierra **en América Latina**

Segunda Parte

Recomendaciones para la elaboración de **normas técnicas de edificación** con técnicas mixtas de construcción con tierra.

Presentación

Apresentação

O compromisso do PROTERRA em divulgar e aplicar o conhecimento disponível sobre o uso da terra para a produção de habitações de interesse social implica também, entre outras ações, o apoio técnico às instituições promotoras de programas de construção. Neste sentido, é essencial a indicação dos requisitos e critérios necessários para o projeto, a produção e o controle das construções. Em agosto de 1995, o HABITERRA publicou Recomendaciones para la elaboración de normas técnicas de edificaciones de adobe, tapial, ladrillos y bloques de suelo-cemento. Faltava, porém, estabelecer os requisitos e critérios para as construções em que se combina a terra com madeira, bambu, varas, palha, fibras e outros materiais fibrosos generosamente oferecidos pela Natureza.

Reunindo a variedade dos materiais e técnicas de execução numa só família, adotou-se a denominação TÉCNICA MISTA para este espetacular sistema construtivo, que é conhecido como taipa-de-sopapo ou simplesmente taipa no Brasil, denominado quinchá na Argentina, bahareque em outros países e entramado no meio técnico.

Esta técnica construtiva ocorre em climas variados, desde regiões com temperaturas elevadas até as mais frias como a da cidade de Cuenca, no Equador, e em altitudes desde a do nível do mar até as mais elevadas nas montanhas dos Andes. As construções também apresentam excelente desempenho durante os constantes abalos sísmicos, característicos em vários países da América Central e América do Sul.

A conceituação e detalhamento da TÉCNICA MISTA têm a grande contribuição de Alain Hays e Silvia Matuk, arquitetos da Geodomus Internacional, que presenteiam a comunidade técnica e científica com um estudo profundo sobre o tema, apresentado através do documento Recomendaciones para la elaboración de normas técnicas de edificación com técnicas mixtas de construcción com tierra, gentilmente cedido ao PROTERRA para sua divulgação. O trabalho apresenta um organizado sistema construtivo, concebido a partir dos materiais e técnicas empregados em diversas regiões e da capacidade dos geniais arquitetos em observar, sistematizar e elaborar um macro sistema, representante dessa grande família.

Outros artigos, com autoria de especialistas integrantes do PROTERRA, relatam peculiaridades da TÉCNICA MISTA, demonstrando o potencial dessa técnica construtiva com o uso de materiais locais e sua prática no contexto da tradição e cultura da região.

O compromisso do PROTERRA em divulgar a TÉCNICA MISTA e estimular sua prática não pára aí. Apresenta-se agora a primeira edição de Técnicas mixtas de construcción com tierra, uma publicação aberta em que se espera agregar outros artigos nas próximas edições com as diversas colaborações que seguramente surgirão durante o desenvolvimento do PROTERRA.

Célia Maria Martins Neves

Coordenadora Internacional
Projeto XIV.6 PROTERRA
cneves@superig.com.br

Salvador, 30 de julho de 2003



Primera Parte

Las Técnicas Mixtas de
construcción con tierra en
América Latina

Contenido

PRIMERA PARTE

Las Técnicas Mixtas de construcción con tierra en América Latina

- 1 ASPECTOS CONSTRUTIVOS DA TAIPA DE MÃO**
Wilza Gomes Reis Lopes, Akemi Ino BRASIL
 - 2 EL BAHAREQUE EN ZONAS SISMICAS**
Patricio Cevallos Salas ECUADOR
 - 3 USO DE LA TECNICA MIXTA TIERRA ALIGERADA EN CHILE**
Hugo Pereira Gigogne CHILE
 - 4 PALMA CARANDAY Y TIERRA. Técnicas Mixtas en el Nordeste Argentino**
Graciela María Viñuales ARGENTINA
 - 5 CONSTRUCCIÓN CON TIERRA CRUDA. Sistemas de entramado. Técnicas mixtas tradicionales del Noroeste Argentino**
Mirta Eufemia Sosa ARGENTINA
 - 6 USO HISTÓRICO Y ACTUAL DE LAS TÉCNICAS MIXTAS DE CONSTRUCCIÓN CON TIERRA EN EL PARAGUAY. Alternativas para la innovación**
Silvio Ríos Cabrera, Emma Gill Nessi PARAGUAY
-

Indice general

PRIMERA PARTE

Las Técnicas Mixtas de construcción con tierra en América Latina

Presentación	7
Primera Parte	9
Contenido	11
1. ASPECTOS CONSTRUTIVOS DA TAIPA DE MÃO	15
Aspectos Construtivos da Taipa de Mão	16
1.1 Introdução	16
1.2 MATERIAIS EMPREGADOS	19
1.3 BARREAMENTO	24
1.4 RECOMENDAÇÕES	27
1.5 EXEMPLOS DE CONSTRUÇÕES COM TAIPA	30
1.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	34
2. EL BAHAREQUE EN ZONAS SISMICAS	37
2.1 INTRODUCCION	38
2.2 TECNICA UTILIZADA	39
2.3 EFECTOS DE LOS SISMOS EN LAS CONSTRUCCIONES CON TÉCNICAS MIXTAS	42
2.4 ESTUDIOS REALIZADOS	43
2.5 PROPUESTA PARA MEJORAR LA SEGURIDAD DE LAS EDIFICACIONES	46
2.6 CONCLUSIONES	48
3. USO DE LA TECNICA MIXTA TIERRA ALIGERADA (LEICHTLEHMBAU) EN CHILE	51
3.1 INTRODUCCIÓN	52
3.2 FICHA TÉCNICA DE LA OBRA	52
3.3 DESCRIPCIÓN DE LA TÉCNICA	52
3.4 RESULTADOS OBTENIDOS	56
3.5 CONCLUSIÓN	62

4. PALMA CARANDA Y Y TIERRA. TÉCNICAS MIXT AS EN EL NORDESTE ARGENTINO	65
4.1 INTRODUCCION	66
4.2 GENERALIDADES DEL TIPO	66
4.3 LA ORGANIZACIÓN ESPACIAL	67
4.4 DISPOSICIONES MURARIAS	68
4.5 LAS CARACTERÍSTICAS DEL EMBARRADO	70
4.6 SOLUCIÓN DE LAS CUBIERTAS	71
4.7 CONSIDERACIONES FINALES	72
5. CONSTRUCCIÓN CON TIERRA CRUDA. Sistemas de entramado	73
Técnicas mixtas tradicionales del noroeste argentino	73
5.1 MARCO DE REFERENCIA	74
5.2 INTRODUCCIÓN	74
5.3 LAS CONSTRUCCIONES DE ENTRAMADO	76
5.4 REFLEXIONES	86
5.5 GLOSARIO	87
6. USO HISTÓRICO Y ACTUAL DE LAS TÉCNICAS MIXT AS DE CONSTRUCCIÓN CON TIERRA EN EL P ARAGUAY.	89
6.1 INTRODUCCIÓN	90
6.2 ANTECEDENTES HISTÓRICOS	93
6.3 VIVIENDA URBANA EN PILAR	94
6.4 EL CABILDO DE PILAR	100
6.5 VIVIENDA RURAL EN EL GUAIRÁ	103
6.6 PROPUESTAS ACTUALES EN RELACIÓN AL ESTAQUEO	106
6.7 CÁTEDRA DEL HÀBITAT POPULAR EN LA UNIV. NACIONAL DE ASUNCIÓN	117
6.8 APORTES DESDE EL ÁMBITO INTERNACIONAL	117
6.9 CONCLUSIONES	119

1. ASPECTOS CONSTRUTIVOS DA TAIPA DE MÃO

Arq. Wilza Gomes Reis Lopes ¹

Akemi Ino ²

BRASIL

¹ *Mestre em Arquitetura pela Escola de Engenharia de São Carlos da USP, Doutora em Engenharia Agrícola pela FEAGRI/UNICAMP, Professora do Departamento de Construção Civil e Arquitetura da UFPI.
izalopes@uol.com.br*

² *Professora Doutora do Departamento de Arquitetura da Escola de Engenharia de São Carlos –EESC/USP.
inoakemi@sc.usp.br*

Aspectos Construtivos da Taipa de Mão

1.1 Introdução

A taipa de mão, também conhecida como taipa, taipa de sopapo, taipa de sebe, barro armado ou pau-a-pique, consiste, segundo definição de Di Marco (1984), em uma ossatura de madeira ou bambu, formada por ripas horizontais e verticais amarradas com tiras de couro, cipó, barbante, prego ou arame, preenchida com uma mistura de terra, água e fibras. Este conjunto, juntamente com peças portantes verticais de madeira, forma a parede da edificação. A mistura, denominada barro, é lançada com as mãos nos dois lados ao mesmo tempo, e apertada sobre a trama da parede. Após a secagem do barro, é aplicado o reboco e, posteriormente, a pintura.

De acordo com Smith (1955), os primeiros colonizadores portugueses, ao chegarem ao Brasil, já encontraram os índios morando em casas feitas de estruturas de madeira, recobertas de barro. Entretanto, para Milanez (1958), antes da chegada dos portugueses, os índios não usavam a terra para construir: seus abrigos eram de madeira, paus roliços e vedações de palha e folhagens. A taipa de mão, o adobe e a taipa de pilão, técnicas construtivas que utilizam a terra crua, chegaram ao Brasil trazidas pelos primeiros colonizadores portugueses. Além destes, os africanos trazidos como escravos tinham conhecimento do uso da terra para construção. E ainda hoje, segundo Milanez (1958), os nativos da Guiné, descendentes dos mesmos negros que para aqui vieram, utilizam o pau-a-pique, com enchimento de lama e cobertura de palha para construírem suas casas.

Muito utilizada em construções rurais, a taipa de mão foi também usada em áreas urbanas, tanto nas paredes externas quanto nas internas. Era comum o seu uso associado a outras técnicas, sendo as paredes externas construídas de adobe ou taipa de pilão e as divisões internas e paredes do piso superior construídas com esta técnica, devido ao material ser mais leve.

Mello (1985) afirma que a primeira técnica de terra usada em Minas Gerais foi a taipa de pilão, trazida pelos bandeirantes. Posteriormente, ela foi substituída pela taipa de mão devido a ocorrência de erosão nas paredes provocada pelas enxurradas, principalmente em terrenos mais acidentados, como nas vilas do ouro.

De acordo com Smith (1969), no final do século XVII, os bandeirantes levaram para Minas Gerais as técnicas paulistas de construção com terra, especialmente a do pau-a-pique, que passaram a ser quase a única forma de construir, durante o período da arquitetura colonial mineira de 1700 a 1750. Cita ainda que edifícios de importância como a antiga Intendência

em Sabará, hoje Museu do Ouro, eram feitos de pau-a-pique.

A técnica da taipa de mão foi bastante usada no Brasil, encontrando-se exemplos em todo país. Algumas razões que levaram ao emprego generalizado desta técnica foram apontadas por alguns autores: Vasconcellos (1979) refere-se à facilidade de sua construção como um dos motivos que levou este sistema construtivo a ser um dos mais difundidos; Schmidt (1946) afirma que ela foi amplamente utilizada pois, ao contrário da taipa de pilão, prescindia de taapeiros especializados, além de também ser durável, de grande resistência às intempéries e de menor custo; Alvarenga (1984) aponta a rapidez de execução como uma das principais vantagens da taipa de mão; já Souza (1996) considera que, nas terras de Minas Gerais, a taipa de mão teve preferência sobre a taipa de pilão pois era de mais fácil execução, mais rápida e econômica, além de ser leve e de facilmente adaptar-se às topografias acidentadas.

Não só os colonizadores portugueses utilizaram a taipa de mão no Brasil. Referindo-se às construções dos imigrantes italianos e alemães no Espírito Santo, Muniz (1994) afirma que estes que desconheciam as construções de pau-a-pique ou estuque em suas terras de origem, porém tiveram conhecimento desta técnica imediatamente após a chegada no país, pois ela era usada nas paredes dos barracões rústicos que os abrigavam nos núcleos das colônias. E passaram, então, a utilizá-las em suas construções. Destaca também que, apesar de ambos usarem a mesma técnica, havia diferenças estruturais em cada modo de construir. Os imigrantes de origem alemã estruturaram a construção com o sistema de enxaimel, deixado aparente e, geralmente, faziam casas de um só pavimento. Enquanto que os italianos aperfeiçoaram a taipa de mão, reforçando a trama de pau-a-pique para proporcionar maior estabilidade às paredes, sendo comum o uso de dois pavimentos.

Günter (1993) e Soliani et al. (1993) citam, respectivamente, a “Casa Wust” em Sapiranga e a casa Presser em Novo Hamburgo, ambas no Estado do Rio Grande do Sul, como exemplos de construções com taipa de mão originários da colonização alemã.

Atualmente, observa-se que a taipa de mão, mesmo ainda sendo uma técnica de uso corrente em quase todo território brasileiro, utilizada desde os primórdios de nossa colonização e integrada à nossa cultura, principalmente à do caboclo da zona rural, encontra-se em desuso, pois ela é associada a construções pobres e transitórias. Para Alvarenga (1995), a visão de solução provisória para construção de habitações em taipa, pois se constrói com esta técnica, na esperança de, em breve, se construir

PRIMERA parte com alvenaria de tijolos, resulta em edificações sem as devidas recomendações técnicas, em que o aspecto visual e de higiene fica comprometido, dentre outros fatores, pela falta de reboco e pelo mau acabamento, estabelecendo-se por consequência, a idéia de que a casa de taipa está vinculada à pobreza e às habitações provisórias e insalubres. Na verdade, o que ocorre, segundo Souza (1996), é que o antigo saber fazer tem sido substituído e adulterado e o que resta hoje é só um arremedo do que outrora se praticava. Já para Iglesias (1993), o maior desafio para o uso das construções em terra é puramente subjetivo: trata-se do preconceito generalizado que associa as obras de prestígio às técnicas e materiais modernos e considera a arquitetura de terra como precária e símbolo de baixo status social.

Em contraposição, vários exemplos de construção em taipa de mão, construídos em tempos remotos, persistem até nossos dias, desafiando às intempéries e ao próprio tempo, demonstrando o potencial de seu uso e sua durabilidade. Porém não só exemplos históricos comprovam a viabilidade desta técnica; diversas construções contemporâneas em taipa, localizadas em várias partes do país, em que foram respeitados procedimentos construtivos, atestam a versatilidade e o excelente desempenho desta técnica.

1.2 MATERIAIS EMPREGADOS

Na construção em taipa de mão, o processo básico comumente empregado consiste em levantar toda a estrutura das paredes, colocar o madeiramento do telhado e a cobertura e efetuar o enchimento dos vãos, sob proteção da chuva e do sol.

A versatilidade da taipa de mão pode ser comprovada através de sua grande adaptabilidade às condições locais, pois em sua execução são utilizados materiais naturais da região, aproveitando-se aquilo que se tem às mãos. As paredes de taipa de mão, geralmente, estão inseridas numa estrutura autônoma, em que vários materiais podem ser usados na sua execução.

Entramado



fig. 1

Entramado executado em paus roliços, em Itapajé, Ceará
Foto: Wilza Lopes. 1997

Lopes (1998) constata, em construções de taipa no Brasil, o uso de pilares de bambu, de carnacéba (*Copernicia cerifera*) de alvenaria de tijolo cerâmico, de madeira serrada ou roliça e de estrutura metálica, além do uso de painéis autoportantes, que dispensam o uso de pilares.

O entramado ou malha interna funciona como suporte para sustentação do barro, e, geralmente, é produzido no próprio local. O tipo mais comum consiste no uso de paus roliços, no sentido vertical, e de varas flexíveis horizontais, fixadas dos dois lados e amarradas através de fibras vegetais, como cipó-imbé (*Phyllodendrum imbé*), buriti (*Mauritia flexuosa*), tucum (*Bactris glaucescens*), sisal (*Agave sisalana*), tiras de couro, arame, ou ainda presas por pregos, formando um xadrez (Figura 01). Contudo, pode apresentar variações quanto à forma, quanto aos materiais utilizados e ainda, quanto ao modo de produção.

fig. 2

Traçado em diagonal em Linhares, Espírito Santo.
Foto: Akemi Ino, 1992



No município de Santa Tereza, Estado do Espírito Santo, foi observado que o trançado tradicional em xadrez foi substituído por um, em sentido diagonal, nas construções em taipa de imigrantes italianos (Muniz, 1994). Este trançado foi usado em Linhares, Espírito Santo, em construção da arquiteta Karla Caser (Figura 2).

PRIMERA parte
Outro material também encontrado foi o arame, utilizado pelo arquiteto Paulo Frota em substituição às peças horizontais de madeira em construção de taipa na cidade de Teresina, Piauí (Lopes, 2000).

Já na Fazenda Santa Eudóxia, no município de São Carlos no Estado de São Paulo, constatou-se o uso de tela de galinheiro correspondendo à malha interna em paredes de taipa (Figura 03). Neste procedimento foram usadas duas telas de galinheiro, que envolvem peças verticais de madeira e servem para sustentação do barro. No nordeste brasileiro, em construções rústicas de taipa, é comum empregar-se talos de palmeiras de várias espécies, como da carnaúba e de buriti, posicionados horizontalmente, na confecção do entramado. Na figura 04, vê-se o emprego de talos de carnaúba em habitação encontrada na cidade de Barras, Estado do Piauí. Na mesma foto, observa-se ainda o uso de pedras, colocadas à medida em que se executa o barreamento, visando proporcionar uma maior solidez, cujo procedimento é comum em algumas localidades da região.

Entramado

fig. 3

*Tela de galinheiro, São Carlos, São Paulo.
Foto: Osny Ferreira, 1986*



fig. 4

*Trama interna de talos de carnaúba, em Barras, Piauí.
Foto: Regina Lima, 1997*

Entramado

fig. 5

*Entramado executado em bambu,
Tiradentes, Minas Gerais.
Foto: Marcos Borges dos Santos*



O bambu, espécie vegetal resistente e de crescimento rápido, é outro material bastante indicado para a ossatura interna da taipa. Pode ser usado na forma tradicional em xadrez, como encontrado em Tiradentes, Minas Gerais, em construção do arquiteto Marcos Borges dos Santos (Figura 05), ou baseado na técnica construtiva denominada quincha, utilizada no Peru. Em construção realizada em Maracanae, Estado do Ceará, foram utilizados painéis pré-fabricados, constituídos por uma moldura de madeira serrada e malha trançada de bambu, fixada ao quadro por simples tensão, sem encaixes e sem pregos (Figura 06).



fig. 6

*Entramado executado em bambu
trançado, Maracanaú, Ceará
Fonte: HAYS e MATUK (1993).*



Entramado



técnicas mixtas de
construcción con tierra

fig. 7

*Uso de madeira serrada,
em São Gonçalo, Rio de Janeiro
Foto: SILVA, 1991*

A madeira serrada apresenta-se como outra opção para o entramado. Produzindo diretamente no local da obra, Zanine Caldas (Figura 07) aproveitou sobras de madeira de pequenas serrarias da região para a confecção do entramado de uma residência construída em taipa, em São Gonçalo, Rio de Janeiro (Silva, 1991); já os arquitetos Cydno da Silveira e Paulo Frota utilizaram ripas cortadas ao meio, na posição horizontal, para execução do entramado em construções de taipa, respectivamente, nos Estados do Rio de Janeiro (Figura 08) e do Piauí.

fig. 8

*Uso de eucalipto e ripas, em
Teresópolis, Rio de Janeiro,
Fonte: CSA ARQUITETURA, 1995*



Entramado

O uso de painéis modulados pré-fabricados em madeira serrada, executados em oficina e levados prontos para a obra possibilita o melhor aproveitamento das peças de madeira e permite maior agilidade do processo de construção. O arquiteto Acácio Gil Borsoi, nos anos 60, utilizou esta maneira de produção em Cajueiro Seco, Estado de Pernambuco, numa tentativa de industrialização da taipa.

A Fundação Centro de Desenvolvimento das Aplicações de Madeiras no Brasil – Fundação DAM também fez uso desse sistema, tendo construído escolas, habitações e postos de saúde nas regiões Norte e Nordeste do país, utilizando painéis autoportantes.

Distintas espécies de madeira são adequadas, devendo ser usadas aquelas normalmente encontradas na região. As espécies de reflorestamento apresentam-se como excelente opção, na medida em que as áreas dedicadas a este fim encontram-se, atualmente, em constante expansão, o que facilita o uso da madeira como material renovável.

O Grupo de Habitação - GHab, localizado na Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, desenvolve pesquisas na área de habitação social utilizando materiais alternativos. Em projeto de desenvolvimento de unidades experimentais para habitação empregando madeira de reflorestamento, foram construídos dois modelos de habitação com estrutura principal em eucalipto roliço e serrado. Para o sistema de vedação, utilizaram-se as técnicas de terra palha e de taipa de mão, com painéis pré-fabricados em pinus. (Figura 09).



fig. 9

*Execução dos painéis em oficina e colocados na obra, em São Carlos, São Paulo,
Foto: Wilza Lopes, 1997*

1.3 BARREAMENTO

Na preparação da mistura para o barreado utiliza-se, em algumas regiões, apenas a terra com água, enquanto que, em outras, são acrescentados alguns materiais como fibras vegetais, palha, esterco de gado, cal ou cimento, entre outros, que funcionam como estabilizantes da terra, contribuindo para diminuir a retração ou aumentar a resistência. A terra do próprio local pode ser empregada sem muita restrição quanto ao seu tipo. Frota e Le Roy (1978) indicam o uso de solo argiloso, enquanto Mitidieri et al (1987) indicam o solo arenoso, contendo em torno de 60% de areia, como sendo ideal, salientando que, caso a terra local não atenda este requisito, pode-se facilmente corrigi-lo com o acréscimo de solo arenoso ou outro material estabilizante.

Costa e Mesquita (1978) ressaltam que foi observado, no interior de Minas Gerais, uma casa de fazenda construída no tempo do Império com paredes de pau-a-pique e de barro sem apresentar qualquer tipo de fissura. As paredes foram feitas com terra, areia e estrume de gado. Este último material possibilita maior firmeza ao reboco. De acordo ainda com os autores, foi a observação do fato do pássaro joão-de-barro utilizar o estrume de gado na construção de seu ninho que acarretou o uso deste material nas casas de taipa para aumentar sua durabilidade e evitar fissuras. Milanez (1958) constata que a terra usada na casa do joão-de-barro possui aproximadamente de 30% de areia, porém é estabilizada com grande quantidade de palha.

A escolha do solo é feita em amostras retiradas em escavações, a uma profundidade em torno de 40 cm (Mitidieri et al., 1987; Milanez, 1958;). Um teste rápido para a escolha do solo consiste em retirar quatro amostras de diferentes pontos no mesmo terreno, umedecê-las com água e fazer bolas com as mãos. Ao secar, a bola que apresentar menor número de fissuras indicará, de modo prático, o solo mais adequado para a taipa. (Mitidieri et al., 1987).

Gieth et al. (1994) recomendam o teste da pressão dos dedos para seleção do solo. Consiste em colocar um pouco da amostra na palma da mão, adicionar água até obter uma mistura coesa sem que se prenda à mão e formar uma bola. Ao se aplicar uma leve pressão com os dedos, verifica-se o comportamento da amostra: a) caso a bola se esfarele, o teor de areia é muito elevado; b) caso não se rompa após uma forte pressão dos dedos, há predominância de argila em sua composição; c) se ocorrer rompimento após uma forte pressão, o solo apresenta-se com teores de areia e argila convenientes ao emprego na taipa.

Milanez (1958), referindo-se ao preparo da mistura para o barreamento, afirma que se deve acrescentar água em quantidade adequada pois, em excesso, aumenta-se a possibilidade de ocorrerem trincas por secagem. A adição de palha picada na mistura permite a evaporação de água na massa toda por igual, inclusive de dentro para fora. Na aplicação, o autor chama atenção para que, durante o barreamento, o barro seja calcado com as mãos entre as varas do entramado, e não simplesmente lançado, “a sopapo”, como normalmente é feito. Este cuidado é um dos segredos para se obter uma obra bem elaborada pois, segundo Mello (1985), a parede, ao secar, terá boa resistência, ficando as cargas concentradas na estrutura autônoma de madeira.

fig. 10

Em Maracanaú, Ceará
Foto: Arquivo GRET Urbano Brasil,
1993



fig. 11

Em São Carlos, São Paulo.
Foto: Wilza Lopes, 1997



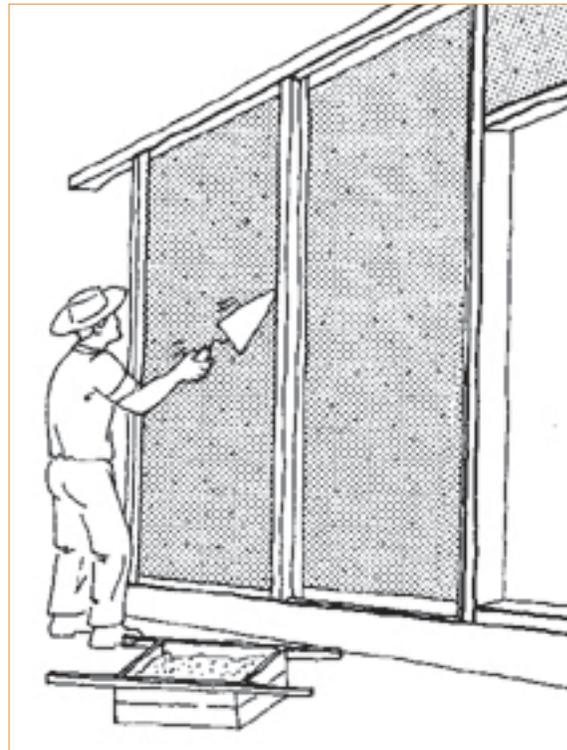
No preparo da mistura para barreamento, normalmente, costuma-se amassar a terra com os pés descalços (Figuras 10 e 11). E, segundo Gieth et al. (1994), é conveniente deixar esta mistura em repouso, por um período de 12 horas, de preferência durante a noite, para garantir ao barro um estado plástico ideal para aplicação.

Segundo a Fundação DAM (1988), a aplicação do barro segue três fases. A primeira consiste em aplicar uma camada com as mãos, sem cobrir as ripas. Espera-se então secar (de 15 a 30 dias) e aplica-se a segunda camada, que deve preencher todas as trincas e cobrir as ripas. Depois de seca, aplica-se o reboco, uma argamassa fina de cimento ou cal, areia e saibro (1:3:5, em volume) alisada com colher de pedreiro (Figura 12).



fig. 12

Etapas do barreamento e acabamento de construções em taipa de mão.
 Fonte: DAM (1988)



1.4 RECOMENDAÇÕES

Pinto (1993) e Souza (1996) citam que os inimigos da vedação de barro são as infiltrações de água, seja por capilaridade do solo, seja por falta de proteção adequada com rebocos mal executados; recomendam proteger a edificação de terra do contato com a umidade do solo, elevando-a do chão ou utilizando um alicerce, de pedras ou tijolos com a devida impermeabilização.

Ferraz (1992), ao mostrar várias construções em pau-a-pique do sul de Minas Gerais, região da Mantiqueira, afirma que elas foram construídas separadas do terreno natural com distância entre alguns centímetros até um metro, para evitar contato com a umidade do solo. Destaca também que a pintura melhora a salubridade e conservação da habitação, além de torná-la agradável visualmente.

Mitidieri et al. (1987) e PROAFA(1979) apresentam a sugestão do uso de cinta de concreto magro para evitar umidade nas paredes (Figura 13) e a Fundação DAM (1988) e Gieth et al. (1994) recomendam, para a fundação de construções em taipa, o uso de sapata corrida de pedra e de tijolos cerâmicos, protegida com camada impermeabilizante (Figura 14). No projeto Casa do Nilo (Figura 15), segundo Silva (1991), Zanine Caldas usou a construção suspensa através de pilaretes de tijolo cerâmico e Caser e Silveira, citados em Lopes (1998), construíram casas de taipa suspensas em esteios de madeira (Figura 16).

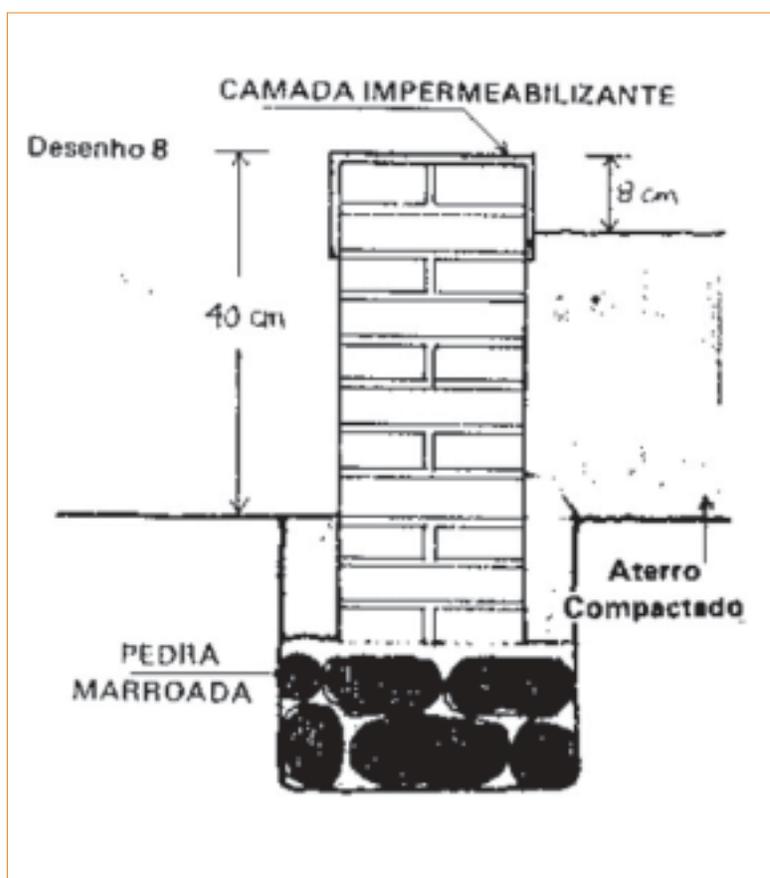
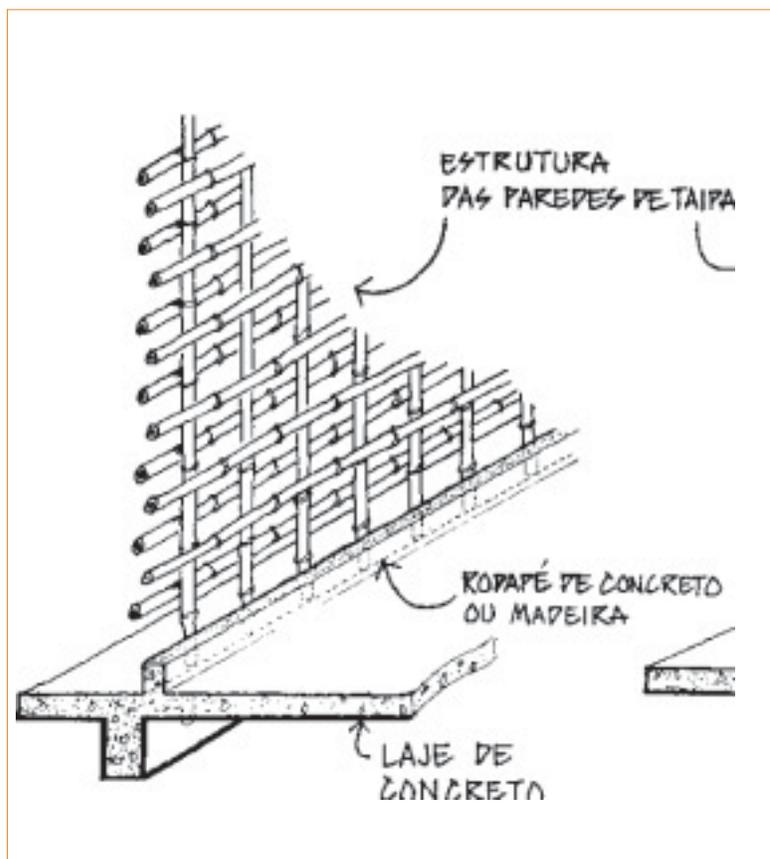


fig. 13

Detalhe de construção de parede em taipa, com proteção de concreto.
 Fonte: MITIDIERI et al. (1987)

fig. 14

Detalhe de baldrame de tijolo cerâmico para paredes de taipa.
 Fonte: FUNDAÇÃO DAM (1988)

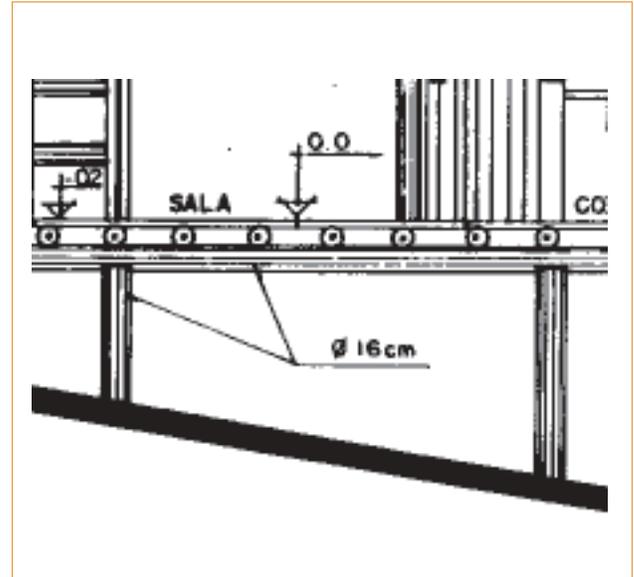
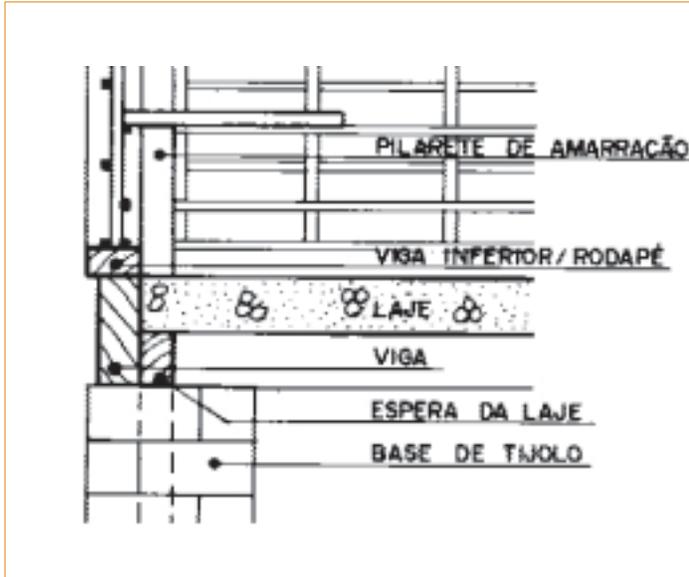


fig. 15

Detalhe de parede de taipa, elevada do chão por pilaretes de tijolo cerâmico, projeto Zanine Caldas.
Fonte: SILVA (1991)

fig. 16

Detalhe de construção em taipa, elevada do chão por baldrames de eucalipto roliço, projeto da arq. Karla Caser.
Fonte: MONCORVO et al.(1992)



Para proteção contra os danos causados pela incidência da água das peças verticais de madeira, pilares e forquilhas que ficam em contato com o solo, Lopes (1998) cita que, nas construções recentes, são usados geralmente materiais impermeabilizantes, como pintura asfáltica, betume, resina, sacos plásticos e base de concreto, de acordo com a disponibilidade local, como no detalhe construtivo usado nas obras em taipa pelo arquiteto Cydno Silveira (Figura 17).

Alvarenga (1984) afirma que um dos maiores problemas das habitações de pau-a-pique deve-se à falta de revestimento; ele é imprescindível para que haja proteção das paredes contra ação da água, bem como para evitar o alojamento de insetos nas gretas, que surgem quando seca o barro. A referida autora cita ainda que, na zona rural de Minas Gerais o reboco é, geralmente, feito com o próprio barro misturado com maior quantidade de areia e aplicado em duas camadas. A primeira, mais áspera, usa o cascalho, misturado com o solo, estrume e água, enquanto a segunda camada tem como diferença apenas no tipo de areia, que é mais fina.

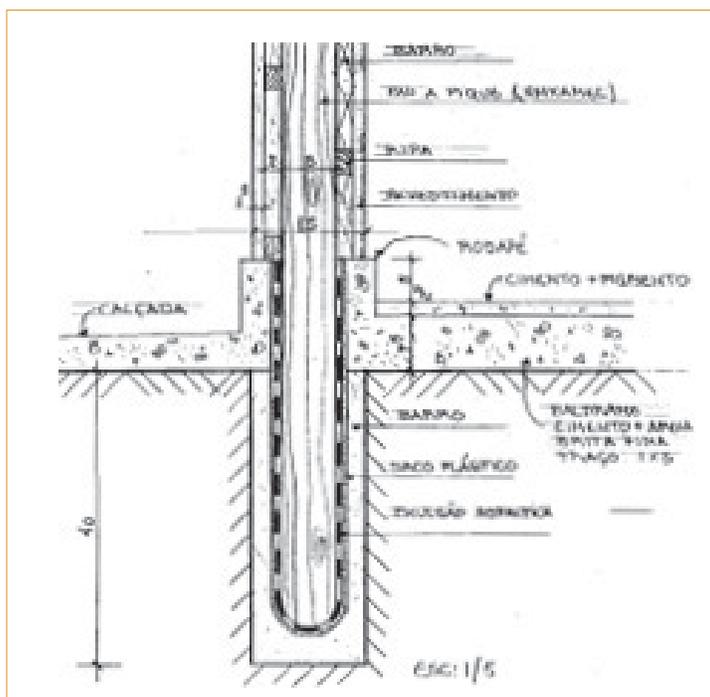
De acordo com o Gieth et al. (1994), para se atingir uma qualidade compatível com a proteção desejada, a mistura do reboco deve ter uma parte de cal para oito de saibro e ser aplicada sobre as paredes, levemente umedecidas, em forma de bolas, usando-se as mãos. Após cobrir toda superfície, deve pressionar levemente a mistura para uma perfeita aderência. A regularização é feita por pressão com a colher de pedreiro, para agregar os componentes e aflorar a água da mistura; passa, então, a desempenadeira e em seguida a esponja de camurça, criando uma superfície adequada para receber a pintura, que pode ser à base de cal.

Mitidieri et al. (1987) mencionam que o reboco ou segunda barreada é indispensável. As paredes devem ser recobertas e alisadas com a mão, eliminando-se, desta forma, o alojamento de insetos nas gretas. A fim de dar maior impermeabilidade às paredes, é comum fazer uma terceira barreada, em que se mistura cimento ou cal ao barro. Como última etapa, a casa é caiada ou pintada. No protótipo do PROAFA (1979), em Fortaleza, Ceará, foi feito um chapisco de impermeabilização, nas paredes internas e externas até a altura de 50 cm, para evitar infiltrações de água em ambos os lados.

É necessário destacar que, independente do tipo de material, o conjunto estrutural deve apresentar solidez e estabilidade, para evitar que ocorram desaprumos, desnivelamentos e trincas nas paredes. Na prática, alguns princípios elementares em construção, como marcação e nivelamento da obra com uso de equipamentos simples, tipo esquadro, prumo e nível, são relegados pelos construtores quando se trata de construções de taipa, talvez por considerarem dispensáveis neste tipo de obra, mas que contribuem para prejudicar a aparência e a rigidez da construção, tornando a estrutura desequilibrada e as paredes desalinhadas.

fig. 17

Detalhe da proteção e fixação dos paus-a-pique, projeto arq. Cydno Silveira
Fonte: CSA ARQUITETURA (1995)



1.5 EXEMPLOS DE CONSTRUÇÕES COM TAIPA

Nos dias atuais, a construção em taipa de mão está associada, geralmente, a processos sociais transitórios, ao rural, à pobreza, ao status de favela e barraco. Percebe-se que, mesmo aquele que faz uso dessa técnica naturalmente no campo, a rejeita quando migra para a cidade e passa almejar, assim que possível, ter sua moradia reconstruída com paredes de alvenaria, para caracterizar ascensão social, progresso material e estabilidade econômica.

Contudo, diversas construções contemporâneas em taipa, localizadas em várias partes do país, nas quais foram seguidos os procedimentos construtivos adequados, atestam a versatilidade e o excelente desempenho desta milenar técnica construtiva. Algumas dessas construções são mostradas a seguir, juntamente com um breve resumo descritivo de cada uma delas.

Casa Estúdio

Projeto: José Albano

Ano de construção: 1980

Tanto para os esteios principais como para o entramado interno, utilizou-se a madeira roliça da espécie sabiá (*Mimosa caesalpinifolia*), encontrada no local. A amarração do entramado foi feito com barbante de sisal. Para o barreamento, a terra do local foi acrescida de pedaços de telhas e de tijolos, colocados na medida em que se executava o barreamento.



fig. 18

*Residência e estúdio fotográfico, em Fortaleza, Ceará, Brasil
Foto: José Albano*

Casa da Piçarra

Projeto: Arquiteto Paulo Frota

Ano de construção: 1984

Para os pilares, vigas e montantes dos painéis, utilizou-se a palmeira carnaúba, proveniente de área desmatada. Nas paredes de taipa, arames na posição horizontal substituíram a trama tradicional para estruturar a terra. Na mistura de terra, foi acrescentado cal e um pouco de cimento. No momento da aplicação do barro com as mãos, foram colocadas pedras pequenas.



fig. 19

*Construção em taipa, em Teresina, Piauí, Brasil.
Foto: Wilza Lopes, 1997.*

Casas da CEF

Projeto: Arqs. José Guadêncio Torquato
Marcio Machado

Ano de construção: 1990

Projeto de residências de baixo custo, financiado pela Caixa Econômica Federal, para construções de moradias em locais que sofreram abalos sísmicos no Estado do Rio Grande do Norte. Os painéis foram pré-fabricados em madeira serrada da espécie maçaranduba (*Manikara. ssp*), em oficina, e entregues prontos na obra para sua colocação e execução das paredes.



fig. 20

*Construções em João Câmara, Rio Grande do Norte, Brasil
Foto: Guadêncio Torquato*

Centro de Educação Ambiental

Projeto: Arquiteta Karla Caser

Ano de construção: 1992

A construção foi suspensa do chão por pilaretes de concreto. Para os pilares, usaram-se alvenaria e eucalipto roliço. O entramado interno foi construído com brotos de eucalipto, amarrados com arame. As peças de madeira, excetuando o entramado, foram tratadas em autoclave. Para o barreado, utilizou-se a terra do próprio local sem o acréscimo de qualquer material.



fig. 21

*Centro de Educação Ambiental, em Vila Velha, Espírito Santo, Brasil.
Foto: Karla Caser, 1993*

Residência em Tiradentes

Projeto: Arquiteto Marcos Borges dos Santos

Ano de construção: 1990

Reforma e ampliação, em que se construiu o pavimento superior com taipa de mão. Foi realizada uma estrutura independente utilizando-se pilares roliços de eucalipto e pilares de madeira serrada provenientes de demolição. A malha interna foi produzida no local, através da utilização de madeira roliça denominada cambuatá (Tapirira guianenses) nativa da região. Na mistura para o enchimento, utilizou-se a terra do próprio local, água e capim do campo, encontrado na região.



fig. 22

*Ampliação de residência, em Tiradentes, Minas Gerais, Brasil
Foto: Marcos Borges dos Santos*

Residência Teresópolis

Projeto: Cydno Silveira e Mônica Vertis

Ano de construção: 1997

Esta construção foi totalmente elevada do chão, para protegê-la da umidade, muito intensa na região. Utilizaram-se estacas de madeira roliça, da espécie eucalipto, cravadas no solo, em cavas preenchidas com concreto. A ossatura interna foi executada em eucalipto (*Eucalyptus*) na vertical e ripas de madeira serrada na horizontal. A terra utilizada foi a do próprio local sem acréscimo de outro material.



fig. 23

*Residência em Teresópolis, Rio de Janeiro, Brasil.
Fonte: CSA Arquitetura (1995)*

Casa do Nilo

Projeto: Zanine Caldas

Para o entramado, utilizaram-se sobras de madeira serrada, provenientes de pequenas serrarias. O uso na construção destes resíduos de madeira, que seriam queimados para fazer carvão, possibilitou o barateamento da obra. A edificação foi suspensa do chão, através de vigas de madeira serrada, assentadas em pilares de alvenaria, para proporcionar melhor ventilação e evitar umidade, isolando a madeira do contato com o solo. A cobertura foi em telha cerâmica sobre estrutura de madeira serrada.



fig. 24

*Construção de residência, em São Gonçalo, Rio de Janeiro, Brasil.
Fonte: SILVA (1991)*

1.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Brasil, país em desenvolvimento, tem procurado investir e importar, cada vez mais, tecnologias avançadas, na expectativa de maior crescimento, às vezes desconsiderando, a realidade local. Deve-se lembrar que nem sempre a tecnologia, aprovada em outros países, é condizente com as nossas características. Não resta dúvida que as inovações tecnológicas são importantes e bem vindas, porém deve-se levar em consideração a realidade cultural e socio-econômica dos usuários, como também os materiais disponíveis e o clima da região.

O profissional da área de construção está voltado para o futuro, conectado com os avanços da tecnologia, mas deve também ter o conhecimento do que ocorreu no passado e aproveitar as práticas comprovadas pelo uso e senso comum da população. Neste sentido, é proveitoso resgatar as técnicas construtivas de tradição secular, como as de terra crua, usadas empiricamente, e melhorá-las, modernizando-as através da injeção de novas tecnologias, adquiridas pelo conhecimento científico.

A importância da preservação da taipa de mão não se vincula apenas a aspectos históricos e culturais mas, fundamentalmente, à potencialidade que apresenta como exemplo de arquitetura de terra crua. Sabe-se que é uma técnica de fácil assimilação e de simples execução, harmonicamente equilibrada com o meio ambiente, que apresenta excelente desempenho térmico, utiliza materiais locais e renováveis, além de apresentar baixo consumo de energia e resultados técnicos excelentes, desde que seguidos os procedimentos de execução.

A taipa de mão, após um período de grande uso no Brasil, foi abandonada como técnica construtiva devido ao aparecimento de novos materiais, das mudanças tecnológicas surgidas e das novas exigências do mercado consumidor. Contudo, ainda hoje continua-se a construir com taipa de mão, principalmente no Nordeste do país. Porém, na maioria dos casos, esta técnica está quase que restrita à camada da população de poucos recursos, tratando-se de construções que deixam a desejar no que se refere a acabamento, durabilidade e aparência, contribuindo, assim, para o fortalecimento da imagem da casa de taipa associada à pobreza e às construções provisórias

Além disso, alguns estudos e construções pontuais têm sido desenvolvidos em várias partes do país. Os exemplos apresentados neste trabalho mostram a viabilidade do uso desta técnica, em termos estéticos e de durabilidade, e contribuem para desassociar a imagem da taipa de mão com a pobreza e a miséria.

A construção em taipa de mão, trata-se, portanto, de uma tecnologia alternativa, capaz de contribuir na solução dos graves problemas de carência habitacional, se devidamente apoiada pelos órgãos financiadores e governamentais e estudada pelos setores competentes.



BIBLIOGRAFIA

- ALVARENGA, M .A. A. (1984). Arquitetura de terra _ Técnicas Construtivas. Belo Horizonte,../Digitado/
- ALVARENGA, M. A. A. (1995). A arquitetura de terra como instrumento de desenvolvimento social. In: WORKSHOP - ARQUITETURA DE TERRA, São Paulo, outubro de 1995. Anais., FAU -USP, São Paulo, p. 107-13.
- COSTA, I. B. da; MESQUITA, H. M (1978). Tipos de habitação rural no Brasil. Rio de Janeiro,. Superintendência de Recursos Naturais e Humanos.
- CSA ARQUITETURA. (1995). Projeto Vargem Grande - Taipa e eucalipto, parceria que está dando certo: apresentação, ante-projeto, e descrição das etapas de construção do projeto Vargem Grande em Teresópolis, RJ, realizados entre 1995 e 1997. Rio de Janeiro. CSA ARQUITETURA LTDA /Digitado/.
- DI MARCO, A.R (1984). Pelos caminhos da terra. Projeto, n.65, p.47-59, jul.
- FERRAZ, M. C. (1992). Arquitetura Rural na Serra da Mantiqueira. 1. ed. São Paulo,. Quadrante
- FROTA, P.; Le ROY, L. (1978). A casa de taipa em São Miguel do Tapuio. Brasília, 88p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) Departamento de Arquitetura, UNB - Universidade de Brasília..
- FUNDAÇÃO CENTRO DE DESENVOLVIMENTO DAS APLICAÇÕES DE MADEIRAS NO BRASIL – DAM. (1988). Taipa em painéis modulados. 2. ed. Brasília,. MEC/CEDATE
- GIETH, K. T. et al. (1994). A casa de taipa. Estudo sobre a viabilidade da tecnologia em área urbana. Niterói, NEPHU-UFF, Núcleo de Estudos e Projetos Habitacionais e Urbanos. Boletim n.5, ago.
- GÜNTER, W. (1993). Arquitetura da imigração alemã: um estudo sobre a adaptação da arquitetura centro-européia ao meio rural do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, UFRGS.
- HAYS, A.; MATUK, S (1993). Techniques Mixtes pour le Bresil. Fortaleza, CRATerre América Latina.
- IGLESIAS, F. T. C. (1993). Arquitectura de terra no século XXI: uma utopia ? In: 7A CONFERÊNCIA INTERNACIONAL SOBRE O ESTUDO E CONSERVAÇÃO DA ARQUITECTURA DE TERRA, Silves, 1993. Anais. Lisboa, DGEMN, p. 577-80
- LOPES, W. G. R. (1998). Taipa de mão no Brasil: levantamento e análise de construções. São Carlos, 1998. 232p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura, área de concentração Tecnologia do Ambiente Construído) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade

de São Paulo.

LOPES, W. G. R; INO, A. (2000). Habitação em Taipa de Mão: Alternativa de Construção mais Sustentável. In: VIII ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO - ENTAC 2000, Salvador, abril de 2000. Anais, UFBA, Salvador, v.1, p173-180.

MILANEZ, A. (1958). Casa de Terra - As técnicas de estabilização do solo a serviço do homem do campo. Rio de Janeiro, Serviço Especial de Saúde Pública - Ministério da Saúde

MITIDIERI, J. et al. (1987). Transferência de tecnologia em habitação e saneamento: proposta de ação conjunta. Rio de Janeiro, 1987. IBAM.

MUNIZ, M I. P. (1989) .Arquitetura Rural do Século XIX, no Espírito Santo Vitória, Aracruz Celulose S.A.

PINTO, F. (1993). Arquitectura de Terra - Que futuro? In: 7A CONFERÊNCIA INTERNACIONAL SOBRE O ESTUDO E CONSERVAÇÃO DA ARQUITECTURA DE TERRA, Silves,1993. Anais. Lisboa,. DGEMN, p. 612-17.

PROGRAMA DE ASSISTÊNCIA ÀS FAVELAS DA REGIÃO METROPOLITANA DE FORTALEZA - PROAFA (1979). Relatório. Fortaleza, PROAFA.

SCHMIDT, C. B. (1946). Construções de Taipa. Alguns aspectos de seu emprego e da sua técnica. In: Boletim de Agricultura. série 47A, 1946.

SMITH, R. C. (1955). Arquitetura Colonial. Salvador, Progresso Editora.

SMITH, R. C. (1969). Arquitetura Civil no Período Colonial. Revista do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional. Rio de Janeiro, Ministério da Educação e Cultura. v.17, p.27-125.

SILVA, S. ZANINE - sentir e fazer. 3. ed. s.l., 1991. Agir Editora.

SOLIANI, C.T. de A. et al. (1993). Taipa de sopapo na imigração alemã no Rio Grande do Sul - estudo de caso. In: 7A CONFERÊNCIA INTERNACIONAL SOBRE O ESTUDO E CONSERVAÇÃO DA ARQUITECTURA DE TERRA, Silves,1993. Anais. Lisboa, DGEMN, p. 454-9.

SOUZA, R. C. J. de. Problemas de Conservação em Construções Típicas de Minas Gerais. Cadernos de arquitetura e Urbanismo. Belo Horizonte, 1996. n.4, p. 103-120, maio.

VASCONCELLOS, S. de (1979). Arquitetura no Brasil: sistemas construtivos. Belo Horizonte, Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG.



2. EL BAHAREQUE EN ZONAS SISMICAS

Ing. Patricio Cevallos Salas¹
ECUADOR

¹ *Ingeniero civil, especialista en ingeniería alternativa, principalmente tierra y madera. Miembro Proyecto CYTED XIV.6, PROTERRA. TECNOVIVA – Ingeniería Alternativa. ECUADOR cevallos@ecuanex.net.ec*

2.1 INTRODUCCION

La crisis de los países del tercer mundo es, probablemente, uno de los factores que impulsan a buscar e innovar tecnologías orientadas a solucionar los problemas surgidos en los diversos campos del convivir humano.

El permanente incremento de los precios de los materiales y de la mano de obra ha hecho que el costo de la vivienda sea cada vez más alto y por lo tanto inalcanzable para amplios sectores de población de bajos recursos económicos, ubicados en el subempleo o en el trabajo informal.

En busca de una solución económica los espacios útiles de la vivienda se han ido reduciendo, transformando la casa en un lugar inadecuado para vivir, de manera que sus ocupantes permanecen en ésta cada vez el menor tiempo posible.

Ante esta corriente de producción de vivienda económica, surge la propuesta de la construcción con tecnología de tierra, que permita al usuario hacerla de manera barata, con materiales locales, con una concepción arquitectónica adaptada a sus patrones culturales y al piso ecológico, con el confort necesario y adecuado a sus necesidades.

Tradicionalmente estas fueron las características de la casa rural, plenamente adaptada al medio ambiente y protegida de las inclemencias del clima mediante el uso de materiales naturales de su entorno como la tierra cruda, la paja, el chagualquero, la cabuya, etc. De ahí que la producción de vivienda, bien puede robustecer la recuperación de los valores culturales de la población y su plena identificación con el entorno humano, geográfico y tecnológico.

En el caso del Ecuador y particularmente en las comunidades campesinas e indígenas y en los sectores urbanos marginados, la autoayuda (minga) y la autoproducción masiva de vivienda reducen sus costos directos e indirectos de manera importante: la mano de obra es la misma comunidad y la poca mano de obra especializada que se requiere existe dentro de ella mismo, la asistencia técnica no es permanente; y, las utilidades económicas producto de la gestión de la construcción son nulas. El equipo o herramientas de trabajo son mínimos y en concordancia con una tecnología blanda que permite el trabajo y la autoconstrucción colectiva.

En síntesis, la participación comunitaria y el uso de materiales locales son los ejes de la innovación tecnológica en la construcción con materiales alternativos; tornan económicamente factible un proyecto, permitiendo que el financiamiento de costos se adecue a los recursos humanos y materiales disponibles, imprimiendo el sello de su cultura en el progreso y desarrollo de la comunidad.

Estas tecnologías son parte integrante de la vida y de la actividad consiente y experimental de los individuos y de las colectividades. Representa, como dice Federico Mayor Zaragoza, Director General de la UNESCO, "la suma viviente de las obras pasadas y presentes a través de las cuales se han ido creando, a lo largo de los siglos, un sistema de valores, de tradiciones y de gustos que definen el genio propio de un pueblo; pues, marca necesariamente su impronta, sobre el esfuerzo económico de los hombres y define las ventajas y los inconvenientes del proceso de producción de una sociedad".

Una de las técnicas de la tecnología de tierra con buena aceptación en el Ecuador es, sin duda, el bahareque, una construcción mixta de madera y tierra que ha sido utilizada de manera muy generalizada y con alta calidad en las provincias del sur del país (Loja, Azuay) y, en el resto de la sierra en aquellas regiones donde la calidad del suelo (arcillas - arenosas) así lo permiten. En la costa el bahareque con caña guadua es muy común y tiene la misma configuración que en el resto de la costa central del Pacífico Sur (Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú).

El término bahareque es una voz que proviene de Guatemala y Honduras, el sinónimo más antiguo de bahareque es quincha (actual nombre en el Perú) y que proviene de la voz quichua quinzha que significa seto de varas de madera, barrera o cerca. Luis Cordero, en su diccionario quichua, 1892, al bahareque le da el significado de cerca o cerramiento de palos con bejucos.

Vale señalar que en el sismo de 1949 que destruyera la ciudad de Ambato, sierra central del Ecuador, gran parte de las viviendas que no colapsaron fueron las de bahareque, de ahí la confianza que se tiene a esta técnica.

2.2 TÉCNICA UTILIZADA

En el Ecuador el bahareque se lo utiliza, al igual que en América del Sur, desde tiempos muy remotos, así en la Península de Santa Elena, donde se asentó la cultura Las Vegas, según la antropóloga Karen Stothert se encontraron evidencias de viviendas o lugares de abrigo que datan entre los 10800 a 10000 años AC. En las provincias del Cañar, Azuay y por el río Jubones en la provincia de El Oro, en el Litoral ecuatoriano, lugar donde aproximadamente 4000 años AC se desarrolló la cultura Narrio, se han encontrado vestigios de bahareque.

En el Centro Real Alto (3400 años AC), de la cultura Valdivia, ubicado en la Provincia del Guayas, las casas eran de forma elíptica con paredes de bahareque en base a bambúes, paja y arcilla, el techo de paja a dos aguas

PRIMERA parte

apoyado en dos paredes interiores conformadas por postes.

En Chordeleg, provincia del Azuay (2800 años AC), se han encontrado vestigios de viviendas de bahareque, al igual que en Cotacollao, provincia de Pichincha (2000 años AC) donde hay evidencias de centros ceremoniales y viviendas construidos con bahareque, techos de paja y algunas de las viviendas tenían divisiones interiores.

La vivienda Quito, se fundamentó en el concepto del "Buyyo" (bohío), redondo u ovalado hecho con paredes de adobe, cangagua y bahareque, el mismo que era conocido como "enchagllado", conformado por un tejido de carrizo y de bejucos de la caña de maíz y rellenos con lodo o bloques de cangagua.

La llegada de grupos étnicos como los Caras y especialmente los Incas trajo el conocimiento de la piedra labrada la misma que se utilizó para cimientos (piedra basa) y zócalos que protejan de la humedad a las maderas y en general al bahareque.

Con el advenimiento de la conquista española, se intercambian los conocimientos y la calidad del bahareque se mejora de manera sustancial. La Iglesia Católica construye sus templos y conventos con la utilización amplia del bahareque, llegando a ser usado en paredes y en torres de iglesias.

Los centros históricos de las ciudades están llenos de ejemplos de construcciones ejecutadas con tierra cruda y las edificaciones con técnica mixta (bahareque) constituyen un ejemplo del uso de tecnologías andinas que perduran hasta nuestros días.

2.2.1. El bahareque tradicional

Se basa en una estructura de madera a la que se le añade un recubrimiento de tiras de carrizo o madera rolliza de 3 cm ó 4 cm de diámetro y sobre estas capas se agrega barro con paja y pedazos de piedra o ladrillo, dependiendo de la zona donde se construya.

Formado por dos vigas de madera, una en la base y otra en la cabeza o cima del muro, que se sujetan a los pilares por medio del ensamble más común (caja y espiga); esta unión es clavada y en algunos casos colada y clavada. A este marco de madera se le van añadiendo tiras, varas o chagllas, carrizos o zuros, que se sujetan mediante perforaciones en las vigas y se unen transversalmente con elementos similares colocados en las dos caras y se atan mediante fibras vegetales a manera de cruz. Este bahareque tiene un espesor de 10 cm para interiores y entre 15 cm y 20 cm para exteriores (Figura 3).

En la sierra norte del Ecuador se construye el bahareque mediante marcos de madera y en su interior se colocan, de manera horizontal, tiras de madera rolliza de aproximadamente 5 cm de diámetro y cada 10 cm de distancia entre sus ejes, luego se va rellenando con bolas de lodo y fibra larga de manera que la fibra pueda ser trenzada entre las tiras horizontales.

En la costa utiliza caña picada o abierta para forrar la estructura por los dos lados; luego se lanza una mezcla de arcilla y paja dosificada en partes iguales y con alto contenido de humedad de manera que se logre una buena penetración en la caña. Es muy parecido a la quincha que se elabora en Perú.

En el Ecuador, como ya se mencionó anteriormente, en el sur del país es donde se elabora el bahareque de mejor calidad, siguiendo una lógica estructural se ha logrado armar una estructura muy estable y que tradicionalmente fue construido mediante ayuda comunitaria, a continuación se describirán los dos tipos de bahareque de esta zona:

2. 2.2. El bahareque parado

Es usado de manera especial por la comunidad indígena de Saraguro en la provincia de Loja, respetan una secuencia de construcción y de acuerdo a la carga que debe resistir cada elemento, se le asigna la calidad de madera requerida.

Se inicia la construcción nivelando el terreno o haciendo el terraplén, luego proceden a hacer excavaciones de aproximadamente 60 cm de profundidad, dentro de ellos colocan las basas que son piedras talladas que sobresalen entre 20 cm y 40 cm del nivel natural del terreno donde se anclan los pilares, aproximadamente cada 1,64 m (2 varas) en las fachadas principal y posterior de la vivienda; en los costados, la separación entre los pilares es de, aproximadamente, 3,28 m (4 varas). Luego se colocan los parantes que son elementos de madera rolliza y de 10 cm a 15 cm de diámetro, tienen una espiga que se inserta en la viga solera y su parte inferior va clavada al suelo, los parantes son colocados, aproximadamente cada 40 cm entre sus ejes.

Sobre los pilares y los parantes se colocan los pilares, son elementos de madera de aproximadamente 5 cm a 10 cm de alto por 3 cm a 4 cm de espesor, debidamente clavados a las caras exteriores de los pilares, de igual manera se colocan pilares a media pared para evitar deformaciones en los parantes. Armados los pilares, se procede al montaje de la solera de sección cuadrada de aproximadamente 18 cm de lado donde luego se apoya la cubierta.

Luego se colocan las vigas de madera rolliza de aproximadamente 14 cm

PRIMERA parte

de diámetro que van sobre las cabezas de los pilares. Se colocan los pilares con un horcón al final donde se apoya el cumbrero de la cubierta, posteriormente entre los parantes se colocan otras tiras rollizas denominadas aginchi que reducen la separación máximo a 20 cm.

Se arman los marcos de puertas y de ventanas y se colocan las viguillas que sujetan, en la media luz, a las paredes laterales exteriores con la pared interior contigua y paralela, evitando el desplazamiento lateral en aquellas que no están sujetas por las vigas de la cubierta.

Finalmente se atan todos los elementos con fibras naturales y se procede al embarrado y relleno de tierra con paja y a la terminación de la cubierta con un armado similar al de la pared y luego un entejado con tejas de arcilla cocida que ha reemplazado a la paja (Figura 3).

2.2.3. El bahareque gualluchaqui

Es una mixtura entre el bahareque parado y los conocimientos de los mestizos, se usa en lugares húmedos y se aísla el muro del nivel natural del terreno mediante una trama de vigas de madera sobre basas de piedra. Los pilares son sujetos e inmovilizados mediante diagonales de madera y los parantes no se colocan de manera vertical sino a 45°, lo que da una mejor respuesta a las sollicitaciones del sismo.

Este bahareque se lo viene usando desde hace unos 30 ó 40 años atrás y se utiliza para construcciones de dos plantas donde la planta inferior puede ser de adobe u otro material. Es muy utilizado en Loja, Morona Santiago y Zamora Chinchipe.

En ninguno de los dos casos se acostumbra dar un acabado a la pared, se le deja con la misma textura del embarrado de lodo y fibra.

2.3 EFECTOS DE LOS SISMOS EN LAS CONSTRUCCIONES CON TÉCNICAS MIXTAS

Las construcciones mixtas, madera-tierra como el caso del bahareque, son estructuras muy elásticas y por lo tanto reaccionan adecuadamente ante las sollicitaciones sísmicas, esas estructuras debido a la presencia de buena cantidad de elementos de madera disipan energía rápidamente.

Cuando la estructura se encuentra debidamente arriostrada, en paredes y cubierta, los efectos de vibraciones producto de un sismo se controlan rápidamente. Sus uniones al no ser rígidas permiten que las estructuras sean elásticas.

Uno de los problemas en caso sismo es el desprendimiento de su relleno; su fácil fisuración hace que luego de un sismo tenga una imagen de estructura muy afectada, para ello hay que controlar este efecto mediante el uso de malla entre el relleno y el empañetado.

De las observaciones personales realizadas en los tres últimos sismos en el Ecuador: 1987 (El Reventador), 1996 (Pujilí), 1997 (Bahía de Caráquez), no se encontraron viviendas de bahareque colapsadas, su elasticidad permitió que, aunque muy deformadas y algunas con sus riostras rotas, se mantuvieron en pie y la vinculación cubierta — muros no hubiere fallado, permitiendo que se salvaran vidas humanas, que es la misión más importante del comportamiento de una vivienda.

Algunas viviendas, de las más afectadas, tenían sus muros con su relleno muy maltrecho y desprendido, la cubierta con su recubrimiento (de teja de cerámica) deslizado casi en su totalidad, pero la estructura en pie.

Esto, lo único que demuestra es la excelente condición de comportamiento sismoresistente de la estructura. En las construcciones con cubierta liviana (paja, chapa de metálica) la cubierta se mantuvo casi intacta, aunque los muros con la apariencia como se señaló anteriormente.

Muchas de las viviendas de la sierra ecuatoriana cuyos pilares han sido enterrados en el suelo y sin ninguna protección, ante la pudrición de la madera han tenido problemas de desplazamientos importantes, algunas se han observado con hundimientos entre 30 cm y 50 cm, aún en esas condiciones la vivienda se mantiene en pie y el sentimiento de seguridad de sus habitantes les permite continuar habitándola.

2.4 ESTUDIOS REALIZADOS

Aunque las construcciones de tierra no logran entrar de manera firme al mercado de la vivienda ecuatoriana, los trabajos de investigación que se realizan son a través de las monografías previas a la obtención de títulos de Ingenieros Civiles o Arquitectos.

En lo que respecta al bahareque se han realizado tesis para ensayar distintos tipos de bastidores livianos y con varios tipos de rellenos, tanto a escala 1:5 como 1:1. La inquietud permanente es desarrollar sistemas de prefabricación artesanal que permitan generar procesos de participación comunitaria con alto rendimiento, los estudios que se han realizado y en los cuales he colaborado, son los siguientes:

2.4.1. Bahareque en escala 1:5

Bastidor de madera blanda (C, según clasificación de la Junta del Acuerdo de Cartagena - JUNAC) con refuerzo horizontal de carrizo en las dos caras:

- Sin relleno
- Y rellenos de:
 - Suelo arcilloso y paja de páramo
 - Suelo arcilloso y cáscara de carrizo
 - Suelo arcilloso y paja plástica
 - Adobe

Bastidor de madera blanda (C - JUNAC) con refuerzo horizontal de carrizo en el interior del bastidor:

- Sin relleno
- Y rellenos de:
 - Suelo arcilloso y paja de páramo
 - Suelo arcilloso y cáscara de carrizo
 - Suelo arcilloso y paja plástica
 - Adobe

2. 4.2 Bahareque en escala 1:1:

El bastidor tipo se elaboró con madera del Grupo C - JUNAC (eucalipto) y se ensayaron con las características que se señalan en la siguiente tabla:

DIAGONAL	RE FUERZOS	RE LLENO	MADERA
no	no	no	<i>Eucalyptus globulus</i>
si	no	no	<i>Eucalyptus globulus</i>
no	Carrizo en las dos caras	Tierra arcillisa y paja corta de páramo (1:10)	<i>Eucalyptus globulus</i>
si	Carrizo en las dos caras	Tierra arcillisa y paja corta de páramo (1:10)	<i>Eucalyptus globulus</i>
no	Carrizo al interior del bastidor	Tierra arcillisa y paja larga de páramo (1:10)	<i>Eucalyptus globulus</i>
si	Carrizo al interior del bastidor	Tierra arcillisa y paja larga de páramo (1:10)	<i>Eucalyptus globulus</i>

El bastidor tipo de 1,00 m x 2,00 m fue elaborado con elementos de 6 cm x 4 cm, con un elemento transversal a media altura y de igual sección, los bastidores con diagonal eran semejantes a los antes indicados y con una diagonal de igual sección y que se fijaba en el elemento transversal mediante clavos y con un destaje de cada madera a media sección (Figura 1).

El bastidor tipo de 1,00 m x 2,00 m fue elaborado con elementos de 6 cm x 4 cm, con un elemento transversal a media altura y de igual sección, los bastidores con diagonal eran semejantes a los antes indicados y con una

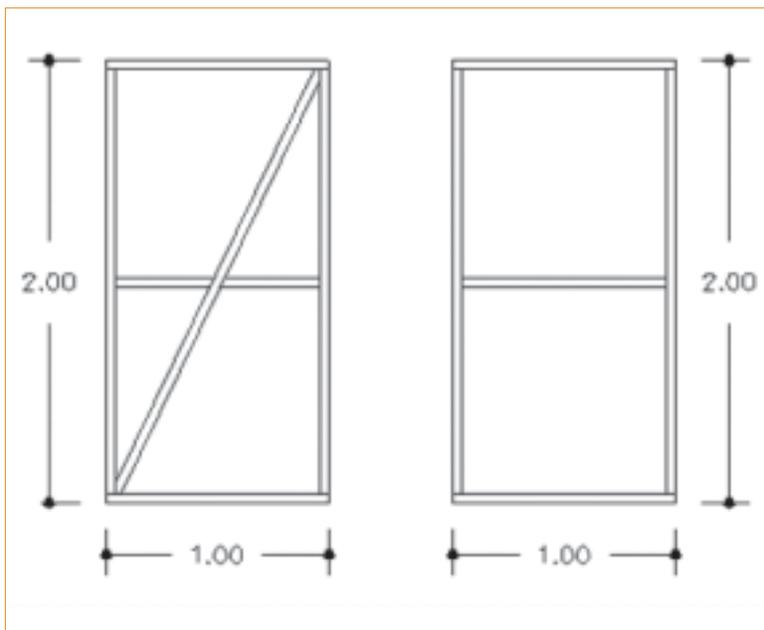


fig. 1

diagonal de igual sección y que se fijaba en el elemento transversal mediante clavos y con un destaje de cada madera a media sección.

Los resultados son interesantes: los bastidores con refuerzo horizontal en las dos caras tuvieron un mejor comportamiento a cargas verticales (compresión); los bastidores con refuerzo al interior, en los ensayos a carga diagonal, resisten una mayor carga de rotura debido a que los elementos al interior del bastidor (carrizos) evitaron que continúe la deformación y una vez que son aprisionados por los parantes o pies derechos, recuperan su capacidad de trabajo. No se produjo una falla explosiva, se observaron fisuras en el relleno a cargas bajas.

Se concluyó que si la riostra es muy esbelta se fractura a su media luz, por lo que será necesario colocar un elemento horizontal a media altura de los pies derechos, así se reduce su esbeltez y de los pies derechos, consecuentemente, se mejora en un alto porcentaje la capacidad de trabajo del bastidor. Las esquinas de los bastidores son los primeros puntos de fisuración y su falla se ubica en la zona donde se han colocado los clavos. Por eso se recomienda taladrar la madera antes del clavado.

Resultados obtenidos:

TIPO DE PANEL	RIOSTRA	COMPRESION AXIAL (kg)	COMPRESION DIAGONAL (kg)
Sin relleno	No	1.950	
Sin relleno	Si		2.900
Con relleno y carrizo externo	No	5.250	
Con relleno y carrizo externo	Si		3.900
Con relleno y carrizo externo	No		460
Con relleno y carrizo interno	No	5.100	
Con relleno y carrizo interno	Si		2.800*
Con relleno y carrizo interno	No		645

* Se deben mejorar las condiciones de unión entre el carrizo, los pies derechos y la riostra diagonal.

De los datos obtenidos se aprecia como el relleno contribuye con el mejoramiento de la resistencia a la compresión axial y a la carga diagonal; de igual manera las riostras mejoran la resistencia a la carga diagonal y es evidente que el carrizo interno mejora las características a corte en el caso de no existir diagonal.

Los resultados obtenidos demuestran las ventajas de la construcción con bahareque.

2.5 PROPUESTA PARA MEJORAR LA SEGURIDAD DE LAS EDIFICACIONES

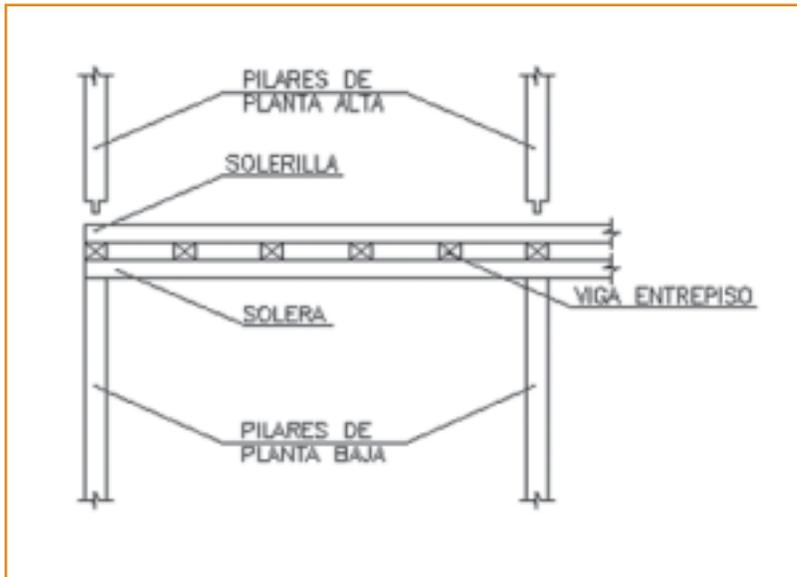
Dentro de las recomendaciones generales que deben hacerse para mejorar la seguridad de las edificaciones estarán las siguientes:

5.1. Ubicación de la edificación:

- Ubicar la vivienda en terrenos no deleznales como rellenos no consolidados y especialmente al borde de cortes o taludes producto de la presencia de una vía u otra obra civil.
- En caso de terrenos anegadizos o con niveles freáticos altos, es conveniente drenar los suelos mediante canales a cielo abierto o drenes con camas de suelo granular.
- La construcción en bahareque es liviana y por lo tanto los suelos no requieren de una alta capacidad portante, lo que debe cuidarse es que no tengan peligro de hundimientos diferenciales y deslizamientos.

2.5.2 La estructura de madera

- Es importante trabajar con madera seca y debidamente preservada, puede usarse creso con creosota y fuel oil para mejorar la penetración del preservante.
- La uniones clavadas deben ser pretaladradas para evitar fisuras en la madera.
- El sistema estructural consiste en cadena de cimentación, pies derechos y/o bastidores y viga solera, ninguno de estos elementos deben obviarse.
- Es conveniente vincular horizontalmente y en la parte superior los encuentros ortogonales de tabiques con riostras para evitar que se abran en caso de sismo.
- La madera debe estar debidamente protegida del contacto permanente con el agua, para ello un sobrecimiento es importante.
- Las maderas expuestas a la intemperie, deben ser selladas sus fisuras para evitar la penetración de humedad.
- La estructura de la cubierta, preferiblemente, deberá ser a cuatro aguas para repartir de mejor manera las cargas.
- Se debe garantizar un perfecto anclaje entre la cubierta y las paredes de bahareque.
- En el caso de dos plantas se debe colocar la viga solera, sobre esta



las vigas de entrepiso, sobre estas se repite lo de planta baja, es decir una solera de base (solerilla), los pilares o pies derechos y/o bastidores y la viga de solera donde se apoya la cubierta (Figura 2).

fig. 2

5.3. El material de relleno

- Es conveniente usar un suelo arcilloso (60% de finos y con hasta el 40% de arenas).
- Es necesario que tenga por lo menos un 30% (en volumen) de fibra de origen vegetal o industrial para evitar la fisuración por secado.
- Si en el relleno se usa un estabilizante (cemento, cal u otros) la fibra no debe retirarse.
- La cantidad de agua en la mezcla debe ser la suficiente, para que sea plástica y logre una adecuada penetración.
- Para evitar su desprendimiento es conveniente colocar, en las dos caras del tabique, malla metálica (la más económica como la de gallinero) y sobre esta el enlucido o empañetado.
- El material del empañetado debe ser compatible con el relleno, se recomienda usar morteros cemento - arena - tierra.

2.5.4 Proceso de diseño y cálculo estructural

- Es importante que se tenga suficiente cantidad de tabiques en los dos sentidos (X e Y) y que la suma de sus áreas útiles no difieran mas allá de un 20%. De esta manera se evitará rotación en planta.
- Para el cálculo estructural se recomienda seguir la metodología propuesta por el Manual de Diseño Para Maderas Del Grupo Andino, publicado por la JUNAC.
- Para las sobrecargas o cargas de uso, se deben aplicar los códigos de construcción de cada país.

2.6 CONCLUSIONES

En general las construcciones con bahareque permiten la prefabricación de sus elementos, mejorando la calidad del montaje y bajando los tiempos de ejecución de obra, disminuyendo los costos de producción de viviendas y permitiendo procesos de autoproducción.

6.1. Ventajas

- Tiene un buen comportamiento ante sollicitaciones sísmicas por su bajo peso y uniones elásticas.
- Es una tecnología constructiva de alto uso de mano de obra y bajo costo.
- No requiere de alta inversión en equipo de montaje.
- No requiere de alta tecnificación de mano de obra, al contrario el conocimiento ancestral de las comunidades campesinas e indígenas y una adecuada guía técnica, son suficientes.
- Es una tecnología que se presta para construcciones mediante la mano de obra comunitaria.
- Permite la construcción de la estructura y la cubierta antes de realizar la albañilería.
- Es un sistema ágil y de un proceso de construcción rápido.
- Es una tecnología constructiva para suelos de baja capacidad portante.
- Tiene un buen comportamiento térmico y pequeña sección de tabiques.

2.6.2 Exigencias

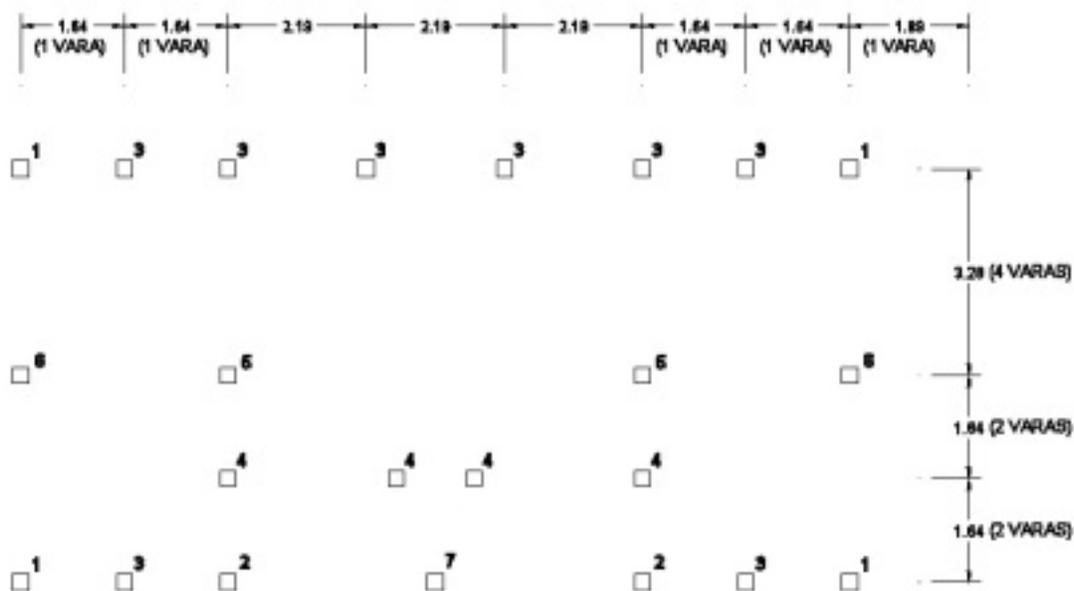
- Colocar suficiente cantidad de fibra para evitar las contracciones por secado.
- Mejorar la adherencia del empañetado al material de relleno.
- Proteger la estructura de la humedad para evitar la pudrición.

2.6.3 Comentarios

En los procesos constructivos no podemos depender de materiales de construcción cuyos costos están atados a la divisa norteamericana o que dependen de manera preponderante de los abatases económicos de nuestros países; es importante usar la mayor cantidad posible de materiales locales y con un bajo índice de industrialización pesada, de esa manera podremos racionalizar los costos y lograr el acceso a la vivienda a amplios sectores que en la actualidad han perdido toda la esperanza.



ESQUEMA DE BAHAREQUE PARADO

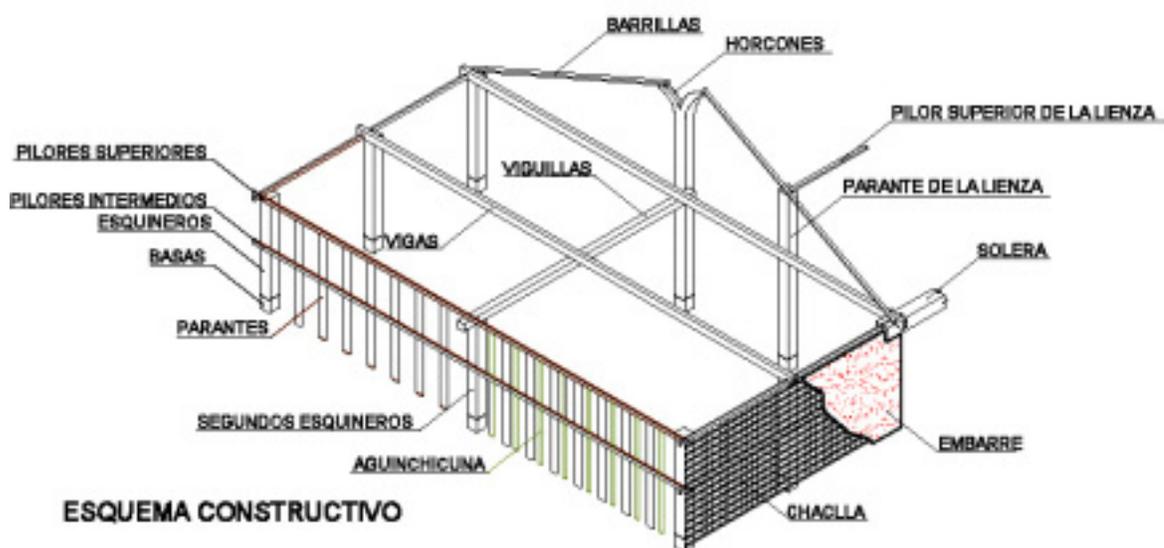


ESQUEMA DE PLANTA



BASA DE PIEDRA

- 1 = BASAS ESQUINERAS
- 2 = BASAS DE SEGUNDOS ESQUINEROS
- 3 = CARGADORES
- 4 = BASAS DE LA LIENZA
- 5 = BASAS DE HORCONES
- 6 = BASAS DE VIGILLAS
- 7 = BASAS DE PILARES



ESQUEMA CONSTRUCTIVO

FIGURA 3

fig. 3

BIBLIOGRAFÍA

- AGAMA Iván.- Comportamiento estructural del sistema constructivo en bahareque mejorado, para viviendas de interés social. Tesis de Grado. PUCE. Quito. 1996.
- CEVALLOS Patricio/DEL PINO Inés.- Técnicas de manejo de tierra. Quito. 1988. Trama 47.
- CEVALLOS Patricio.- Las construcciones en tierra en el Ecuador. Innovaciones tecnológicas. 1992.
- CALDERON Alfonso.- Sarahuro Huasi: La casa en la "tierra de maíz". Quito. 1985.
- ININVI.- Quincha prefabricada. CYTED-D. Catálogos de Sistemas Constructivos. Lima. 1987.
- POVEDA Edwin.- Construcciones de tierra en zonas sísmicas. trama 47. 1988.
- GONZALEZ Luis.- Construcciones de viviendas de interés social, utilizando paneles de madera rellenos. Tesis de Grado. PUCE. 1994.
- PAD-REFORT.- Manual de diseño para maderas del Grupo Andino. IV edición. 1984. (Agotado)

3. USO DE LA TÉCNICA MIXTA TIERRA ALIGERADA (LEICHTLEHMBAU) EN CHILE

Arq. Hugo Pereira Gigogne¹

CHILE

¹ *Arquitecto, Profesor, proyecto y construcción con tierra (técnica mixta)*

Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Paisaje. Escuela de Arquitectura. Universidad Central. Santiago de Chile, CHILE.

gigogne@hotmail.com

3.1 INTRODUCCIÓN

A continuación se presenta la experiencia del conjunto habitacional ubicado en calle José Arrieta, Comuna de Peñalolén, Santiago de Chile, realizado adoptando y adaptando la técnica de construcción con tierra conocida como tierra aligerada o "Leichtlehmbau", de origen germánico.

A partir de la experiencia recabada y luego de analizar los principales fenómenos observados en la obra, fue posible integrar nuevas modalidades constructivas que permiten resolver los mismos.

3.2 FICHA TÉCNICA DE LA OBRA

Arquitectos:	Camen Luz Escobar Urbina Hugo Enrique Pereira Gigogne
Arquitecta colaboradora Loteo:	Vivianne Oliger G.
Constructor:	Sociedad Constructora DOMUS Ltda. Camen Luz Escobar Urbina Hugo Enrique Pereira Gigogne
Cálculo Estructural:	SABINCO S.A.
Provisión estructuras de cubierta:	SABINCO S.A.
Ingeniero consultor:	Ing. Sergio Raby
Año de construcción:	1989
Dirección:	Calle José Arrieta Nº 10041 Comuna de Peñalolén, Santiago, Chile
Superficie lotes:	14.259,00 m ²
Superficie común:	4.435,00 m ²
Superficie construida total:	1.202,61 m ²
Superficie edificada por vivienda:	140,00 m ²

3.3 DESCRIPCIÓN DE LA TÉCNICA

El sistema constructivo adoptado es una apropiación del sistema desarrollado en Alemania durante la primera mitad de este siglo denominado Leichtlehmbau (tierra aligerada). El principio consiste en rellenar la estructura maestra con un material elaborado a base de una alta proporción de fibras pegadas entre sí con arcilla

En este caso, convino adoptar este sistema por dos motivos principales:

- Dado que el terreno presentaba una delgada capa de suelo arcilloso de no más de 0,30 m de espesor, el suelo era relativamente escaso,

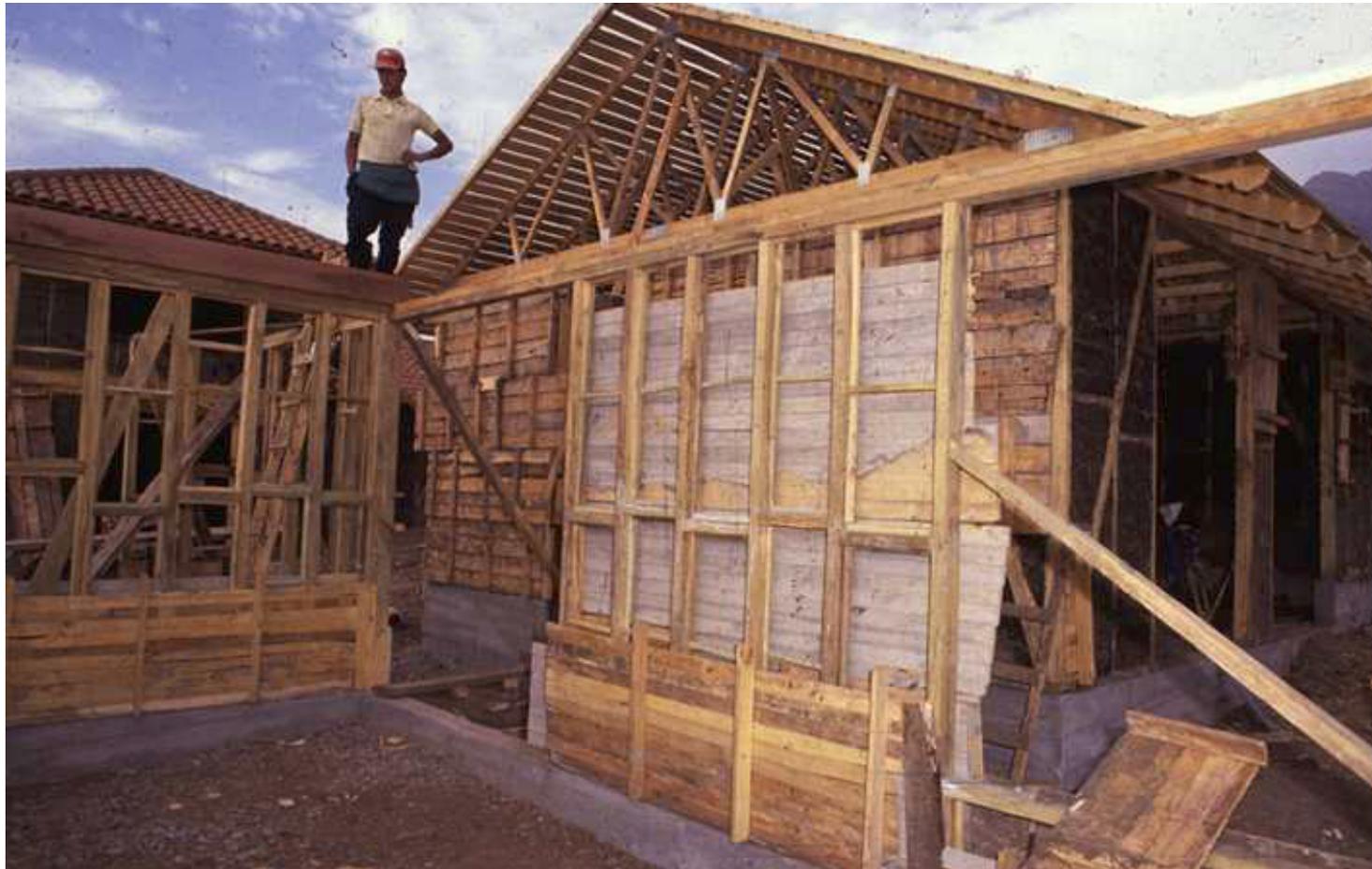


Foto : Jaime Pereira Gigogne

fig. 1

Componentes del sistema constructivo incluyendo cimientos, paneles de paredes, moldes y estructuras de cubierta

por lo que convenía implementar una técnica poco consumidora de este recurso.

- ▣ La menor densidad de la tierra aligerada, implicaba menor peso de la edificación y consecuentemente menor riesgo de daño estructural en caso de sismo.

A diferencia del tradicional adobe, que posee una densidad aproximada de 1500 kg/m^2 , la tierra aligerada presenta una densidad entre 500 kg/m^2 y 800 kg/m^2 . Esto se logra agregando a la mezcla mayor cantidad de estabilizante vegetal; en este caso paja de trigo.

Se regó y picó el suelo, para ser luego tamizado con malla de 8 mm de abertura. Luego se agregó paja de trigo, se dejó macerar el barro durante 48 horas de manera que la paja se saturase de agua y se hiciera más trabajable. Pasado este período, se extrajo con horquetas para ser transportado al pie del muro.

La estructura portante, de madera de pino radiata (*Pinus insignis*), considero en los muros la colocación de una guía continua de madera de 25 mm x 25 mm fijada en el eje interior de la pieza básica de 45 mm x 100 mm. Esta guía resultó un detalle muy importante, ya que impide la separación entre el relleno de tierra y la estructura, en casos de sismo o efectos de impacto.

Se prefabricó la estructura de la cubierta con cerchas de madera de pino radiata utilizando el sistema de conectores metálicos gang -nail. Ver figura 1.

El relleno de tierra aligerada se realizó manualmente y se compactó mediante pequeños pisones de madera, de largos variables y una base de apisonado de 35 mm x 35 mm; también se utilizaron pisones de menor sección de manera de asegurar una buena compactación en aquellos rincones entre las guías y la estructura. Se emplearon tableros de madera de 0,50 m x 1,00 m fijados temporalmente a la estructura mediante prensas manuales y clavos. Ver figura 2

En la zona de los tímpanos de las viviendas, por la dificultad de acceso para el armado y desarmado de los tableros, se optó por la técnica mixta conocida como palillaje o quincha mejorada, consistente en una trama de maderas de 25 mm x 25 mm clavadas a las cerchas y separadas 25 mm; sobre esta se lanzó barro-paja en estado plástico. Una vez seca la mezcla, permanece firmemente sujeta al entramado de madera. Ver figura 3

En los recintos húmedos, de manera de prevenir daños producidos por la humedad, se realizaron estucos de cemento. Previniendo la ascensión de humedad por capilaridad y los posibles daños a la estructura de madera, se aplicó una impermeabilización asfáltica en la base de la misma.

Los entresijos, apoyados en vigas de madera de roble (*Nothofagus glauca*) de 40 mm x 200 mm, se realizaron con tableros de madera aglomerada de 19 mm de espesor, sobre las que se colocó un sobrepiso de hormigón liviano, reforzado con malla de fierro electrosoldada.

La aislación térmica de la cubierta consistió en un ensordinado (capa horizontal de tierra aligerada) de 50 mm de espesor colocada a granel sobre el cieloraso.

En algunas viviendas y como un detalle de prevención de futuros deterioros, se consideró la ejecución de antepechos y piezas esquineras de protección de madera.

Los revoques de barro y paja de trigo de 50 mm de longitud, se proyectaron manualmente sobre las paredes; se aseguró su adherencia sobre la estructura de madera fijando previamente sobre ella, fajas de malla metálica. El acabado se realizó con una mezcla de agua, cal y tierra de color, preparada in-situ.

En el diseño arquitectónico se aplicaron conceptos de aprovechamiento de energía solar pasiva. La mayor abertura de la fachada norte, con el empleo de puerta-ventana hasta el piso permitió aprovechar la energía calórica del sol durante el invierno, produciendo un efecto invernadero a pequeña escala. La relación entre el ancho del alero (1,00 m) y la altura de las paredes (2,60 m), permite que durante el verano la fuerte radiación no



Foto : Jaime Pereira Gigogne

fig. 2

Compactación manual dentro de los moldes mediante el empleo de pequeños pisones de madera

fig. 3

Sistemas constructivos

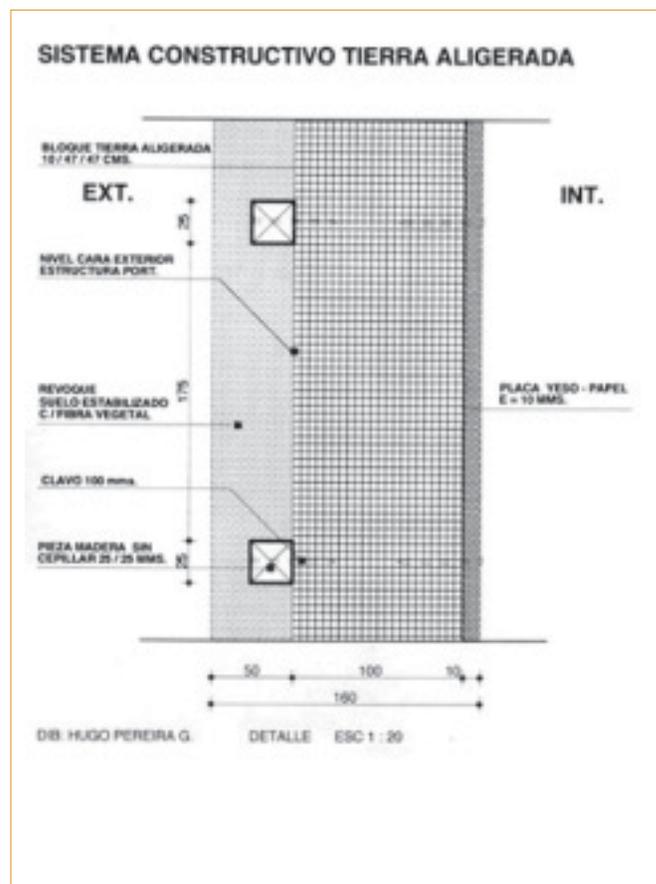
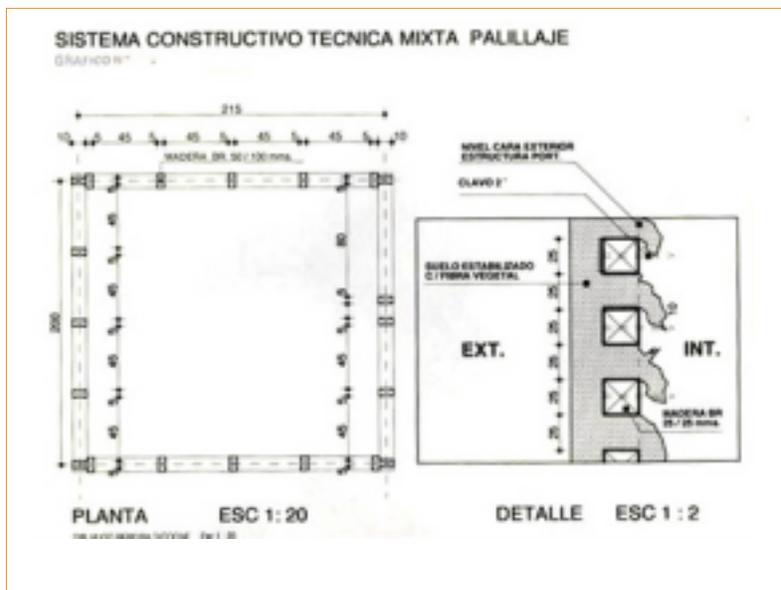




fig. 4

*Vista del
conjunto desde el
oriente
Foto: Hugo
Pereira Gigogne*

sobrecaliente por conducción las paredes y los ventanales de la fachada norte, manteniendo sombreadas estas superficies. El resto de las fachadas presenta pocas aberturas, de manera de evitar las pérdidas calóricas a través de las superficies vidriadas. Aquí, el material tierra juega un papel muy importante desde un punto de vista energitérmico. La tierra en estado natural posee una conductividad térmica notablemente baja, lo que funciona muy bien en climas de régimen variable como el nuestro, equilibrando temperatura exterior e interior.

La calefacción consiste en dos focos de calor a base de chimeneas de leña de doble cámara, una en la zona de estar y otra en el sector de dormitorios. Ver figuras 4 y 5

3.4 RESULTADOS OBTENIDOS

Analizado el desgaste natural sufrido por estas viviendas en un lapso de doce años, ha sido posible detectar aspectos interesantes, comentados a seguir.

3.4.1 Retracción por secado

Debido a la retracción lineal por secado de la arcilla, cercano al 10 % lineal, se hizo aconsejable la prefabricación de bloques de tierra aligerada que, una vez secos, se ajustan entre las maderas de la estructura. Esto permite asegurar un comportamiento solidario entre la estructura y el relleno de tierra aligerada, evitando esfuerzos que pudiesen causar daños futuros y



fig. 5

*Vista oriente casa Sr. Parada
Foto: Hugo Pereira Gigogne*

fig. 6

*Moldeo manual de bloques de tierra aligerada producidos in-situ
Foto : Hugo Pereira Gigogne*



técnicas mixtas de
construcción con tierra



fig. 7

Estructura dispuesta para recibir bloques de tierra aligerada prefabricados in-situ
Foto : Hugo Pereira Gigogne

fig. 8

Detalle de pieza de madera de 40 mm X 200 mm de sección que separa el primero y segundo piso
Foto : Hugo Pereira Gigogne



fig. 9

*Mezclado de suelo arcilloso
con taladro de paleta
doblehelicoidal*

Foto: Hugo Pereira Gigogne



otorgándole mayor estabilidad estructural a la vivienda. Ver figuras 6 y 7.

3.4.2 Microfisuraciones a nivel de entresijos de fachadas

Se han observado pequeñas fisuraciones en la zona de conexión entre el primero y segundo piso, coincidente con la placa de entresijo, en las viviendas en que se hizo un revoque continuo entre los mismos. Por lo anterior, resulta aconsejable la utilización de una pieza de madera que cubra esas pequeñas fisuraciones de la fachada. Esta solución se adoptó en un caso del conjunto de calle José Arrieta; posteriormente se adoptó en otros proyectos tales como la casa del Sr. Eduardo Bone S. Ver figura 8

3.4.3 Microfisuraciones esquineras

Aunque se adoptó como medida de protección de esta zona el cruzamiento de malla metálica en las esquinas, fue posible observar, en algunos casos, que esto fue insuficiente. Sería recomendable alterar el diseño de la esquina ya sea redondeando o achaflanando la misma, o en definitiva, disponiendo en ella una pieza vertical de madera.

3.4.4 – Mecanización y mezclado

Para obtener mejores rendimientos y calidad del producto en las faenas de preparación de la mezcla de suelo y agua, se hace necesario el uso de fuerza mecanizada. Posteriormente, la mezcla con el material vegetal -paja-



se hace más fácil. Con tal propósito, es recomendable la utilización de mezcladoras de eje vertical o herramientas similares. Ver figura 9

3.4.5 – Selección del suelo

Según la bibliografía utilizada, es recomendable el uso de suelos con alto contenido de arcilla. En el caso de los suelos del valle central de Chile este contenido está cercano al 15%; es necesario suplir esta deficiencia agregando mayor cantidad de arcilla a la mezcla, de lo contrario, la faena de moldeado de los bloques se hace más dificultosa.

3.4.6 – Prefabricación de bloques

Una forma de mejorar el rendimiento de fabricación de bloques y la calidad de los mismos es la confección de estos, mediante la ayuda de una prensa manual. La Arqta. Magaly Landeros, en su trabajo en la ONG TIJERAL, ha desarrollado una interesante prensa de bajo costo confeccionada en madera, análoga en sus principios de funcionamiento a la prensa manual metálica CINVARAM. Ver figuras 11 a 14

3.4.7 Construcción de otros componentes en tierra aligerada

El buen comportamiento de la tierra aligerada permitió innovar en la construcción de otros componentes de la vivienda, como es el caso de los entresijos. Estos se fabrican comprimiendo una masa de tierra aligerada en estado plástico contra un molde instalado en la cara inferior del entresijo.

fig. 10

Mezclado de suelo arcilloso con motor de eje vertical instalado sobre tambor metálico catálogo empresa LEHMBAU, Dusseldorf, Alemania



fig. 11
Vista general de la bloquera manual desarrollada por Arqta. Magaly Landeros
Foto : Carmen L. Escobar U.

fig. 12
Detalle bloquera manual Arqta. Magaly Landeros
Foto : Carmen L. Escobar U.



técnicas mixtas de construcción con tierra

PRIMERA parte

En el proyecto de la figura 15 se utilizó un molde levemente convexo; la estabilidad del entepiso se aseguró mediante una trama de maderos de 35 mm x 50 mm distanciados 0,30 m entre si y fijados a la estructura que queda a vista (madera de coloración más oscura). A su vez, esta estructura portante se fija a una cadena continua horizontal de hormigón armado de diseño especial que fija a los muros de tapial mejorado. Este tipo de entepiso resiste hasta 400 kg/m² de carga.

3.5 CONCLUSIÓN

Como conclusión se puede expresar lo siguiente:

- ▣ Es posible transferir la técnica de tierra aligerada desde otra latitud a nuestras realidades. El principal obstáculo que se encontró se refiere a las diferencias de léxico constructivo. Ejemplo de esto es el término "barbotina" que no es utilizado en Chile y que se refiere a una mezcla de suelo en estado líquido con un alto porcentaje de arcilla en su contenido.
- ▣ El uso de la técnica de tierra aligerada es muy apropiado en lotes urbanos y suburbanos donde no exista abundancia del recurso suelo, sea por la relativa escasa área de terreno como por la poca profundidad de la capa vegetal .
- ▣ Es posible constatar el buen comportamiento térmico de esta

fig. 13

Detalle esquinero de sujeción de bloque de tierra aligerada mediante alambre galvanizado previo a la ejecución de faena de revoque
Foto : Carmen L. Escobar U.





fig. 14
Vista general aplicación obra
Foto : Carmen L. Escobar U.

fig. 15
Detalle entrepiso ejecutado mediante técnica de tierra aligerada
Foto : Hugo Pereira Gigogne



técnica debido al alto contenido de aire remanente en el interior de la mezcla de barro y paja, una vez seca.

- Es recomendable prefabricar la mayor cantidad de componentes en forma de bloques (paredes, pisos, aislación térmica, etc.), con el doble propósito de mejorar los rendimientos y aumentar la calidad de la construcción evitando posibles fisuraciones posteriores.

BIBLIOGRAFIA

CATÁLOGO EXPOSICIÓN HABITERRA: Exposición Iberoamericana de construcciones de tierra. Programa CYTED XIV.1, Programa Iberoamericano de ciencia y tecnología para el desarrollo. Coordinador: Dr. Ing. Julián Salas S. Santa Fe de Bogotá: ESCALA, 1995.

DOAT, P.; HAYS, A.; MATUK, S.; VITOUX, F. Construir con tierra. 2 Tomos. Traducción del francés: Clara Eugenia Sánchez, Clara Angel Ospina. Bogotá: FEDEVIVIENDA, Latino Impresores, 1990.

HAYS, A.; MATUK, S.; VITOUX, F. Técnicas mixtas de construcción con tierra. Cap. IX El Maderamen con "Tierra aligerada". Lima: Perú, 1985. p. 132-146.

LA OTRA ARQUITECTURA: Ciudad, vivienda y patrimonio. Coordinación: Ramón Gutiérrez. Milán: Jaca Book; México: Conaculta, 2000. p.193-197

4. PALMA CARANDAY Y TIERRA. TÉCNICAS MIXTAS EN EL NORDESTE ARGENTINO

Arq. Graciela María Viñuales¹

ARGENTINA

¹ *Arquitecta, Profesora y Especialista en restauración arquitectónica y de arquitectura de tierra. Centro Barro y CEDODAL - Centro de Documentación de Arquitectura Latinoamericana. Buenos Aires, ARGENTINA*

cenbarro@interserver.com.ar

4.1 INTRODUCCION

Con este trabajo queremos presentar una técnica mixta de uso generalizado en la zona del nordeste de la República Argentina. La región es subtropical húmeda con un corto invierno -quince días, a veces divididos en dos semanas alternadas-, un verano riguroso y con cambios bruscos de temperatura y humedad, lo que puede generar huracanes. Es un terreno sumamente plano y con bosques que en parte han sido talados.

Un importante río -el Paraná- estructura la región y otros cursos de agua aportan al gran estero del Iberá para dar riego a la zona. Justamente en las cercanías de estas zonas húmedas crece la palma caranday (*Copernicia campestris* Burm.) de largo y recto tronco, generalmente en colonias o siguiendo un derrotero. El poblador ha sabido usarla en su provecho.

4.2 GENERALIDADES DEL TIPO

Si bien cuando se habla de construcciones en madera se tiende a pensar en piezas aserradas, debe tenerse en cuenta que también existen en territorio argentino realizaciones en rollizos, ramas o troncos apenas trabajados.

Este tipo de material es utilizado ya sea solo, o en combinación con el barro, y tiene múltiples posibilidades y facetas que responden a las necesidades del medio y a la disponibilidad de elementos de recolección.

Justamente la abundancia de algunas variedades de palmeras en el territorio chaqueño permite su uso en las provincias de Chaco, Corrientes y Formosa principalmente. También en otros distritos limítrofes -como Salta y Santa Fe- detectamos su uso, pero casi exclusivamente como cabios en techos de tejas o tejuelas.

En la zona chaqueña la tradición arranca en épocas de la dominación hispana, aunque es probable que esta técnica fuera usada desde tiempo anterior. La disposición de techos de palma, muy usados inclusive en obras de mampostería, se corresponde con la estructura independiente y aun, con los muros portantes de este material, siendo común la factura total de la vivienda en palma caranday, o bien de algún otra especie similar.

Sin embargo, el avance hacia zonas rurales de materiales industrializados ha hecho que a veces -en las zonas cercanas a los centros urbanos- el techo sea reemplazado o complementado por chapas de cartón impregnado alquitrán, que permite mayor rapidez en la construcción de la cubierta, pero también un deterioro mucho más acelerado.



Igualmente, el usuario puede ir reemplazando parte de la vivienda con locales hechos en mampostería de ladrillo, pero siempre mantendrá el uso de la palma para los locales de trabajo o donde no sea necesario un cerramiento hermético. Es común ver hoy -aun en los barrios de las ciudades de la región- la existencia de galpones, talleres, depósitos u otras piezas de servicios construidas, enteramente o en parte, con troncos de palma.

4.3 LA ORGANIZACIÓN ESPACIAL

Veamos cuáles son los lineamientos y las técnicas aplicadas a este material. Primeramente, como toda construcción con techo de estructura de madera, se ha tendido a disponerla en forma ortogonal, en plantas rectangulares; sin embargo, cuando se trata de corrales o cercos es común apelar a círculos u otras formas curvas. En algunos lugares su uso se extiende a los brocales de los pozos, también de planta circular.

Dentro de los partidos rectangulares es normal la construcción de un módulo al que se le van agregando otros, o complementando con construcciones menores, exentas. Debe tenerse en cuenta que en la región se hace principalmente vida al aire libre o en lugares semiprotegidos como ramadas, galerías o aun bajo árboles frondosos, dejándose el edificio mismo para depósito, lugar de dormir y para guarecerse en los días de lluvia y en los pocos días de frío.

Es así que muchas veces estos lugares externos -que nosotros nos inclinaríamos a adjetivar como “complementarios”- son en realidad los principales. Por eso no debemos caer en el error de estudiar la parte cerrada de la vivienda, dejando de lado a estos locales que parecerían precarios o casi obsoletos. Por el contrario, se debe considerar tanto la parte cerrada, cuanto los otros locales y disposiciones externas que conforman la vivienda en su conjunto, estructurados también ortogonalmente y referidos a los ejes de las partes cerradas.

Justamente allí, en la parte externa se ubican el fogón, el lugar de comida y de trabajo doméstico, y aun el sitio donde el jefe de familia ejerce su oficio, generalmente artesanal. En cuanto a edificios en sí, éstos pueden ser lugares semicerrados unidos a la vivienda o exentos, tal como se ha dicho. La distinción mayor se da en el taller que es normalmente de mayor altura que la casa por razones funcionales. El local de letrina aparece alejado del conjunto, muchas veces carente de techo.

Teniendo en cuenta este partido general, pasamos a ver las técnicas aplicadas en muros y techos.

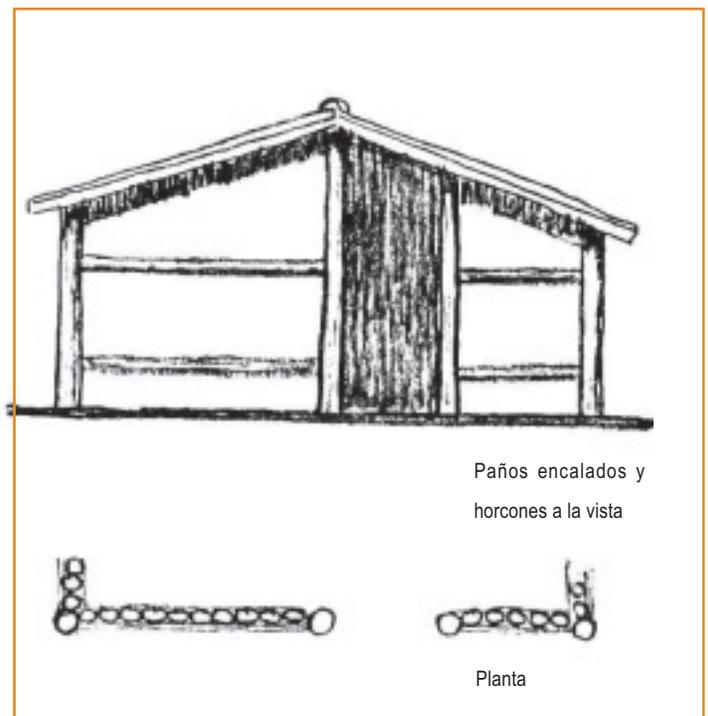
4.4 DISPOSICIONES MURARIAS

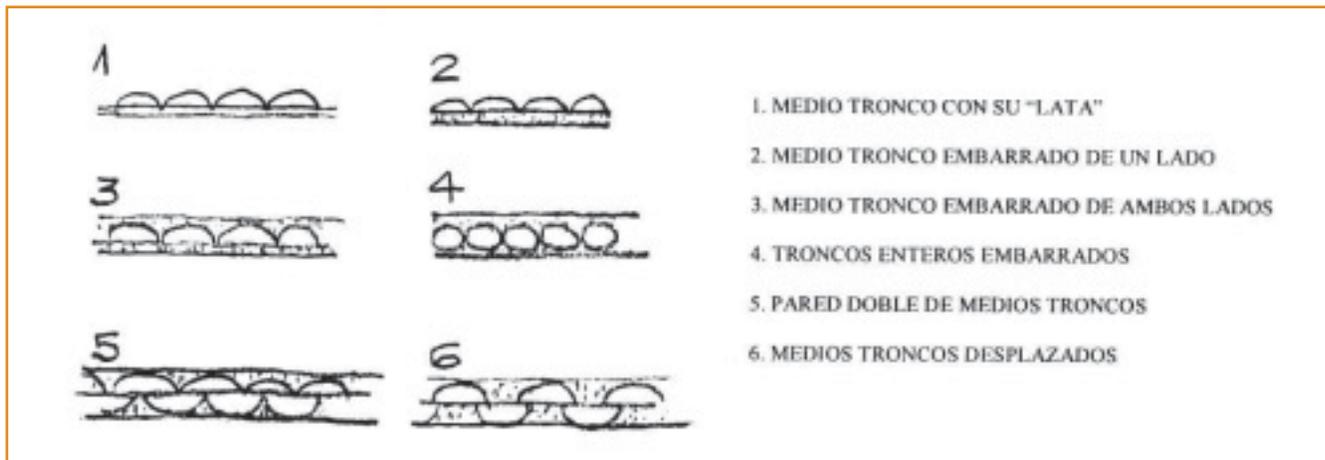
Los techos son sostenidos por una estructura independiente de troncos enteros que se hincan en las esquinas y en otros puntos del perímetro de cada ambiente. Reciben el nombre de horcón, aunque la bifurcación que pudieran tener para el asiento de las vigas se consigue por tallado y no por una formación natural (Figura 1).

Uniéndolos horizontalmente los horcones, corren troncos menores de palma -llamados varas o latas- generalmente en número de dos y a unos 60 cm y 1,50 m del suelo. Junto a estos elementos horizontales -que a veces son reemplazados por maderas de otro tipo, o cañas- se alinean los troncos verticales que formarán la pared. La unión entre ambos puede hacerse por ataduras con alambre o por clavado. Antiguamente se usaban tiras de cuero crudo (tientos) para la sujeción. Los troncos pueden estar simplemente apoyados en el piso, pero lo más común es que también estén hincados formando un cerramiento de palo a pique (Figura 2).

Aunque los troncos de palma caranday son bastante regulares en su diámetro y casi sin curvaturas en su eje, el cerramiento de muros es siempre algo imperfecto,

fig. 1





dejando intersticios verticales que, si bien son insuficientes para aislarse de lluvias, son en cambio buenos para conseguir una aireación eficaz frente a las altas temperaturas. Por ello, estas construcciones carecen casi siempre de ventanas, siendo por lo general la puerta de acceso el único vano de la construcción (Fig. 3).

Como defensa frente a los agentes climáticos y para conseguir la hermeticidad necesaria, en zonas urbanas, normalmente se recurre al embarrado de los muros, resultando así una técnica mixta, de palo a pique y estanteo (tierra con entramado).

Pero cuando se opta por el embarrado, se trata de ahorrar en madera y entonces no se usa el tronco completo -que queda sólo para la estructura- y se utiliza en su lugar el tronco cortado a lo largo, de sección semicircular, lo cual permite, además, el clavado del palo a pique a las varas o su atado en forma más sencilla (Figura 4).

Con este mismo tipo de corte se usa otra técnica que también ahorra madera, pero que no ofrece buenos resultados de cerramiento total si no se embarra. Tal sistema consiste en colocar los palos a pique en forma alternada, cada palo a un lado de la vara, uno interno y otro externo. Esta solución es muy usada en lugares de trabajo y servicios donde normalmente no se aplica el embarrado.

Cuando el palo a pique de tronco completo es usado sin barro -lo que es más común en zonas rurales- se agregan otras varas en forma horizontal o inclinada, paralelas a las aguas del techo, que ayudan a mantener la unión de la parte superior de los troncos y a formar un mejor apoyo para la cubierta.

Vale la pena destacar además que, en galerías o espacios intermedios, se utilizan troncos formando rejillas, normalmente a 45°, de secciones completas o semicirculares en diversas soluciones, bien con antepechos revocados, que sirvan de asientos o estantes para utensilios y tiestos, o bien que bajan rectos hasta el piso.

Hay ejemplos en que por la mixturación de las técnicas se llega a empañetar algunas partes y dejar otras al descubierto, ayudándose con el encalado y el barnizado para destacar aun más las distintas formas de tratamiento.

4.5 LAS CARACTERÍSTICAS DEL EMBARRADO

Como hemos dicho, en algunas ocasiones la palma caranday se emplea con embarrado. Ello es necesario particularmente en viviendas, así como en cocinas o lugares donde se almacenan objetos que requieren cuidados de mantenimiento y seguridad ante posibles robos. Pero también se usa para dar más confort a los ambientes internos, otorgándoles aislamiento térmico, acústico y protección contra insectos y roedores.

Esos revestimientos de barro pueden colocarse por una o por ambas caras, dependiendo de las aspiraciones y las posibilidades del usuario. Si bien pareciera que es más importante lograr una pared lisa por el interior, hay quienes prefieren terminar mejor el exterior, ya que es el que se presenta ante los vecinos y da idea de la prolijidad del dueño. Lógicamente, embarrar por ambas caras es lo deseable y hacerlo sólo por la interior redundaría en un mejor control de la higiene y las plagas. Antes del embarrado, suele hacerse un relleno de otro material para que la cantidad de barro utilizada sea menor. Para este menester se usan restos de madera de palma y piedritas, con lo que termina armándose una superficie más plana.

Normalmente, la tierra usada para ello no recibe una gran atención en cuanto a su elección ni a su tratamiento. Por lo general es recogida de las inmediaciones de la vivienda buscando, más que nada, las capas arcillosas que se forman en las orillas de lagunas o cursos de agua, especialmente a posteriori de una gran lluvia. Esos depósitos de arcillas y limos son mezclados con otras tierras y -con poca frecuencia- con alguna fibra. Sin embargo, no son las fibras de la propia palma las utilizadas, ya que éstas son bastante rígidas, duras y suelen ser dañinas para las manos. No debe olvidarse que las palmeras crecen en suelos bastante húmedos e inundables, lo que da la posibilidad de obtener en su cercanía tierras apropiadas.

El barro se mezcla, se estaciona unos días y luego se aplica a las paredes. Con esta especie de revoque grueso se deja el muro con superficies planas y con posibilidades de recibir acabados de diferentes tipos. Toda la tarea se produce a mano, pocas veces con herramientas y es común ver que las huellas de los dedos quedan marcadas. En este momento del trabajo se toman algunas decisiones que conducirán a superficies con diversas terminaciones.

A veces, sobre todo cuando se trata de tierras arcillosas, suele optarse por un recubrimiento delgado que no llega a constituir una superficie lisa, sino que parece ser como un tapiz adherido que deja traslucir perfectamente cada uno de los troncos que forman la construcción. En otras ocasiones, el

embarrado llena bien un tramo entre dos elementos de madera, dejándolos a la vista, dando un aspecto de un “pan de bois”, es decir, de tierra con entramado. Por supuesto, existen viviendas donde el revoque se termina totalmente liso por ambas caras de las paredes y sólo alguna rotura posterior deja entrever la técnica utilizada.

Tales diferencias en los embarres gruesos, tales decisiones en el momento de revocar, dan la posibilidad de muy diferentes acabados. Porque aun quedan las instancias del revoque fino y la pintura que ayudarán a dar una terminación a veces muy cuidadosa. La utilización de pintura blanca de cal en los embarrados y de barniz en los troncos que quedan a la vista, da productos realmente interesantes, que se combinan con el tratamiento de puertas, ventanas y postigos. Por lo general, esas maderas barnizadas son las llamadas “varas” o “latas” que unen horizontalmente los troncos clavados en el suelo. Se forman así franjas horizontales que contienen las aberturas, llevando a una agradable solución de conjunto.

Como en toda construcción de tierra con entramado, las partes bajas de los muros son bastante vulnerables. Aquí no hay, como en los casos del adobe o de la tapia, sobrecimientos de piedra. En alguno que otro edificio levantado con más cuidado, se busca alguna solución al respecto, generalmente consistente en una especie de zócalo de piedras. Pero debe tenerse en cuenta que en la zona donde se usa la palma es difícil tener piedra a disposición. Un recurso ensayado en las zonas boscosas ha sido el uso de astillas de madera de quebracho (*Schinopsis balansae* Engl.) que contiene mucho tanino y es prácticamente imputrescible. Estas astillas pequeñas (o aun el aserrín) se mezclan con el barro de las partes bajas o simplemente se colocan sueltas del lado externo de la pared llenando el ángulo de ésta con el suelo y apisonándolas un poco.

4.6 SOLUCIÓN DE LAS CUBIERTAS

Los techos se realizan generalmente a una, dos o cuatro aguas (pendientes entre 5° y 20°), con predominio de las dos aguas. Sobre los horcones esquineros se apoyan las vigas costaneras y, sobre los horcones mayores, la cumbrera. Sobre esta estructura se coloca lo que se conoce como “teja de palma”, por el parecido que tiene con la teja española. En realidad, son piezas que miden el largo total del agua y apoyan un extremo en la cumbrera y el otro en la costanera. Los troncos son cortados longitudinalmente por su diámetro (dando también en este caso secciones semicirculares) y luego son trabajados en su lado interior con un corte cóncavo en forma de V, lo que hace que finalmente la sección se parezca a un arco (Figura 2).

Ello permite una disposición similar a la de las tejas españolas, colocando

piezas de canal y piezas de cobijo. Si los cortes en V están bien trabajados, se puede conseguir una cubierta eficaz. Al igual que con las tejas cerámicas, el cubrimiento superior se hace con una pieza cumbreira que corre tapando la unión de ambas aguas.

Este tipo de solución está muy difundido y es asiduamente usado para cubrir también edificios que tienen muros y estructura de otros materiales.

4.7 CONSIDERACIONES FINALES

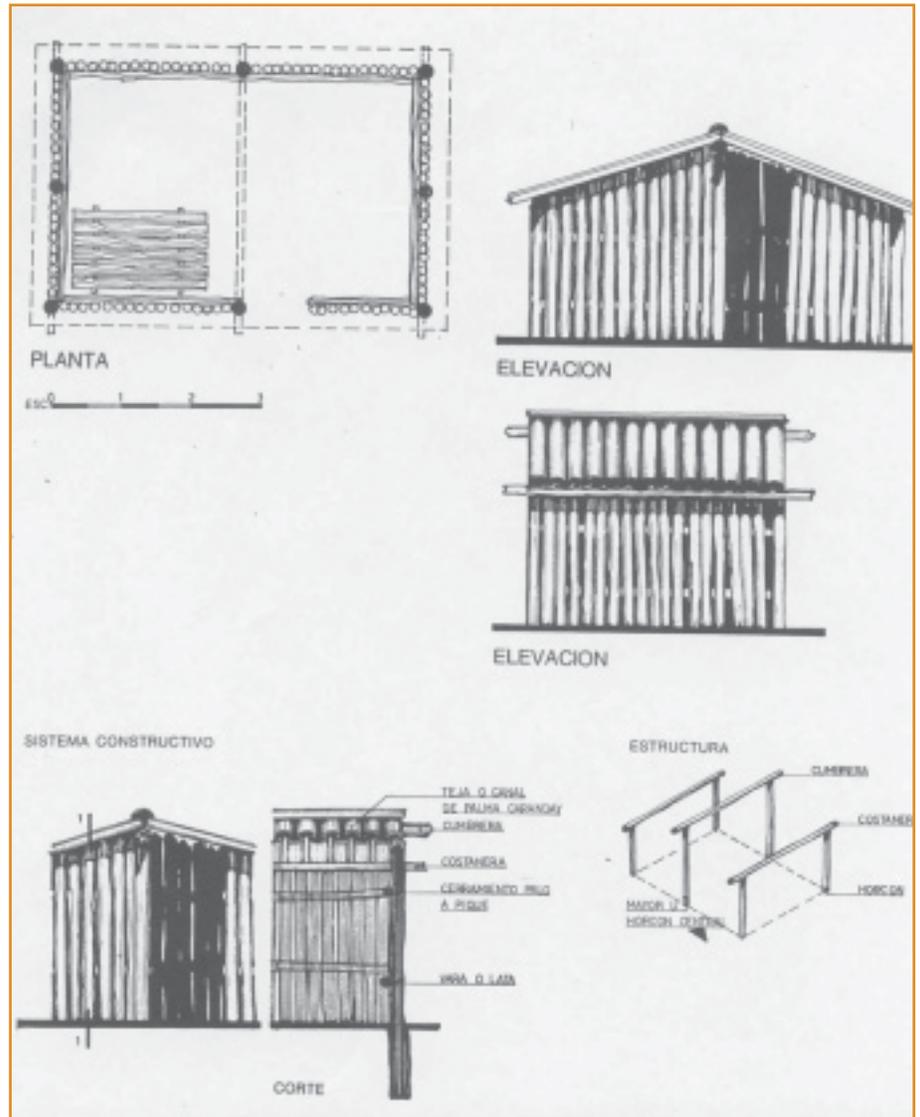
En general podemos apreciar que el uso de la palma caranday en la construcción está muy difundido en toda el área del nordeste argentino y parte de su litoral fluvial. Se usa tanto como material único, cuanto en combinación con otros materiales de recolección o de factura industrial.

Es de notar que cuando la palma es usada y trabajada con cuidado se logran resultados muy buenos, y estéticamente agradables, debido a la regularidad de forma y textura del material. Su tallado es relativamente fácil siempre que sea cortada cuando las condiciones climáticas y las fases lunares así lo aconsejen. Igualmente, las disposiciones usadas permiten la reposición periódica de elementos deteriorados sin mayor problema para el resto de la construcción.

Por ello damos a conocer esta técnica mixta que no sólo sigue en vigencia, sino que ha tenido cierta revitalización por parte de los pobladores y de algunas autoridades municipales a partir de las grandes inundaciones de 1983.

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

ARGENTINA, Universidad de Buenos Aires: Tipos predominantes de vivienda natural en la República Argentina. Buenos Aires, Eudeba, 1972. 112 ps.il.



5. CONSTRUCCIÓN CON TIERRA CRUDA. Sistemas de entramado

Técnicas mixtas tradicionales del noroeste argentino

Arq. Mirta Eufemia Sosa¹

ARGENTINA

¹ *Arquitecta, docente e investigadora en construcción con tierra, miembro del GTT, PROTIERRA y Consorcio Tierra – Cátedra Unesco CRIATiC Centro Regional de Investigación en Arquitectura de Tierra Cruda, FAU Facultad de Arquitectura y Urbanismo, UNT Universidad Nacional de Tucumán, Argentina. mirta_sosa@hotmail.com*

5.1 MARCO DE REFERENCIA

El presente trabajo tiene como objetivo difundir los modos y la respuesta tecnológica que asume el poblador rural en la construcción de su hábitat, generando a partir del conocimiento empírico del ambiente geográfico y del uso de los materiales, una arquitectura apropiada y apropiable a sus necesidades, requerimientos y recursos disponibles.

Ámbito de estudio. Características

El área de estudio considerada comprende las micro regiones de las Sierra Subandinas y de la llanura deprimida en la provincia de Tucumán y la llanura Chaqueña en el sudeste de la provincia de Santiago del Estero. Geomorfológicamente a partir de las sierras, el relieve se manifiesta llano con algunas depresiones, de norte a sur, en tanto la altura (no mayor a 2000mSNM) va disminuyendo de oeste a este hasta confundirse con la llanura Chaqueña.

Estas características definen variaciones climáticas de sudeste al noroeste –seco a húmedo- que corresponde al clima subtropical con estación seca. Se caracteriza el predominio de lluvias estivales, que aumentan de este a oeste con variaciones de 100 mm a 1.200 mm anuales al aproximarse a las sierras, como consecuencia de la presencia de cordones montañosos que interceptan el paso de los vientos húmedos provenientes del Atlántico (Sierras Pampeanas y Subandinas de Tucumán y Salta). Las temperaturas medias anuales varían entre 25° C y 30° C y las mínimas medias entre 16° y 10° C, con valores absolutos que llegan a valores mayores extremos.

Otro componente climático que va a influir en la resolución constructiva del hábitat rural es la humedad relativa, que aumenta hacia el noroeste, en las micro regiones de Tucumán el promedio anual es de 75% - 80%. La vegetación se adapta a las condiciones del clima y del suelo, de la selva montaña al bosque subtropical.



fig. 1

Plano de ubicación.
Área de Estudio

5.2 INTRODUCCIÓN

Originariamente los materiales utilizados por los primeros habitantes de la región, para la construcción de su hábitat, fueron las ramas, cañas, cueros y paja; de vida nómada con migraciones estacionales, su supervivencia se basaba en una economía extensiva de caza y recolección, cuando evolucionaron a la vida sedentaria además de aquellos recursos naturales,

adoptaron otros materiales disponibles en el sitio que posibilitaron un carácter más permanente y duradero a la construcción: la piedra y la tierra¹: en sus tres formas constructivas: monolítica, mampostería y de entramado.

Con la llegada de los españoles a nuestro país, se incorporaron otros materiales y otras técnicas constructivas; en el siglo XVII ...“las paredes eran por lo regular de adobe o de tapia, los techos de paja o palma, según la región”... “se ensayaba una cornisa de barro, unas rejas de palos torneados, se embaldosaba, se blanqueaban las paredes”... (Paul Grousac). En las ciudades, hasta fines de siglo XIX se siguió utilizando la tierra para la construcción de viviendas y de edificios públicos, pero no llegó a tener el carácter ni la escala que se puede apreciar en la arquitectura de otros países latinoamericanos.

En la actualidad, los pobladores de áreas rurales mantienen el uso de la tierra, el adobe, el tapial y el entramado. Siendo este último característico de los climas cálido-húmedo y cálido-frío, el más utilizado en esta región.

En las técnicas de entramado y relleno de tierra, se materializan los cerramientos horizontales y verticales, combinando dos materiales naturales: la madera o la caña que como armazón principal absorbe los esfuerzos estructurales y el barro, solo o con fibras, incorporado a un entramado de ramas o cañas huecas que constituye el cerramiento y el acabado. Con estas características se resuelven el techo o las paredes o tabiques de cierre lateral vinculados a la estructura portante.

Las diferentes denominaciones con que se conocen estas técnicas en diferentes regiones geográficas varían según el material vegetal que se utilice, el planteo estructural del entramado y de la disposición y separación de las cañas, ramas, palmas u otro elemento vegetal que actúe a manera de trama, y por consiguiente definen su espesor y su procedimiento constructivo. Según estas características constructivas, regionalmente reciben el nombre genérico de quincha en Perú, Bolivia, Chile y la Argentina; de bahareque en Ecuador, Chile, Colombia, Venezuela, Panamá y en la mayoría de países centroamericanos; en Cuba se lo conoce como cuje o embarrado; chuchío en Santa Cruz de la Sierra y muro envarillado, en el Chaco boliviano; enquinchado o palo a pique en Brasil; muros entramados, emparrillados en España; torchis en Francia, etc.

En la Argentina, genéricamente la técnica mixta es conocida como quincha en las regiones Noroeste y Cuyo (centro oeste); como enchorizado, estanteo o palo a pique, en la región Noreste como también se la conoce en la

¹ *Los primeros asentamientos humanos que marcan el carácter de la vida sedentaria datan y caracterizan al Período Formativo y de Desarrollo Regional. Son los poblados estables más antiguos (500 a. C - 700 d. C).*

5.3 LAS CONSTRUCCIONES DE ENTRAMADO

La Arquitectura

En la arquitectura doméstica tradicional, la vivienda rural es una verdadera unidad de producción que se manifiesta directamente en la composición y uso del espacio formal y funcional. Las actividades familiares y productivas se desarrollan tanto en espacios construidos como al aire libre: el dormitorio, la cocina, el depósito, el fogón, el lugar de comer, el lugar de lavar, la galería o la parra, -lugar bajo la cual se desarrollan las actividades familiares y sociales-, la letrina y los corrales y la huerta en algunos emplazamientos, definen la tipología de la vivienda rural. La morfología geográfica, el clima, los recursos naturales y tecnológicos coexisten conformando el carácter arquitectural distintivo de la región.

En la actualidad las técnicas mixtas se utilizan en las construcciones rurales tanto en cerramientos verticales como en cerramientos horizontales de locales habitables –dormitorios- cocina, depósitos, letrinas, etc. Son de mayor aplicación en la llanura del este, a diferencia de los sistemas de mampostería y monolíticos característicos de la sierra y la montaña.

La Tecnología.

A fines de distinguir la variedad de técnicas mixtas que se utilizan, se las agrupa según se trate de cerramientos verticales o cerramientos horizontales.

5.III. A CERRAMIENTOS VERTICALES

El principio constructivo de este sistema, ya sea que se trate de quincha, palo a pique, enchorizado o el entramado relleno con tierra moldeada o adobe, consiste en horcones – madero que termina en una horqueta- ubicados en las esquinas del local o en la longitud del tramo con una separación no mayor a 3,50 m., sobre los que apoyan las vigas principales o soleras del techo en forma de rollizo. Nunca el techo descarga en el cerramiento vertical.

De acuerdo fundamentalmente a las características dimensionales de entramado y disposición de sus componentes, y del material de relleno se pueden identificar tres grandes grupos:

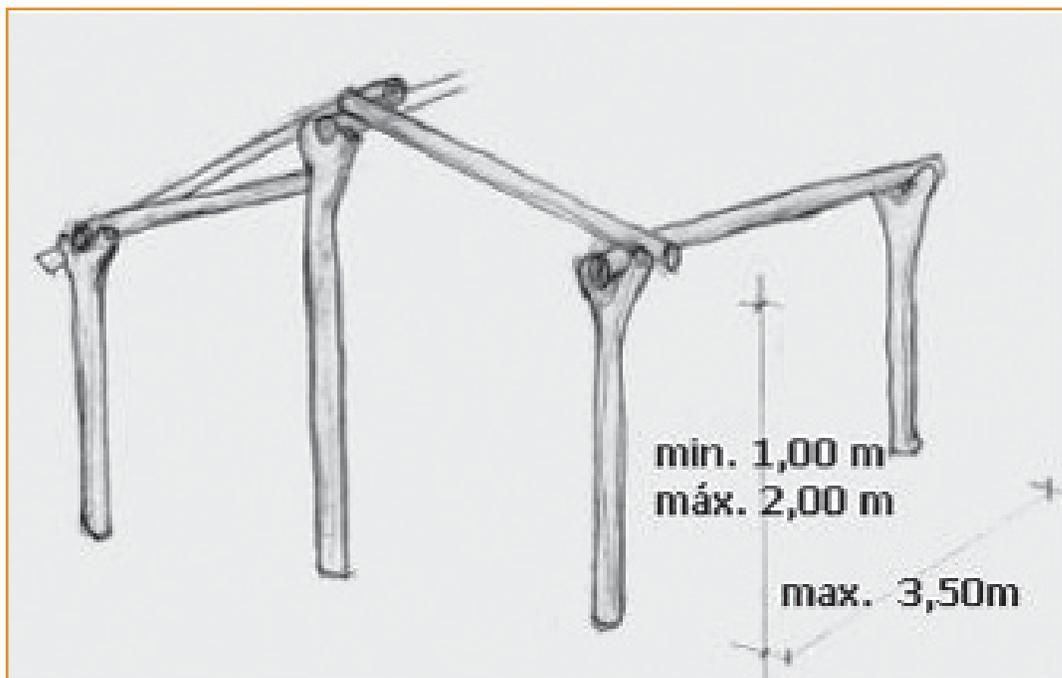


fig. 2

Esquema de la estructura de entramado.



fig. 3

Unidad residencial en la Llanura deprimida, Tucumán

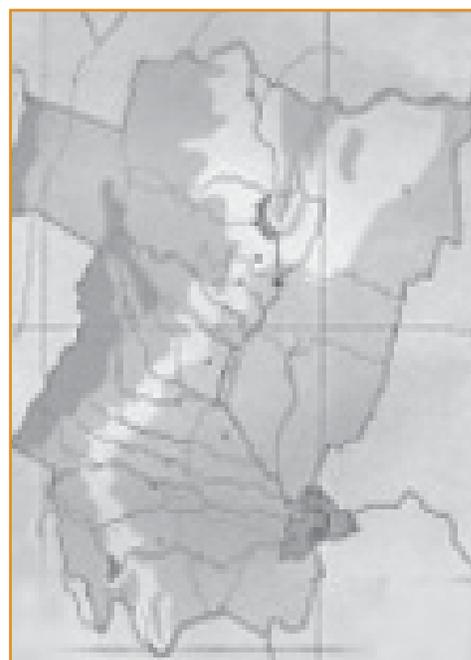


fig. 4

Mapa de Tucumán, microregiones de estudio

A.1. ESTRUCTURA DE HORCONES + CERRAMIENTO DE CAÑAS Y/O RAMAS Y BARRO.

Este sistema constructivo liviano, constituido por una estructura portante de horcones y tabiques de cañas y/o ramas y barro, es el conocido como quincha, vocablo que proviene de la lengua quechua “kencha”. Su uso se remonta a períodos históricos anteriores al hispano.

La técnica de la quincha, caracteriza a las viviendas tradicionales de la

PRIMERA parte

llanura húmeda de Tucumán -al este de la provincia-. En el valle de Trancas (al norte) se la utiliza en la construcción de cocinas y depósitos.

La resolución constructiva comprende:

Estructura: constituida generalmente por horcones de madera del lugar -pacará (*Enterolobium contortisiliquum*), algarrobo (*Prosopis alba*)- o caña huecas (Bambúseas).

Los diámetros varían de 10 cm. a 15 cm. La disponibilidad de caña en el lugar posibilita su uso tanto para la estructura como para el entramado del tabique.

El horcón es empotrado en el terreno a una profundidad que puede variar de 40 cm. a 80 cm.

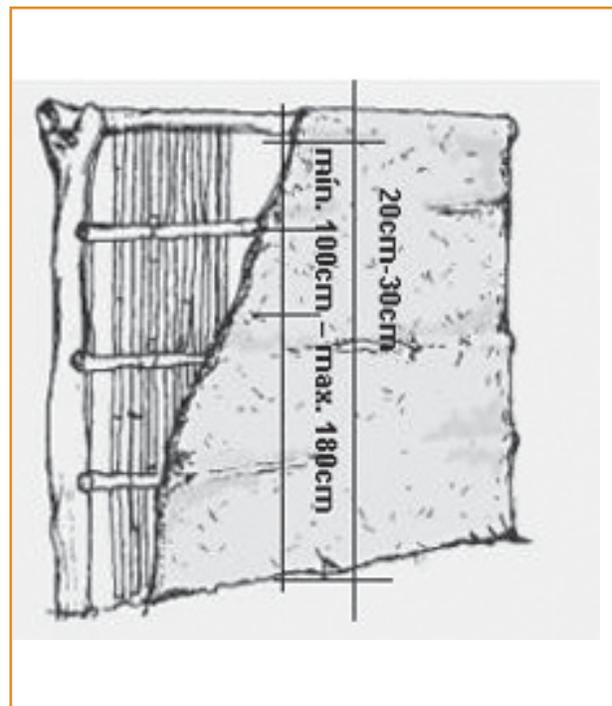
Entramado: constituido por cañas huecas dispuestas en horizontal y cañas huecas o totoras (de la familia de las thiphaceas) en vertical; algunas construcciones incorporan ramas. Su altura es variable, de 1,00 m a 1,80 m. El armado se puede realizar de un lado del parante (horcón o caña) o de ambos lados, determinando con ello un espesor del tabique terminado (con el barro), de 4 cm. a 6 cm o de 10 cm. a 12 cm. Las cañas dispuestas verticalmente pueden o no ir enterradas.

La unión de los distintos componentes: horcón y caña, se realizaba tradicionalmente con tiento, guasca y/o fibras vegetales; en la actualidad la atadura se realiza con alambre.

Relleno y embar rado: el barro que se utiliza es de consistencia bien plástica a fin de rellenar los intersticios de la trama, se agrega generalmente guano, paja, u otra fibra vegetal seca para reducir la retracción de la tierra cuando es arcillosa. A igual que para la fabricación de adobes, el barro se prepara de uno a dos días antes de su aplicación, se moja la tierra, se lo deja “dormir”, se le incorpora la fibra vegetal y se lo aplica en varias capas “arrojándolo” sobre la superficie de las cañas, ramas o totoras , hasta lograr un buen relleno y un buen embarrado o acabado final.

fig. 5

Esquema de quincha



² Las bambúseas son gramíneas leñosas arborescentes. En Tucumán las variedades que se pueden encontrar son: el Bambú Amarillo (*Bambusa Vulgaris Schrader*), la Caña Tacuara (*Bambusa Tuldoidea Munro*) y el Bambú (*Dendrocalamus*). Proyecto Bambú. Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Nacional de Tucumán.

fig. 6

Diferentes disposiciones de la trama. Laguna del Rosario, Mendoza, Argentina



En las construcciones destinadas para dormitorio se pone más cuidado en su terminación, se aplica el revoque de barro en el interior y exterior, la cocina que es el lugar en donde solo está el fuego, no necesariamente se cocina y el depósito, lo tiene en la cara externa o no lo presenta.

Comparativamente, la adherencia del barro al entramado se logra cuanto más áspera sea la superficie de los elementos que lo constituyen; cuando se utiliza caña, la disposición en sentido horizontal y la menor separación entre ellas mejora el “agarre” del mortero de barro. Variantes de esta técnica se pueden encontrar en la llanura tucumana, es el ...”barro vaciado”..., consiste en armar el entramado al horcón, en doble capa de cañas horizontales a la manera de un encofrado, generando una cámara de no más de 10 o 12 cm. en la que se vacía barro y paja; después se embarra como terminación superficial. Esta técnica guarda analogía con la denominada pared francesa, de aplicación en la región Pampeana (centro este) y en el litoral argentino.

Otra técnica de entramado, relleno y terminación, de menor difusión -que en esta zona es reconocida como quincha-, es la paja embarrada enrollada en cañas horizontales colocadas con una separación de 20 cm aproximadamente, a la manera de un enchorizado. También se construye de esta forma en regiones de la provincia de Santiago de Estero.

Una patología frecuente en estas técnicas es la degradación que sufren los revoques a nivel de zócalo y en las esquinas como consecuencia de la acción de la lluvia y el viento, acrecentada por una no lograda adherencia con las cañas. El poblador lo resuelve construyendo los muros más bajos y el techo con alero hacia la orientación más desfavorable -el sudoeste- o protegiendo el muro con piedra lajas.

PRIMERA parte

5.A.2 ESTRUCTURA DE HORCONES + CERRAMIENTO DE MAMPOSTERÍA DE ADOBES

En esta técnica de entramado, la estructura del techo apoya en horcones ubicados en las esquinas del local o cada 3,00 m aproximadamente, el cerramiento vertical se realiza con mampostería de adobes.

En la actualidad, esta técnica constructiva se continúa utilizando en las viviendas rurales de la llanura Chaqueña, (en la provincia de Santiago del Estero) región que se caracteriza por la escasez de precipitaciones y marcadas amplitudes térmicas.

En la periferia de las aglomeraciones se mantiene el uso de esta técnica pero reemplazando el adobe por ladrillo cerámico, la junta es de barro o mezcla de cal, cemento y arena.

El sistema está constituido por:

Estructura: a igual que en la quincha, la primera tarea consiste en empotrar los horcones de quebracho colorado (*Schinopsis lorentzii*,) o de itin (*Prosopis kuntzei*), con un diámetro de 20 cm. a 30 cm. La separación entre ellos es variable y depende de la pieza de madera disponible para viga o solera, por ello es relativamente común observar el refuerzo con un puntal en los tramos sin pared, cuando se construye el techo por la sobrecarga que se incorpora.

El empotramiento de los horcones se realiza hasta una profundidad de 50 cm. a 60 cm. y para evitar el efecto de punzonado en el terreno, se coloca una capa de cascote o piedra en el fondo de la excavación.

Cerramiento: el adobe que se utiliza actualmente tiene dimensiones similares al ladrillo, aproximadamente de 25 cm. a 29 cm. x 12 cm. a 14 cm. x 5 cm. a 7 cm., antiguamente eran de mayor tamaño. El espesor de la pared está definido principalmente por la sección del horcón.

La pared se construye en tramos de 2,20 m. a 2,40 m interrumpidos por parantes (maderos escuadrados)

técnicas mixtas de construcción con tierra



fig. 7

Vivienda en Garza, Santiago del Estero



fig. 8

Galería de horcones

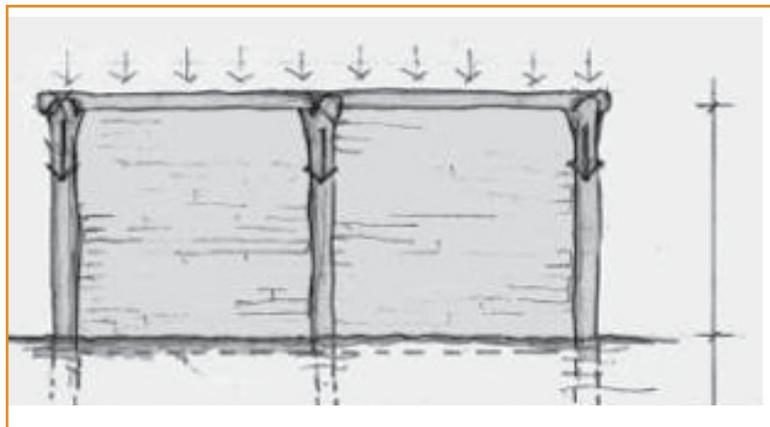


fig. 9

Esquema estructural.

u horcones de menor diámetro a los utilizados en la estructura. En edificaciones más antigua los tramos son de 1,00 m a 1,20 m, separación considerada en su momento como ...“la mejor para la propia estabilidad de la pared”... y de hecho está construidas con relación y por analogía a las construcciones de palos a pique.



fig. 10
Rancho santiagueño

por la cocinas y letrinas.

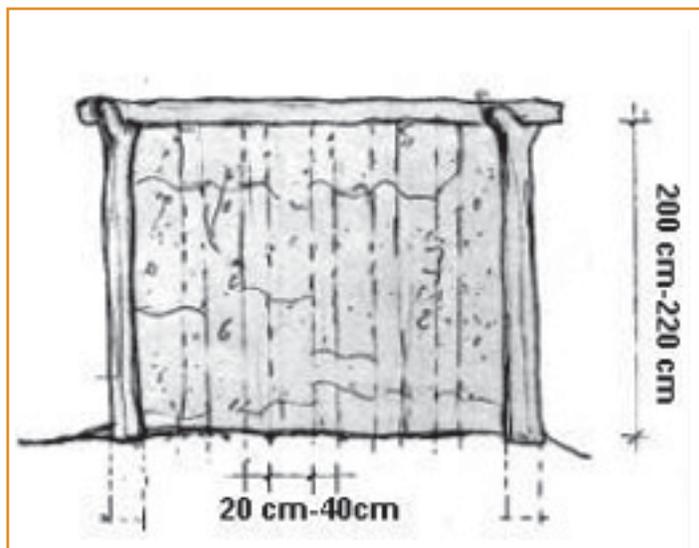
La elevación del muro se realizaba a nivel del terreno, en épocas más recientes (20-30 años) es usual construir bajo tierra una mampostería de 3 a 4 hiladas de ladrillo cerámico o adobe.

Las condiciones ambientales severas: amplitudes térmicas y fuertes vientos han determinado la construcción de habitaciones prácticamente sólo con puertas, de marco perimetral sobreelevado a nivel de piso a fin de evitar la entrada del agua de lluvia y animales, si presenta ventanas son de dimensiones reducidas, de no más 0,25 m² cuadradas o rectangular, las formas triangulares (vano formado unión de dos adobes inclinados) son utilizadas en

5.A.3. ESTRUCTURA DE HORCONES + ENTRAMADO + CERRAMIENTO DE FIBRA Y BARRO.

Las construcciones con esta técnica se resuelven a partir de una estructura portante de horcones, sobre los que apoyan las soleras del techo. El cerramiento vertical está constituido por parantes y/o horcones y relleno de barro, paja y cascote.

fig. 11
Esquema del Palo a Pique



Conocido como a palo a pique es característico de prácticamente todo el territorio de Santiago de Estero, aunque en la actualidad su técnica de ejecución está siendo reemplazada en algunas zonas por la de horcones y cerramiento de adobes o ladrillo cerámico.

Básicamente está conformado por:

Estructura: de horcones de 20 cm. a 30 cm. de diámetro de quebracho colorado (*Schinopsis lorentzii*) colocados en las esquinas del local o cada longitudes no mayor de 3.00 m.

Parantes u horcones dispuestos cada 15 cm o 20 cm. Los espacios se rellenan con barro, piedras o cascotes hasta formar el espesor de la pared, que dependerá del

diámetro del horcón. Otra forma de relleno es mezclar el barro con rama de jarilla armando como bola que se coloca en los espacios.

En ambos casos, la tierra que se utiliza de relleno y terminación es de consistencia plástica, lo que define una tierra con contenido de arcilla. La fibra que se incorpora reduce el agrietamiento por retracción, la cantidad depende del mayor o menor contenido de arcilla.

5.III.B CERRAMIENTOS HORIZONTALES

La adopción del sistema mixto de construcción en la resolución de techos -entramado de madera y tierra- está ampliamente difundido en toda la región del NOA. Los techos planos con estructura de varas o rollizos de árboles autóctonos (álamo, aliso pino y sauce) y cielorraso y cubierta de barro -torta o entortado- son característicos de las áreas de clima cálido seco; en zonas de clima cálido húmedo la cubierta es generalmente de paja o de tierra y paja. Desde el punto de vista formal, los techos son predominantemente planos, en una agua o dos agua y de escasa pendiente en las regiones áridas y de dos aguas con pendientes pronunciadas en las regiones húmedas.

El techo está constituido en una estructura de entramado, sobre la cual se arma el cielorraso que servirá de apoyo a la cubierta. La estructura principal del techo está constituida por varas (tirantes) que apoyan según la resolución del cerramiento vertical, directamente sobre el muro o indirectamente a través de una viga collar, o en soleras (en los sistemas de entramados) que transmiten la carga a columnas de madera, sean horcones o cañas, o pilares de adobes o ladrillo en el caso de galerías. El ancho de las habitaciones está definido en consecuencia, por la longitud de las varas que se obtengan según la especie vegetal disponible en la región. Cuando el techo es a dos aguas, el ancho se puede incrementar con apoyos intermedios y una viga cumbrera.

5.B.1 SISTEMA DE ENTRAMADO Y TORTA DE BARRO

En la vivienda tradicional, este sistema constituye una tipología propia de las regiones áridas de los Valles Calchaquíes en la provincia de Tucumán, Salta, Catamarca, y en la Quebrada de Humahuaca en Jujuy. En la sub



fig. 12

Vivienda en El Ñorco, Valle de Trancas



fig. 13

Vivienda en El Bañado, Valle Calchaquí



fig. 14
de cañizo



fig. 15
de jarilla

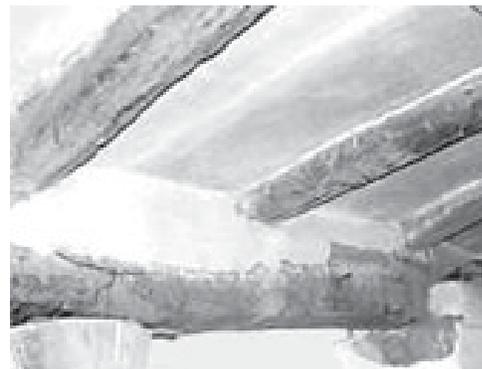


fig. 16
jarilla con mortero de barro y cal

región de la Puna, es más utilizada la cubierta de paja. La pendiente del techo -entre 10° y 30°- varía de acuerdo a la frecuencia de lluvia que se registran en cada región, se desarrollan en una o dos aguas.

La resolución constructiva responde a las siguientes características:

Estructura: en tramado constituido por varas de madera de la región, aliso (*Agnus jorullensis*), álamo (*Populus nigra*), pino (*Podocarpus parlatorei*) o sauce (*Salix humboldtieana*) que apoyan en una viga solera o directamente en los muros de adobes. Tradicionalmente, para las uniones entre soleras y varas a igual que lo indicado en los cerramientos verticales, se utilizaba tiento o guasca, hoy el alambre es lo más usual.

Cielorraso:

- ▣ de cañizo, conformado por cañas huecas de 2 cm. a 3 cm. de diámetro que se colocan una al lado de la otra. Se lo puede dejar a la vista o revestirlo, resolución en la cual el armado se realiza dejando delgados intersticios entre las cañas a fin de permitir que se cuele el barro de la torta y facilite la adherencia del mortero de barro o barro y cal que se aplicará más tarde desde abajo. Para lograr una mejor adherencia del barro se coloca un metal desplegado o tela de gallinero.
- ▣ de madera, conformado por un entablado de tablas de cardón. Fue muy utilizada tradicionalmente, en la actualidad es una especie protegida.
- ▣ de ramas de jarillas, que puede quedar a la vista o aplicarse un mortero de barro o de tierra-cal, o de suelo-cemento



fig. 17
Torta de barro

Cubierta: es la torta de barro. En su preparación, a la tierra según la micro región se le incorpora guano o paja cortada (más corta que la utilizada para los adobes) o grava. En viviendas de cierta antigüedad, en la torta se han encontrado restos de lana o crin. El

PRIMERA parte

espesor de 7 cm. u 8 cm. cuando recién se la construye, aumenta con las reparaciones a 15 cm. o hasta 20 cm., provocando un sobre peso que generalmente incide en las soleras.

Como terminación superficial en las construcciones tradicionales se “cura” con leche o jugo de penca o lechada de cal y grasa para hacerla impermeable, se alisa su superficie y se redondean sus contornos para facilitar el deslizamiento del agua. Como alternativa y mejora tecnológica se utilizan materiales industrializados como por ejemplo cemento o cal en la preparación de la última capa, que permiten su mayor durabilidad y tiempo de vida útil. Asimismo se suele interponer un film plástico entre dos capas de torta de barro para evitar las posibles filtraciones al interior en el caso de desgaste de la capa expuesta.



fig. 18

Detalle encuentro en esquina

5.B.2. SISTEMA DE ENTRAMADO DE MADERA Y TIERRA

En la provincia de Santiago del Estero, en la llanura del sudeste, el techo es de tierra, no una torta de barro. La frecuencia de lluvia es mucho menor que en las micro regiones de los valles de Tucumán, de 100 mm. a 200 mm. La pendiente del techo es prácticamente nula.

El techo esta constituido por:

Estructura: Soleras que apoyan en los horcones y entramado de varas cada 20 cm. a 40 cm. como máximo, de madera de quebracho blanco (*Aspidosperma quebracho-blanco*) o algarrobo negro (*Prosopis nigra*)

Cielorraso o “fajina”³ está constituido por un lecho de plantas arbustivas sobre el que se coloca la cubierta. Se utiliza en una primera camada ramas de simbol (*Gimnotriz rígida*) o de suncho (*Bacenaris tucumanensis*), el uso de uno u otro depende de su disponibilidad en la zona, el suncho se lo encuentra en las cercanías de ríos. La segunda camada de fibras puede ser de jarilla (*Larrea divaricata*) o de pichanilla o afata. El espesor del cielorraso es de aproximadamente 40 cm. Es importante que lleve ramas y hoja para que sea bien tupido y no deje pasar la tierra.



fig. 19

Techo de tierra, se ha lavado dejando expuesto el plástico y la fajina

³ Denominación popular que refiere a la camada de fibras vegetales que se utiliza como cielorraso)



fig. 20

Vivienda en la llanura de Tucumán

5.B.3. SISTEMA DE ENTRAMADO Y CUBIERTA DE PAJA

En el Valle de Tafí, el Valle de Trancas y en la Llanura deprimida de la provincia de Tucumán, las construcciones vernáculas se caracterizan por un techo de fuerte pendiente y cubierta de paja.

El olvido y la pérdida del saber construir de esta técnica por parte de las nuevas generaciones, están provocando junto a cambios económicos y sociales el reemplazo de la cubierta de paja por la chapa, sobre todo en el Valle de Tafí.

En áreas rurales de la llanura, esta técnica se continúa utilizando para locales habitables y de servicio: cocina y depósito, para galería, como asimismo en espacios de uso comunitario al aire libre.

La resolución constructiva responde a:

Estructura: de varas o cañas apoyadas sobre un muro de adobe o en soleras que apoyan en horcones.

Cubierta: dependiendo de la paja o material vegetal que se utilice puede resolverse en una o en dos camadas, ambas soluciones con espesores que varían de 15 cm. a 20 cm.

- ▣ Cuando es en dos camadas se utiliza la paja blanca o colorada o afata o pasto ruso. Se coloca una capa de paja sobre un entramado de cañas que están separadas cada 15 cm. a 20 cm. En la segunda capa, la paja en haces, son fijados a una segunda línea de cañas a la manera de tejas, es la que se repone.
- ▣ Cuando se hace una sola camada de material vegetal, se utiliza la totora chata. El haz se ata y envuelve a la caña que va unida a la vara cada 10 cm. a 12 cm.

Cubierta: de tierra, se utiliza la del manto superficial, se extrae con palas y se la coloca directamente –en seco- sobre el cielorraso, compactándola. El espesor es de 20 cm. a 30 cm. Se coloca un plástico antes de la última capa de tierra, y si ésta por desgaste no se rehace, el film queda expuesto y apretado con ladrillo o piedras, cumpliendo la función de cubierta

Como terminación y mantenimiento, para evitar y reducir el lavado de la tierra, se coloca una cenefa de tablas o varas perimetralmente o en el sentido de la pendiente.

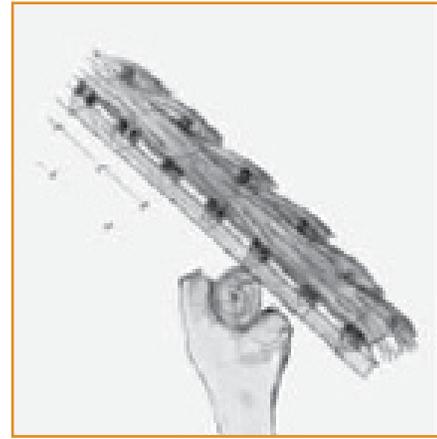


fig. 21

Techo de paja, 2 camadas

fig. 22

Techo de paja, 1 camada

REFLEXIÓN

Es válido en pocas palabras hacer una reflexión de la importancia del rescate del conocimiento cultural y social de esta tecnología como así también del reconocimiento de que ésta existe y persiste en sitios reales y concretos. La vivienda rural y popular, en cualquier parte del mundo no deja de despertarnos admiración y respeto por la destreza y capacidad de adaptación, de aprovechamiento de los recursos y medios existentes -muchas veces mínimos- para dar respuesta no solo a un hecho constructivo de dar protección y cobijo sino también de resguardo de la forma y modo de vida de su usuario.

Debemos movilizarnos a asumir el compromiso y decisión de rescatar en nuestro quehacer profesional la integración de otras tecnologías constructivas además de las consideradas competitivas y de avanzadas. Debemos desarrollar y posibilitar avances técnicos en el estudio científico de esta casi desconocida y marginal "tecnología tradicional de tierra", dentro de los ámbitos en que estamos

insertos. Conocer e investigar forma parte de la acción necesaria para dar las respuestas a las problemáticas que requiere estas técnicas.

La vivienda construida con tierra, cualquier sea el sistema y la técnica aplicada seguirá siendo utilizada por miles de personas, aún en sitios de riesgos, en sitios donde las normativas lo prohíban, porque además del sentido de propiedad y de arraigo al lugar, la tierra o el material vegetal –en el caso de los sistemas de entramado- es el único material disponible, económico y accesible a sus posibilidades.

GLOSARIO

AFATA: Denominación popular del arbusto que se utiliza como cielorraso en los techos de tierra (Santiago del Estero).

DORMIR el barro: dejarlo inundando de agua durante varias horas.

CAMADA: Término que se utiliza para indicar una capa o lecho de paja (o material vegetal).

CAÑIZO: Cielorraso de cañas huecas.

FAGINA: Denominación popular que refiere a la camada de paja o material vegetal que se utiliza como cielorraso, en los techos de tierra (Santiago del Estero)

GUANO: Estiércol de caballo o burro.

GUASCAS o TIENTO: Cuero sobado.

HORCÓN: Tronco de árbol que termina en horqueta que se utiliza como columna.

JARILLA: Denominación popular del arbusto que se utiliza como cielorraso (ramas y hojas)

PAJA BLANCA O COLORADA: Denominación popular del arbusto que se utiliza como cubierta en los techos de pajas en la llanura tucumana

PICHANILLA: Denominación popular del arbusto que se utiliza como cielorraso en los techos de tierra (Santiago del Estero)

ROLLIZO: Tronco de árbol desbastado.

PARANTE: Madero escuadrado utilizado como columna.

PENCA: Hoja carnosas del cardón que se machaca y se hace hervir hasta obtener un líquido viscoso “baba”, se incorpora en la preparación de revoques y torta de barro para darle impermeabilidad.

SOLERAS: Pieza de madera o caña que cumple la función de viga.

REVOQUE: Tratamiento superficial que se realiza sobre una pared.

VARAS: Rollizo que cumple la función de viga



BIBLIOGRAFIA

ORESTE DI LULLO-LUIS GARAY. La Vivienda popular de Santiago del Estero. Universidad Nacional de Tucumán, Facultad de Filosofía y Letras. Tucumán. 1969

PAUL GROUSSAC. Ensayo Histórico sobre el Tucumán. Ediciones Fundación Banco Comercio del Norte. Colección Historia. Tucumán, 1981

La Argentina. Suma de Geografía. Pauser, Bs As.

MIRTA SOSA. La Arquitectura de Tierra en el Noroeste Argentino. LEME. Tucumán. 2001

6. USO HISTÓRICO Y ACTUAL DE LAS TÉCNICAS MIXTAS DE CONSTRUCCIÓN CON TIERRA EN EL PARAGUAY.

Alternativas para la innovación

Dr. Arq. Silvio Ríos ¹

Arq. Emma Gill Nessi ²

PARAGUAY

¹ *Arquitecto, Doktor-Ingenieur. Profesor, investigador y consultor en proyectos de desarrollo, arquitectura en tierra, bioclimática, diseño estructural y tecnologías alternativas. Miembro Colaborador de PROTERRA. CEDES/hábitat, PARAGUAY*
habitat@highway.com.py / habitat@sce.cnc.una.py

² *Arquitecta. Profesora e investigadora del Hábitat Popular. Cátedra Hábitat Popular; materia «Construcción con Tierra», Fac. de Arquitectura, UNA. Miembro Colaborador de PROTERRA. CEDES/hábitat, PARAGUAY*
habitat@sce.cnc.una.py / emmgill@yahoo.com

Resumen

Este trabajo ha sido estructurado partiendo de la información disponible de la tradición en el uso de esta técnica constructiva, la que entroncamos con el relevamiento de un «rancho» en 1792 por Félix de Azara. El ejemplo que presentamos de la ciudad de Pilar responde, constructivamente hablando, a la descripción del rancho relevado hace 200 años. En segundo término, se presentan ejemplos de cómo esta técnica es utilizada hoy en el área rural del país, en algunos casos resaltando los aspectos técnicos del uso de los entramados y en otros casos el embarrado de cierre y sus particularidades. Finalmente se ponen de resalto actividades recientes donde a través de la investigación generada en el marco de un programa de hábitat rural y salud, se trabajó en el rescate de las formas posibles de utilización estas tecnologías para el mejoramiento de viviendas rurales; los cursos que actualmente tienen lugar en la Facultad de Arquitectura de la Universidad Nacional de Asunción como parte de una Cátedra «Taller de Diseño y Construcción con Tierra» y el apoyo del Programa CYTED aportan nuevas y actuales formas de uso de este material muy tradicional en la cultura paraguaya e importante en la formación de los futuros arquitectos.

6.1 INTRODUCCIÓN

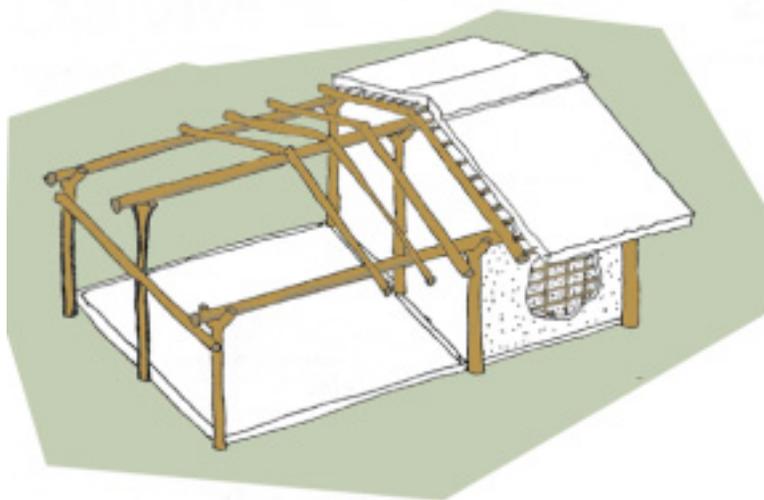
Las «técnicas mixtas» de construcción con tierra en el Paraguay son principalmente el «estaqueo» también conocido por muchos como pared francesa (probablemente como alusión a las técnicas de estucado sobre enlistonado de madera) y que se usa en casi todo el país y la «paja embarrada», donde la paja embebida en barro es utilizada de formas diversas.

Las técnicas mixtas de tipo estaqueo tienen aún hoy una gran importancia en el área rural del Paraguay. Conforme fuentes del Ministerio de Agricultura -datos de 1992- en el total del país el 8% de las paredes están construidas con «estaqueo» y aunque en el área urbana las 4.000 viviendas aún existentes no alcanzan al 1% del parque de viviendas, en el área rural la participación de esta tecnología es del 15%. En algunas ciudades aún se observan viviendas construidas con esa técnica e incluso recordamos ejemplos de estaqueo en calles importantes de Asunción y ciudades de su periferia urbana (Luque y San Lorenzo). El uso de la técnica ha ido desplazándose a través de tiempo, probablemente desde mediados del siglo XIX hacia la periferia de las ciudades y se la encuentra en sitios eminentemente rurales, donde existe aún buena disponibilidad de maderas de recolección, a mínimo costo para realizar la trama que soporta la tierra como material de terminación.

La «paja embarrada» es dispuesta sobre listones de madera, tientos de cuero o alambres soportados por horcones, y conforma así una superficie de terminación con dos planos (interior y exterior) y con un espacio intermedio. La misma es utilizada en el Chaco, aunque no en forma frecuente.



Se han encontrado ejemplos de esta última técnica en la zona cercana a la ruta Transchaco a unos 150 kms. de Asunción, y tenemos referencias de que el cuartel de Isla Poí, a la altura de Puerto Casado y unos 140 kms del río Paraguay, también fue construido con la misma. En el Departamento de Ñembucú, en el sur del país, se han observado cerramientos laterales de paja sobre entramado de madera, paja ésta que luego es recubierta con tierra. Otro uso de la paja embarrada es para los techos, donde es fijada por medio del barro, cuando no es atada con alambres o tientos.



gráf. 1

Estructura de techo montada sobre horcones (pilares) de madera



gráf. 2

Organización básica de la vivienda tradicional del área rural

Es necesario indicar que la construcción tradicional de una vivienda en el Paraguay se basa en erigir al inicio una estructura de madera para soportar el techo (Ver foto 1: ejemplo de estructura inicial, en construcción por indígenas en el Departamento de Amambay). Sobre esta estructura se monta el techo, por lo general de paja, y luego a la «sombra» del mismo se trabajan las terminaciones con los distintos materiales posibles -madera, técnicas mixtas, adobes- cumpliendo estos cerramientos una simple función de envolventes no portantes.

El gráfico 2 presenta la organización básica de una vivienda rural, donde en la cocina se utiliza un concepto de «empalizada », con maderos dispuestos en vertical, dejando espacios intermedios para la ventilación y salida de humos y evitando la entrada de animales domésticos. En el caso de la vivienda, normalmente si es de estaqueo, cuenta con la capa de revoque sobre una base de maderos dispuestos como un «entablonado» al cual se fija un enlistonado horizontal. La madera no facilita la adherencia de los morteros de tierra sola o estabilizada, por lo que el enlistonado dispuesto en horizontal cumple esta función. Para mejorar la adherencia, o impermeabilidad del muro o reducir la fisuración es usual que se agreguen a la mezcla una diversidad de elementos naturales, como ser la bosta de vaca (que contiene fibras y en principio debiera reducir la fisuración), el jugo de tuna aplicado en forma de pintura que mejora la resistencia del muro ante la acción del agua y varios residuos de mataderos o de la producción del queso, como ser la sangre, el suero, que conforme Gernot Minke (Bibl. 1) son elementos de contenido proteico que ayudan a la fijación, dado que con el paso del tiempo «coagulan».



foto 1

Ejemplo de la técnica constructiva de un techo en su fase inicial, donde se observan los horcones (pilares) y la viga cumbreira. Corresponde a indígenas Pai Tavyterá en el Departamento de Amambay.

foto 2

Vivienda de indígenas Ava Guaraní en Kanindeyú, donde se observa los muros tipo «empalizada», sin revoques. Este tipo de superficie puede ser transformada a estaqueo con el agregado de listones en horizontal para la fijación del barro.



foto 3

Vivienda en el Guairá construida con paredes de estaqueo, donde se observa el deterioro de la zona correspondiente a los zócalos, por el agua de lluvia que salpica, así como el mejor estado de conservación de la zona cercana al pequeño alero.

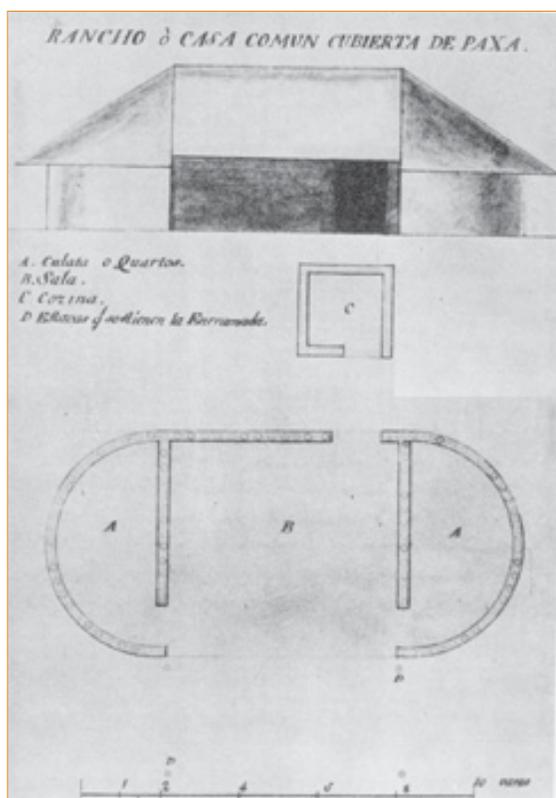
El «embarrado» del estaqueo se realiza normalmente en base a dos capas, una de base, que tiene por fin crear una superficie de tierra, la cual normalmente recibe una segunda de tipo «bolseado» que le da la terminación. La primer capa se realiza con mezcla de consistencia melosa, la cual por el alto contenido de agua, y al secar se fisura. La segunda capa, cuyo espesor es mínimo, sólo cumple la función de cierre y regularización de la superficie.

En comparación con otras posibles técnicas de construcción con tierra, las técnicas mixtas representan una posibilidad de cierre y terminación rápida y que admite distintas fases de terminación, probablemente por ello es tan difundida. (Foto 2, ejemplo Guavira, vivienda indígena con cerramientos verticales de tipo «empalizada»).

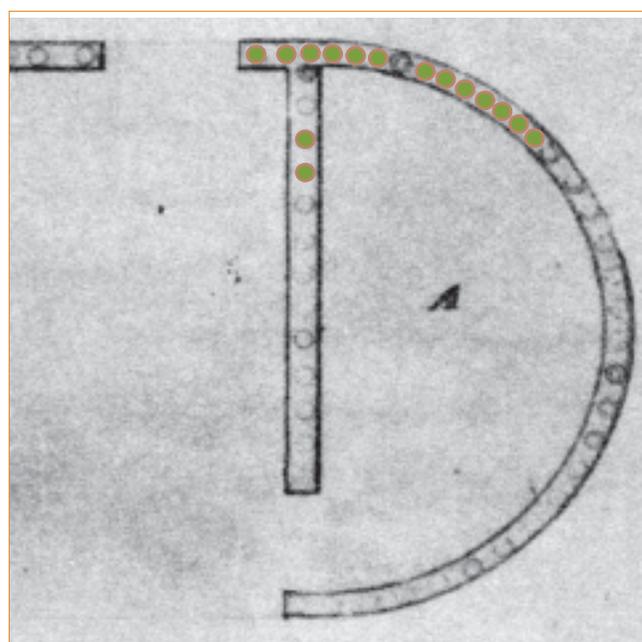
6.2 ANTECEDENTES HISTÓRICOS

Cuando buscamos referencias históricas, nos dirigimos al ya insustituible Félix de Azara, quien en el año 1792 releva una vivienda campesina que el registra como “rancho” y cuyos planos reproduce el libro de “Evolución arquitectónica y urbanística del Paraguay 1537 - 1911” de Ramón Gutiérrez (Bibl. 2), y donde se observa que la imagen es similar al de ejemplos relevados en la actualidad en la región del Guairá, y que de acuerdo a los detalles constructivos que el mismo Azara detalla, se trata de una construcción realizada con muros de «estaqueo».

En el caso del estaqueo aquí relevado, el alma de la pared está constituida por recios troncos, que hemos destacado con color en el Gráfico 4, y que gracias a un ejemplo documentado en Pilar es posible observar como se verían este tipo de paredes en el pasado.



gráf. 3
Vivienda relevada por Félix de Azara



gráf. 4
Detalle del muro en planta de la misma vivienda donde se observa el destaque que realiza el propio Azara de los troncos que conforman el perímetro de la vivienda, algunos de los cuales también marcamos con color.

6.3 VIVIENDA URBANA EN PILAR

En la ciudad de Pilar hemos encontrado un ejemplo similar, constructivamente hablando, al que presenta Azara, dado que hoy no se disponen de troncos de esa magnitud para ser utilizados como cerramientos verticales. De hecho que con semejantes secciones la vivienda era asimilable a una fortaleza, más allá de los detalles constructivos que podían ser adheridos luego en la superficies internas y externas, como detalles de terminación. Marcando el contraste, hoy la vivienda rural construida con estaqueo da más bien una imagen de fragilidad, considerando las secciones de madera a las que se recurre para construir la estructura de soporte y de cierre.

A continuación presentamos en imágenes tres estudios de caso que resultan de singular interés para valorar esta técnica del «estaqueo» y recurrimos para ello a dos ejemplos urbanos ubicados en Pilar y una vivienda rural ubicada en el Departamento del Guairá, que por sus características nos recuerda a aquella relevada por Azara y que es representativa de las formas de uso de la técnica del estaqueo hoy en el área rural.

Esta vivienda urbana ubicada a corta distancia de la plaza principal de la ciudad de Pilar, sufrió daños en la última inundación que afectó a la ciudad. La misma quedó en el agua hasta una altura de aproximadamente 80 cm. Ello explica el estado de deterioro en que se encuentra, deterioro que nos permite observar una serie de detalles constructivos de forma muy clara. Estos detalles resultan muy importantes para comprender la forma en que este tipo de construcción era realizado de manera tradicional. Sólo resaltaremos aquellos aspectos relativos a la técnica tradicional de construcción con el «estaqueo».

Las protecciones consideradas en el diseño de esta vivienda son varias, en este caso se cambia el material donde el muro exterior va a estar expuesto, y por otra parte la galería protege toda la fachada principal contra la intemperie. La fachada lateral que se ubica sobre la línea municipal, en el límite de la vereda, al no tener aleros, es protegida contra la intemperie construyéndola directamente con ladrillos. La foto de la esquina del muro de ladrillos muestra como el muro de esquina se encuentra con la trama del estaqueo. (foto 6)



fotos 4 y 5

Vivienda urbana en el centro de la ciudad de Pilar (Departamento de Ñeembucú) que muestra un buen ejemplo de arquitectura urbana en la etapa colonial y poscolonial, donde la fachada se encuentra tratada con molduras en relación a las aberturas, lo cual muestra el potencial del uso de esta técnica.



El material aquí documentado sobre la ciudad de Pilar lo hemos recogido en una visita promovida y guiada por el Arq. Alberto Ríos Vargas, actualmente Maestrante por la Universidad Nacional de Pilar, quien nos invitó a conocer su ciudad. Así documentamos los dos edificios aquí presentados, así como otros interesantes ejemplos de hábitat rural en el Departamento de Ñeembucú. (N. de los A.)



foto 6

Detalle de muro de ladrillos de la pared medianera, conformando un elemento de esquina y su contacto con la trama del estaqueo



foto 7

Vista de la galería del frente, usual en la arquitectura colonial y del siglo XIX, que en este caso no sólo protege a los caminantes de la intemperie, sino que también al muro exterior de tierra.



foto 8

Imagen de la fachada donde se observan detalles que serán analizados a continuación, en particular, la estructura de soporte del techo y del estaqueo, los detalles de aberturas y su relación con el estaqueo y finalmente las molduras y la forma de preparación de las mismas. En la foto se observan los rollizos troncos utilizados como elementos de relleno y soportes del estaqueo, que han quedado al descubierto por la acción de las aguas durante la inundación de la ciudad.

6.3.2 LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE SOPORTE DE TECHO Y LA TRAMA DEL ESTAQUEO



foto 9

La estructura del techo (tirantes de palma tipo Karanday y el basamento de Tacuapi) esta soportada por vigas de madera, las que posteriormente son cubiertas por el revoque del frente.

foto 10

El detalle permite observar el encuentro de vigas de soporte con un corte a «media madera» y el pilar de madera de sección cuadrada que soporta tales vigas. Los postes que conforman la empalizada terminan contra las vigas de soporte del techo. Estos rollizos troncos como se observa no cumplen función de soporte.



Se observa que el marco de la puerta esta adosado a un pilar de madera. Por lo general la estructura de soporte de techo se relaciona de alguna manera con los marcos de las aberturas



foto 12 y 13

El marco de la ventana se encuentra también soportado por elementos de madera tallados con sección rectangular.



6.3.4 LAS MOLDURAS



Las mismas fotos 12 y 13 muestran como los listones de Takuara dispuestos en horizontal y atados con tientos de cuero solapan la madera de los marcos, permitiendo que los revoques cubran parte de los marcos tanto en el caso de las puertas como en las ventanas.

foto 14

Las molduras que acompañan las aberturas no dejarían reconocer las diferencias con otros tipos de muros, sino fuera por la situación de deterioro del muro.



foto 15

Los tientos de cuero fueron usados para fijar los listones a la empalizada y estructura de soporte. La tacuara está dispuesta con su cara lustrosa hacia el exterior, por lo que son los bordes los encargados de fijar el revoque.



foto 16 y 17

Las molduras han sido construidas en parte con la ayuda de trozos de cerámica incorporados a la base del revoque, o bien fijadas sobre la superficie irregular del revoque

6.4 EL CABILDO DE PILAR

Llama la atención conocer una construcción de dos plantas y en base a una estructura de cierre de tipo estaqueo en el medio urbano, habiéndose construido, a diferencia del ejemplo anteriormente analizado, incluso el muro lateral (medianero) que normalmente por su altura queda más desprotegido, con la misma técnica que el resto del edificio. Esta construcción ordenada por el Dr. Rodríguez de Francia, (conforme Ramón Gutiérrez - bibliog. 2), se realiza en un sitio caracterizado, hasta hace menos de una década, por su inaccesibilidad durante prolongados periodos del año, por lo que el difícil paso de materiales por la zona de esteros que la rodea, tuvo que haber propiciado el uso de esta técnica, recurriendo a materiales ampliamente disponibles en el sitio. También se podría pensar que la técnica del estaqueo es, en el caso de esta ciudad hasta hace algún tiempo sin defensas para las inundaciones periódicas, mas apropiada que las mamposterías de adobe, que como en el ejemplo de una vivienda ubicada frente a la misma plaza, colapsaron durante la última inundación del 92, luego de que los muros quedaron embebidos por el agua.



foto 18

Imagen del Cabildo que actualmente cumple la función de museo con reliquias de la guerra de la «Triple alianza» y elementos de la cultura de la región

gráf. 5

Planta y alzado del Cabildo de Pilar, en base a la forma actual de la construcción, donde se ha ampliado parte del entrepiso y el balcón sobre el frente.

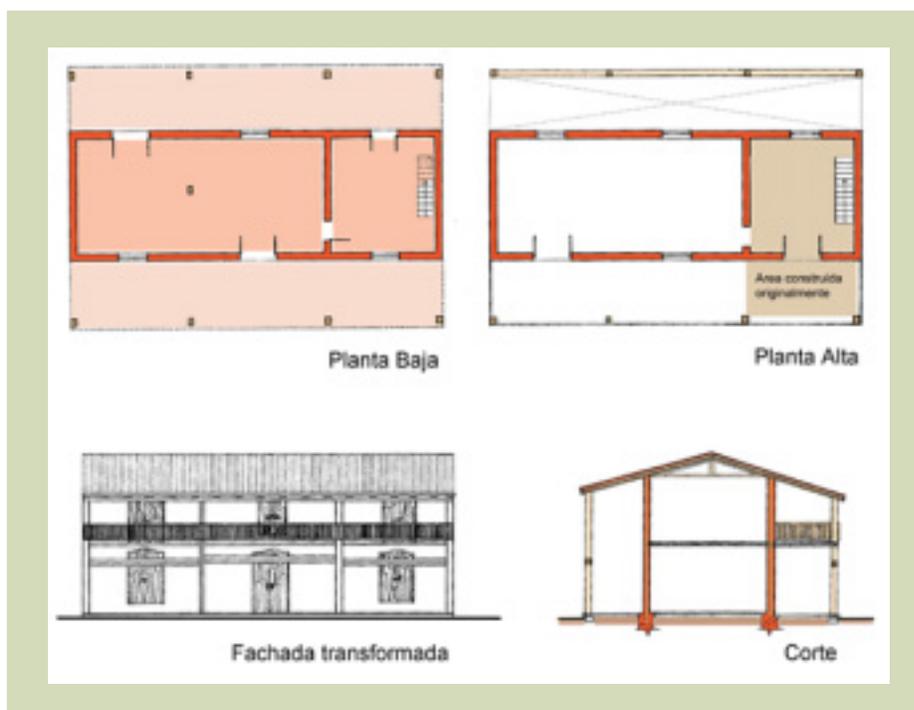




foto 19 y 20

Las fotos muestran dos ángulos de vista del Cabildo desde la plaza del frente. Se observa el balcón que abarca sólo uno de los tres «lances» del frente y con menor número de aberturas en planta alta.

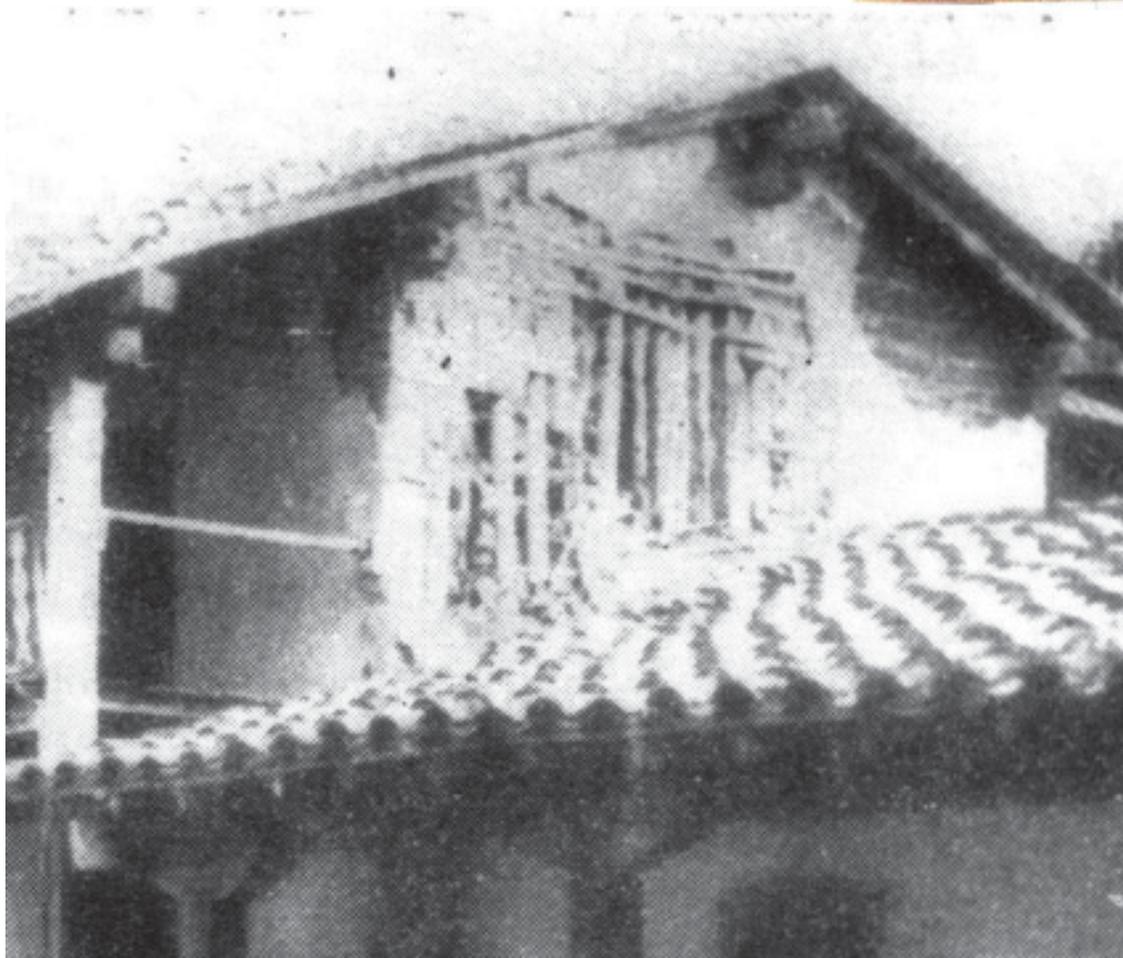
foto 22

El detalle de la segunda planta muestra el deterioro que aparece en la pared medianera de la planta alta.



foto 21

Las dos galerías (Fuente Ramón Gutiérrez- bibl. 2)



Las fotos (19,20,22) del antiguo Cabildo han sido facilitadas por cortesía de Teresita Salcedo Brull, Coordinadora del Museo del Cabildo de Pilar.

6.5 VIVIENDA RURAL EN EL GUAIRÁ

El siguiente ejemplo fue fotografiado en el Guairá. Se puede observar el sistema de maderos verticales que conforman el alma del muro y las secciones de takuara (caña, tacuara, bambú, guadua) que están colocadas en horizontal para permitir la fijación de un revoque (enlucido) en ambas caras del cerramiento. A pesar del parecido formal entre el dibujo de Azara y el ejemplo que presentamos en estas fotografías, la diferencia es notoria en el campo constructivo si observamos que todo el perímetro del ejemplo de Azara estaba formado por troncos de una magnitud uniforme y de gran sección en comparación con lo que hemos relevado en el Guairá, donde se recurre a troncos sólo como pilares (horcones) que soportan las vigas de borde, realizándose el cierre de los entrepaños con una malla de maderas de mucho menor porte, similares a tablas.



foto 23

Observamos bajo el alero un resto de tierra, así como de pintura, lo cual muestra la importancia de las protecciones que brindan los aleros, en este caso corridos a lo largo del perímetro de la construcción.

foto 24

Las fotos muestran dos vistas del muro de cierre de las «culatas» (cuartos) y de qué manera el techo es soportado por una viga que corre sobre un sistema de horcones como los indicados con los círculos



foto 25

Un sector del entramado del estaqueo ha salido de su sitio y se recuesta contra los horcones de soporte

foto 26

Vista de conjunto

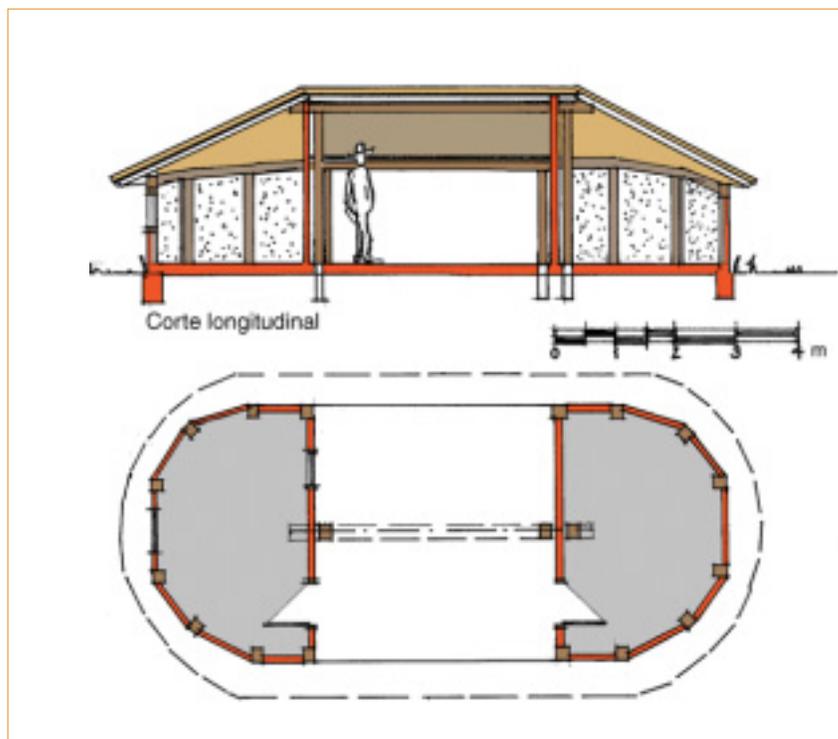




foto 27

Un sector del entramado del estaqueo ha salido de su sitio y se recuesta contra los horcones de soporte

El detalle muestra las formas de sujeción del entramado de soporte del estaqueo a los horcones principales.



6.6 PROPUESTAS ACTUALES EN RELACIÓN AL ESTAQUEO

Proyecto de Mejoramiento de Viviendas Rurales para el Control de la Enfermedad de Chagas

Este Proyecto llevado a cabo por el Centro de Tecnología Apropiada de la Universidad Católica y el Instituto de Ciencias de la Salud de la Universidad Nacional de Asunción, con el financiamiento de IDRC de Canadá, desarrolló como parte de sus actividades, en forma sistemática una labor de investigación sobre las formas tradicionales de construcción (Bibliog. 3,4,5) en el área rural y entre ellas la del tipo «estaqueo».

Las preguntas formuladas fueron acerca de las fortalezas y debilidades de esta técnica. Entre las fortalezas se reconoce las posibilidades de avanzar por etapas, el techo, el cierre de los muros y posteriormente el embarrado. La población valora la técnica como sencilla y rápida y para su construcción, por lo general, se disponen de los materiales necesarios en el sitio. Sin embargo, se ha observado que no se le atribuye la misma vida útil que para la construcción con adobes, la construcción en si es más fácilmente deteriorable por la falta de adherencia entre la base de madera y la capa de tierra que la cubre a modo de revoque, y las grandes superficies de revoque se cuartean a menudo, lo que facilita el desprendimiento de parte de las mismas y la infestación con insectos vectores de enfermedades.

Estas preguntas y las observaciones de campo fueron los insumos principales para la investigación, la cual se dirigió principalmente a los siguientes objetivos:

1. Estudiar posibles formas de mejorar la adherencia entre la superficie de soporte (generalmente de madera) y el revoque de tierra.
2. Posibilidades de reducir el mantenimiento de la capa de tierra por medio del agregado de aditivos naturales (paja, melaza de caña de azúcar, bosta de vaca, jugo de tuna y otros elementos orgánicos) o con el agregado de aglomerantes como el cemento y la cal.
3. Protección contra la humedad del suelo y el agua que salpica por medio de un sobrecimiento que sirve de base al estaqueo.
4. Protecciones de tipo «pinturas» que reducen el impacto de erosión de la lluvia e impermeabilizan la superficie del revoque.
5. El estudio abarcó también una forma de estucado sobre una trama de listones de takuara, técnica utilizada para realizar los cielorrasos y las bases de techos en aquellos casos donde se cambio la cubierta (de paja o tejas).
6. Asimismo se documento la técnica de la paja embarrada para cubierta como parte de la recuperación de técnicas tradicionales.



foto 28 y 29

El insecto vector de la enfermedad de Chagas en el Paraguay es el Triatoma Infestans. Se los conoce como Chichã Guazœ (Chinche grande) y en las fotos se observan ejemplares recogidos en la compañía Costa Irala en 1990.



6.61 Mejorando viviendas construidas con paredes de estaqueo

foto 30

Las intervenciones de mejoramiento de viviendas se basaron en la recuperación de las tecnologías tradicionales, en este caso las de estaqueo.



foto 31- 34

Las intervenciones de mejoramiento de viviendas se basaron en la recuperación de las tecnologías tradicionales, en este caso las de estaqueo.



6.62 MEJORANDO LA ADHERENCIA DE REVOQUES

foto 35

Los clavos colocados sobre una superficie a revocar (en este caso sobre un muro de adobes) en el caso del estaqueo son clavados sobre el alma de madera y actúan como elementos fijadores del revoque, («perchas»)

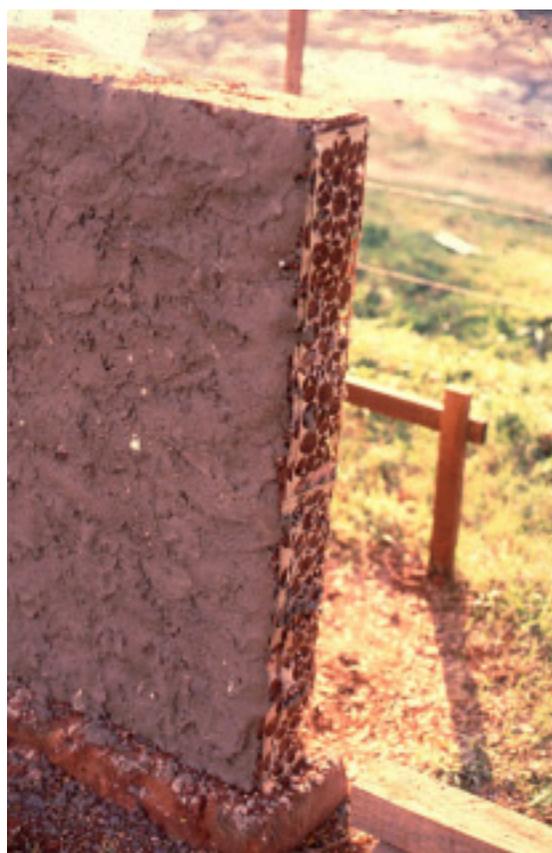


foto 36

La misma función cumplirían otros elementos metálicos de forma irregular que faciliten la adherencia de revoques (tapas metálicas de gaseosas por ejemplo).

foto 37-39

La fijación de revoques también puede ser mejorada con la aplicación de mallas o alambres clavados a la base de madera. En este caso una lámina metálica residual de la producción de tapas de gaseosa facilita la adherencia



6.63 EVALUANDO ADITIVOS FRENTE A LA EROSIÓN POR LLUVIAS



6010

foto 40 - 43

Las fotos muestran la investigación de resistencia comparada a la acción de la lluvia en muestras tratadas con diferentes aditivos u otros agregados como paja y bosta de vaca. Se observa en la foto superior una imagen comparativa de conjunto y en los ejemplos siguientes a la izq. una muestra con paja incorporada, en el medio una mezcla de tierra y cal; a la derecha una muestra de tierra cruda.



foto 44

La simulación de lluvia se realiza sobre cuerpos que presentan una misma superficie expuesta. Se somete a los cuerpos a la acción del agua, se recoge el material erosionado y se compara las diferencias de peso, para establecer las mejores condiciones de resistencia al agua en relación al material incorporado y el dosaje..



foto 45

Una innovación para la tipología usual en el área rural es el agregado de sobrecimientos a modo de zócalo. En construcciones de madera se recurre más a menudo a un zócalo de material cerámico revocado. Los sobrecimientos fueron propuestos aquí por el proyecto.



foto 46

Existen tanto en el área urbana como rural varias formas de mejorar las pinturas a la cal para que las mismas no manchen la ropa, ni sean tan permeables a la lluvia y tampoco se diluyan con el agua.

Para ese fin se puede recurrir al agregado de grasa a la cal en el momento de apagarla, el agregado posterior de zumo de tuna (cactáceas en general) contribuye a mejorar su condición hidrófuga.

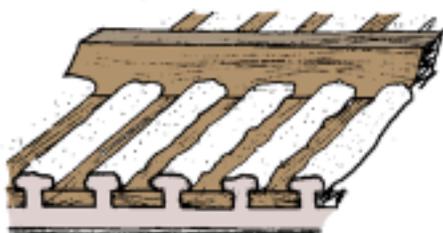




foto 47

Las gráficas muestran variantes de la técnica del entramado o estucado. Una forma similar de construcción fué utilizada para los cielorrasos de las viviendas mejoradas.

Entramado de listones para terminación con yeso



Entramado de cañas para soporte de revoques

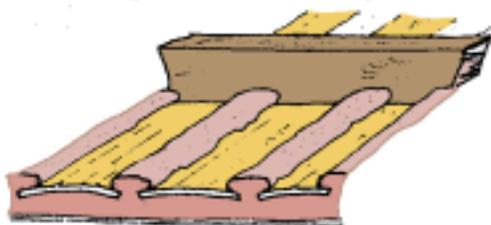


foto 48

La foto muestra el proceso de revoque del cielorraso, tarea que se basa en una azotada inicial con una tarea de terminación posterior.



CONSTRUYENDO UN TECHO DE PAJA EMBARRADA



foto 49-55

Las fotos muestran la secuencia de construcción de un techo de paja embarrada. Se inicia con la preparación del barro y luego los mazos son sumergido parcialmente en él para luego ser arrojados para ser colocados en el techo. Los mazos son colocados y adheridos a continuación.

6.67 DOS TECHOS DE PAJA (embarrada y atada)



foto 56 -57

La foto muestra las dos técnicas constructivas usuales a nivel de los techos de paja, por un lado la paja embarrada y la otra atada con alambre.



técnicas mixtas de construcción con tierra



6.68 VIVIENDAS RURALES MEJORADAS

foto 58 - 60

Se observan ejemplos de viviendas ya mejoradas, donde las intervenciones abarcaron por lo general el mejoramiento de paredes, techos y aberturas, afectando las mismas todos los ambientes habitables y cocina.



técnicas mixtas de construcción con tierra

6.69 VIVIENDA AMPLIADA Y MEJORADA



foto 61 - 62

Estas últimas fotos de las intervenciones



técnicas mixtas de construcción con tierra



foto 63 - 67

La apertura de una Cátedra en forma de Taller teórico-práctico en la Fac. de Arquitectura desde el año 2000 permite disponer de un ámbito de capacitación y experimentación en técnicas alternativas y en la recuperación de tecnologías tradicionales



foto 68- 70

Experiencias resultantes de iniciativas estudiantiles.

6.7 CÁTEDRA DEL HÁBITAT POPULAR EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN

El nuevo Plan de estudios de la Facultad de Arquitectura ha previsto la creación de "materias de salida" estructuradas desde los Institutos que conforman en Área Académica de la misma.

Fuimos invitados en el año 1999 por el Instituto de Construcciones y Estabilidades -ICE- a proponer un plan para la creación de una de las materias de salida, con la denominación de "Hábitat Popular".

Esta se compone de 5 Cátedras que se desarrollan en el primer y segundo semestre de cada año. Las Cátedras tienen énfasis teórico (Hábitat Popular, Tecnologías Alternativas y Autoclimatización) y otro teórico práctico con dos Cursos-Taller de "Diseño y Construcción (Materiales Alternativos de Construcción, Tierra como Material Alternativo).

El primer "Taller de Diseño y Construcción con Tierra" tuvo lugar en el año 2000 y se han venido desarrollando prácticas de construcción de elementos sencillos con las tres técnicas (adobes, tapial y técnicas mixtas) con grupos de 50 a 70 estudiantes a lo largo de estos tres años.

Un importante apoyo para la realización del curso ha sido contar con bibliografía especializada. En ese sentido valoramos las publicaciones de la Red XIV.A HABITERRA a las que se han sumado ya aportes del Proyecto XIV.6 PROTERRA en forma de una exposición con 25 paneles sobre experiencias actuales de construcción con tierra, además de otras publicaciones en formato digital. De hecho, la biblioteca electrónica de HABYTED es la bibliografía recomendada para la materia de salida.

6.8 APORTES DESDE EL ÁMBITO INTERNACIONAL

Gracias al apoyo del Programa CYTED a través del Subprograma XIV HABYTED, estos Cursos se han convertido desde el inicio en un sitio de intercambio con investigadores de toda la región Iberoamericana y se ha tenido oportunidad de realizar Seminarios y en este campo específico "Talleres" prácticos abarcando una amplia gama de técnicas posibles utilizadas en otros países. En ese sentido desde el año 2000 en adelante hemos recibido aportes de Investigadores miembros de la Red XIV.D de Políticas y Alternativas, de la Red XIV.C de Transferencia y Capacitación que apuntaló la iniciativa de forma diversa y permanente, del Proyecto



foto 71 - 75

La secuencia de fotos corresponde al taller de construcción de un panel de «quincha prefabricada» que desarrollara la Ing. Raquel Barrionuevo en el marco de actividades del Proyecto 5 «Contechos» y de la Red C de «Transferencia y Capacitación». Estos talleres forman parte de una serie de actividades promovidas con el apoyo del programa CYTED en Asunción en el año 2003.



XIV.5 Contechos que impulsó el Proyecto 10 x 10 en el Paraguay y el Proyecto XIV.6 Proterra con quienes realizamos un Taller teórico práctico sobre "Selección de tipos de suelo" y "Construcción de un muro esquinero" con la técnica de tapial delgado con guías.

Resaltamos estas dos últimas experiencias realizadas a mediados del año 2003 por su relación con el tema de la tierra, donde la Ing. Raquel Barrionuevo, de Lima -Perú-, asesoró la construcción de un panel de "quincha prefabricada" y partes de cuyo desarrollo puede observarse en las fotos. Por otro lado la Ms.Ing. Celia Neves de Salvador, Bahía -Brasil- desarrolló el tema de la selección de suelos y con el Arq. Eduardo Salmar de Campinas -Brasil- acompañaron el taller de construcción del muro.

El Proyecto XIV.6 Proterra ha comprometido su apoyo a la realización de dos prototipos que serán realizados por la Red del Hábitat, la Facultad de Arquitectura, CAMSAT, CEDES /hábitat y la Municipalidad de Asunción para una Villa Tecnológica que se propone construir el Consejo Nacional de la Vivienda -CONAVI- en la localidad de Yaguarón, y cuyas paredes serán construidas con tierra estabilizada, además de otras tecnologías innovativas.

6.9 CONCLUSIONES

Como se puede observar, las técnicas mixtas de construcción con tierra forman una parte importante de la tradición constructiva en el Paraguay. En la medida que nuevos materiales de construcción fueron asumiendo los roles principales a nivel portante y en la construcción de muros y techos, muchos aspectos de esta tradición basada en materiales extraídos en forma casi directa de la naturaleza, fueron quedando en el olvido y se perdieron muchos recursos que aplicados a este tipo de construcción permitían llegar a estándares de calidad indudablemente adecuados para el medio y la época.

La recuperación de tecnologías y la innovación aplicada a la misma, además de solucionar problemas de materiales y técnicas constructivas actuales, tiene que realizar un esfuerzo especial para cambiar la imagen de precariedad que las construcciones improvisadas y sin diseño y asesoramiento técnico transmiten y que tienen poco que ver con una técnica en particular y mucho que ver con la forma de realización. La necesidad de reposición periódica de un revoque, en un país donde aún hay que crear la cultura del mantenimiento, puede hoy ser minimizada con el agregado de aditivos, aglomerantes y técnicas mejoradas de fijación. La imagen social deseable tiene que ver con el uso de materiales de construcción que la gente considera "eternos", frente a los materiales de recolección, donde la investigación está en condiciones de aportar información sobre formas de tratamiento para prolongar la vida útil.

La pérdida de tradiciones constructivas se suma a la inadecuada utilización de los materiales alternativos, y este hecho abre un desafío a los profesionales para la búsqueda de formas de llegar a la población carenciada con propuestas a su escala de necesidades y posibilidades, apoyándolos a encontrar nuevos valores en los materiales tradicionales.

Las experiencias actuales observables en la región iberoamericana permiten afirmar que las técnicas mixtas representan un potencial a ser mejor explotado, aprovechando al máximo los materiales naturales con diverso grado de tratamiento y transformación y la hoy ya nueva imagen de la tierra como material de construcción (Bibl. 7)

Las investigaciones con estas técnicas en las que participamos ya en la década de los `80 desde el Centro de Tecnología Apropriada de la Universidad Católica, son continuadas hoy desde el ámbito de la Universidad Nacional de Asunción. El camino abierto en su momento por mucha gente comprometida con los materiales alternativos de construcción nos acerca a una maduración de las propuestas, con experiencias ganadas y una sociedad latinoamericana que precisa de este tipo de aporte desde el campo de la ciencia y tecnología. Las nuevas generaciones de arquitectos que van conociendo este potencial, se sumarán a los profesionales que ya trabajan en este campo y suman su conocimiento no sólo a la protección del patrimonio sino también a la formulación de nuevas propuestas.



Bibliografía y aportes

1. Gernot Minke, «Charlas en la facultad de Arquitectura y CTA de la Universidad Católica de Asunción» 1983 y «Bauen mitt Lehm Aktuelle Berichte aus del Praxis und Forschung».
2. Ramón Gutierrez y otros «Evolución urbanística y Arquitectónica del Paraguay. 1537 1911». Ediciones Comunerros. 1983.
3. Nilsa Zacarías. - «Técnica del Estaqueo - Análisis y alternativas de mejoramiento» - Edición CTA/FACYT-UC, Asunción, 1990.
4. S. Ríos, J. Rosner, A. de Arias, L. Simancas, E. Ferro y otros - «Control de la enfermedad de Chagas por la vía del mejoramiento de la vivienda» Tres Volúmenes - Centro de Tecnología Apropriada de la Universidad Católica e Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Salud de la Univ. Nac. de Asunción - Asunción - Paraguay - 1994.
5. J. C. Rojas, E. Alfonso- «La tierra como material de construcción - Vol 2 - Colección Síntesis», Edición CTA/FACYT-UC, Org. de Estados Americanos, Asunción, 1999.
6. HABITERRA, Miembros Delegados, Compiladores H. Pereira, C. Escobar, A. Toro.- «HABITERRA - Catálogo de la Exposición Iberoamericana de Construcciones con Tierra», Edición Red Temática XIV.A, Edición ESCALA, Santa Fé de Bogotá, Colombia, 1995.
7. Wilza Gomes Reis Lopes, Akemi Ino, «Construções com taipa de mão no Brasil - Construção com terra: Pasado ou modernidade?», Artículo publicado por TECBAHIA, pgs.7 a 14, Editora Técnica do CEPED -Centro de Pesquisas e Desenvolvimento,Bahía, Brasil, 2001.



Segunda Par te

Recomendaciones para la elaboración de normas técnicas de edificación con técnicas mixtas de construcción con tierra.

Contenido

SEGUNDA PARTE

*Recomendaciones para la elaboración de **normas técnicas de edificación** con técnicas mixtas de construcción con tierra.*

Alain Hays - Silvia Matuk

1. LAS TÉCNICAS MIXTAS DENTRO DEL SINÓPTICO DE LA GEO-CONSTRUCCION
 2. NOMENCLATURA DE LOS COMPONENTES DE LAS TECNICAS MIXTAS CON OSAMENTAS
 3. ESTRUCTURAS MAESTRAS
 4. ESTRUCTURAS AUXILIARES
 5. LA MADERA
 6. BAMBÚ Y CAÑA
 7. RELLENOS
 8. REVESTIMIENTOS
 9. BAHAREQUE y PAU-A-PIQUE
 10. QUINCHA
 11. TABIQUERÍA
-

Indice general

SEGUNDA PARTE

Recomendaciones para la elaboración de normas técnicas de edificación con técnicas mixtas de construcción con tierra.

Introducción	125
1. LAS TÉCNICAS MIXTAS DENTRO DEL SINÓPTICO DE LA GEO-CONSTRUCCION	127
1.1 LOS GRUPOS TECNOLOGICOS EN EL SINOPTICO DE LA GEO-CONSTRUCCION	130
1.2 ESCRITURA «VECTORIAL» DE LAS TECNICAS MIXTAS DE CONSTRUCCION CON TIERRA	134
1.3 ABREVIACIONES MNEMOTÉCNICAS	136
2. NOMENCLATURA DE LOS COMPONENTES DE LAS TECNICAS MIXTAS CON OSAMENTAS	138
2.1 ESTRUCTURA MAESTRA	138
2.2 VOCABULARIO DE LOS ELEMENTOS PRINCIPALES Y SECUNDARIOS DE LAS «ESTRUCTURAS MAESTRAS»	139
2.3 ESTRUCTURA AUXILIAR	142
2.4 RELLENO	142
2.5 REVESTIMIENTO	142
3. ESTRUCTURAS MAESTRAS	145
3.1 ARMAZONES (abreviado Arm) código [E1]	149
4. ESTRUCTURAS AUXILIARES	168
5. LA MADERA	196
5.1 NOCIONES BÁSICAS	196
5.2 CARACTERÍSTICAS	198
6. BAMBÚ Y CAÑA	207
6.1 EL BAMBÚ	207
6.2 LAS CAÑAS	208
6.3 CARACTERÍSTICAS DE LOS BAMBÚES Y DE LAS CAÑAS	209
6.4 ALGUNAS ESPECIES DE AMÉRICA DEL SUR Y AMÉRICA CENTRAL	211
6.5 PROTECCIÓN DE LA CAÑA Y DEL BAMBÚ	213

7. RELLENOS	217
7.1 LA TIERRA	218
7.2 LAS FIBRAS PARA EL RELLENO	228
7.3 PREPARACIÓN DE LA MEZCLA DEL RELLENO	230
7.4 COLOCACIÓN DEL RELLENO	232
7.5 CARACTERÍSTICAS DEL RELLENO	242
8. REVESTIMIENTOS	245
8.1 REVOQUES	246
8.2 FORROS	254
9. BAHAREQUE y P AU-A-PIQUE	255
9.1 BAHAREQUE (definición)	256
9.2 BAHAREQUE ENREJADO o PAU-A-PIQUE	26
9.3 PAU-A-PIQUE PREFABRICADO	273
10. QUINCHA (definición)	283
10.1 QUINCHA TRADICIONAL LEGÍTIMA	284
10.2 QUINCHA TRADICIONAL DEGENERATIVA (quincha hueca)	286
10.3 QUINCHA TRADICIONAL ATÍPICA (quincha hueca)	287
10.4 QUINCHA PREFABRICADA CON PANELES MODULARES	287
10.5 QUINCHA PREFABRICADA LLENA - SISTEMA ININVI	288
10.6 QUINCHA PREFABRICADA HUECA - SISTEMA PUCP	313
11. TABIQUERÍA	327
11.1 TABIQUERÍA CON ENTRAMADO LIVIANO PLATAFORMA	328
11.2 TABIQUERÍA CON COMPONENTES LIVIANOS PREFABRICADOS	332
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	334
SUMARIO	335

Introducción

Al confiarnos, la Red HABITERRA, la realización de este documento sobre las «Técnicas mixtas de construcción con tierra» con fines normativos para América Latina, nos encontramos frente un dilema:

O nos íbamos a limitar a presentar los valiosos sistemas constructivos que fueron materia de investigación científica, en estas últimas décadas por instituciones latinoamericanas —lo que habría sido mucho más simple, ya que existen varios manuales publicados al respecto— o más bien había que hacer hincapié en un mundo global y complejo que concierne numerosas técnicas que combinan hábilmente lo vegetal con lo mineral, tanto en zonas amazónicas como andinas, en medio rural como peri-urbano, o que fueron empleadas para edificar todo un patrimonio arquitectónico que se aprecia todavía en innumerables centros urbanos latinoamericanos.

La elaboración este manual exigió una investigación específica que permitiera clasificar y codificar los múltiples sistemas constructivos que se pueden reagrupar bajo esta denominación genérica, por las siguientes razones:

- Muchas denominaciones locales, que se usan en América Latina, para las técnicas mixtas geo-constructivas —quincha, bahareque, tabiquería, pau-a-pique, etc.— pueden designar diferentes sistemas constructivos según el lugar, la región o el país; lo que induce a un sin número de confusiones, errores o dificultades para enunciar recomendaciones acertadas con fines normativos a escala continental.
- En un primer momento, se trató de aclarar las diferencias fundamentales que existen, a nivel estructural. Lo que dió nacimiento al «sinóptico de los sistemas constructivos de las estructuras maestras» que se presenta aquí por primera vez.
- Una vez realizada esta clasificación estructural, nos interesamos en diferenciar las múltiples formas que toman las estructuras auxiliares para sostener o mantener un relleno a base de tierra.

SEGUNDA parte

- También nos pareció necesario crear un sistema de codificación —una escritura «vectorial»— que nos permita describir y clasificar en forma explícita y universal cualquier técnica mixta de construcción con tierra sobre osamentas.
- Cada variante tecnológica, tanto tradicional como moderna, ya puede encontrar su lugar en un cuadro ordenado y «abierto» que podrá enriquecerse con nuevos descubrimientos en el terreno de la investigación experimental y aplicada o del patrimonio arquitectónico.

El tema es tan amplio que un sólo documento no podría abarcar todas las tecnologías con sus respectivos detalles constructivos desde la cimentación hasta el techo; por lo que optamos en dar prioridad a las descripciones y recomendaciones que conciernen fundamentalmente la edificación de los muros.

Con este aporte, esperamos contribuir en la revalorización, investigación, aplicación, normalización y enseñanza de los sistemas geo-constructivos que podrían tener una gran perspectiva en América Latina si se les da la importancia que merecen en esta época de cambios y de búsqueda para un desarrollo sostenible realmente capaz de economizar los recursos naturales y de mejorar substancialmente las condiciones de vida de los pueblos. ■

Arq. Alain Hays

Arq. Silvia Matuk

*Alain Hays y Silvia Matuk, arquitectos, fundadores de
CRAterre y de CRAterre América Latina.*

Fundadores do Geodomus International.

international@geodomus.org

1. LAS TÉCNICAS MIXTAS

DENTRO DEL SINÓPTICO DE LA GEO-CONSTRUCCION

La ubicación de las técnicas mixtas de construcción con tierra procesada (*) en el sinóptico de la geo-construcción (**) permite distinguir los diferentes sistemas constructivos que serán tratados en este documento, destacando en especial las tecnologías utilizadas en América Latina tanto a nivel tradicional o experimental como las que se emplean actualmente en proyectos de construcción de viviendas, edificios públicos y otros.

[Fig. 1]

(*) se entiende por «tierra procesada» todo suelo que ha experimentado un proceso de transformación de materia prima en material de construcción, salvo por excavación in situ como es el caso en la arquitectura troglodita.

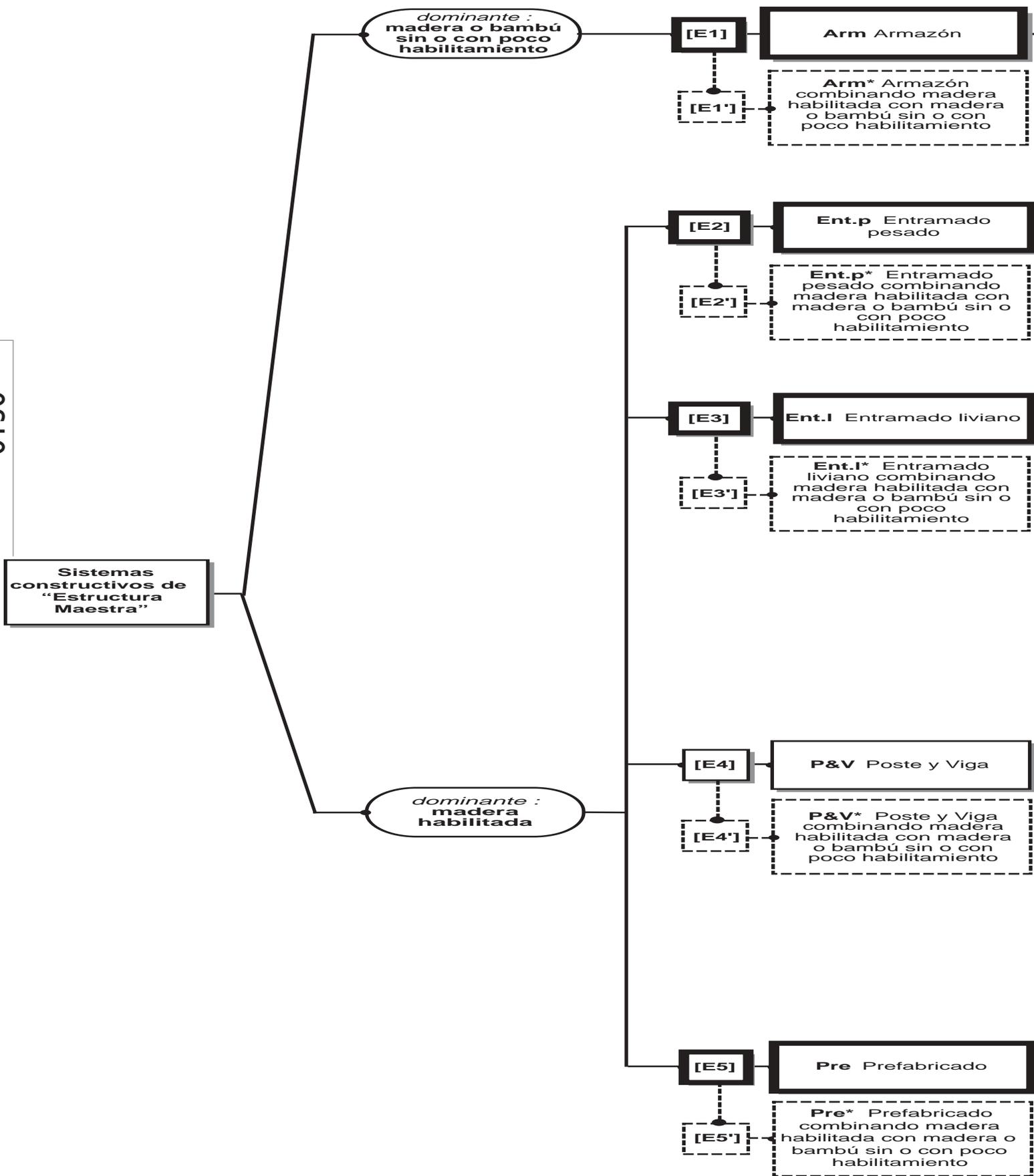
(**) en el «Sinóptico de la geo-construcción - Hays & Matuk», todos los sistemas constructivos tienen un código inscrito entre [] al cual se hará referencia constantemente.

Sinóptico de los sistemas constructivos de "estructura" para técnicas mixtas de construcción

Hays & Mat...

SEGUNDA parte

0130

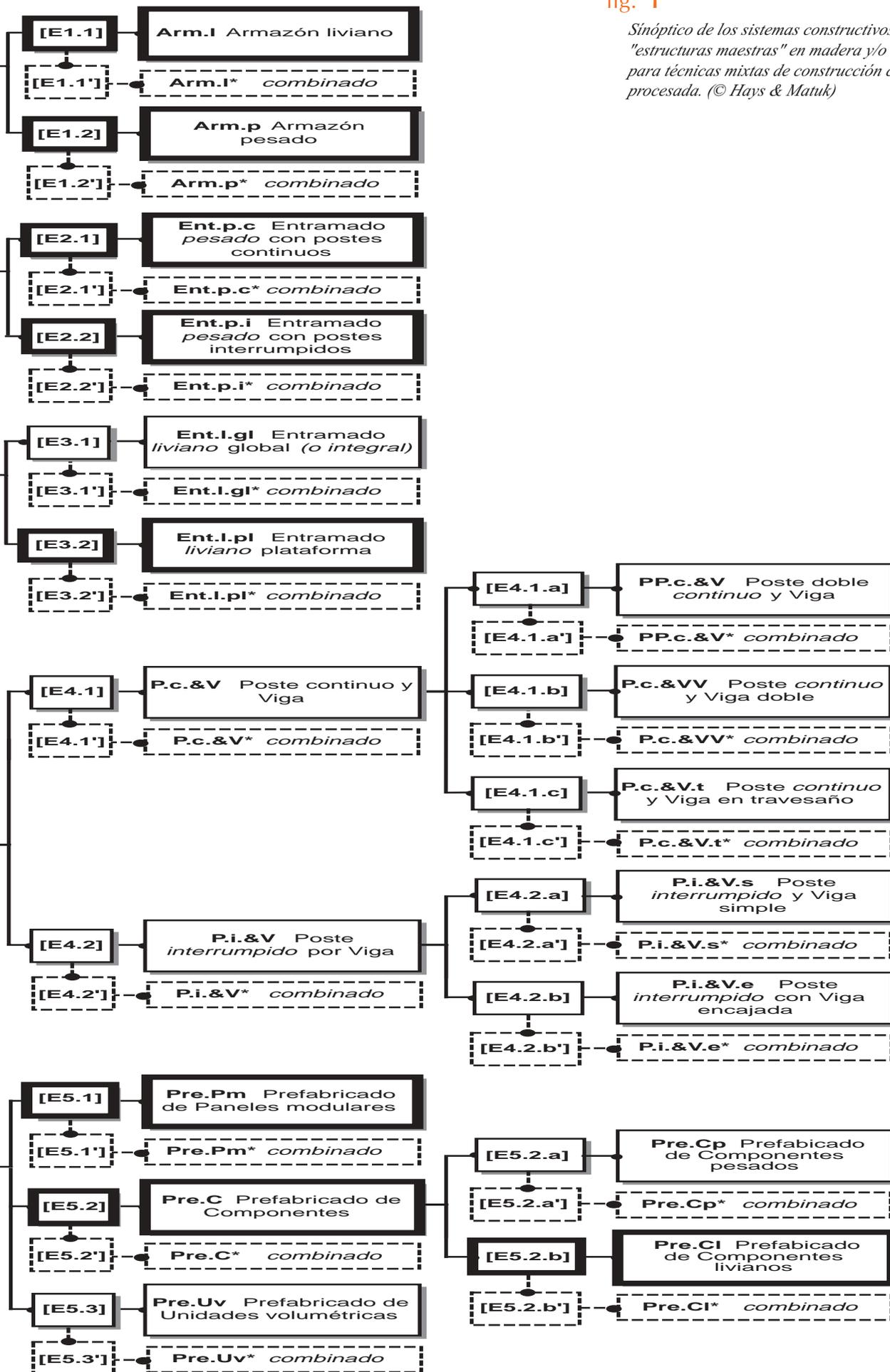


estructuras maestras" en madera y/o bambú cción con tierra procesada

Matuk

fig. 1

Sinóptico de los sistemas constructivos de "estructuras maestras" en madera y/o bambú para técnicas mixtas de construcción con tierra procesada. (© Hays & Matuk)



1.1 LOS GRUPOS TECNOLOGICOS EN EL SINOPTICO DE LA GEO-CONSTRUCCION

En síntesis, se distinguen tres grandes grupos tecnológicos que utilizan la tierra como material de construcción, ya sea para estructuras portantes o como complemento de estructuras realizadas con otros materiales:

- Grupo I. Las técnicas de construcción con tierra no procesada.
- Grupo II. Las técnicas de construcción con tierra procesada.
- Grupo III. Las técnicas mixtas de construcción con tierra procesada.

1.1.1 Técnicas de construcción con tierra no procesada

Este primer grupo abarca las técnicas que están al origen de la arquitectura troglodita excavada «in situ» en diversas configuraciones geológicas y que poco conciernen a América Latina.

Clasificación estructural: [A] Estructuras autoportantes excavadas en la tierra.

1.1.2 Técnicas de construcción con tierra procesada

Este segundo grupo presenta un gran abanico de tecnologías de construcción que utilizan la tierra como material estructural y que tienen un amplio campo de aplicación en América Latina

Clasificación estructural: [B] Estructuras portantes de tierra

Este grupo tecnológico se divide en dos subgrupos:

- [B1] muros monolíticos de tierra
- [B2] muros de albañilería con módulos de tierra

(a estos subgrupos tecnológicos de construcción con tierra se refiere el documento elaborado por Habiterra - CYTED: «Recomendaciones para la elaboración de normas técnicas de edificaciones de Adobe, Tapial, Ladrillos y bloques de suelo-cemento»)

1.1.3 Técnicas mixtas de construcción con tierra procesada

Este tercer grupo comprende varias técnicas constructivas muy difundidas en América Latina. Tiene la particularidad de ser mucho más complejo en su clasificación estructural que los dos grupos anteriores, por lo que es necesario ubicar con precisión las tecnologías que abarca para llegar a recomendaciones acertadas en la elaboración de normas constructivas.

Clasificamos los sistemas estructurales utilizados para las técnicas mixtas de construcción con tierra procesada en tres subgrupos.

1.1.3.a Estructuras portantes diversas y muros de tierra - subgrupo [C]

[C1] Tecnologías de transición . Son tecnologías constructivas que combinan estructuras portantes, realizadas con diversos materiales (madera, concreto etc.), con cerramientos en adobe, tapial, bloque prensado, etc.. Es importante tomar en consideración estas tecnologías de transición pues se utilizaron bastante a través del mundo y se encuentran a menudo en América Latina. Por ejemplo en Chile, se desarrollaron varias tecnologías de transición, combinando estructuras maestras de madera y relleno de los entrepaños con diversos materiales a base de tierra: adobes, adobillos o tierra apisonada.[Fig.2]

fig. 2

Cuajado chileno de adobes sobre entramado de madera (© Hays)



Estas tecnologías de transición en zonas sísmicas fueron objeto de mucha polémica en cuanto a sus bondades y defectos. Según ciertos especialistas, construcciones con madera y adobe o adobillos mostraron muchas deficiencias cuando se produjeron temblores, según otros demostraron una buena resistencia... De todas maneras, no hay que confundir estas tecnologías de transición con las técnicas mixtas con osamentas (subgrupo [E]) que, según el diseño de sus estructuras maestras y auxiliares, pueden ofrecer más garantías en zona sísmica.

Se vislumbra la necesidad de definir claramente los diversos

procedimientos tecnológicos, tarea a la cual pretende contribuir el presente documento. Estas tecnologías de transición [C1], tanto por su diversidad como por sus peculiaridades, deberían ser objeto de otro documento normativo específico.

[C2] Estructuras portantes y relleno de fibras aglutinadas con barro . Son tecnologías especiales con estructuras (generalmente de madera) rellenas de fibras empujadas y compactadas entre sus montantes. Se conocen bajo el nombre alemán de «leichtlehm» o de «tierra aligerada».

SEGUNDA parte

En América Latina, desde los años 85 se está empleando con éxito el uso de la «tierra aligerada» (particularmente en Chile). Por las especificidades que conllevan estos sistemas constructivos [C2] deberían ser objeto de otro documento normativo.

1.1.3.b Estructuras portantes de diversos elementos rellenos o recubiertos con tierra - subgrupo [D]

Se reagrupa en esta categoría una infinidad de variantes que utilizan la tierra como relleno o recubrimiento pudiendo tratarse de elementos rígidos o blandos, huecos o llenos, de componentes o de estructuras completas realizados con cualquier otro tipo de material, desde el apilamiento de bolsas rellenas con tierra estabilizada (ABCP-Brasil) hasta el recubrimiento de estructuras de concreto semi-enterradas. Estas tecnologías tanto por su variedad como por sus características tan distintas unas de las otras deberían ser objeto de otros documentos específicos de normalización.

1.1.3.c Estructuras portantes diversas con osamentas que sostienen un relleno de tierra - subgrupo [E]

Es el grupo tecnológico al cual se refiere principalmente este documento de recomendaciones para la elaboración de normas técnicas de edificaciones con técnicas mixtas de construcción con tierra procesada. En América Latina, las técnicas mixtas como el bahareque o bajareque, la quincha, la tabiquería, el pau-a-pique o taipa de sopapo etc. tienen en común el presentar una estructura maestra de elementos vegetales (generalmente de madera), sobre la cual se conforma una estructura auxiliar (también de origen vegetal: madera y/o bambú), la misma que sirve para contener o soportar un relleno y/o recubrimiento a base de tierra.

Para distinguir claramente las numerosas variantes de las técnicas mixtas de construcción con tierra procesada, a las cuales hace referencia el presente documento, se desarrolló un estudio cuidadoso de los diversos sistemas constructivos.

a) La clasificación que resultó de esta investigación tecnológica permitió delimitar, en el sinóptico de la geo-construcción, cinco «familias» de «técnicas mixtas con osamentas» caracterizadas por un nombre genérico que hace referencia al sistema constructivo de sus respectivas estructuras maestras:

- [E1] Armazones [Arm]
- [E2] Entramados pesados [Ent.p]
- [E3] Entramados livianos [Ent.l]
- [E4] Sistemas «Poste y Viga» [P&V]
- [E5] Prefabricados [Pre]

- b) Se precisó la clasificación de estas familias tecnológicas, diferenciando las peculiaridades de los procedimientos constructivos utilizados dentro de un mismo género. Se tuvo en consecuencia que detallar el sistema constructivo utilizado para la estructura maestra, a partir del estudio de sus materiales, su preparación, su forma y técnicas de puesta en obra.
- c) De otra parte se tuvo que indicar con precisión la naturaleza de las estructuras auxiliares que sostienen el relleno mineral y detallar sus tecnologías constructivas.

Un análisis detallado de las estructuras auxiliares (que aseguran la ligazón entre el relleno y la estructura maestra) puso en evidencia la existencia de siete tipos principales de osamentas que influyen diferentemente sobre el conjunto estructural e inducen diversos modos de colocación de un material mineral sobre una estructura de origen vegetal.

Según las características de las estructuras auxiliares —en particular de la disposición de sus elementos— se puede establecer la clasificación siguiente:

- {Os1} Osamentas Elementales
- {Os2} Osamentas Enrejadas
- {Os3} Osamentas Reticulares
- {Os4} Osamentas Tejidas
- {Os5} Osamentas Esteradas
- {Os6} Osamentas Llenantes
- {Os7} Osamentas Prellenadas

Esta nueva clasificación, que toma en cuenta la estructura maestra, la estructura auxiliar y el relleno, permite distinguir las diferencias fundamentales que se dan entre tecnologías catalogadas a veces bajo el mismo nombre, en distintos lugares o países, a pesar de designar en realidad procedimientos constructivos muy distintos.

Tal es el caso del bahareque y de la quincha para citar solamente dos ejemplos. Bajo estos nombres «populares» no se designan siempre las mismas tecnologías en los diversos países latinoamericanos.

Este documento trata de presentar de la forma más objetiva posible aquellas particularidades fundamentales que se tienen que considerar para situar, estudiar o diseñar una técnica mixta de construcción con tierra procesada.

1.2 ESCRITURA «VECTORIAL» DE LAS TECNICAS MIXTAS DE CONSTRUCCION CON TIERRA

Para poder describir en forma abreviada y con precisión una técnica «mixta» de construcción con tierra, se propone una escritura «vectorial» que permita identificar fácilmente tanto el sistema constructivo de su estructura maestra como de su estructura auxiliar.

Por convención, se escribirán entre paréntesis sus dos componentes estructura maestra y estructura auxiliar separados por una coma, para distinguirlos claramente:

1.2.1 Convención de escritura de las estructuras maestras

Se escribirá entre [] el abreviado mnemotécnico o el código del componente de estructura maestra (seguido o no por el abreviado de su material dominante, separado por un «/»)

1.2.2 Convención de escritura de las estructuras auxiliares

1.2.2.a En forma «elemental» de escritura «vectorial», se inscribirá entre { } el símbolo o el código del componente de la estructura auxiliar

1.2.2.b En forma «simplificada» de escritura «vectorial», se inscribirá entre { } el símbolo o el código del componente de la estructura auxiliar seguido por la abreviación de su material dominante (separado del código por un «/»).

1.2.2.c En forma «detallada» de escritura «vectorial» de una estructura auxiliar, se indicara entre { } y a continuación uno del otro los datos siguientes:

- 1) el símbolo o código del componente de la estructura auxiliar
- 2) la abreviación del calificativo de la osamenta según el grado de vacío entre sus elementos (separado del código anterior por un punto)
- 3) la abreviación de la disposición predominante de los elementos de la estructura auxiliar (separado de la abreviación anterior por un punto)
- 4) la abreviación del material de la osamenta (separado de la abreviación anterior por un «/»)

1.2.2.d Ejemplo de las tres formas de escritura «vectorial» de una técnica mixta de construcción con tierra con osamentas

a) Escritura «vectorial» elemental

Si no se juzga necesario especificar los materiales que componen las técnicas mixtas de construcción con tierra

estructuras maestras y auxiliares, se puede escribir de forma muy resumida el vector de codificación de una técnica «Mixta», utilizando sólo los códigos de estructura maestra y de estructura auxiliar, respectivamente entre [] y entre { }

Así, por ejemplo se podría escribir:

([Ar m.p] , { OS1 }) o

([E1.2] , { OS1 })

y se leería: «Armazón pesado con osamenta elemental».

b) Escritura «vectorial» simplificada

Si se requiere, se puede completar la escritura del vector de codificación, agregando la escritura mnemotécnica del material empleado en la estructura maestra y en la estructura auxiliar respectivamente entre [] y entre { }.

Así, el mismo ejemplo se podría escribir::

([Ar m.p / ma] , { OS1 / bu }) o

([E1.2 / ma] , { OS1 / bu })

y se leería: «Armazón pesado de madera con osamenta elemental de bambú»

c) Escritura «vectorial» detallada

Se puede especificar aún más, incluyendo otros datos. Así el mismo ejemplo se podría escribir

([Ar m.p / ma] , { Os1.ral.H / bu }) o

([E1.2 / ma] , { Os1.ral.H / bu })

se puede descifrar que se trata de una técnica mixta con estructura maestra de tipo Armazón pesado de madera con una osamenta elemental, rala, con elementos a dominante horizontal en bambú; la misma que corresponde a ciertas variantes de bahareque.

1.3 ABREVIACIONES MNEMOTÉCNICAS

1.3.1 Materiales

ma	madera
bu	bambu o caña
jc	junco
ac	acero
md	metal desplegado
mp	metal perforado
mg	malla gallinera
co	concreto
ce	cemento
ca	cal
ch	cal hidraulica
ti	tierra
an	arena
ar	arcilla
ye	yeso
fi	fibras

1.3.2 Estructura maestra

Arm	armazón
Arm*	armazón combinado
Ent.p	entramado pesado
Ent.p*	entramado pesado combinado
Ent.l	entramado liviano
Ent.l*	entramado liviano combinado
pl	con plataforma
gl	de tipo global (Balloon frame)
P&V	sistema «Poste y Viga»
P&V*	sistema «Poste y Viga» combinado
P	poste
V	viga
Pre	prefabricado
Pre*	prefabricado combinado
Pm	paneles modulares
C	componentes
Cp	componentes pesados
Cl	componentes livianos
Uv	unidades volumétricas
l	liviano

p	pesado
s	simple
i	interrumpido
c	continuo
t	en travesaño
e	encajado

1.3.3 Estructura auxiliar

1.3.3.a Calificativos de la osamenta según el grado de vacío entre sus elementos

ral	rala
ral+	muy rala
est	estrecha
est+	muy estrecha
jun	junta
tup	tupida
tup+	tupida y gruesa

1.3.3.b Disposición predominante de los elementos de una estructura auxiliar

H	osamenta de elementos horizontales (sin montura)
Hv	osamenta de elementos horizontales sobre montura vertical
H-H	osamenta doble de elementos horizontales (sin montura)
HvH	osamenta doble horizontal sobre montura vertical
V	osamenta de elementos verticales (sin montura)
Vh	osamenta de elementos verticales sobre montura horizontal
V-V	osamenta doble de elementos verticales (sin montura)
VhV	osamenta doble vertical sobre montura horizontal
hVh	osamenta vertical entre doble montura horizontal
HV	osamenta de elementos horizontales y verticales (sin montura)
HVh	osamenta de elementos horizontales y verticales sobre montura horizontal
HV-HV	osamenta doble de elementos horizontales y verticales (sin montura)
D	osamenta de elementos diagonales (sin montura)
D-D	osamenta doble de elementos diagonales (sin montura)
X	osamenta de elementos omnidireccionales (sin montura)
X-X	osamenta doble de elementos omnidireccionales (sin montura)
Xh	osamenta de elementos omnidireccionales sobre montura horizontal
Z	osamenta de elementos en zigzag (sin montura)

Nota:

La disposición predominante de los elementos de la montura (cuando existe) se indican en minúscula y la disposición predominante de los elementos de la osamenta propiamente dicha se indican en mayúscula

2. NOMENCLATURA DE LOS COMPONENTES DE LAS TECNICAS MIXTAS CON OSAMENTAS

2.1 Estructura maestra

Estructura básica de la construcción, en la cual sus elementos juegan un papel fundamental de equilibrio y resistencia. La estructura maestra esta constituida, generalmente por elementos principales y secundarios.

2.1.1 Elementos principales

Piezas fundamentales de la estructura maestra que confieren a esta última sus características específicas tanto a nivel físico como arquitectónico.

2.1.2 Elementos secundarios

Piezas de la estructura maestra, que unidas a los elementos principales, incrementan y/o modifican las características físicas y/o cambian la apariencia arquitectónica del edificio.

2.2 Vocabulario de los elementos principales y secundarios de las «estructuras maestras»

Dentro de este conjunto de elementos, principales y secundarios, según su función y ubicación, se pueden distinguir:

2.2.1 SOLERA

Pieza o elemento horizontal asentado en un muro o sobre pie-derechos, que sirve para apoyar o amarrar otros elementos horizontales, verticales o inclinados.

2.2.1.a Solera de zócalo o solera baja

Pieza o elemento horizontal que se apoya en la cimentación y que soporta a su vez los diferentes elementos verticales y horizontales tales como pie-derechos y viguetas.

2.2.1.b Solera inferior

Pieza o elemento que se apoya sobre un piso y que soporta los pie-derechos de un entramado. Este elemento se utiliza, en particular, en los Entramados livianos de tipo plataforma (Ent.l.pl). También se llama solera baja (Colombia).

2.2.1.c Solera de planta superior

Pieza o elemento que se apoya en principio sobre la viguetas o vigas y recibe las extremidades inferiores de los elementos verticales del piso siguiente, en particular en los sistemas constructivos de Entramados pesados con postes interrumpidos (Ent.p.i).

2.2.1.d Solera superior

Elemento horizontal que arriestra la parte superior de los pie-derechos de un Entramado liviano (Ent.l) y soporta, a su vez, a los elementos de la estructura del techo.

2.2.1.e Carrera

Se utiliza esta denominación en los Entramados pesados con postes interrumpidos (Ent.p.i) para calificar la pieza que fija las extremidades superiores de los pies derechos y reparte las cargas.

2.2.1.f Durmiente

Pieza de madera colocada horizontalmente sobre la cual se apoyan otras horizontales o verticales. También se llama listón de base (Ecuador).

2.2.2 VIGA

Elemento horizontal o inclinado que trabaja sobre dos o más apoyos, de medidas longitudinales superiores a las transversales, cuyo fin principal es soportar esfuerzos de flexión. Podemos distinguir la:

- a) viga simple formada de una sola pieza,
- b) viga compuesta conformada por dos o más piezas unidas mediante distintos métodos (viga «I», viga cajón, viga laminada etc.).

2.2.2.a Viga principal o maestra

Viga sobre la que se apoyan directa o indirectamente el resto de elementos estructurales. Soporta el conjunto y trasmite las cargas a muros y columnas. Cuando las luces a salvar son importantes permite dividir el espacio entre muros o crujía y soportar las viguetas. Se llama también Jacena (España).

2.2.2.b Viga de amarre

Viga que cumple adicionalmente la función de arriostrar y rigidizar otros elementos estructurales. Se llama también Viga solera o Viga de arriostre en particular en los sistemas constructivos de Entramado liviano plataforma (Ent.l.pl).

2.2.2.c Viguetas o Sobrecarreras

Vigas secundarias cuya función principal es la de soportar las cargas de los techos o de los pisos, y están soportadas a su vez por otros elementos estructurales tales como vigas maestras, muros portantes, etc. Las viguetas soportan el entablado de los pisos y generalmente están colocadas paralelas y uniformemente espaciadas.

2.2.3 VIGA PUENTE

Elemento horizontal de espaciamiento entre dos pies derechos, que sirve a delimitar la parte inferior o superior de una abertura, en particular en los sistemas constructivos de Entramado pesado (Ent.p).

2.2.3.a Peana o Repisa

Viga puente en la parte inferior de una abertura. Se llama también antepecho (Perú, Ecuador).

2.2.3.b Dintel, Cabecero o Umbral

Viga puente en la parte superior de una abertura.

2.2.3.c Contrapunteo o Travesaño

Elemento horizontal de espaciamiento entre dos pies derechos.

2.2.4 PIE DERECHO

Pieza vertical que trabaja principalmente a compresión, desempeña una función de soporte y trasmite las cargas. Se denomina también Montante (Venezuela y Bolivia) o Paral (Colombia).

2.2.4.a Columnas

Pies derechos generalmente de mayor sección que los pies derechos intermedios y que soportan las cargas principales.

2.2.4.b Cornijal

Columna de ángulo en particular en los sistemas de Entramados pesados (Ent.p).

2.2.4.c Poste

Soporte vertical principal —en particular los sistemas constructivos de Entramados livianos (Ent.l)— que se ubica generalmente en las esquinas y cuya sección es mayor que la de

un pie derecho y puede estar conformado de dos o más piezas. Se llama también Columna (Colombia y Bolivia).

2.2.4.e Horcón

Tipo de poste, columna, o pie derecho de madera rolliza sin o poco labrado cuya extremidad superior presenta un corte en «V» (se aprovecha a veces la forma natural de repartición de las ramas del tronco de un árbol) o una muesca abierta hacia al interior o al exterior de la construcción y destinada a soportar las soleras superiores dispuestas en el sentido longitudinal de la obra.

2.2.4.f Horconadura

Conjunto de horcones utilizado para soportar las cargas de una edificación. Sistema constructivo tradicional y típico en la mayoría de variantes de bahareque, y que consiste en utilizar horcones como columnas y pies derechos de un Armazón liviano o pesado (Arm.l o Arm.p).

2.2.4.g Montante

Pie derecho de un bastidor que sirve de refuerzo y de soporte al marco de una puerta o ventana. Listón o columna pequeña que divide el vano de una puerta o ventana, también se denomina en este caso Parante, Paral intermedio o Peinazo.

2.2.5 DIAGONAL DE ARRIOSTRE O RIOSTRA

Pieza, puesta oblicuamente, destinada a arriostrar la construcción y aumentar su resistencia a los esfuerzos horizontales. Elemento para estabilizar un conjunto de cerchas (armadura de cubierta) o pórticos entre sí.

2.2.5.a Diagonal esquinera o Esquinal

Elemento que arriostra los pies derechos o columnas en la parte superior y/o inferior (generalmente se disponen por pares). En particular se utiliza en los sistemas de Entramados pesados (Ent.p).

2.2.5.b Cruz de San Andrés

Diagonales de arriostre entrecruzadas. Se utilizan, en particular, en ciertos sistemas constructivos de Entramados pesados (Ent.p).

2.2.5.c Arriostrado angular

Tipo de arriostrado de poca longitud que se emplea en particular en Entramados livianos (Ent.l) para formar triangulaciones pequeñas uniendo los postes o columnas con las soleras o vigas. Se llama también Arriostramientos (Colombia); Arriostrado inclinado (Ecuador); Pata de gallo (Perú) y Riostre angular (Venezuela).

2.2.5.d Arriostrado diagonal

Tipo de arriostrado en particular en los sistemas constructivos de Entramados livianos (Ent.l) que se fija de piso a techo en forma diagonal y se ubica en las esquinas de la estructura formando triangulaciones mayores. Se llama también Arriostre diagonal (Bolivia, Ecuador, Perú y Venezuela) y Arriostramiento diagonal (Colombia).

2.2.5.e Arriostrado cortafuego

Tipo de arriostrado empleado en particular en los sistemas constructivos de Entramados livianos (Ent.I), se coloca en forma diagonal u horizontal entre pie-derechos, y algunas veces cumple la doble función de arriostrar y evitar la propagación del fuego en dichas zonas. Se llama también Arriostre cortafuego (Ecuador, Perú y Venezuela) y Arriostramiento cortafuego (Colombia).

2.2.6 PÓRTICO

Estructura o parte de ella, constituida por una viga que se apoya o empotra sus extremos sobre dos o más columnas en particular en los sistemas constructivos de Poste y Viga (P&V).

2.2.7 ENTREPAÑOS o CUARTELES

Espacios rellenos comprendidos entre las piezas de la estructura maestra de un muro.

2.3 ESTRUCTURA AUXILIAR

Estructura complementaria que permite la unión entre la estructura maestra y el relleno. La estructura auxiliar se compone, en general, de una montura y de una osamenta. [Fig. 3]

2.3.1 MONTURA

Pieza intermedia entre la estructura maestra y la osamenta. La montura fijada a la estructura maestra sirve de soporte a la osamenta.

2.3.2 OSAMENTA

Conjunto de piezas destinadas a sostener el relleno. La osamenta puede estar fijada a una montura o directamente unida a los Elementos principales o secundarios de la estructura maestra.

2.4 RELLENO

Conjunto de materiales que ocupan los espacios vacíos de la estructura maestra conformando así las paredes. El relleno toma aquí el sentido restrictivo del uso de la tierra mezclada o no con fibras.

2.4.1 Cuajado

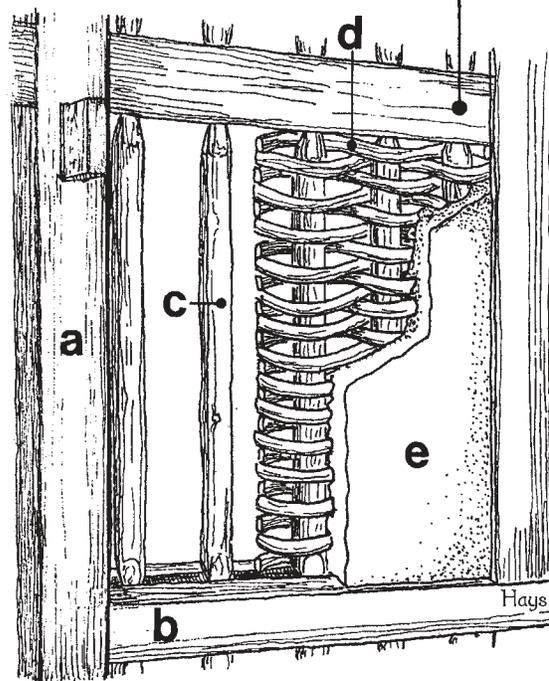
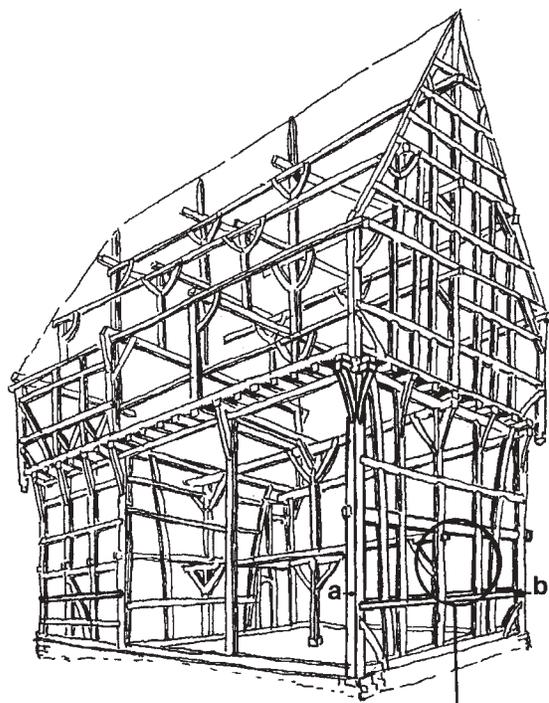
Conjunto de elementos, tales como, adobes, adobillos, ladrillos o piedras que llenan los vacíos de la estructura maestra.

2.5 REVESTIMIENTO

Conjunto de materiales que recubren el relleno y eventualmente la estructura maestra con fines de protección, refuerzo o adorno.

fig. 3

*Estructura maestra:
a. columna - b.
travesaño/Estructura
auxiliar: c. montura -
d. Osamenta /
Relleno: e. (© Hays)*



SEGUNDA parte

2.5.1 Forro

Revestimiento con materiales que mantienen una cierta independencia respecto a la estructura maestra y al relleno, o tienen poca adherencia a este último, y poseen en sí mismos características de resistencia elevada.[Fig. 4]

2.5.2 Revoque

Revestimiento con materiales maleables de gran compatibilidad adhesiva con el relleno y a menudo con la estructura maestra. Se dice también enlucido (Perú).[Fig. 5]

fig. 4

Forro (© Hays)

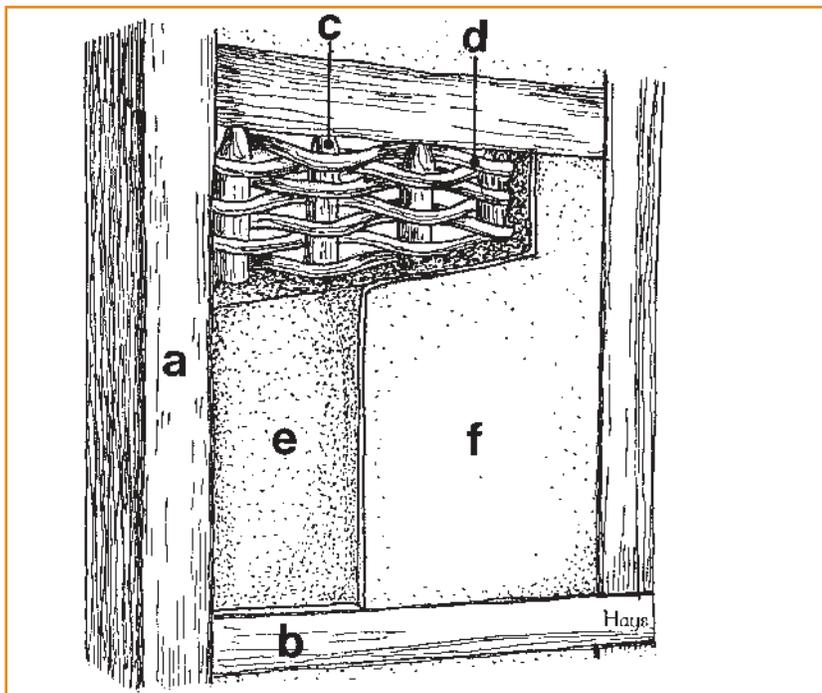
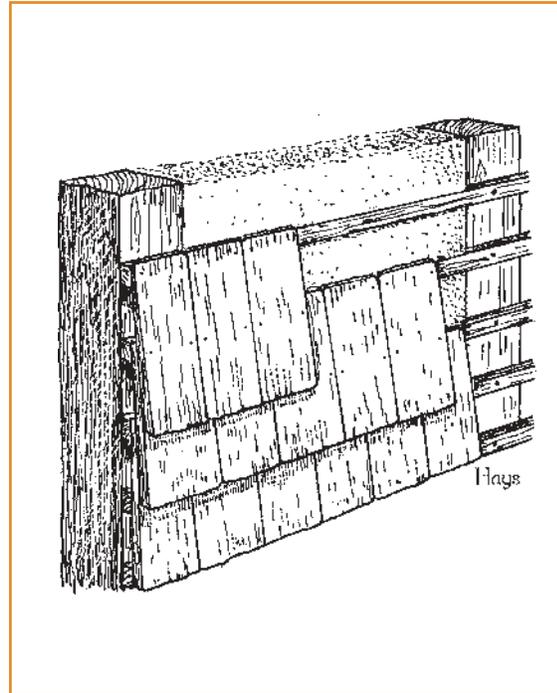


fig. 5

Estructura maestra: a. y b.
Estructura auxiliar: c. y d. /
Relleno: e. /
Revestimiento: f.
(© Hays)

3. ESTRUCTURAS MAESTRAS

Es necesario determinar con precisión los diversos sistemas constructivos de estructuras maestras que se pueden encontrar en las técnicas mixtas de construcción con tierra.

Para tal efecto se realizó una investigación específica referente a los sistemas constructivos de estructuras maestras, utilizados o utilizables.

Fue necesario codificar estos sistemas constructivos para lograr una denominación común explícita. Se trató en lo posible de utilizar el vocabulario recomendado en los libros de construcción con madera publicados por la Junta del Acuerdo de Cartagena (programa PADT-REFORT) — una de las mejores fuentes de datos que podemos utilizar en América Latina sobre el uso de la madera que tuvo el mérito de difundir conocimientos y especificaciones constructivas, tratando, por un lado, de homogeneizar las denominaciones técnicas y, por el otro de realizar un inventario bastante completo de términos locales.

A veces, la terminología utilizada aquí se aparta un poco del vocabulario de la Junta del Acuerdo de Cartagena por necesidad de clarificación «sistémica» de las técnicas mixtas de construcción con tierra y de las especificidades que conllevan.

Los resultados de esta investigación pusieron en evidencia dos conjuntos de sistemas constructivos de estructura maestra reagrupados de la siguiente forma :

- a) Sistemas constructivos en madera o bambú —sin o con poco habilitamiento previa de sus piezas— como material dominante (madera rolliza, cañas de bambú etc.)
- b) Sistemas constructivos en madera habilitada como material dominante que comprenden numerosas técnicas que utilizan principalmente madera maciza habilitada de fuerte sección para la edificación de estructuras maestras pesadas (postes, vigas...) o por el contrario que emplean elementos de poca sección de madera habilitada para estructuras livianas (tablas, pies derechos de pequeña sección, etc.)

El conjunto de estos dos grupos tecnológicos se subdividen en cinco «familias constructivas» determinante que figuran en el Sinóptico de la geo-construcción. Estas cinco familias constructivas se denominan:

- 1) Armazón [E1]
- 2) Entramado pesado [E2]
- 3) Entramado liviano [E3]
- 4) Poste y Viga [E4]
- 5) Prefabricado [E5]

Nota: Sólo las tecnologías que se califican aquí de «Armazones» utilizan como material predominante la madera o el bambú sin o con poco habilitamiento. para sus elementos estructurales. Las tres familias siguientes (Entramados pesados, Entramados livianos y «Poste y Viga») utilizan generalmente madera habilitada así como los Prefabricados aunque estos últimos combinan frecuentemente madera habilitada con madera o bambú sin o con poco habilitamiento.

Sistemas combinados

Cuando un Armazón utiliza a la vez madera rolliza y madera habilitada aunque en menor proporción, o al contrario cuando un sistema constructivo perteneciente a las otras cuatro familias constructivas con madera habilitada utiliza también madera o bambú sin o con poco habilitamiento, se calificará

por convención dicha tecnología de «combinada» .

Sistemas asociados

Cuando para una misma construcción, se emplean en forma simultánea sistemas constructivos pertenecientes a diferentes «familias» o «subfamilias» constructivas, yuxtaponiéndolos o asociándolos (para crear un sistema constructivo específico) se calificará por convención dicha tecnología de «asociada» .

Por ejemplo: sistema asociado de «Poste y Viga» con paneles modulares prefabricados ; código notado: [E4-E5.1]

Sinóptico de sistemas constructivos para las *estructuras maestras*

Se elaboró como síntesis de un investigación específica, un «Sinóptico de los sistemas constructivos de «estructuras maestras» en madera y/o bambú para técnicas mixtas de construcción con tierra procesada».

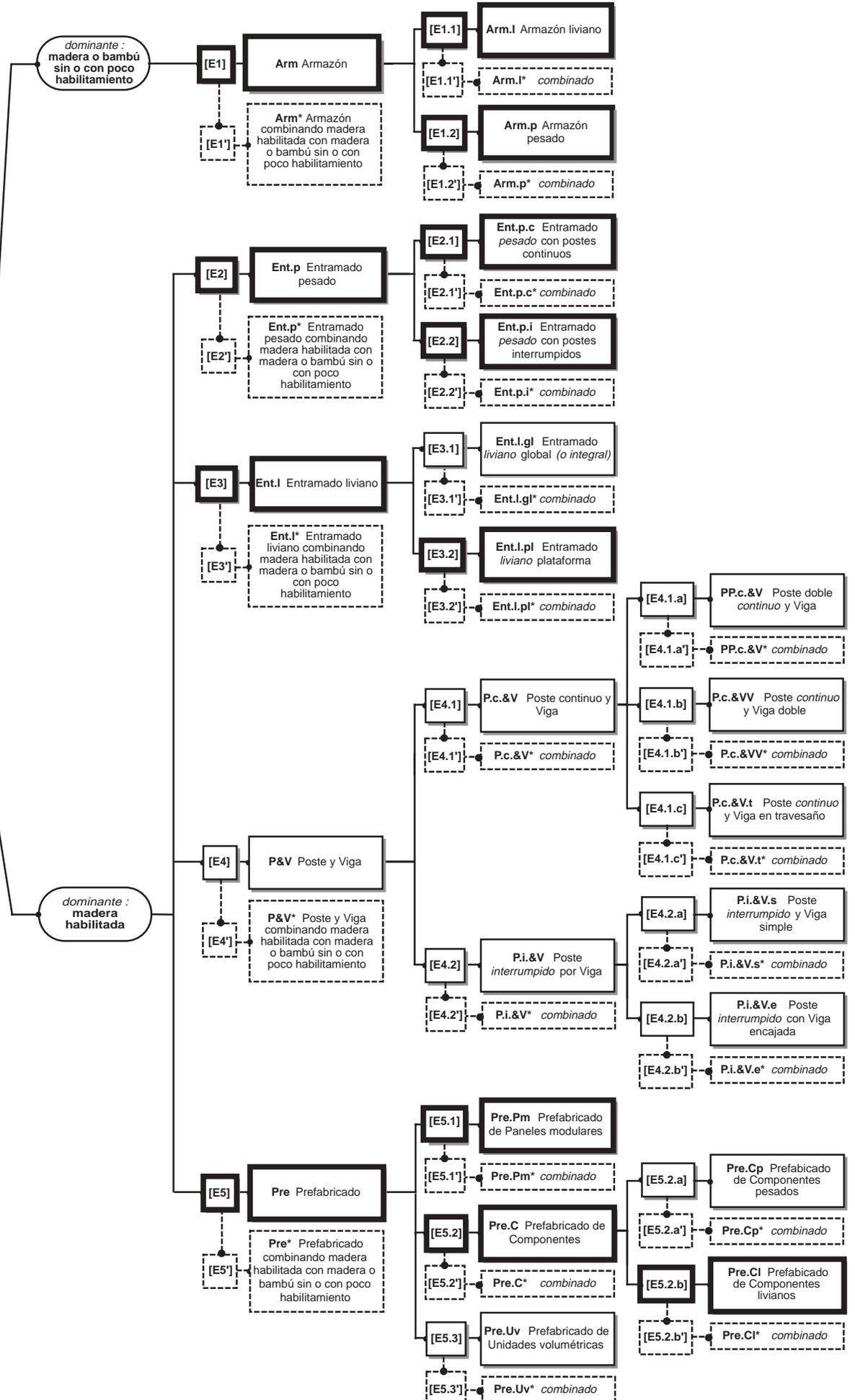
En este sinóptico se indica para cada sistema constructivo un código referencial puesto entre [] y un abreviado mnemotécnico con las iniciales del sistema en cuestión y de algunas de sus distintivos.[Fig. 6]

Sinóptico de los sistemas constructivos de "estructuras maestras" en madera y/o bambú para técnicas mixtas de construcción con tierra procesada
Hays & Matuk

fig. 6

0150

Sistemas constructivos de "Estructura Maestra"



3.1 ARMAZONES (abreviado Arm) código [E1]

Los Armazones son sistemas constructivos con madera o bambú sin o con poco habilitamiento previa de sus elementos. Se restringe a propósito el uso del término Armazón a esta categoría de sistemas constructivos con elementos casi «al natural» aunque se sabe que la palabra «Armazón» suele ser utilizada también para denominar otros sistemas constructivos que se consideran aquí como Entramados pesados. Podemos distinguir en esta categoría los Armazones livianos y los Armazones pesados.

3.1.1 «Armazones livianos» (Arm.l) código [E1.1]

Armazones construidos en base a elementos vegetales rústicos y livianos (en general madera rolliza de pequeña sección y ramas de árboles o arbustos). Se utilizan en varias partes de América Latina, como estructura maestra de ciertas formas de bahareque o de pau-a-pique. Por ejemplo, los sistemas constructivos en base de horcones («horconaduras») que caracterizan muchas formas de bahareque son considerados aquí como Armazones livianos cuando utilizan palos de poca sección.

3.1.2 «Armazones combinados livianos» (Arm*.l) código [E1.1']

Armazones generalmente de madera habilitada de pequeña sección ensamblada con otros elementos sin o con poco habilitamiento en particular tiras de madera o de bambú. Se los encuentra sobretodo en construcciones precarias.

3.1.3 «Armazones pesados» (Arm.p) código [E1.2]

Armazones que presentan parcialmente o en todo su conjunto elementos vegetales rústicos y pesados (en general de madera rolliza labrada y ensamblada rústicamente). Son utilizados en varias formas de bahareque y pau-a-pique latinoamericano. Por ejemplo, los sistemas constructivos a base de «horcones» («horconaduras») que caracterizan muchas formas de bahareque son considerados aquí como Armazones pesados cuando utilizan troncos de mayor sección.

3.1.4 «Armazones combinados pesados» (Arm*.p) código [E1.2']

Armazones que presentan parcialmente o en todo su conjunto elementos vegetales pesados —en general de madera habilitada artesanalmente— ensamblados con otros elementos sin o con poco habilitamiento. Son utilizados en varias formas del bahareque y pau-a-pique latinoamericano. Los Armazones combinados pesados pueden asimilarse a tecnologías

SEGUNDA parte

intermedias entre los Armazones, los Entramados pesados y a ciertas variantes de Sistemas Poste y Viga.

Nota: A diferencia de los Armazones y Armazones combinados, las demás categorías de sistemas constructivos presentadas a continuación tienen como denominador común el de utilizar como material predominante piezas de madera debidamente habilitada para sus estructuras maestras.

3.2 ENTRAMADOS PESADOS (abreviado Ent.p) código [E2]

Los «Entramados» son sistemas constructivos con madera habilitada que presentan una multiplicidad de elementos constitutivos cuidadosamente unidos entre sí por ensambles específicos.

El término «Entramado» se utilizó frecuentemente para calificar sofisticados sistemas tradicionales de construcción con madera pesada que se encuentran en varias partes del mundo.

Nota: Los documentos publicados por la Junta del Acuerdo de Cartagena utilizan el mismo término de «Entramado» para calificar también modernos sistemas constructivos en base a elementos livianos de madera ensamblados por clavado (tablas, pie derechos de poca sección etc.) Tratándose de sistemas constructivos muy distintos bajo el mismo nombre genérico, se distinguen claramente en el Sinóptico de la geo-construcción los «Entramados pesados» de los «Entramados livianos».

Se define aquí como Entramados pesados los sistemas de construcción con madera que utilizan elementos habilitados de fuerte sección y generalmente unidos entre sí mediante ensambles y empalmes que pueden resultar complejos tanto en su ejecución como en su comportamiento estructural (de caja y espiga, de dientes, en cola de milano.... etc.). Para compensar la pérdida de sección debida a las rebajas practicadas al realizar estos ensambles, se sobredimensionan las piezas y a veces se descentran las uniones.

Las luces entre los postes verticales son inferiores a las que podrían ser estructuralmente permitidas, por cuestiones de diseño o por exigencias de la estructura auxiliar (monturas y osamentas) destinada a soportar el relleno a base de tierra.

Los Entramados pesados tuvieron una gran importancia histórica en el desarrollo de las técnicas mixtas de construcción con tierra, tanto en Europa, en Asia como en América Latina. Miles de edificaciones con estos sistemas constructivos se pueden observar aún en nuestros días en particular en medio

urbano. Muchas veces abrigan una población de muy pocos recursos y constituyen un patrimonio arquitectónico que vale la pena restaurar y/o conservar.

3.2.1 Entramados pesados «continuos» [con postes continuos] (Ent.p.c) código [E2.1]

- Se utilizan generalmente para construcciones de dos pisos como máximo.
- Los cornijales son de una sola pieza y van desde el suelo al techo sin interrupción. Las piezas horizontales se ensamblan mediante caja y espiga con ellos.
- Generalmente el entrepiso no es muy alto.
- En algunos casos una diagonal de arriostre y/o de descarga (tornapunta) cruza los dos pisos.
- Los pies derechos principales pueden tener una sección muy fuerte (\emptyset : ± 20 cm) y estar dispuestos a una distancia que varía entre 1,50 m hasta 2,50 m. En este último caso, elementos secundarios, que no aparecen en la fachada por ser de una sección inferior, completan la estructura.
- Según las tradiciones, culturas, y épocas las columnas se apoyan directamente sobre el suelo o al contrario descansan sobre una viga solera baja (durmierte). En la historia de la construcción con madera, el primer caso precede generalmente al segundo.
- Muchas veces, una mezcla de barro y paja llena los entrepaños, fijándose sobre una osamenta axial o descentrada.

En Europa, el Entramado pesado continuo evolucionó con el tiempo y poco a poco, dio paso a estructuras más avanzadas. Se llegó a un proceso constructivo que consistía en fijar primero y por separado las columnas verticales manteniéndolas en posición por medio de puntales temporales o de elementos de arriostre permanentes. Los pies derechos se izaban y se fijaban a las soleras y los elementos intermedios eran fijados pieza por pieza al mismo tiempo.

A pesar de haber sido tal vez uno de los más antiguos sistemas constructivos con madera para construcciones de importancia, el Entramado pesado continuo esta al origen de muchos sistemas constructivos modernos de Poste y Viga que se utilizan actualmente.

3.2.2 Entramados pesados «continuos» combinados [con postes continuos] (Ent.p.c*) código [E2.1']

Son sistemas constructivos intermedios entre los Armazones pesados combinados y los Entramados pesados «continuos» que combinan elementos sin habilitar (casi al natural) con elementos habilitados. Estos

elementos sin habilitar pueden ser, por ejemplo, piezas secundarias de menor sección que quedan escondidas dentro del relleno de las paredes.

3.2.3 Entramados pesados «interrumpidos» [con postes interrumpidos en cada piso] (Ent.p.i) código [E2.2]

- En este sistema la estructura se compone fundamentalmente de piezas verticales de madera de sección similar dispuestas en el plano del muro y unidas en sus extremidades a las soleras. Los cornijales no sobrepasan la altura de un piso y son interrumpidos a cada nivel por las soleras intermedias con las que se ensamblan a media madera.
- Los elementos de la estructura de un piso no están ligados a los de la estructura del piso inferior, los pisos se superponen uno sobre otro de manera independiente.
- Este sistema permite el empleo de maderas cortas y las fachadas pueden tener voladizos (típicos de las ciudades medievales europeas).
- También limita las rebajas profundas que debían practicarse en las vigas para los ensambles de caja y espiga con las columnas en los Entramados pesados «continuos» , lo que debilitaba la estructura maestra.
- Pero este sistema presenta el inconveniente que las vigas continuas se encogen con el tiempo bajo el peso de las cargas, lo que puede provocar problemas estructurales diversos y agrietamiento del relleno, particularmente en los puntos de contacto con la estructura maestra.
- El entrepiso es generalmente bastante alto (debe incluir las alturas respectivas de las carreras, viguetas y soleras del piso superior).
- La distancia entre cada pie derecho es relativamente reducida variando en algunos casos de 1 a 3 según la sección de la madera. En otros casos la distancia es mayor y se pueden distinguir pies derechos principales de una sola pieza y pies derechos intermedios interrumpidos por diagonales de arriostre ; todos estos elementos verticales u oblicuos tienen una sección cuadrada casi idéntica, que determina el espesor del muro, y que generalmente varía entre 10 cm y 15 cm. Las piezas de madera están ensambladas entre ellas a caja y espiga, o a media madera y unidas por tarugos de madera.

La multiplicidad de ensambles obliga a la preparación de cada pieza previo armado. Un trazado al suelo a escala real, permite determinar las dimensiones y realizar los empalmes, luego se efectúa un armado provisional y se perforan los orificios donde irán los tarugos. La estructura desarmada se traslada al lugar de la obra donde se efectuará su armado definitivo en el suelo y luego se la colocará y unirá por sus soleras.

Este sistema de Entramado pesado «interrumpido» puede ser considerado como precursor de las técnicas de prefabricación.

El relleno de barro y paja se coloca en los vacíos de la estructura maestra sobre una osamenta generalmente axial o descentrada dejando los elementos de madera aparentes en la mayoría de los casos.

3.2.4 Entramados pesados «interrumpidos» combinados [con postes interrumpidos en cada piso] (Ent.p.i*) código [E2.2']

Son sistemas constructivos intermedios entre los Armazones pesados combinados y los Entramados pesados «interrumpidos» que combinan elementos sin habilitar (casi al natural) con elementos habilitados. Como en el caso anterior, estos elementos sin habilitar pueden ser por ejemplo los secundarios de menor sección que quedan escondidos dentro del relleno de las paredes.

El Entramado de Bahareque macizo típico de la Provincia del Cañar en Ecuador es un ejemplo característico de Entramado pesado «interrumpido» combinado.

3.3 ENTRAMADOS LIVIANOS (abreviado Ent.l) código [E.3]

Retomando la definición que aparece en los manuales de la Junta del Acuerdo de Cartagena, se pueden describir los Entramados livianos como estructuras maestras constituidas «por elementos de sección transversal pequeña y a su vez muy esbeltos, pero dispuestos a corta distancia entre ellos. Generalmente, tienen el mismo espesor pero varían en el ancho y en la longitud. Con ellos se construyen los distintos componentes tales como muros, pisos, entresijos, techos (...) que conforman volúmenes arriostrados entre sí, resultando en una rigidez del conjunto similar a la de un casco o caja en donde las cargas se transmiten en forma repartida».

3.3.1 Entramado liviano global o integral (Ent.l.gl) código [E.3.1]

Conocido también bajo el nombre de «Entramado americano» o «Balloon-frame». Es un sistema de construcción rápida a la que se debió el gran crecimiento de algunas ciudades, como Chicago y San Francisco.

En este tipo de construcción no hay jerarquía entre elementos principales y secundarios. Los pies derechos (espaciados generalmente de 40 cm hasta 60 cm), en una casa de dos pisos, son continuos desde la solera inferior hasta el techo. Las viguetas del piso se apoyan sobre un rastrel encastrado en la cara interior de los pies derechos.

SEGUNDA parte

El Entramado liviano global permitió la utilización de madera de sección reducida ($e \approx 5$ cm), por las dificultades de diseño, de fabricación y montaje de elementos altos y estrechos, y los problemas de retracción diferencial entre los tabiques puestos sobre las viguetas y los elementos de los muros, hicieron caer cada vez más en desuso esta técnica muy popular en América del Norte.

Sin embargo, se podría utilizar este sistema para las Técnicas mixtas de construcción con tierra teniendo cuidado en el diseño de la osamenta. Esta última tiene un papel importante que cumplir en el arriostramiento de este tipo de estructura maestra. Una osamenta elemental estrecha de listoncillos paralelos dispuestos en diagonal podría satisfacer esta exigencia.

3.3.2 Entramado liviano global o integral combinado (Ent.l.gl*) código [E.3.1']

Sustituir piezas de madera habilitada por piezas de madera sin habilitar o con bambú parece a priori difícil en este sistema constructivo que fue pensado desde su inicio en función del uso racionalizado de la madera habilitada de poca sección. Sin embargo el rubro Entramado liviano global combinado figura aquí para dejar abierta la posibilidad de integrar en esta clasificación procedimientos innovadores que podrían existir ulteriormente.

3.3.3 Entramado liviano plataforma (Ent.l.pl) código [E.3.2]

En este sistema el piso se construye como una plataforma, sobre la cual se erigen los muros. Estos muros pueden recibir la plataforma del piso superior o directamente el techo. La plataforma del piso está compuesta por viguetas paralelas y por entablado o tableros como revestimiento estructural, el cual se clava directamente a las viguetas. El piso descansa sobre una solera de zócalo en caso de cimentación corrida o sobre vigas cuando se trata de una construcción sobre pilotes o pilastras.

Este sistema constructivo se utilizó en Chile, a nivel experimental en programas de vivienda popular empleando técnicas mixtas de construcción con tierra. Se denominó localmente «tabiquería». ([Ent.l/ma],{Os1.est.H/ma}) o ([Ent.l/ma],{Os1.est.D/ma})

3.3.4 Entramado liviano plataforma combinado (Ent.l.pl*) código [E.3.2']

Es un Entramado liviano plataforma en el cual se han substituido ciertas piezas (postes, viguetas o vigas) de madera habilitada por piezas sin o con poco habilitamiento. Se puede hacer la misma observación que para el Entramado liviano global combinado aunque es mas probable encontrar soluciones constructivas adecuadas con este sistema combinado tratándose de vivienda popular.

3.4 SISTEMAS «POSTE Y VIGA» (abreviado P&V) código [E4]

El Poste y Viga es un sistema constructivo «en el que la estructura está formada por vigas y columnas formando pórticos (aunque sin continuidad en los nudos) bastante espaciados entre sí y unidos horizontalmente por viguetas o entablonado».

- Los sistemas Poste y Viga disocian estructura portante y cerramiento a diferencia de los Entramados pesados y livianos y de muchos de los Armazones. Esto permite crear redes de postes apartados los unos de los otros, logrando espacios abiertos amoldables y emplear elementos de cerramiento prefabricados.
- Se puede utilizar este sistema tanto para construcciones de uno o dos pisos como para construcciones más importantes de tres pisos o más.
- Una estructura maestra de tipo Poste y Viga está constituida por piezas principales de fuerte sección con una distancia importante entre los postes, lo que la distingue de los Entramados y de los Armazones.
- En edificaciones mayores, una distancia entre postes puede alcanzar los 8 metros (en la dirección de las vigas principales) y 5 metros entre los pórticos. (a título indicativo, según las características de la madera utilizada, la altura de las vigas puede alcanzar o sobrepasar los 30 cm en caso de una luz que salvar de aproximadamente 5 m).
- En construcciones de menor dimensión, los pórticos pueden estar espaciados de ± 1.50 m en el caso de estar unidos por entablonado, o de ± 3.50 m si van unidos por viguetas más entablado o tablero.
- Los elementos principales son por lo general de madera maciza o muchas veces (utilizando técnicas modernas) en madera laminada.
- A veces, se colocan elementos secundarios (pies derechos, viguetas etc.) para aliviar los elementos principales de las cargas puntualmente localizadas.
- En ciertos casos paneles o elementos de llenado pueden arriostrar la edificación.
- Trama: Son en primer lugar las dimensiones disponibles de las vigas maestras y en segundo lugar las medidas de los elementos de relleno (paneles, etc.) que inducen la trama horizontal óptima que podría utilizarse para el diseño de una construcción con un sistema Poste y Viga. La altura vertical esta limitada solamente por las características de los postes (en particular de su sección).

Aunque no se utilizó mucho tradicionalmente con las técnicas mixtas de construcción con tierra, los Sistemas Poste y Viga se adaptan bien a las

SEGUNDA parte

tecnologías de «Tierra Aligerada» (código [C2] Sinóptico de la geoconstrucción) que consisten en un relleno de fibras aglutinadas con barro y compactadas dentro de un encofrado deslizante sin requerir de osamentas.

También los sistemas Poste y Viga se pueden asociar fácilmente a sistemas de paneles modulares prefabricados con osamentas integradas.

El empleo de osamentas sin prefabricación de paneles (para soportar el relleno de cerramiento,) obliga a colocar, a modo de montura, pies derechos intermedios y entre los postes.

Vale la pena señalar la ventajas y posibilidades que ofrecen los sistemas Poste y Viga:

- Fácil ensamblaje con pocos elementos largos
- Economía de mano de obra
- Flexibilidad de diseño, en particular de distribución de los espacios interiores, ya que los elementos de cerramiento no soportan en principio cargas verticales.
- No requiere por lo general de dinteles para puertas o ventanas (colocadas entre postes) que pueden tener toda la dimensión del vano.
- No requiere de arriostramiento de las viguetas con la colocación de un entablado.
- No requiere de cielo raso. Las vigas y los entablados pueden quedar aparentes interiormente.
- Facilita la realización de aleros aprovechando el rebasamiento de las vigas.
- Se puede construir con el sistema Poste y Viga en cualquier tipo de terreno en particular en aquellos con una fuerte pendiente, anegadizos y/o saturados de agua.
- Se puede colocar rápidamente la techumbre antes de realizar los cerramientos. Esto permite trabajar «al seco» durante épocas de lluvia o en zonas muy lluviosas, lo que representa una gran ventaja cuando se trata de técnicas mixtas de construcción con tierra.

Aspectos que considerar:

- El entablonado está en principio diseñado para resistir cargas uniformes y relativamente bajas. Cuando se presentan cargas concentradas y relativamente altas (muros portantes, almacenamiento de productos, muebles pesados, tinas, etc.) se tiene que reforzarlo por debajo para transmitir las cargas a las vigas.
- Un entablonado de 5 cm puede brindar un aislamiento suficiente en

climas moderados pero en climas severos hay que colocar un aislante adicional.

- Es difícil esconder las instalaciones eléctricas y de agua en los cielos rasos (pues no tienen vacíos internos), lo que obliga a realizar ductos apropiados debidamente diseñados desde un principio.
- Vale la pena dejar aparente la estructura de Postes y Vigas compuesta de elementos macizos. Para tal efecto se tiene que cuidar el nivel de acabado de estos últimos y tomar todas las precauciones del caso desde su habilitado, su manejo y puesta en obra.

Se puede distinguir dos subgrupos del sistema Poste y Viga según que los postes sean interrumpidos o no por las vigas:

- Los Postes continuos y Viga
- Los Postes interrumpidos por Viga

3.4.1 Postes continuos y Viga (P.c.&V) código [E4.1]

Estos sistemas constructivos son particularmente adaptados para construcciones de dos pisos aunque se pueden utilizar también para edificaciones de una sola planta. Los postes pueden ser simples o dobles.

3.4.1.a Poste doble continuo y Viga (PP.c.&V) código [E4.1.a]

Las vigas pasan y se arriman entre los dos montantes paralelos de cada poste que las sujetan. Las dos partes verticales de los postes pueden ser:

- acolados lo que implica efectuar rebajas correspondientes en la cara interna de los montantes y generalmente también en las vigas en los puntos donde pasan estas últimas.
- separados con tacos dispuestos a cierta distancia o con maderos continuos colocados como alma (ambos de la misma espesura que la de las vigas), lo que permite usar vigas corridas sin rebaja.

En el Poste doble continuo y Viga, los postes se sobredimensionan, casi siempre, para lograr una resistencia suficiente en caso de incendio. Se necesita en consecuencia más madera, lo que implica un mayor costo.

El Poste doble continuo y Viga es más apropiado para grandes edificaciones con luces importantes que salvar y que por consecuencia necesitan ya a nivel estructural secciones importantes de madera. Existe casos de postes cuádruplos que permiten el paso de las vigas en las dos direcciones.

3.4.1.b Poste doble continuo y Viga «combinados» (PP.c.&V*) código [E4.1.a']

Para un sistema de Poste doble continuo y Viga «combinados» se puede

utilizar por ejemplo madera rolliza o largos bambúes como vigas continuas cuidándose de realizar uniones adecuadas en los puntos de encuentro con los postes dobles.

Sería seguramente contraproducente imaginar un sistema de postes dobles con madera rolliza, pero queda la posibilidad abierta en el caso de utilización de postes dobles con bambúes de fuerte sección.

3.4.1.c Poste continuo y Viga doble (P.c.&VV) código [E4.1.b]

En este sistema, las vigas principales son dobles y están fijadas de ambos lados de los postes continuos, generalmente mediante anillos especiales y pernos debidamente calculados y cuidadosamente colocados.

- Se estima que el sistema Poste continuo y Viga doble es rentable con una red de postes que distan hasta 5 m entre ellos.
- Según las luces que salvar para los pisos se utilizan vigas o viguetas en el sentido perpendicular a los pórticos conformados por las vigas dobles y los postes.
- Las viguetas (de pisos o de techos) como descansan sobre las vigas, inducen muchas veces a una mayor altura de los pisos, lo que puede representar una ventaja (por ejemplo en climas tropicales con necesidad de pisos altos para mejor ventilación) o una desventaja (de orden económico).
- La continuidad de los postes y vigas (generalmente libres de rebajas) es una ventaja.
- El sobresaliente característico de las vigas dobles, obliga a una protección adecuada de estas partes horizontales (impregnación, revestimiento, etc.) pero tiene la ventaja de permitir fácilmente la realización de aleros profundos, balcones, etc. que dan nacimiento a detalles arquitectónicos interesantes.

3.4.1.d Poste continuo y Viga doble «combinados» (P.c.&VV*).código [E4.1.b']

En este sistema se utiliza la combinación de elementos estructurales de madera habilitada con elementos de madera rolliza o bambú.

Parece juicioso reservar la madera habilitada para las vigas y viguetas que facilitan la ejecución de los pisos y usar de madera sin o con poco habilitamiento para los postes (o pilotines) y la estructura del techo.

La utilización del bambú permitiría economizar la madera habilitada en particular para el envigado, pudiéndose utilizar largas cañas sin tener que

practicar rebajas que podrían debilitarlas.

Se tiene que cuidar la fijación de los diversos elementos entre ellos, mediante atados seguros, pernos adecuados, y/o diversos tipos de conexiones debidamente calculadas.

3.4.1.e Poste continuo y Viga en travesaño (P.c.&V.t) código [E4.1.c]

- Es un sistema particularmente bien adaptado para construcciones de dos pisos.
- Permite crear distintos niveles en cualquier piso, lo que puede ser de interés para los diseños de interiores.
- Las vigas simples son colocadas a voluntad en el eje de los postes a modo de travesaños.
- Estos travesaños son fijados en general mediante platinas metálicas (en «T» o en «L»), estribos o tuercas especiales. Estos modernos conectores tienen la ventaja de esconderse dentro de la madera y de incrementar la resistencia de las uniones al incendio. El inconveniente de estos nudos muy tecnificados es su costo relativamente alto que solamente se justifica en caso de producción y de prefabricación en gran serie.
- Con una buena distribución ortogonal de las vigas principales y secundarias, este sistema evita el uso de viguetas encima de las vigas, reduciendo por consecuencia la altura de los pisos (lo que presenta una ventaja o no según el contexto climatológico y los criterios de uso).
- Tiene el inconveniente de no poder realizar sobresalientes con las vigas lo que implica limitaciones arquitectónicas severas (fachadas planas y simples).

3.4.1.f Poste continuo y Viga en travesaño «combinados» (P.c.&Vt*) código [E4.1.c']

El sistema a Poste continuo y Viga en travesaño ha sido imaginado para un uso muy racionalizado de la madera habilitada pensando inclusive en la prefabricación masiva. Sin embargo queda abierta la posibilidad de combinarlo con elementos de madera rolliza o de bambú.

En este caso los elementos sin o con poco habilitamiento convendrían a priori más para los postes que para el envigado (con la regularidad dimensional de las vigas principales y secundarias de madera habilitada, se facilitaría mucho el nivelado de los pisos).

Si se quiere utilizar un tal sistema de Poste continuo y Viga en travesaño «combinados» se tendrá seguramente que diseñar nuevos tipos de conectores específicos según los materiales utilizados (madera rolliza,

bambú, etc.).

3.4.2 Postes interrumpidos por Viga [en cada piso] (P.i.&V) código [E.4.2]

En los sistemas Postes interrumpidos por Viga, los postes alcanzan solamente la altura de un piso y se superponen en el caso de construcciones de dos o más pisos.

3.4.2.a Poste interrumpido y Viga simple (P.i.&Vs) cód. [E.4.2.a]

- En este sistema las vigas descansan directamente sobre los postes (o sobre una solera superior).
- Se puede utilizar también un sistema de caja y espiga entre poste y viga (como en los antiguos Entramados).
- Se puede practicar unas cajas axiales en las vigas y en la cabeza de los postes encajando en ellas una espiga de unión (de madera contrachapada o de madera maciza) con un clavado lateral adecuado.
- También se puede optar por realizar rebajas laterales paralelas en ambos lados de una viga y rebajas correspondientes (de una misma profundidad) en los dos lados de la extremidad del poste (creando así un especie de espiga). En este caso, se clava debidamente de ambos lados del poste y de la viga (en estas reservaciones que se superponen) dos tablitas de unión.
- Otra solución sería de unir las vigas con los postes por medio de unas varillas con roscas especiales que se introducen en la cabeza de los postes y de apretarlas ayudándose de piezas transversales o de platinas metálicas de diferentes formas.
- El sistema «Poste interrumpido y Viga simple» es particularmente bien adaptado para las construcciones de una sola planta con techo plano.
- En este sistema, la fuerza de apoyo máxima no está limitada por la carga de compresión que puede soportar un poste sino por la presión lateral admisible por la viga, porque las fuerzas que actúan sobre esta última se aplican perpendicularmente a las fibras de la madera al mismo tiempo que se aplican (al contrario) en el sentido de las fibras de los postes.

Por ejemplo, este fenómeno implica tensiones admisibles para las vigas que pueden ser (según las características de la madera) más o menos 4 veces inferiores a las admisibles para los postes. Cuando las vigas no pueden soportar de manera satisfactoria las cargas aplicadas se utilizan zapatas especiales o escuadras metálicas.

3.4.2.b Poste interrumpido y Viga simple «combinados» (P.i.&Vs*)

código [E.4.2.a']

Se puede combinar el sistema Poste interrumpido y Viga simple con maderas rollizas que se podrían utilizar tanto para las vigas como para los postes, o con bambúes que podrían sustituir las vigas de madera habilitada.

Se tiene en todos los casos que diseñar y realizar conexiones adecuadas entre los elementos verticales y horizontales.

3.4.2.c Poste interrumpido con encaje de Viga (P.i.&Ve) código [E.4.2.b]

En construcciones de dos o más pisos, con el sistema Poste interrumpido con encaje de Viga las extremidades superiores e inferiores de los postes respectivamente inferiores y superiores encajan las vigas hasta la mitad de su altura, formando así una cartela que sirve a la vez para transmitir los esfuerzos, para rigidificar las vigas, y para mantener un buen alineamiento vertical de los postes superpuestos.

Las cargas son transmitidas de poste superior a poste inferior (evitando de cargar las vigas). Para mantener una adecuada superposición de los postes y garantizar una buena transmisión de los esfuerzos verticales, se utilizan placas laterales de acero o de madera debidamente empernadas.

En resumen, el sistema Poste interrumpido con encaje de Viga tiene las ventajas de las estructuras simples y dobles.

Ejemplo de secciones que permiten una resistencia adecuada al incendio:

- Postes 20 cm x 20 cm con rebajas angulares de 4 cm x 4 cm
- Postes 20 cm x 12 cm con enganche de 4 cm x 12 cm
- Vigas principales: espesor 12 cm y altura variable de 32 hasta 40 cm
- Viguetas: espesor 12 cm y altura 22 cm o 8 x 12 cm si tienen revestimiento contra incendio.

NOTA.: estas medidas se dan a título de referencia, debiendo efectuarse los cálculos de las secciones y de las uniones en función del diseño y características del proyecto por profesionales calificados, con mayor razón en zonas de riesgo de catástrofes naturales (sismos, ciclones, etc.)

3.4.2.d Poste interrumpido con encaje de Viga «combinados» (P.i.&Ve*) código [E.4.2.b']

Sería un poco difícil utilizar madera sin habilitar o bambú para la estructura maestra de este sistema Poste interrumpido con encaje de Viga, pero queda abierta la posibilidad de utilizar estos materiales sin o con poco habilitamiento para elementos secundarios que podrían contribuir al arriostramiento y sobre

SEGUNDA parte

todo para la estructura auxiliar como montura de las osamentas soporte del relleno. Los detalles constructivos en este caso se deben estudiar con mucho cuidado.

3.5 SISTEMAS DE »PREFABRICADO» (abreviado Pre) código [E5]

Se entiende aquí por sistemas de «Prefabricado» los sistemas que permiten prefabricar en talleres o in situ partes elementales o complejas de una construcción.

No hay que confundirlos con los sistemas de Pre-cortado definido como la preparación de piezas individuales (con corte, rebajas, destajos, perforaciones etc) listas para ser erigidas en lugar (según la propia definición de la Junta del Acuerdo de Cartagena) aunque estas piezas pueden participar de un procedimiento de prefabricación a diversos niveles en particular en los sistemas Poste y Viga. [E4].

Según el tamaño de las partes prefabricadas se distingue tres principales grados de prefabricación:

- a) Prefabricado de Paneles modulares
- b) Prefabricado de Componentes pesados
- c) Prefabricado de Unidades volumétricas

3.5.1 Prefabricado de Paneles modulares (Pre.Pm) código [E.5.1]

Este sistema consiste a prefabricar juegos de paneles modulares generalmente autoportantes y que, armándose entre sí, permiten armar muros con los vanos deseados.

Son los sistemas del tipo Prefabricado de paneles modulares que marcan las investigaciones realizadas en América Latina en cuanto a la reactualización de las técnicas mixtas de construcción con tierra procesada buscando innovaciones constructivas al alcance de poblaciones de pocos recursos (Quincha prefabricada en el Perú ([Pre.Pm/ma],{<f>. jun. V./ bu}) Pau-a-pique prefabricado en el Brasil ([Pre.Pm/ma],{<ll>. est. H./ ma}), etc.)

Se pueden considerar los sistemas Prefabricados de paneles modulares como sistemas intermedios entre el Sistema pre-cortado de piezas y el Sistema de prefabricado de componentes pesados.

Se puede diseñar para los muros exteriores y divisiones internas diversos tipos de paneles como por ejemplo:

- paneles ciegos (de cerramiento)

- paneles con tragaluces
- paneles de ventanas
- paneles de puertas
- paneles específicos, etc.

Los paneles están generalmente previstos para ser fabricados, manipulados y erigidos por dos hombres (o a veces por uno solo) sin la necesidad de grúas y maquinaria pesada.

- Los sistemas Prefabricados de paneles modulares tienen la ventaja de permitir una gran flexibilidad en los diseños arquitectónicos gracias a elementos modulados y de ancho reducido que no sobrepasan por lo general 1,20 m.
- Trama: una modulación sobre la base de $(n \times 0,60 \text{ m}) + (0 \text{ ó } 0,30 \text{ m})$ parece muy bien adaptada, permitiendo un afinamiento de 0,30 cm en las tramas con un juego de paneles respectivamente de 0,60, 0,90, 1,20 m de ancho.
- La altura de los paneles es calculada en función de la altura deseada del piso. Puede ser menor que este último si se aprovecha la altura de un sobrecimiento y eventualmente de una solera baja.
- Existe sistemas constructivos con paneles modulares con altura de dos pisos, pero estos últimos tienen un peso mucho mayor y requieren de maquinaria para su manipulación. No se adaptarían fácilmente a las técnicas mixtas de construcción con tierra y sería preferible en este caso utilizar un sistema Prefabricado de componentes pesados [E5.2] .
- Los paneles de tabiques interiores pueden ser prefabricados de la misma forma que los de los muros exteriores.
- Los elementos de los bastidores de los paneles pueden jugar el papel de montura para una osamenta destinada a soportar el relleno de tierra o directamente servir de osamentas según el diseño del panel.
- Los paneles van yuxtapuestos y están generalmente unidos entre ellos mediante clavado.
- Muchas veces son rigidificados por piezas adicionales de montaje que conforman junto con ellos la estructura maestra, tales como pies derechos bastante espaciados (en los ángulos y bordes libres, cada cierta distancia, etc.), soleras superiores, eventualmente soleras inferiores, etc.
- Otra ventaja de los Sistemas de prefabricados de paneles modulares es la posibilidad de producir paneles con diversos grados de mecanización, desde la producción artesanal en pequeños talleres (con

mucho trabajo manual, pocas herramientas y poca capacidad de almacenamiento), talleres semi-industriales con un nivel relativo de mecanización, racionalización, capacidad de almacenamiento y transporte adecuado, hasta industrias con infraestructura, personal y maquinaria sofisticada para una alta producción.

- Además el transporte de los paneles modulares del taller hasta la obra es fácil, pudiendo efectuarse con cualquier tipo de camioneta y hasta en lugares poco accesibles.

3.5.2 Prefabricados combinados de paneles modulares (Pre.Pm*) código [E.5.1']

Se trata del mismo sistema constructivo que el anterior pero combinando madera habilitada con materiales sin o con poco habilitamiento (bambú, cañas en particular) para la fabricación de los bastidores de los paneles y/ o de las piezas adicionales de montaje como por ejemplo los pie derechos, las soleras etc.

3.5.3 Prefabricado de Componentes (Pre.C) código [E.5.2]

Prefabricado de Componentes pesados (Pre.Cp) código [E.5.2.a]

Con el sistema de Prefabricado de Componentes pesados se prefabrican partes coplanarias de la construcción de un largo que puede alcanzar los 16 metros. El ensamble de los componentes puede ser de tipo definitivo o desarmable en vista de un eventual traslado de la edificación.

- Trama: Los componentes son prefabricados en función de una trama inicialmente diseñada según el proyecto arquitectónico (al contrario de los sistemas con Prefabricado de Paneles modulares [E5.1] cuya trama arquitectónica es determinada en función de las dimensiones de los paneles). Teóricamente se utilizan con provecho tramas de dimensiones: $n \times 0.30 \text{ m}$.
- En las técnicas mixtas de construcción con tierra, aunque el sistema anterior de «Prefabricado de paneles modulares» parece ser mucho más flexible para los diseños arquitectónicos, y más fácil de uso en cuanto a la puesta en obra, se puede utilizar también y con provecho este sistema constructivo de «Prefabricado de Componentes pesados», limitando el tamaño de los elementos que prefabricar y reduciendo al máximo el peso de estos últimos.

Prefabricado de Componentes livianos (Pre.Cl) código [E.5.2.b]

- Es factible diseñar sistemas de prefabricado de componentes livianos para construcciones de tamaño modesto que no requieren por lo general de largas y/o altas paredes. Por ejemplo, para la vivienda de muy bajo

costo se podría imaginar talleres populares de prefabricación de «bastidores» de componentes , integrando o no la osamenta (soporte del relleno) desde la fabricación en taller. Estos componentes podrían ser fácilmente transportados y armados in situ con la participación de los mismos pobladores.

- El hecho de colocar el relleno de los componentes, después que la estructura maestra haya sido armada in situ y no desde un principio (antes de su transporte) permite aliviar mucho el peso de los componentes. Se puede racionalizar en talleres el proceso de prefabricación de «bastidores» para partes de fachadas, muros divisorios, tímpanos etc. así como facilitar su transporte y puesta en obra por pequeños grupos de obreros sin mayor uso de herramientas de levantamiento.

3.5.4 Prefabricado de componentes combinados (Pre.C*) código [E.5.2']

Prefabricado de componentes combinados pesados (Pre.Cp*) [E.5.2.a']

Prefabricado de componentes combinados livianos (Pre.Cl*) [E.5.2.b']

Se trata de los mismos sistemas constructivos que los anteriores pero combinando madera habilitada con materiales sin o con poco habilitamiento (bambú, cañas en particular) para la fabricación de los bastidores de los componentes y de las osamentas. que pueden ser pesados o livianos.

Por ejemplo, como sistema de Prefabricado de componentes combinados livianos se podría rescatar experiencias de prefabricación de componentes a base de bambú o caña guadúa como la del «Programa sobre el mejoramiento de la vivienda»: programa de cooperación técnica de las Naciones Unidas (O.I.T.) con la Junta Nacional de la Vivienda de Ecuador, adaptando el sistema de prefabricación y puesta en obra de componentes «pesados» al uso de técnicas mixtas de construcción con tierra.

3.5.5 Prefabricado de Unidades volumétricas (Pre.Uv) código [E.5.3]

El sistema constructivo de Prefabricado de Unidades volumétricas figura aquí más por razones didácticas y de exhaustividad en la presentación del abanico de los sistemas constructivos que se podrían utilizar en la realización de estructuras maestras, que por el interés que representa realmente para las técnicas mixtas de construcción con tierra (por lo menos de bajo costo).

Tal vez estos sistemas de Prefabricado de Unidades volumétricas se podrían utilizar con provecho para el prefabricado integral de alojamientos de muy

SEGUNDA parte

pequeña dimensión que podrían transportarse in situ en caso de catástrofes naturales (viviendas de emergencia). Se da a continuación algunos puntos que considerar respecto a los sistemas constructivos de Prefabricado de Unidades volumétricas:

- Las unidades volumétricas se yuxtaponen o se superponen para ir conformando el edificio proyectado
- Los muros, pisos, y cielo rasos son prefabricados en talleres
- Los elementos de segunda obra pueden ser incorporados

Limitaciones:

- Libertad de diseño muy limitada
- Obligación de realizar unidades con paredes casi siempre ortogonales (por razones económicas en particular de transporte (idea del «contenedor»)).
- Por razones de transporte limitación de las medidas entre 2,5 m y 3,5 m de ancho, 2,5 m y 3 m de alto y hasta 12 m de largo.
- Dificultad y alto costo de transporte que está más en función del volumen que del peso de la unidad.
- Una solución para reducir el volumen transportado es de realizar Unidades volumétricas «plegadas» y desplegadas in situ.
- En general se necesita de herramientas de levantamiento potentes, como grúas, tanto para la carga y descarga de las Unidades volumétricas como para su puesta en obra.
- La puesta en obra debe ser muy cuidadosa y a veces es muy delicada que realizar.
- Las tecnologías de prefabricación deben ser muy precisas y de alto nivel.
- Necesidad de personal altamente calificado así como de herramientas y conectores sofisticados.

3.5.6 Prefabricado combinado de unidades volumétricas (Pre.Uv*) código [E.5.3']

Se trata del mismo sistema constructivo que el anterior pero combinando madera habilitada con materiales sin o con poco habilitamiento (bambú, cañas en particular).

Por supuesto, si se tendría que utilizar materiales sin habilitar, sería solamente como complemento (soporte de relleno por ejemplo) de una estructura ya muy «tecnificada» tanto a nivel de sus materiales dominantes

(altamente habilitados) como de sus accesorios de ensamble (muchas veces sofisticados).

Nota: Respecto a las denominaciones de los sistemas estructurales establecidas por la Junta del Acuerdo de Cartagena, se señala aquí algunos términos mencionados en dos documentos técnicos de referencia a saber: el «Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino» (MDMGA) y la «Cartilla de Construcción con Madera» (CCM):

- a) Sistema Entramado (MDMGA, p.4-24 y p.15-12) (CCM, p.20-11 y p.20-21 y p.20-26)
- b) Sistema Entramado Plataforma (MDMGA, p.4-24) (CCM, p.20-21 y p.20-25)
- c) Sistema Entramado Global o Integral (MDMGA, p.4-28) (CCM, p.20-21 y p.20-25)
- d) Sistema Poste y Viga (MDMGA, p.4-30) 

4. ESTRUCTURAS AUXILIARES

La estructura auxiliar se compone básicamente de un conjunto de piezas (osamenta) destinadas a sostener el relleno a base de tierra y a veces de piezas intermediarias (montura) entre la estructura maestra y la osamenta.

La estructura auxiliar juega un papel muy importante. Es ella que permite el «armado» del relleno (tierra y fibras) y su ligazón con los elementos principales y/o secundarios de la estructura maestra.

4.1 MATERIALES DE LAS ESTRUCTURAS AUXILIARES

Los materiales empleados en la estructura auxiliar, tanto para la osamenta como para la montura (si tiene una), determinarán su rigidez o flexibilidad, además tendrán influencia en la adherencia del relleno, pudiendo eventualmente jugar un papel en el aislamiento térmico del muro. La durabilidad de estos materiales una vez enlodados deberá tenerse en cuenta.

4.1.1 Materiales de las osamentas

La osamenta es el soporte propiamente dicho del relleno. La osamenta está unida a la montura o colocada directamente sobre la estructura maestra. Puede estar constituida de materiales rígidos y/o flexibles, por ejemplo:

- a) palos de madera
- b) listones y listoncillos
- c) ramas de arbustos o árboles
- d) cañas y bambúes
- e) juncos (totora)
- f) gramalotes
- g) hojas de palmera, etc.

- h) elementos metálicos como malla de gallinero, metal desplegado, planchas delgadas perforadas de recuperación, etc.

4.1.2 Materiales de las monturas

La montura es un sostén de la osamenta que se fija sobre la estructura maestra. Utiliza materiales rígidos. Entre los materiales más comúnmente se encuentran:

- a) palos de madera
- b) listones y listoncillos
- c) cañas y bambúes
- d) troncos de árbol delgados

4.2 INFLUENCIA DEL DISEÑO DE LA ESTRUCTURA AUXILIAR

El diseño de la estructura auxiliar es fundamental y tendrá influencia:

- 4.2.1 sobre el comportamiento estructural y características físicas de la estructura maestra, (en particular sobre su mayor o menor arriostamiento)
- 4.2.2 sobre las posibilidades de ubicación respecto a la estructura maestra, con sus consecuencias a nivel arquitectónica y tecnológica.
- 4.2.3 sobre su propia solidez y por consecuencia sobre la estabilidad del relleno
- 4.2.3 sobre el aislamiento térmico del muro
- 4.2.3 sobre el relleno a nivel de:
 - 4.2.3.a la manera de preparar y colocar el relleno
 - 4.2.3.b la imbricación y adherencia del relleno

El sistema constructivo de la estructura maestra, la disponibilidad de tal o cual material, su costo, así como el «saber hacer» del constructor influirán sobre las alternativas de diseño para las estructuras auxiliares.

4.3 TIPOLOGÍA DE LAS ESTRUCTURAS AUXILIARES

Podemos distinguir diversos grupos de estructuras auxiliares en función de la naturaleza y disposición de sus elementos constitutivos:

- a) {Os1} Osamentas Elementales
- b) {Os2} Osamentas Enrejadas
- c) {Os3} Osamentas Reticulares
- d) {Os4} Osamentas Tejidas
- e) {Os5} Osamentas Esteradas
- f) {Os6} Osamentas Llenantes
- g) {Os7} Osamentas Prellenadas

4.4 OSAMENTAS «ELEMENTALES» {Os1}

Se llama osamentas elementales, las estructuras auxiliares compuestas por elementos simples tales como barrotes, tiras vegetales, o listones colocados linealmente sobre la estructura maestra.

SEGUNDA parte

4.4.1 Osamentas elementales ralas {Os1.ral}

Las osamentas elementales ralas se caracterizan por dejar luces muy amplias, pudiendo tener espacios de 7 hasta 20 cm entre sus elementos.

Cuando las osamentas elementales son ralas son muy económicas en materiales, y se componen por lo general de elementos como bambúes, palos o listones, suficientemente rígidos como para soportar el peso de un relleno.

Las osamentas elementales ralas se utilizan frecuentemente con los Armazones [Arm] y los Entramado pesados [Ent.p]

4.4.1.a Osamentas elementales ralas en escalones, simples o dobles. {Os1.ral.H}

Su forma más común es la osamenta en escalones horizontales con sus extremidades encajadas en ranuras verticales entalladas en los pies derechos principales y/o secundarios de la estructura maestra. [Fig. 7]

Sobre las osamentas ralas el relleno se puede colocar a horcajadas aplicando bolas de mezcla de tierra con fibras sobre los escalones.

Cuando los vacíos, entre los elementos constitutivos de una osamenta elemental rala, son muy amplios es recomendable colocar el relleno por trenzado, de fibras embarradas, sobre los barrotes. Se tendrá que disponer, en este caso, de fibras suficientemente largas para «armar» la tierra sobre los escalones.

Muchas de estas variantes de osamentas elementales ralas se emplearon tradicionalmente con los sistemas constructivos de Entramados pesados [Ent.p].

4.4.1.b Osamentas elementales ralas en zigzag {Os1.ral.Z}

Para realizar una osamenta rala, existe una forma particular de colocar los palos de madera en zigzag encastrándolos en ranuras verticales entalladas en los pies derechos de la estructura maestra de un Entramado pesado [Ent.p] ; en este caso se coloca la tierra por trenzado. [Fig. 8]

4.4.1.c Osamentas elementales ralas dobles de largas tiras horizontales. {Os1.ral.H-H}

Se utilizan las osamentas elementales ralas dobles cuando la estructura maestra tiene elementos de un espesor tal que se justifica y se quiere lograr un relleno completo (el relleno en este caso es generalmente embutido entre las luces que dejan las tiras de bambú o de madera) o dejar un vacío entre las dos caras revestidas con una mezcla, de tierra y fibras, colocada sobre los escalones.

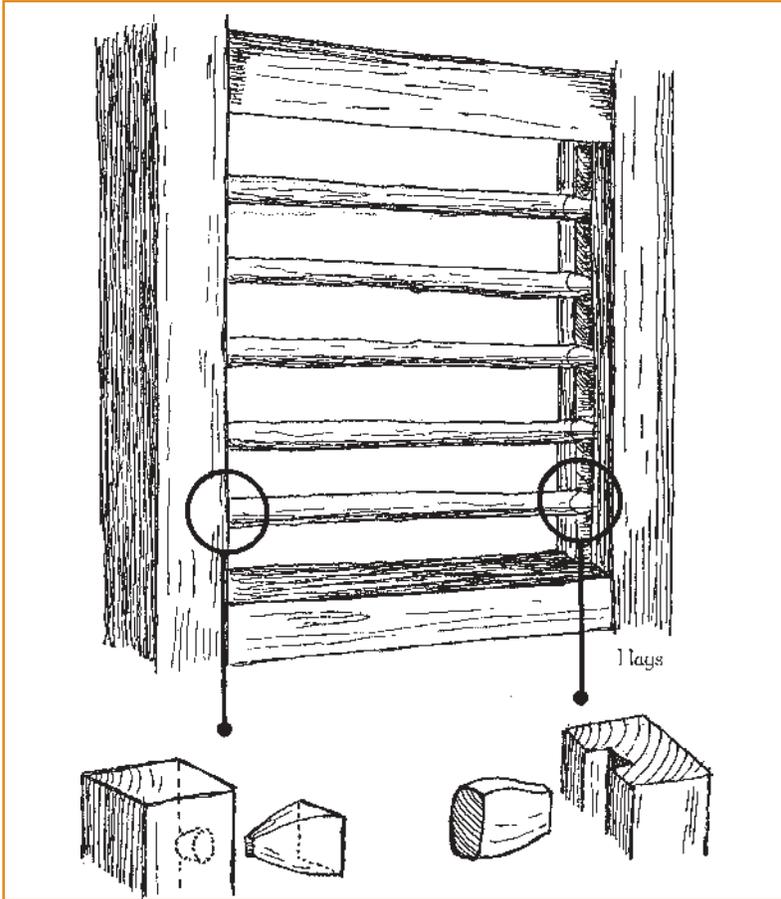


fig. 7
Osamenta elemental
rala en escalones
simples (© Hays)

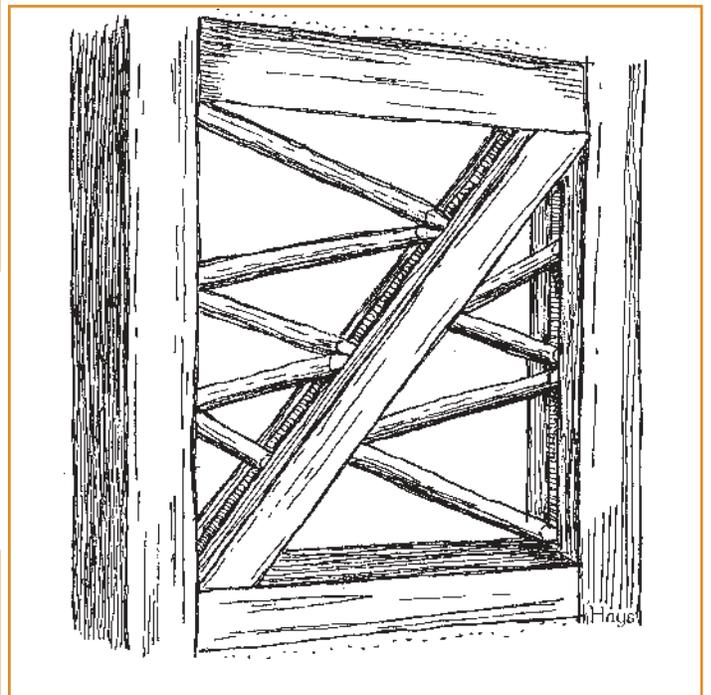


fig. 8
Osamenta elemental
rala en zigzag (© Hays)

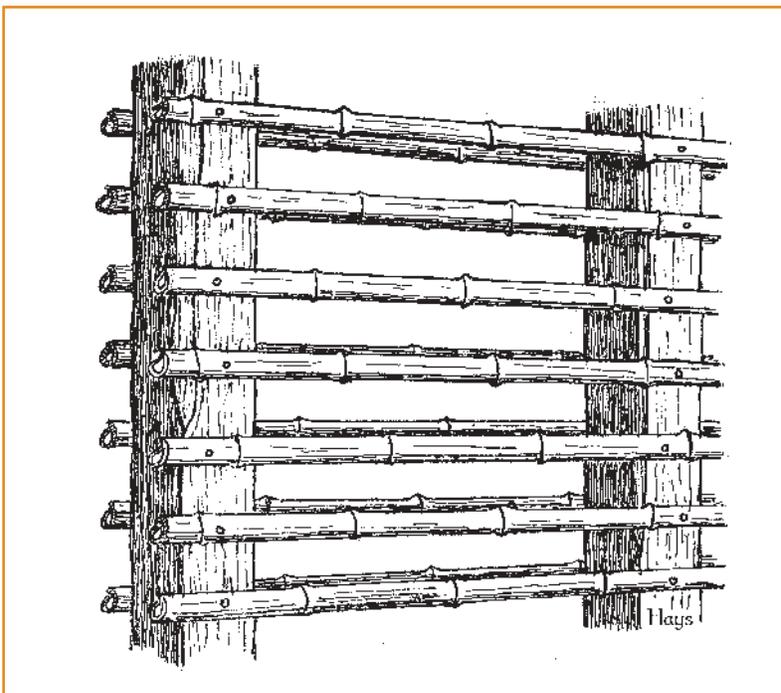


fig. 9
Osamenta elemental rala
en escalones dobles y
laterales (© Hays)

SEGUNDA parte

Instaladas integralmente antes de poner el relleno, estas osamentas elementales ralas dobles se emplean con muchos sistemas de Armazón [Arm]. Los elementos horizontales de ambos lados de la estructura maestra pueden estar dispuestos paralelos entre ellos (a la misma altura) o al tresbolillo.

Estas osamentas son empleadas, comúnmente, con las estructuras maestras de Armazón y Armazón combinado que se conocen en América Latina bajo el nombre de Bahareque y Pau-a-pique. [Fig. 9]

4.4.1.d Osamentas elementales ralas de elementos verticales. {Os1.ral.V}

Estas osamentas, mucho más raras, están constituidas de largas barras verticales alrededor de las cuales se colocan masas de tierra y fibras elaboradas previamente en forma de «botellas» (técnica tradicional empleada en Alemania). Permite conformar muros de 11cm a 17 cm de grueso si la montura esta constituida de elementos verticales dispuestos en un mismo plano cada 17 cm a 22 cm, pero si los elementos verticales se disponen al tresbolillo cada 24 cm, se pueden hacer muros de 18 cm hasta 25 cm de grueso. [Fig. 10]

4.4.2 Osamentas elementales estrechas {Os1.est}

Las osamentas elementales estrechas utilizan elementos más delgados, palos, listones, ramas, cañas, etc., en mayor cantidad y unidos a la estructura maestra de varias formas: por encajamiento en ranuras, por ligadura o por clavado.

Las luces dejadas por la osamenta son reducidas y no sobrepasan generalmente los 5 cm (2"), lo que permite colocar el relleno por «empastado» manual o mecánico o por «llenado» cuando la osamenta estrecha es doble

Se pueden distinguir: las osamentas elementales estrechas simples y las osamentas elementales estrechas dobles.

Estas osamentas son empleadas, comúnmente, con las estructuras maestras de Armazón [Arm], de Entramado pesados [Ent.p] y de Entramado livianos [Ent.l]. [Fig. 11]

4.4.2.a Osamentas elementales estrechas con listonería horizontal {Os1.est.H}

Estas osamentas se componen generalmente de listoncillos horizontales y paralelos colocados sobre un lado (interior o exterior) de la estructura maestra; Podemos observar numerosos ejemplos de construcciones realizados con estas osamentas elementales estrechas en particular con

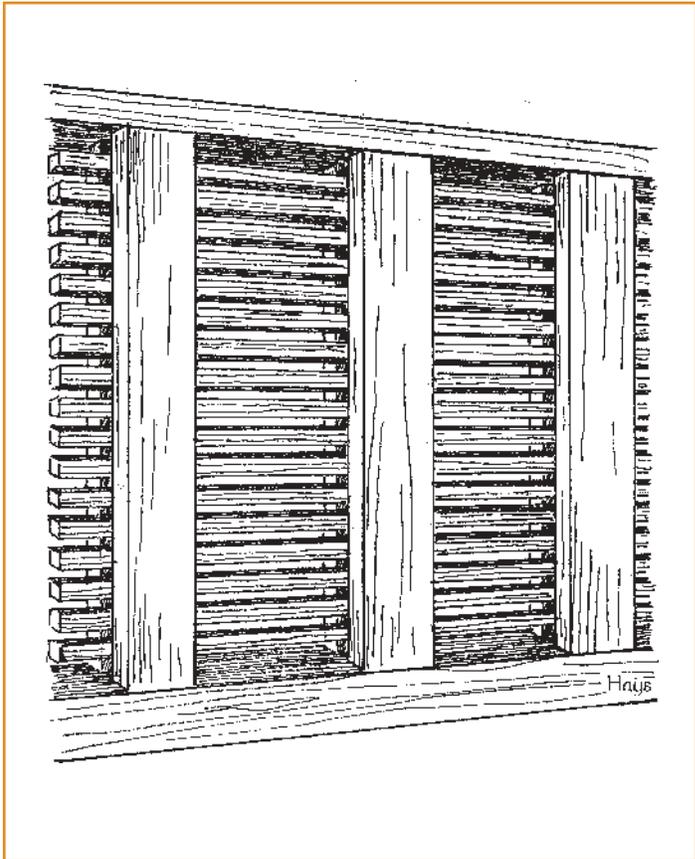


fig. 11
Osamenta elemental estrecha,
simple y axial (© Hays)

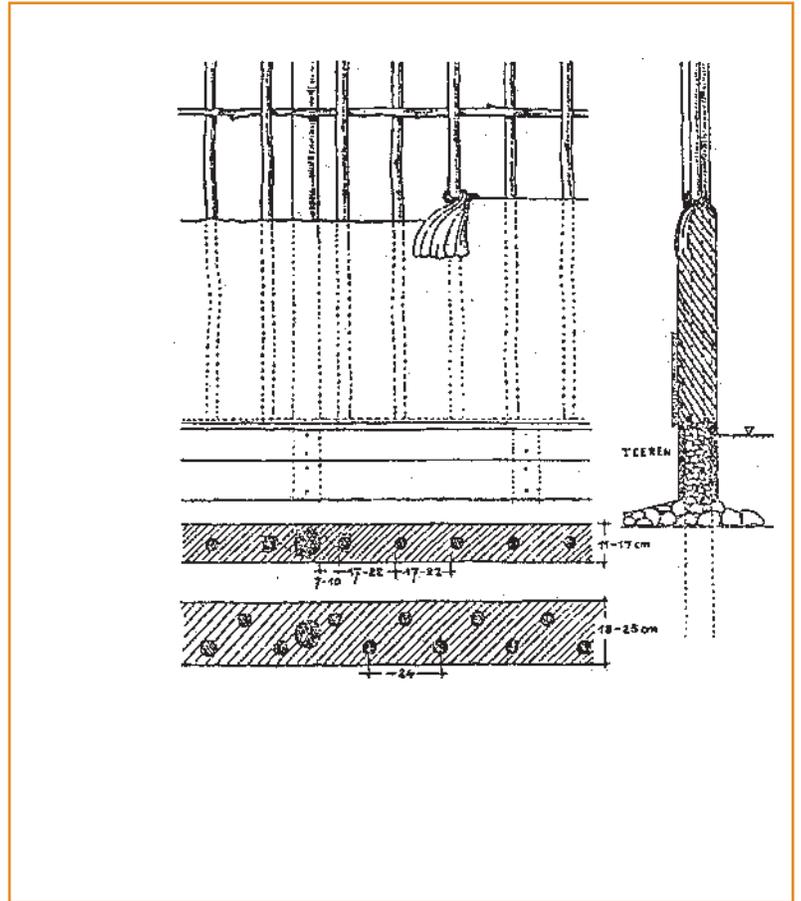


fig. 10
Osamenta elemental rala, axial y
vertical (© Niemeyer)

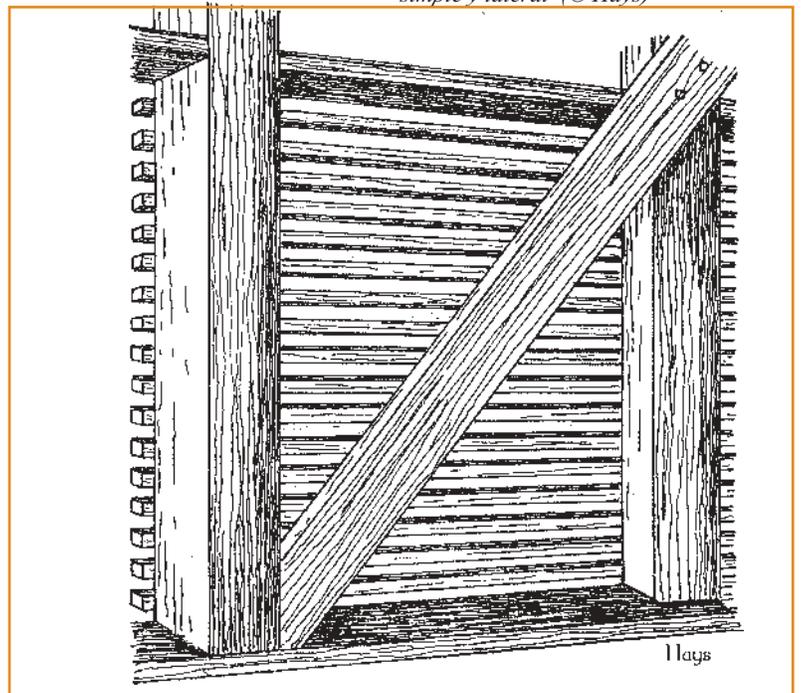


fig. 12
Osamenta elemental estrecha,
simple y lateral (© Hays)

SEGUNDA parte

entramado liviano [Ent.l] en la tabiquería chilena ([Ent.l/ma]/{Os1.est.H/ma}) y con Entramado pesado [Ent.p] en Europa. También se utilizó en Inglaterra este tipo de osamenta, pero con ubicación axial, en ranuras entalladas en los pies derechos de la estructura maestra de madera, para viviendas tradicionales de Entramado pesado ([Ent.p/ma]/{Os1.est.H/ma}). [Fig. 12]

4.4.2.b Osamentas elementales estrechas con listonería diagonal {Os1.est.D}

Variante de la osamenta anterior, las osamentas elementales estrechas con listonería diagonal permiten un mayor arriostramiento de la estructura maestra. Fueron utilizadas con provecho en Chile con estructuras maestras de entramado liviano [Ent.l] llamado localmente tabiquería. [Fig. 13]

4.4.2.c Osamentas elementales estrechas dobles con listonería horizontal. {Os1.est.H-H}

Las osamentas elementales estrechas dobles con listonería horizontal se fabrican colocando listoncillos de ambos lados de los elementos secundarios de la estructura maestra (de menor espesor que los elementos principales). Se empastan ambas caras y se deja un espacio al medio, logrando así un muro con cierto aislamiento por el aire que encierra el vacío creado.[Fig. 14]

También se pueden utilizar estas osamentas por ambos lados de la estructura maestra y rellenar el vacío con tierra u otro material. .

Las osamentas dobles en Europa, en la Edad Media, eran de roble o haya clasificados según su resistencia. A menudo se fijaban sus elementos forzándolos a entrar en canales practicados en la estructura maestra de madera.

Algunos autores señalan que antiguamente los muros de listones enlucidos, a menudo, se rellenaban con paja o salvado (por ejemplo, en Inglaterra), siendo al parecer las osamentas elementales estrechas dobles con listonería horizontal posteriores a las osamentas tejidas estrechas. (ver punto 4.7.4.a)

Las osamentas elementales estrechas dobles con listonería horizontal se utilizan también en diversas formas del bahareque aunque las osamentas elementales ralas dobles son más comunes.

4.4.2.d Osamentas elementales estrechas dobles con listonería diagonal. {Os1.est.D-D}

Variante de la osamenta anterior que permite un mayor arriostramiento de la estructura maestra.[Fig. 15]

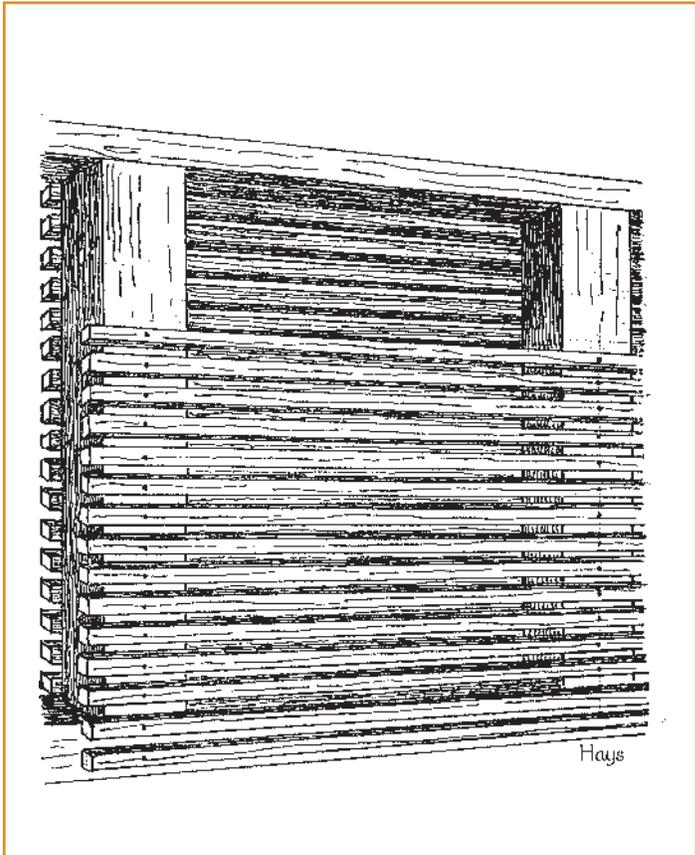


fig. 14
*Osamenta elemental estrecha,
doble y lateral (© Hays)*

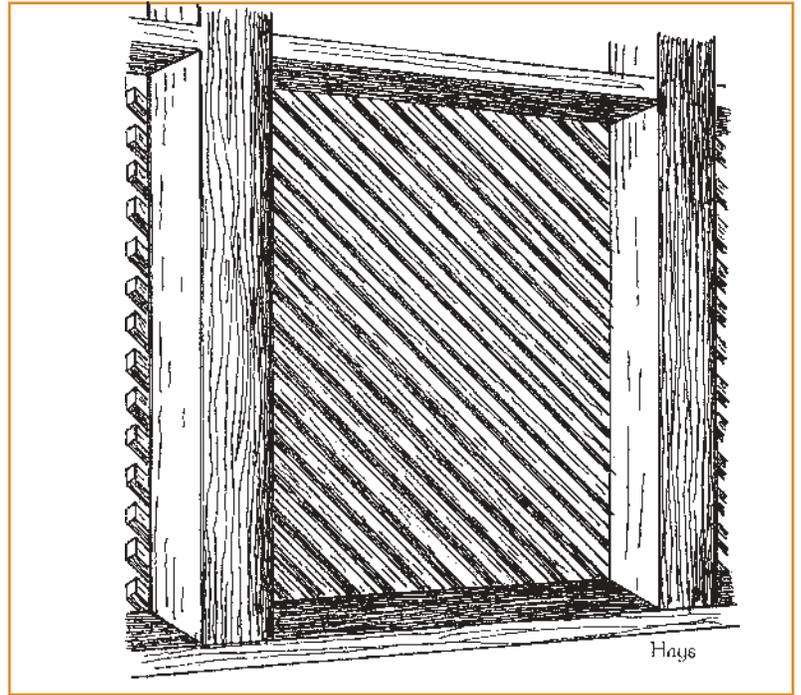


fig. 13
*Osamenta elemental estrecha,
diagonal, simple y lateral (© Hays)*

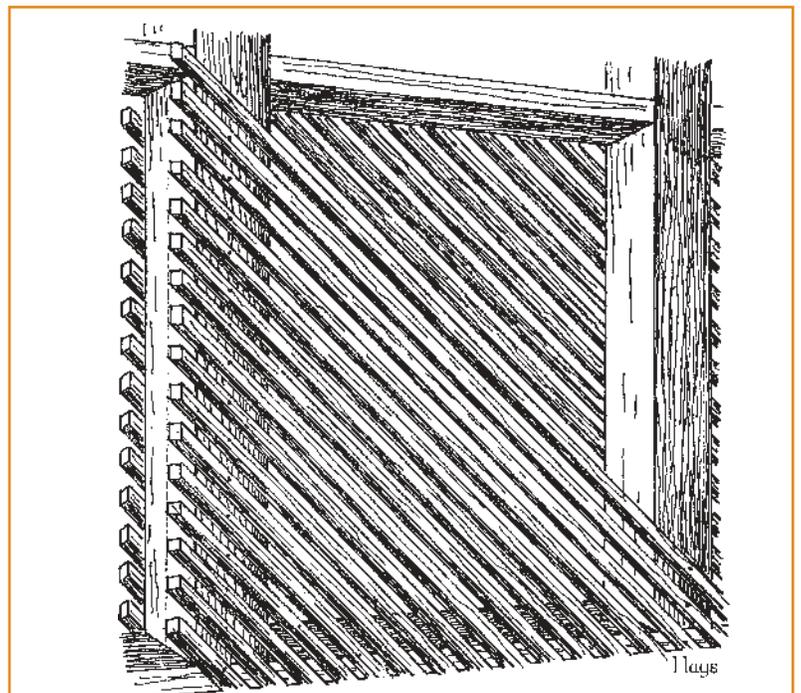


fig. 15
*Osamenta elemental estrecha,
diagonal, doble y lateral (© Hays)*

SEGUNDA parte

4.4.3 Osamentas elementales tupidas {Os1.tup}

Las osamentas elementales tupidas se caracterizan por no dejar luces entre los elementos que las constituyen. El relleno se coloca en general por empastamiento.

4.4.3.a Osamentas elementales tupidas de varas largas horizontales (simples o dobles) {Os1.tup.H} y {Os1.tup.H-H}

Estas osamentas pueden estar constituidas por carrizos partidos yuxtapuestos horizontalmente sobre una estructura maestra de tipo Entramado pesado [Ent.p.] como es el caso de una variante de la Quincha limeña. ([Ent.p/ma],{Os1.tup.H/bu})[Fig. 16]

Se pueden utilizar tiras vegetales clavadas, colocadas en forma horizontal, y unidas previamente entre ellas por alambres. En Indonesia, por ejemplo se emplearon largas tiras de bambú yuxtapuestas horizontalmente y previamente unidas entre ellas mediante alambres.

4.4.3.b Osamentas elementales tupidas de varas largas verticales. {Os1.tup.V}

Se puede realizar osamentas tupidas con elementos dispuestos verticalmente ; por ejemplo, con cañas o ramas verticales, mantenidas en «sandwich» entre pares de listoncillos o palos horizontales fijados a los elementos verticales de una estructura maestra; tal es el caso de «canico» en Mozambique {Os1.tup.hVh}.

Encontramos también osamentas elementales tupidas de varas largas verticales en algunas variantes de la quincha tradicional limeña donde cañas en rollizo son atadas por tiras de cuero (huascas) a una montura horizontal fijada sobre los pies derechos de un Entramado pesado ([Ent.p/ma],{Os1.tup.Vh/bu}).

4.5 OSAMENTAS «ENREJADAS» {Os2}

Las osamentas enrejadas son algo similares a las osamentas elementales horizontales ralas pero tienen la particularidad de presentar una montura compuesta de numerosos elementos verticales, de sección relativamente fuerte (en general de 5cm a 10 cm) situados a poca distancia unos de otros. Los elementos horizontales de la osamenta, unidos a los elementos verticales rígidos de la montura conforma una especie de «reja».

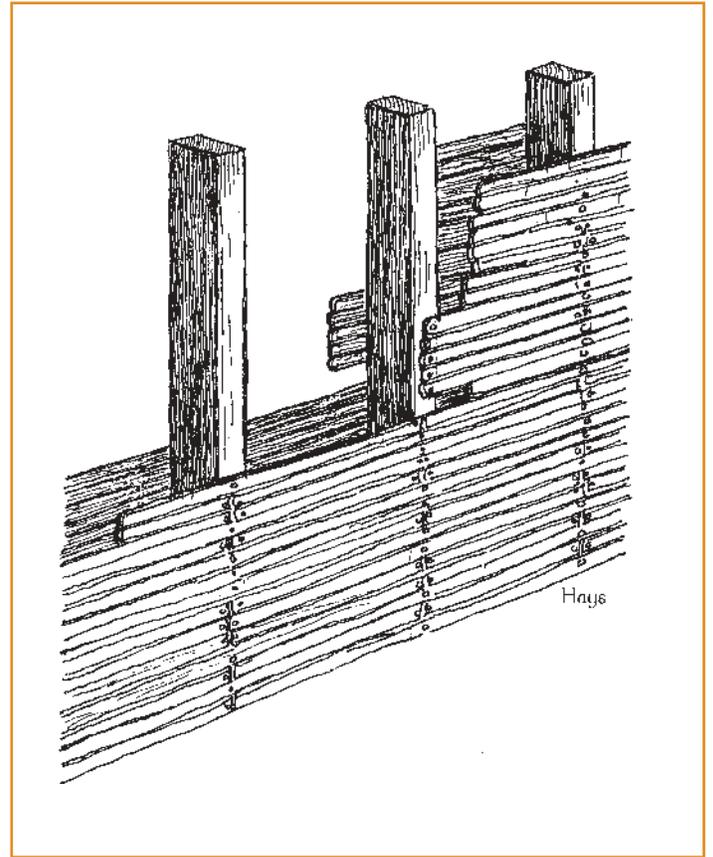


fig. 16

*Osamenta elemental
tupida, doble y
lateral (© Hays)*

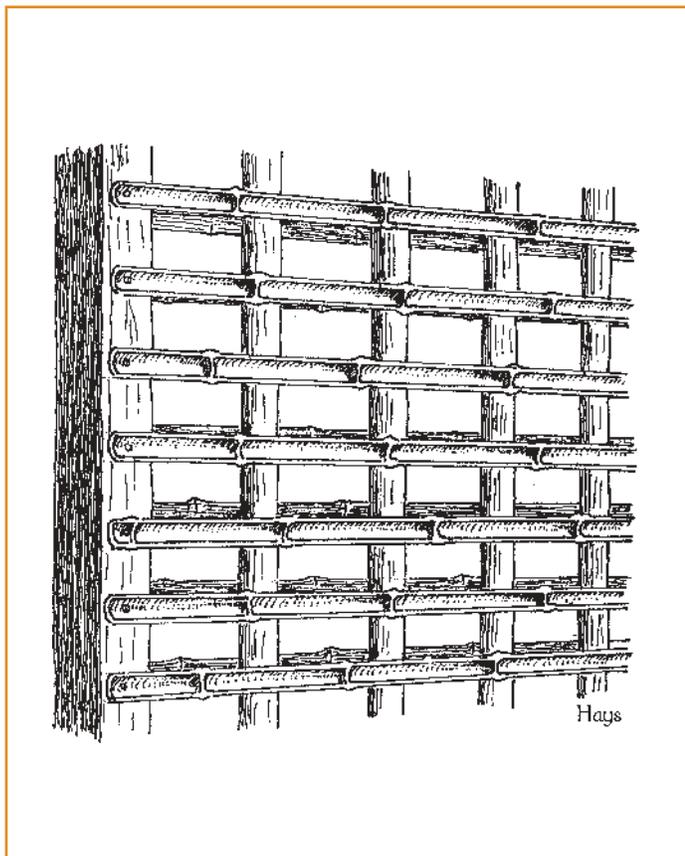


fig. 17

Osamenta enrejada, rala, doble y lateral (© Hays)

Estas osamentas son en general dobles, colocadas axial o lateralmente;(de ambos lados) respecto a la estructura maestra y están unidas a los pies derechos.

El relleno se efectúa por «embutido» a través de las luces del enrejado.

Los elementos de la montura, al ser de mayor sección, juegan generalmente un papel estructural, a veces tan importante, que casi se los pueden asimilar a la estructura maestra.

Tal es el caso del pau-a-pique brasileño que presenta generalmente una osamenta horizontal rala colocada sobre una montura compuesta de numerosos palos verticales («paus») dispuestos a poca distancia unos de otros {Os2.ral.HvH} También, en Venezuela, se observan osamentas enrejadas en varias formas de bahareque en particular en la vivienda indígena Ye'kwana (churuata) ([Arm.l/ma],[Os2.ral.HvH/bu]) [Fig. 17]

4.6 OSAMENTAS «RETICULARES» {Os3}

Las osamentas reticulares están conformadas por elementos, cruzados ortogonalmente.

Se semejan en algo a las osamentas «enrejadas», pero sus elementos, cruzados ortogonalmente, conforman entre sí una trama rala o estrecha, que no juega un papel estructural determinante para la estructura maestra.

4.6.1 Osamentas reticulares ralas (simples o dobles) {Os3.ral.HV} {Os3.ral.HV-HV}

Las osamentas reticulares ralas son básicamente osamentas elementales de elementos horizontales (simples o dobles) pero reforzadas o rigidificadas por elementos de misma naturaleza que son colocados verticalmente a cada cierta distancia.

Colocados a intervalos regulares, los espacios entre los rigidificadores, aunque no siempre muy amplios, son relativamente importantes en comparación a los vacíos reducidos que caracterizan una osamenta reticular estrecha (ver punto 4.6.2).

Ciertas formas de bahareque, en particular en Venezuela muestran una osamenta doble reticular rala colocadas sin mayor montura sobre los pies

derechos de un Armazón combinado ([Arm*/ma],[Os3.ral.HV-HV/bu])

4.6.2 Osamentas reticulares estrechas (simples o dobles) {Os3.est.HV} {Os3.est.HV-HV}

Las osamentas reticulares estrechas, se componen de elementos verticales y horizontales unidos entre sí, dejando reducidas luces. El amarrado de sus elementos se realiza, muchas veces, con fibras vegetales.

Ejemplos típicos de estas osamentas reticulares estrechas se pueden observar en las técnicas mixtas, de construcción con tierra, tradicionales del Japón.

Las osamentas reticulares japonesas se componen de tramas reticulares de bambúes delgados de diferente calibre (1 cm a 2 cm y 5 mm) firmemente ligados entre sí. Esta osamenta se fija sobre los pies derechos de un Entramado pesado «continuo» y sobre una montura de tabloncillos que atraviesan horizontalmente los pies derechos (con un intervalo vertical de $\pm 0,90$ m). ([Ent.p.c],[Os3.est.HVh]) [Fig. 18]

4.6.3 Osamentas reticulares estrechas en malla {Os3.est.X}

Este tipo de osamentas se ubica de manera lateral interior y/o exterior respecto a la estructura maestra. Están generalmente constituidas por mallas metálicas de metal desplegado o planchas delgadas perforadas de recuperación.

Osamenta reticulares estrechas en malla se utilizaron, por ejemplo, para técnicas mixtas de construcción con tierra en Chile (tabiquería). La malla era un material de recuperación llamado «corrúmel» que consistía en hojas de metal galvanizado, residuo de la fabricación de las chapitas de botella. Esta osamenta reticular estrecha en malla estaba se fijaba por clavado

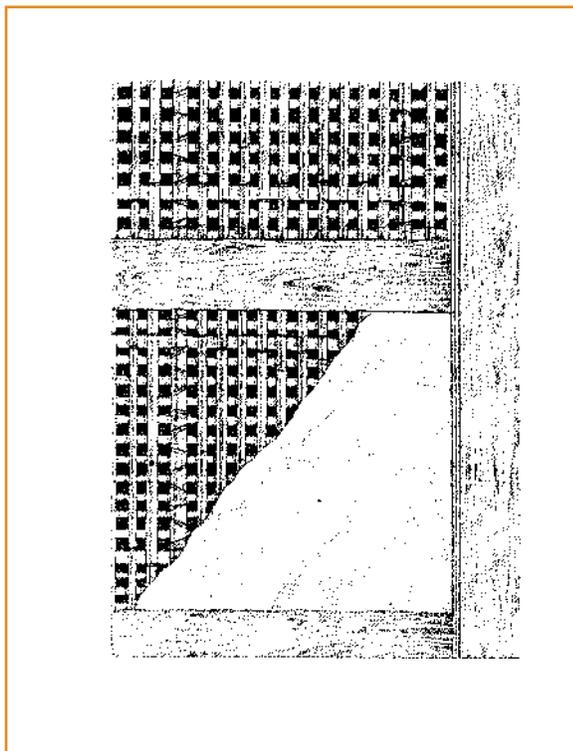


fig. 18

Osamenta reticular (japones), estrecha, simple y axial (© Blume)



fig. 19

Osamenta reticular estrecha en malla de recuperación (© Taller Norte)

sobre la estructura maestra de un Entramado liviano plataforma ([Ent.l.pl/ma],[Os3.est.X/mp]) [Fig. 19]

Utilizar mallas metálicas puede ser una alternativa para reducir el tiempo de colocación de la osamenta (se recuerda que el tiempo de ejecución de una osamenta sencilla con listoncillos clavados a intervalos de 5 cm es de 12 min/m² para un hombre que trabaja solo).

En caso de proyección mecánica de la mezcla del relleno, algunos ensayos realizados sobre osamentas reticulares en mallas metálicas han dado resultados positivos Sin embargo se tiene que hacer un estudio sistemático, con el fin de determinar el tipo de malla y el diámetro adecuado de las aberturas según el tamaño de las fibras contenidas en la mezcla de relleno y la velocidad de proyección.

Nota para las osamentas estrechas: En la mezclas aplicadas sobre las osamentas estrechas, las fibras juegan un papel menor en la fijación del relleno, si las comparamos con las osamentas ralas, y deben ser más cortas y estar bien repartidas en la tierra.

4.7 OSAMENTAS «TEJIDAS» {Os4}

Se llaman osamentas tejidas a las osamentas compuestas por elementos colocados a modo de trama y urdimbre.

4.7.1 Osamentas tejidas estrechas con urdidura horizontal o vertical {Os4.est.Vh} o {Os4.est.Hv}

En las osamentas tejidas estrechas, elementos horizontales o verticales rígidos sirven de urdidura (montura) y elementos cortos (más flexibles) son dispuestos en «resorte» sobre tres urdimbres cercanos al máximo, componiendo así una trama con luces reducidas que no sobrepasan generalmente los 5 cm (2"), lo que permite colocar el relleno por «empastado». [Fig. 20]

En Europa, fue frecuente el uso de osamentas tejidas estrechas con urdidura de elementos rígidos y trama

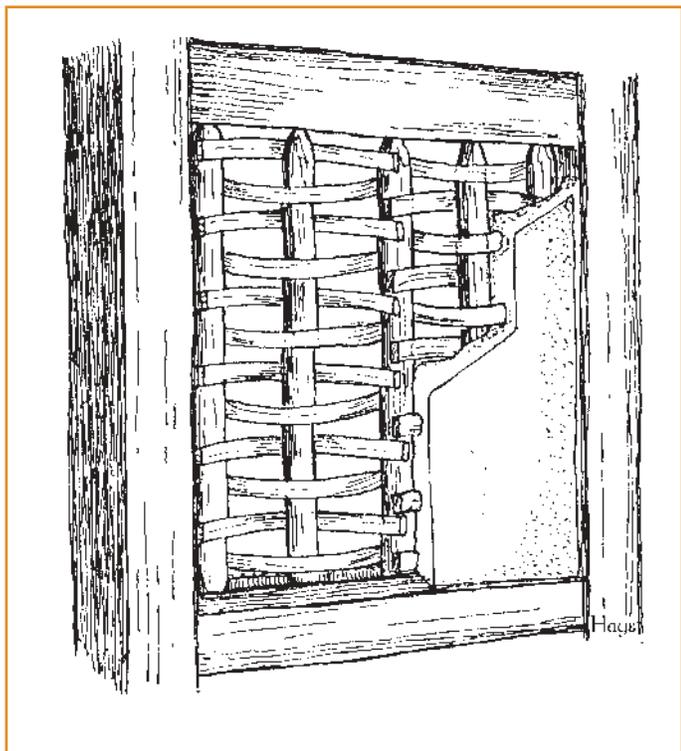
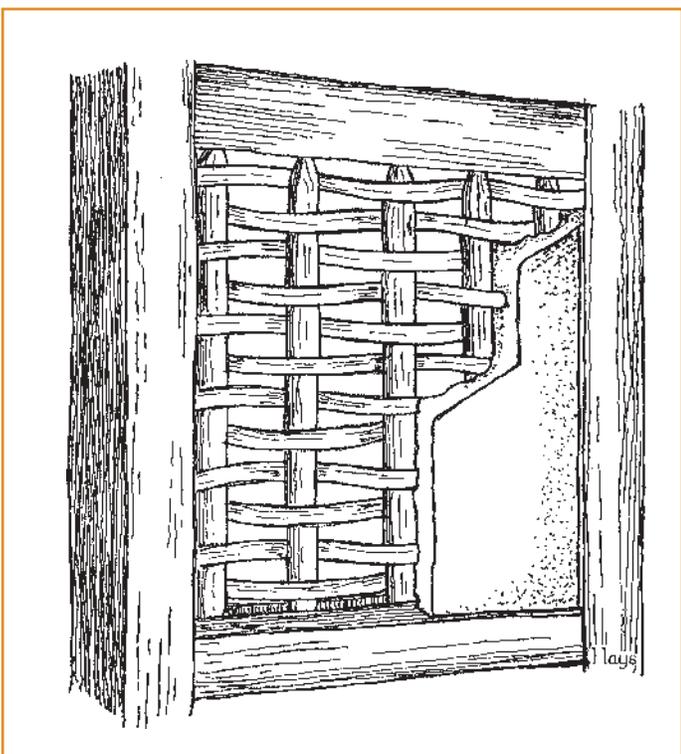


fig. 20

Osamenta tejida con trama de elementos cortos, estrecha y axial (© Hays)

fig. 21

Osamenta tejida con trama de elementos largos, estrecha y axial (© Hays)

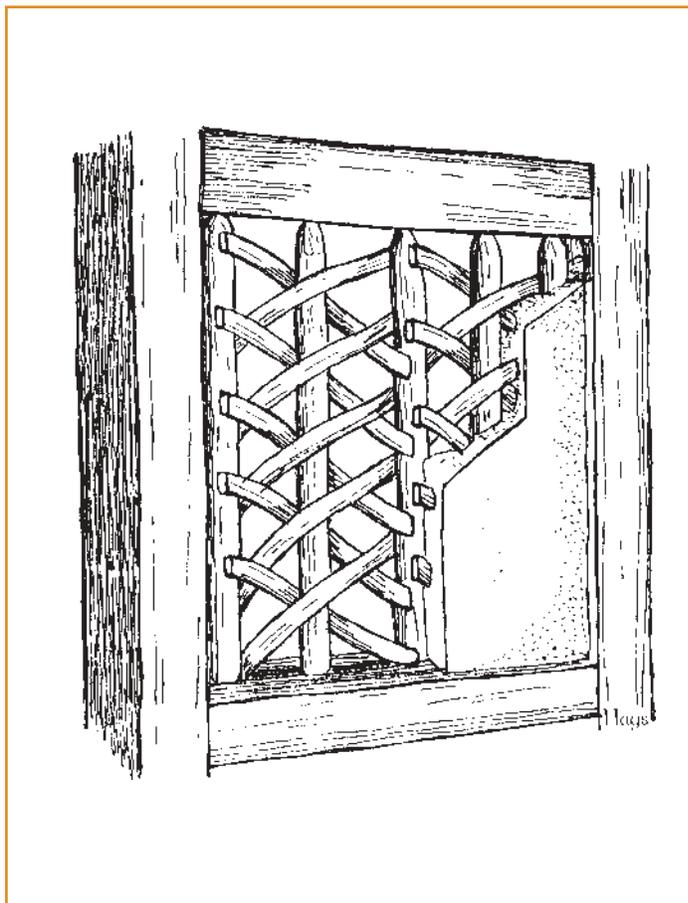


de elementos cortos y flexibles.

Se utilizaban varas de castaño partidas, por ser más durables. Las varas recién cortadas medían de 4 a 6 m de largo y sus secciones variaban de 3 a 7 cm de diámetro. Provenían de árboles de 6 a 10 años de edad, y eran cortadas de preferencia durante la «luna vieja». Se remojaban las varas en un estanque; luego se las partía longitudinalmente con un hocino y una vez extraído el duramen, se cortaba la albura en varias tiras de 1 cm a 1,5 cm de espesor y de 2,5 cm a 3 cm de ancho.

También se puede utilizar como trama mimbres de diámetro inferior a 2 cm o emplear elementos largos flexibles de otros materiales (de 1,5 cm a 2,5 cm de diámetro). [Fig. 21]

En osamentas tejidas estrechas con urdidura horizontal o vertical se puede, igualmente, realizar la urdidura con bambúes, cañas, etc. y la trama con cañas delgadas o partidas.



4.7.2 Osamentas tejidas estrechas con urdidura horizontal o vertical y trama doble diagonal. {Os4.est.DhD} ó {Os4.est.DvD}

Son casi del mismo tipo que la osamenta anterior pero utilizan ramas cortas flexibles entrecruzadas en diagonal sobre una urdidura de palos horizontales o verticales. [Fig. 22]

4.7.3 Osamentas tejidas estrechas por entrelazamiento {Os4.est.X}

Este tipo de osamentas están constituidas por elementos verticales y horizontales flexibles que se entrecruzan. Se pueden considerar dentro de esta categoría algunas mallas metálicas así como los entrelazamientos de tiras vegetales.

4.7.4 Osamentas tejidas juntas {Os4.jun}

Las osamentas tejidas juntas presentan una trama de elementos yuxtapuestos que dejan muy pocos vacíos entre ellos y ya no de elementos algo distanciados como en los tres casos anteriores.

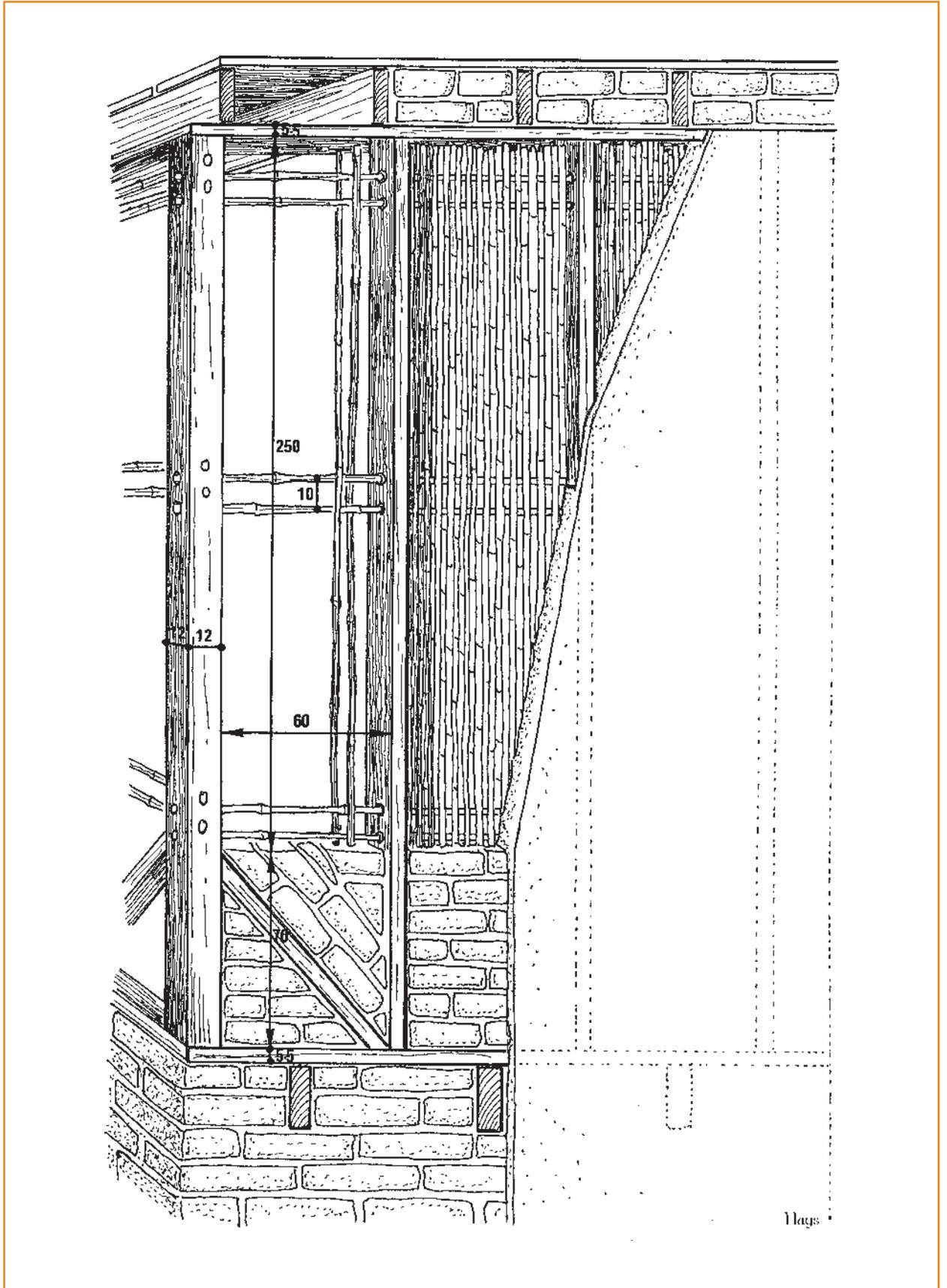
Las osamentas tejidas juntas, en su mayoría, emplean bastante material,

fig. 22

Osamenta tejida con trama diagonal, estrecha y axial (© Hays)

fig. 23

Osamenta tejida, junta con urdimbres alejados - Quincha tradicional legítima (© Hays)



participan en la rigidificación de la estructura maestra y su ubicación es habitualmente axial o descentrada. La colocación de la tierra se hace generalmente por empastado de ambos lados de la osamenta. Se pueden distinguir dos tipos:

4.7.4.a Osamentas tejidas juntas con urdimbres cercanos horizontales o verticales. {Os4.jun.Hv} y {Os4.jun.Vh}

Las osamentas tejidas «juntas» están constituidas de elementos horizontales o verticales rígidos que sirven de urdidura (montura) y de elementos tejidos en resorte sin dejar luces. Se encuentran en las construcciones tradicionales con estructura maestra de Entramado pesado [Ent.p] y en las construcciones vernaculares con Armazón de bambú y caña en zonas tropicales [Arm].

4.7.4.b Osamentas tejidas juntas con urdimbres alejados horizontales o verticales

En este tipo de osamentas, el urdimbre se compone de pocas monturas, muy espaciadas, hechas con materiales rígidos, como cañas gruesas o listones de madera (que pueden ser también elementos secundarios de la estructura maestra). Sobre estas monturas se tejen, en resorte, elementos flexibles como carrizos o cañas partidas yuxtaponiéndolos de tal manera que conforman una trama casi cerrada.

Este tipo de osamenta tejida junta (verticalmente) con urdimbres alejados horizontales se encuentra, por ejemplo, en la quincha tradicional peruana ([Ent.p/ma],[Os4.jun.Vh/bu]) y en el sistema experimental, con paneles modulares prefabricados de quincha, que desarrolló el ININVI en el Perú ([Pre.Pm/ma],[Os4.jun.Vh/bu]) [Fig. 23 - 24].

4.8 OSAMENTAS «ESTERADAS» {Os5}

Se llaman osamentas esteradas a las estructuras auxiliares flexibles compuestas por elementos vegetales generalmente blandos y tejidos a manera de esteras.

Son osamentas tupidas, completamente llenas, que no dejan luces, y la tierra tiene que adherirse a las asperezas de su superficie pues existe poca imbricación entre el relleno y la estructura auxiliar.

Dentro de este tipo de osamentas se consideran las esteras de caña o bambú que se fijan por clavado directamente sobre uno o ambos lados de la estructura maestra. También se las emplean en la confección de paneles prefabricados.

Tal es el caso del sistema constructivo a base de paneles modulares

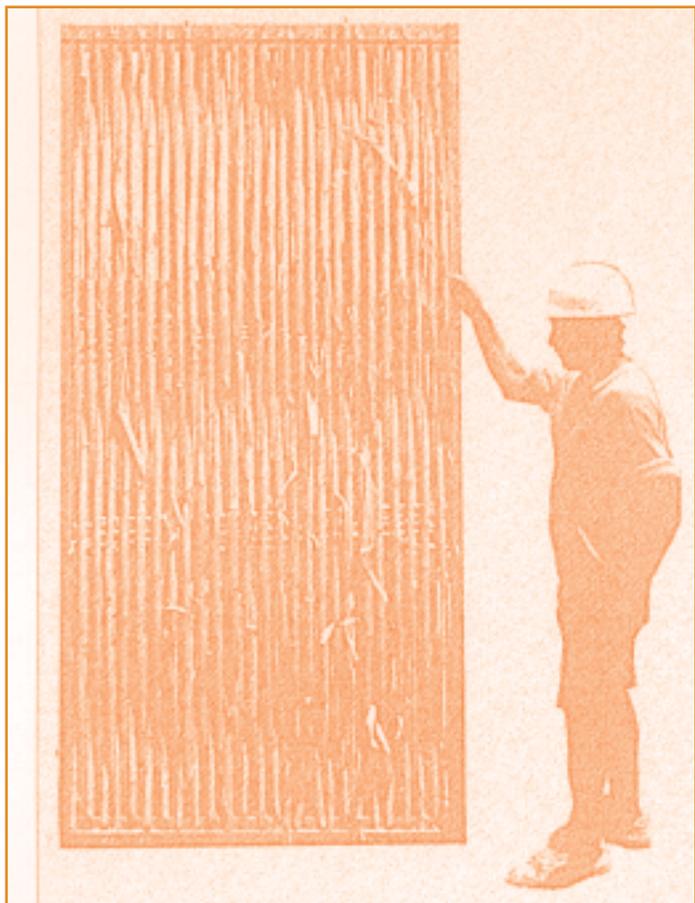


fig. 24

Osamenta tejida, junta con urdimbres alejados - Quincha prefabricada sistema ININVI (© ININVI)

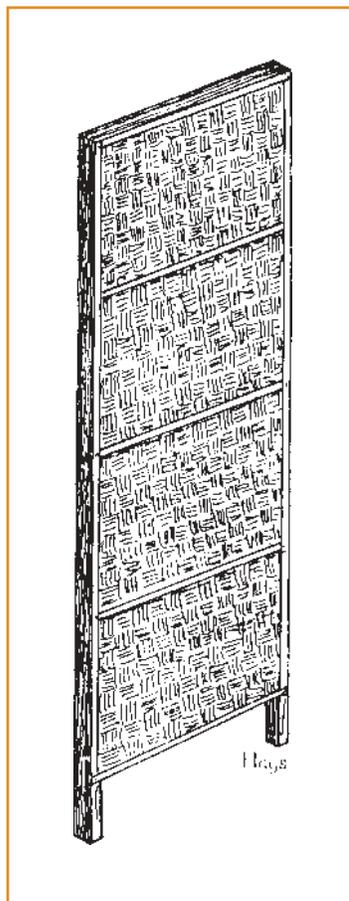


fig. 25

Osamenta esterada, tupida, doble y lateral - Quincha prefabricada, sistema PUCP (© Hays)

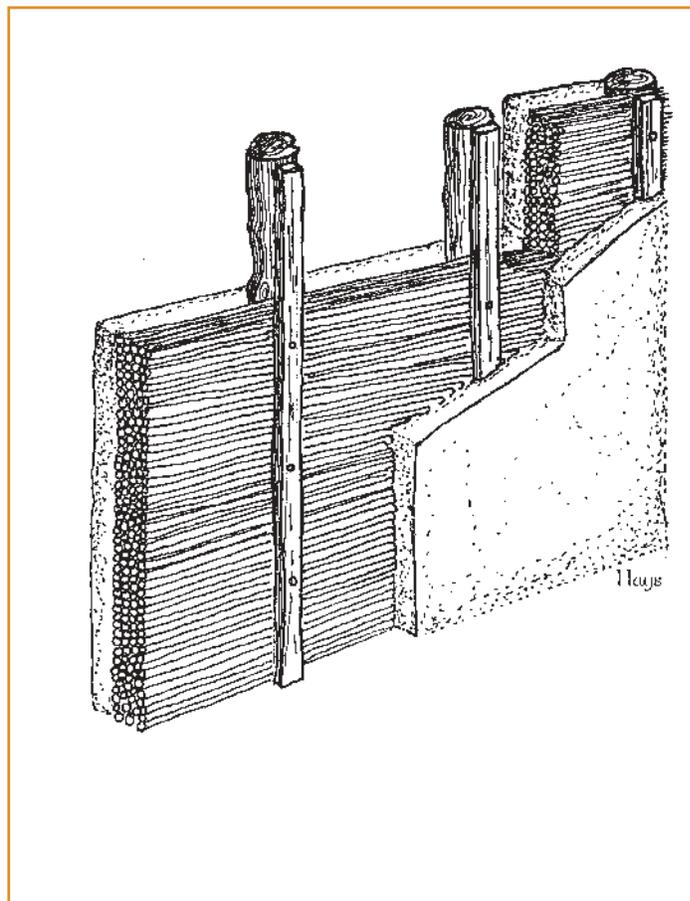


fig. 26

Osamenta llenante de juncos horizontales (© Hays)

prefabricados que desarrolló la P.U.C.P. en el Perú. ([Pre.Pm/ma],[Os5.tup.X-X/bu]) [Fig. 25].

4.9 OSAMENTAS «LLENANTES» {Os6}

Se llama osamentas llenantes aquellas estructuras auxiliares cuyos elementos agrupados o aglomerados, no solamente sirven para sostener el relleno de tierra sino que también participan significativamente al llenado de la estructura maestra.

4.9.1 Osamentas llenantes de ramas agrupadas verticales u horizontales. {Os6.tup.V} o {Os6.tup.H}

Las osamentas llenantes de ramas agrupadas verticales u horizontales son osamentas tupidas que pueden estar constituidas de materiales rígidos yuxtapuestos o de fardos de materiales muy delgados debidamente atados.

Estas osamentas ocupan casi todo el espesor de la pared, y están compuestas de una acumulación vertical u horizontal de ramas, fardos de paja, juncos o gramalotes. La montura esta formada por algunas barras encastradas en los pies derechos de la estructura maestra, o bien, por tiras clavadas sobre la estructura maestra sujetando de ambos lados, en forma perpendicular el relleno vegetal.

Este tipo de osamenta se utilizó en proyectos de vivienda rural de muy bajo costo en Chile (en particular en la zona de Melipilla).

En algunas regiones donde los juncos son bastante abundantes, se los utiliza como aislamiento térmico del muro y al mismo tiempo como osamenta para recibir el relleno de barro. Una primera solución consiste en colocar exteriormente sobre los elementos verticales de la estructura maestra (de 7,5 cm hasta 10 cm de sección), una capa de juncos horizontales (de un espesor de 5 cm) mantenidos y prensados con tiras de madera delgadas y verticales, clavadas en los postes {Os6.tup.Hv} [Fig. 26].

Otra solución, mucho más rara, consiste en comprimir una capa de juncos dispuestos verticalmente entre palos horizontales encastrados en ranuras paralelas hechas en el ancho de los postes {Os6.tup.hVh}.

En ambos casos se reviste la capa de juncos con barro por ambos lados .

4.9.2 Osamentas llenantes de varas largas verticales. {Os6.tup.hVh}

Este tipo de osamentas están constituidas de elementos verticales, como cañas o maderas yuxtapuestas, y mantenidos en «sandwich» entre pares de listoncillos o palos horizontales, que juegan el papel de montura, unidos

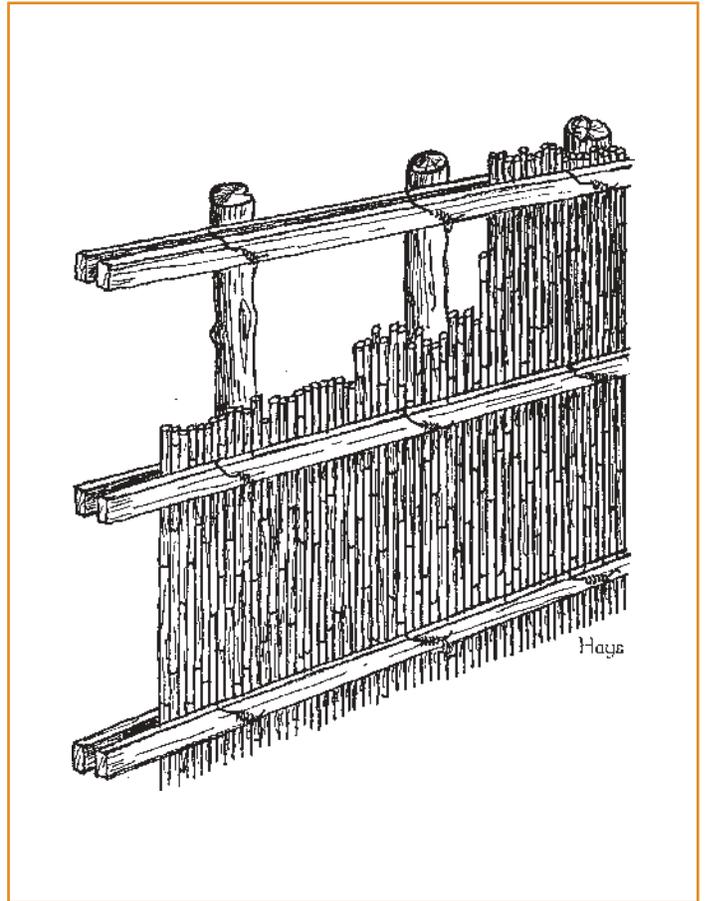
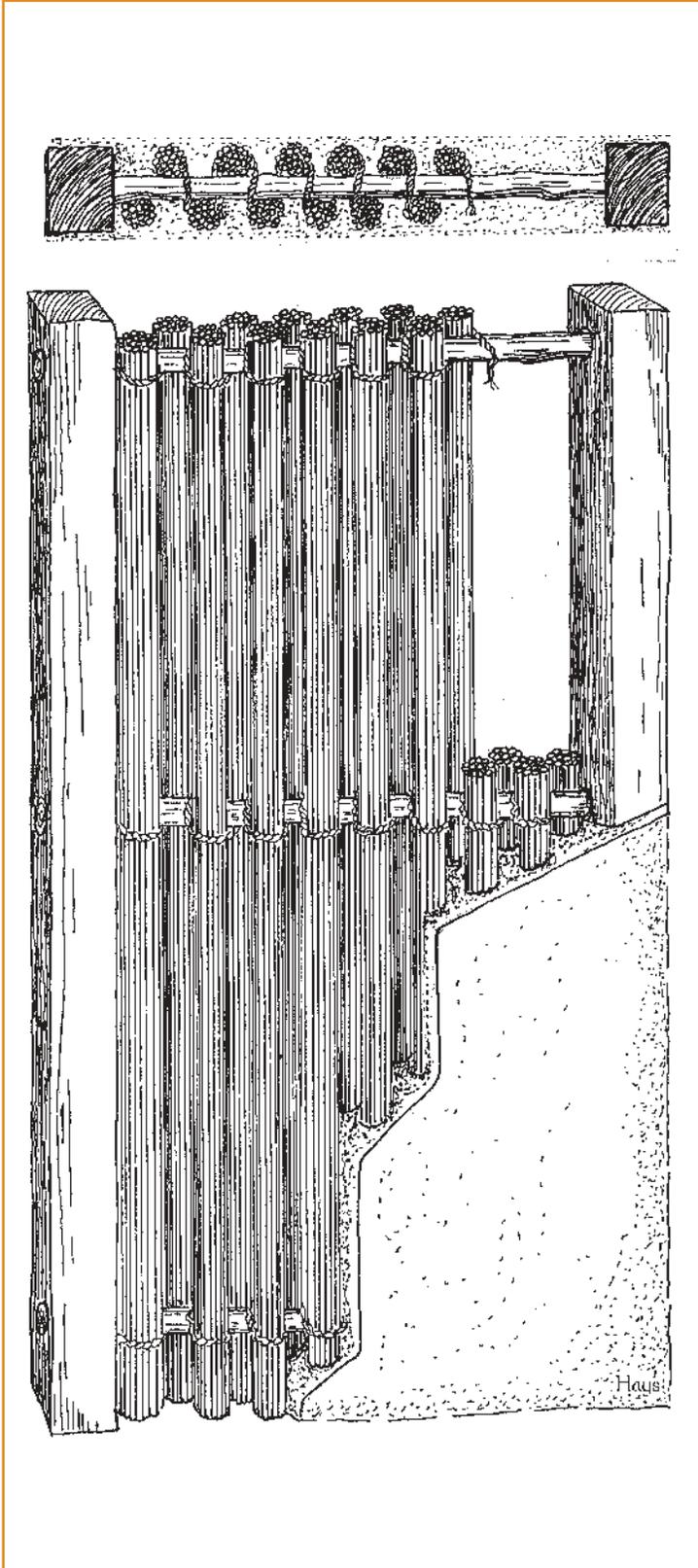


fig. 27
*Osamenta llenante
de varas verticales*
(© Hays)

fig. 28
*Osamenta llenante
axial al tresbolillo*
(© Hays)

SEGUNDA parte

a los postes verticales de la estructura maestra. El relleno se efectúa por «empastado».[Fig. 27]

4.9.3 Osamentas llenantes axial al tresbolillo {Os6.tup.VhV}

Este es un tipo de osamenta muy particular observada en Ucrania. Entre los postes de la estructura maestra se coloca horizontalmente una montura de tres palos gruesos (de 5 cm de sección) en entalladuras debidamente previstas. Se preparan haces de juncos y se los coloca verticalmente al tresbolillo entrelazándolos a los palos horizontales que quedan al medio. Después de rellenar los vacíos embutiendo una mezcla de tierra con paja desmenuzada, se igualan ambas caras. En seguida se pone un revoque, cuidadosamente alisado, empleando una capa de tierra más arcillosa [Fig. 28].

4.10 OSAMENTAS «PRE-LLENADAS» {Os7}

Se llama osamentas pre-llenadas aquellas estructuras auxiliares cuyos elementos amovibles reciben una envoltura de relleno a base de tierra antes de ser colocados en la estructura maestra.

Un procedimiento tradicional en Alemania y utilizado experimentalmente con estructura maestra de Entramado liviano en Chile (donde se lo denominó «Lulo») consiste en elaborar una osamenta de escalones amovibles con elementos previamente envueltos de tierra. Este tipo de osamentas se semejan, de cierto modo, a las osamentas elementales ralas en escalones. La principal diferencia consiste en que se envuelven los palos con una mezcla de tierra y paja previamente a su colocación en la estructura maestra. Esta osamenta, en general, se ubica axialmente respecto a la estructura maestra. ([Ent.p.l/ma],{Os7.ral.H/ma})[Fig. 29].

4.11 UBICACIÓN DE LA OSAMENTA RESPECTO A LA ESTRUCTURA MAESTRA

Cada una de las osamentas, descritas anteriormente, pueden ubicarse respecto a la estructura maestra de diversas maneras. La ubicación de un osamento respecto a la estructura maestra influye mucho sobre:

- el comportamiento estructural y características físicas del sistema constructivo.
- el diseño arquitectónico (apariencia y acabados).

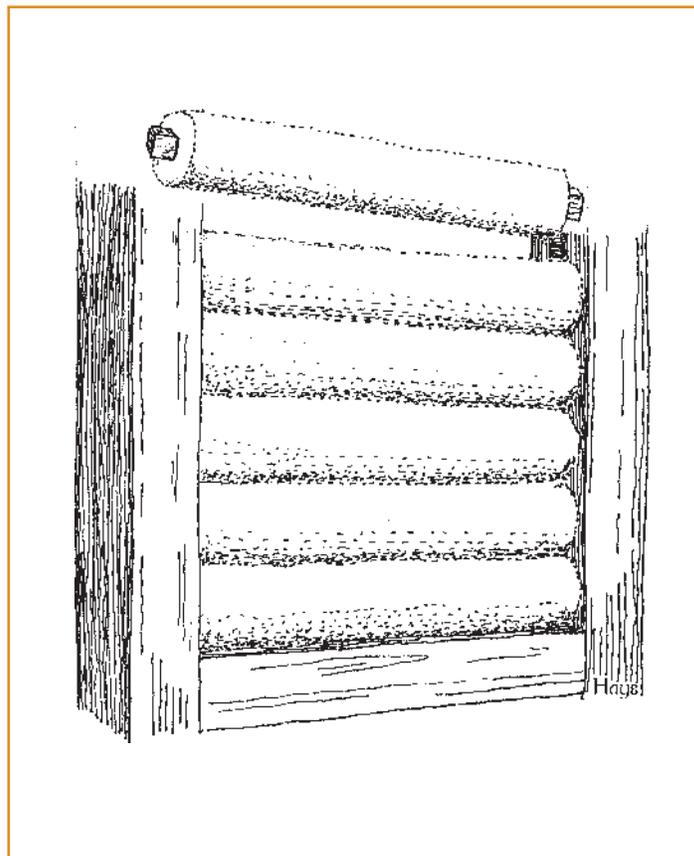


fig. 29
*Osamenta
prellena
con "lulos"*
(© Hays)

- la puesta en obra del relleno.
- 4.11.1 Osamenta simple: una osamenta es simple cuando esta constituida de elementos colocados en un mismo plano vertical.
 - 4.11.2 Osamenta doble: una osamenta es doble cuando esta constituida de elementos colocados en dos planos verticales paralelos.
 - 4.11.3 Osamenta interna: una osamenta es interna cuando sus elementos se encuentran adentro del grueso de la estructura maestra.
 - 4.11.3.a Osamenta interna simple: una osamenta interna es simple cuando esta constituida de elementos colocados en un mismo plano e internamente respecto al grueso de la estructura maestra.
 - 4.11.3.b Osamenta interna doble: una osamenta interna es doble cuando esta constituida de elementos colocados en dos planos paralelos e internamente respecto al grueso de la estructura maestra.
 - 4.11.3.c Osamenta axial: una osamenta interna es axial cuando sus elementos son colocados en el eje, (o simétricamente respecto al eje cuando es doble) de los elementos principales de la estructura maestra.
 - 4.11.3.d Osamenta descentrada hacia adentro: una osamenta interna es descentrada hacia adentro cuando sus elementos son colocados en forma descentrada respecto el eje de los elementos principales de la estructura maestra y hacia el interior de la edificación
 - 4.11.3.e Osamenta descentrada hacia afuera: una osamenta interna es descentrada hacia afuera cuando sus elementos son colocados en forma descentrada respecto el eje de los elementos principales de la estructura maestra y hacia el exterior de la edificación.
 - 4.11.4 Osamenta lateral: una osamenta es lateral cuando sus elementos son colocados sobre una de las caras de la estructura maestra.
 - 4.11.4.a Osamenta lateral simple: una osamenta lateral es simple cuando esta constituida de elementos colocados sobre un solo lado de la estructura maestra.
 - 4.11.4.b Osamenta lateral interior: una osamenta lateral es interior cuando esta constituida de elementos colocados lateralmente al interior.
 - 4.11.4.c Osamenta lateral exterior: una osamenta lateral es exterior cuando esta constituida de elementos colocados lateralmente al exterior .
 - 4.11.4.d Osamenta lateral doble o bilateral: una osamenta externa es lateral doble o bilateral cuando esta constituida de elementos colocados por ambos lados de la estructura maestra (por adentro y por afuera respecto al muro).

4.11.5 Osamenta bi-situada: osamenta «doble» que tiene elementos colocados sobre dos planos, uno interno y el otro lateral respecto a la estructura maestra.

4.11.5.a Osamenta bi-situada axial y lateral interior: osamenta «doble» que tiene una serie de elementos colocados en el eje de la estructura maestra y una otra serie de elementos colocados lateralmente al interior.

4.11.5.b Osamenta bi-situada axial y lateral exterior: osamenta «doble» que tiene una serie de elementos colocados en el eje de la estructura maestra y una otra serie de elementos colocados lateralmente al exterior.

4.11.5.c Osamenta bi-situada axial y bilateral: osamenta que tiene una serie de elementos colocados en el eje de la estructura maestra y dos otras series de elementos colocados de ambos lados de la estructura maestra.

4.11.5.d Osamenta bi-situada descentrada y lateral interior: osamenta «doble» que tiene una serie de elementos colocados en forma descentrada respecto al eje de la estructura maestra y una otra serie de elementos colocados lateralmente al interior .

4.11.5.e Osamenta bi-situada descentrada y lateral exterior: osamenta «doble» que tiene una serie de elementos colocados en forma descentrada respecto al eje de la estructura maestra y una otra serie de elementos colocados lateralmente al exterior .

4.11.5.f Osamenta bi-situada descentrada y bilateral: osamenta que tiene una serie de elementos colocados en forma descentrada respecto al eje de la estructura maestra y dos otras series de elementos colocados de ambos lados de la estructura maestra.

4.12 UBICACIÓN Y TIPOS DE OSAMENTAS SEGÚN LOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

4.12.1 Ubicación y tipos de osamentas en los Armazones [E1]

El sistema constructivo de Armazón es bastante empleado en América Latina para numerosas variantes del bahareque. Como las estructuras maestras de las construcciones con Armazón se componen de elementos naturales al estado «bruto» como troncos, bambúes, etc. resulta un poco difícil de efectuar ensambles precisos para fijar las osamentas sobre ellos (en particular si se tuviera que utilizar osamentas internas). En consecuencia, las osamentas dominantes en los Armazones son generalmente de tipo lateral doble colocando elementos horizontales, como tiras de madera o de bambú, por ambos lados de las estructuras maestras, mediante atado o por clavado.

Las osamentas así colocadas participan de la estabilidad de la estructura maestra, particularmente cuando se trata de Armazones livianos [Arm.I]. El relleno es generalmente realizado por embutido. Las osamentas laterales dobles mantienen un relleno a base de tierra que tiene como mínimo el espesor de la estructura maestra (y aún más cuando recubre la estructura maestra). Este relleno puede ser muy pesado y volverse peligroso en caso de temblores si la osamenta doble lateral se desprende de la estructura maestra.

En el pau-a-pique y en ciertas variantes de bahareque, una osamenta de tipo enrejada tiene la ventaja de ser bi-situada axial y lateral doble: axial por su montura hecha de sólidos palos verticales (muchas veces horcones) y lateral doble por sus elementos horizontales fijados de ambos lados de la montura y de la estructura maestra. El relleno se encuentra por lo tanto mejor armado internamente y mantenido lateralmente lo que mejora el comportamiento global del conjunto (estructura maestra + estructura auxiliar + relleno) en caso de esfuerzos dinámicos (en particular sismos).

4.12.2 Ubicación y tipos de osamentas en los Entramado pesados [E2]

Constituido de maderas labradas generalmente gruesas, la estructura maestra permite fácilmente el empleo de osamentas internas axiales o descentradas sin excluir por lo tanto otras posibilidades y en particular todas las variantes de osamentas bi-situadas.

Utilizar osamentas axiales representa una ventaja respecto al «armado» del relleno cuya masa se encuentra mejor repartida, lo que mejora la seguridad del conjunto (estructura maestra + estructura auxiliar + relleno) en caso de esfuerzos dinámicos (en particular sismos).

Los pies derechos, macizos, son en general suficientemente anchos como para practicar unas ranuras verticales o una serie de entalladuras puntuales en el plano vertical donde se pueden fijar elementos horizontales (como barrotes), cercanos o algo distanciados, que sirvan directamente de osamenta axial o descentrada o de montura para fijar otros elementos de la osamenta.

4.12.3 Ubicación y tipos de osamentas en los Entramado livianos [E3]

La estructura maestra de los Entramado livianos tiene elementos más delgados lo que limita el espesor del relleno (por consecuencia su masa) y permite el uso de osamentas laterales colocadas sobre una de las caras (interior o exterior) de los pies derechos.

En los Entramado livianos, la osamenta puede tener un papel importante de arriostamiento de la estructura maestra, por lo que su tipo como su ubicación deben ser elegidos con cuidado.

Una osamenta lateral simple (interior o exterior), generalmente mucho más fácil de realizar sobre la estructura maestra de un Entramado liviano, tiene el inconveniente de no repartir satisfactoriamente la carga del relleno que no se encuentra «armado» en su eje sino solamente «sostenido» por adherencia en una de sus dos caras ; lo que puede corroborar al desprendimiento de las placas del relleno en caso de esfuerzos dinámicos (sismos en particular).

Una osamenta lateral «doble» (o bilateral) constituye una buena solución si se emplea en su fabricación materiales económicos (pues la cantidad de los mismos se duplica si se compara con las osamentas laterales simples).

Para una mejor repartición de las cargas del relleno, una osamenta interna axial es aún más recomendable aunque es algo más difícil que realizar, en particular con los numerosos arriostrados diagonales y travesaños que puede presentar una construcción de Entramado liviano.

4.12.4 Ubicación y tipos de osamentas en los sistemas Poste y Viga [E4]

Los sistemas de Poste y Viga se caracterizan por tener pie-derechos de mayor sección y bastante espaciados.

Como la estructura maestra está disociada de su cerramiento, se tiene que diseñar una estructura auxiliar autoportante que garantice su seguridad, tanto a nivel de su propia estabilidad como de su fijación a la estructura maestra (a los pórticos) y que sea un adecuado sostén del relleno.

El espaciamiento importante entre los pie-derechos de la estructura maestra induce a dos opciones:

- 1) Diseñar y agregar elementos secundarios a la estructura maestra sobre los cuales se pueda fijar la estructura auxiliar (monturas y osamentas). En este caso se aplican las mismas recomendaciones de ubicación de la estructura auxiliar respecto a la estructura maestra que se dieron anteriormente para los Entramado pesados [E2].
- 2) Diseñar y prefabricar paneles modulares para incorporarlos en la estructura maestra . Estos paneles modulares pueden integrar o no la estructura auxiliar (monturas y osamentas). En este caso se pueden aplicar las mismas recomendaciones de ubicación de la estructura auxiliar respecto a la estructura maestra que se dan a continuación para los Prefabricados de paneles modulares [E5.1] y Prefabricados combinados de paneles modulares [E5.1*].

4.12.5 Ubicación y tipos de osamentas en los Prefabricados [E5]

Se tienen que distinguir los tres tipos de Prefabricados, a saber: de Paneles

modulares, de Componentes pesados o de Unidades volumétricas.

4.12.5.a Prefabricados de paneles modulares [E5.1] y [E5.1*]

Generalmente los bastidores de los paneles modulares prefabricados permiten un relleno de poco grueso, como en el caso de los Entramados livianos y se les puede aplicar las mismas recomendaciones que para estos últimos.

La estructura auxiliar incorporada, que se confunde con los bastidores de los paneles prefabricados, tiene un papel muy importante en cuanto al arriostamiento y indeformabilidad de los mismos ; por lo que tiene que ser diseñada con mucho cuidado.

Una ubicación axial de la estructura auxiliar favorece a una buena repartición de la masa del relleno. Las osamentas de tipo enrejadas o tejidas son particularmente recomendadas.

4.12.5.b Prefabricados de Componentes pesados [E5.2] y [E5.2*]

Respecto a la ubicación de la estructura auxiliar, se pueden aplicar las mismas recomendaciones que para los sistemas de Entramado liviano.

Los componentes prefabricados, por su tamaño relativamente grande, al ser transportados del taller a la obra, serán sometidos a muchos esfuerzos a causa del manipuleo y traslado.

Sus osamentas podrán tener un papel de rigidificación y arriostamiento determinante; por lo tanto, su tipo como su ubicación deben ser estudiados con sumo cuidado.

Las osamentas elementales estrechas con listonería diagonal, laterales simples o laterales dobles (bilaterales) podrían contribuir mucho al comportamiento estructural de los Componentes pesados tanto durante su manipuleo y traslado como durante su armado provisional o definitivo.

Las osamentas enrejadas dobles y ralas (para un embutimiento del relleno) o osamentas enrejadas dobles estrechas o juntas (para un empastamiento del relleno) podrían también utilizarse, para los Prefabricados de Componentes pesados combinados [E.5.2*]. En estos casos, la estructura maestra tiene que estar arriostada por sus propios elementos principales o secundarios.

4.12.5.c Prefabricados de Unidades volumétricas [E5.3] y [E5.3*]

Para los Prefabricados de Unidades volumétricas se pueden dar las mismas recomendaciones sobre las estructuras auxiliares y su ubicación respecto a las estructuras maestras que para los Prefabricados de Componentes pesados.

SEGUNDA parte

Tratándose de tecnologías, por lo general, altamente tecnificadas, se tiene que diseñar muy detalladamente las estructuras auxiliares para que se adecuen perfectamente a las estructuras maestras, pudiendo inclusive contribuir a mejorar la resistencia y calidad de estas últimas.

Se tiene que tomar en cuenta, la posibilidad de plegamiento de las Unidades volumétricas para su traslado. Lo que implica sistemas de conectores y bisagras a veces muy sofisticados.

4.13 UBICACIÓN DE LAS OSAMENTAS SEGÚN CRITERIOS ARQUITECTÓNICOS DE APARIENCIA DE LA ESTRUCTURA MAESTRA

4.13.1 Todos los elementos de la estructura maestra quedan visibles de ambos lados de la pared

Todos los elementos de la estructura maestra quedan visibles de ambos lados de la pared cuando no son recubiertos por el relleno. Lo que es frecuente en los Entramado pesados [Ent.p] que tienen elementos de fuerte sección en su estructura maestra y por lo general osamentas ubicadas en forma axial o descentrada.

4.13.2 Todos los elementos principales de la estructura maestra quedan visibles sobre un lado de la pared y solamente una parte de ellos (generalmente los principales) quedan visibles del otro lado

Encontramos este caso cuando los elementos secundarios o de menor sección se encuentran descentrados respecto al eje de los elementos principales y con una de sus caras en el mismo plano de la estructura de mayor sección.

Utiliza en general osamentas descentradas fijadas en los elementos más gruesos.

4.13.3 Todos los elementos de la estructura maestra o los elementos más importantes quedan visibles sobre un lado de la pared y escondidos del otro

Este caso se encuentra frecuentemente con estructuras más delgadas como en los Entramado livianos [Ent.l] cuando se coloca la osamenta de un lado de la estructura maestra, osamenta lateral exterior o interior. Se puede observar también en los Entramado más gruesos que utilizan osamentas bi-situadas axial o descentrada y lateral interior o exterior.

4.13.4 Una parte de los elementos de la estructura maestra (generalmente los principales) quedan visibles de ambos lados de la pared

Una parte de los elementos de la estructura maestra (generalmente los técnicas mixtas de construcción con tierra

principales) quedan visibles de ambos lados cuando los elementos secundarios o de menor sección se encuentran generalmente en el eje de los elementos principales soportando una osamenta (axiales, descentradas o internas dobles) o cuando sirven de montura a esta última. Estos casos son frecuentes en los Entramado pesados [Ent.p], en los Entramado livianos [Ent.l], y en los Prefabricados de Paneles modulares [Pre.Pm].

4.13.5 La estructura maestra queda escondida

La estructura maestra no es visible sobre todo cuando la osamenta es lateral doble (bilateral). Este caso es frecuente en los Armazones [Arm] (en diversas formas de bahareque) y en los Entramado livianos [Ent.l]. Las paredes pueden ser «llenas» o «huecas» según los casos.

NOTA: Existen múltiples variantes de todos estos casos; por ejemplo cuando solamente se dejan visibles los cornijales y se esconden todos los demás elementos de la estructura maestra; cuando se utiliza osamentas axiales pero se «revoca» la estructura maestra con el relleno o con un estucado (Quincha limeña) etc...

4.14 UBICACIÓN Y TIPOS DE OSAMENTA E INFLUENCIA SOBRE LA COLOCACIÓN DEL RELLENO

4.14.1 Ubicación axial o descentrada - (muro lleno)

La ubicación axial o descentrada esta conveniente a las osamentas elementales ralas en escalones encajados en ranuras verticales entalladas en los pie-derechos de la estructura maestra (caso frecuente en los Entramado pesados [Ent.p]). Ubicadas al medio o dentro del grueso de la pared, las osamentas elementales ralas axiales o descentradas inducen métodos de colocación del relleno por «trenzado» o «a horcajadas». Largas fibras embarradas envuelven sólidamente la osamenta, incrementando la fijación entre el relleno y las estructuras auxiliares y maestras.

La distancia entre los pie-derechos no tiene que ser demasiada larga. Un espaciamiento de 30 cm permite el uso de osamentas elementales internas muy rígidas.

Cuando el espaciamiento entre los pies derechos sobrepasa los 30 cm o 40 cm, es preferible usar osamentas enrejadas, osamentas reticulares estrechas u osamentas tejidas estrechas. Se empasta por ambos lados estas estructuras auxiliares, logrando así una buena repartición de la masa del relleno.

4.14.2 Ubicación externa lateral interior o exterior - (muro lleno)

Para una ubicación externa lateral interior o exterior, se pueden utilizar osamentas elementales estrechas con listonería horizontal o diagonal,

SEGUNDA parte

osamentas elementales tupidas, osamentas esteradas, osamentas reticulares estrechas o «en malla», y en forma muy particular (por razones térmicas) osamentas llenantes laterales.

Las osamentas laterales interiores o exteriores se colocan, generalmente, por simple clavado o amarrado sin mayor ensamble lo que permite una puesta en obra bastante rápida.

En los Entramados livianos [Ent.I], las osamentas laterales exterior o interior pueden contribuir al arriostramiento de la pared si los listoncillos clavados en diagonal no son demasiado delgados y si hay poca separación entre ellos (de 3 cm a 5 cm).

El relleno se puede aplicar por empastado manual o proyección mecánica. Es preferible proceder por varias capas, asegurándose desde la primera capa una buena penetración de la mezcla en la osamenta. Este modo de empastado proporciona un relleno más regular y permite controlar su adherencia.

Pero la masa del relleno queda en gran parte de un solo lado de la osamenta; (llenando el grueso de la estructura maestra) que no resulta muy favorable, pues crea un desequilibrio contraproducente en caso de esfuerzos dinámicos (sismos).

Las osamentas laterales exteriores o interiores también pueden servir de soporte a los revoques o estucados.

4.14.3 Ubicación interna doble o lateral doble

La ubicación interna doble o lateral doble conviene particularmente, a las osamentas elementales ralas, osamentas enrejadas, osamentas reticulares ralas y estrechas y a las osamentas esteradas tupidas colocadas de ambos lados de los elementos más gruesos de la estructura maestra (osamenta lateral doble) o de ambos lados de elementos de menor espesor (osamenta interna doble).

Las masas del relleno están por lo general bien equilibradas en relación a la osamenta y el conjunto posee una mejor homogeneidad estructural que en el caso anterior (colocación unilateral de la osamenta). La colocación del relleno se puede efectuar por «llenado», por «embutido» o por empastado según el tipo de osamenta y según se desee paredes llenas o más o menos huecas.

4.14.3.a Ubicación lateral doble (muro lleno)

No exige muchos requisitos en cuando a la preparación del material de relleno, inclusive puede utilizar materiales muy diversos como piedras y escombros en vez de barro y paja. Sin embargo hay que evitar demasiada

disparidad en la composición del material del relleno, que podría ocasionar disturbios por su diferencia de comportamiento.

En el caso de Osamenta «Rala» doble se llena la estructura por «embutido»; (tal es el caso del bahareque y del pau-a-pique). En caso de una osamenta elemental estrecha doble (formando un cajón) se procede por llenado interno

Pero en el caso de aplicación de barro y paja por proyección mecánica sobre una osamenta estrecha doble conformada por listoncillos, la potencia de proyección permite al material atravesar la primera capa (listonería) para colgarse sobre la segunda. En este caso los listones serán dispuestos al tresbolillo y separados entre sí por unos 5 cm. Un ensayo previo permite encontrar la separación óptima que depende del tamaño de las fibras y de la potencia del equipo de proyección.

4.14.3.b Ubicación interna doble o lateral doble (muro semi-hueco o hueco)

Utilizando osamentas elementales ralas, horizontales y dobles, se puede colocar «ahorrajadas» bolas de una mezcla de tierra con muchas fibras cuando las separaciones entre los «barrotes» tienen un mínimo de 7 cm (lo que permite el paso de la mano con las «bolas» de tierra). Según el grado de penetración de la mezcla al interior de la osamenta doble se puede llenar completamente la pared o al contrario dejar un vacío interno.

Si se utilizan osamentas elementales estrechas, horizontales o diagonales (con listones separados de 3 cm hasta 5 cm entre los «barrotes») se puede colocar el relleno por «empastado» de ambas caras. De esta manera, el muro queda en gran parte hueco.

Si el material de relleno, no es barro sino estuco, se tiene que reducir todavía más la separación entre los barrotes (3 cm). Este tipo de acabado fue tradicional en países como Inglaterra desde el siglo XVI. El estuco era preparado con cal y tenía, a veces, motivos decorativos grabados, o moldeados en relieve y no siempre las paredes estaban rellenas con barro.

En ciertas variantes de la quincha tradicional peruana ([Ent.p/ma],{Os1.tup.H-H/bu}) se utilizaron osamentas elementales tupidas horizontales (raramente verticales) y laterales dobles. El relleno se efectuaba por empastamiento de ambas caras de la osamenta doble, dejando la pared hueca.

Otro ejemplo de pared hueca con osamenta esterada doble empastada se puede observar en el sistema experimental de Prefabricado de paneles modulares ([Pre.Pm/ma],{Os5.tup.X-X/bu}) diseñado por el laboratorio de estructuras de la P.U.C.P. en el Perú. ■

5. LA MADERA

5.1 NOCIONES BÁSICAS

La madera es un material muy conocido y numerosas reglamentaciones oficiales rigen su utilización en la construcción.

En las técnicas mixtas de construcción con tierra procesada que requieren madera para sus estructuras maestras y/o auxiliares, se tendrá que aplicar, en principio, las normas y recomendaciones vigentes para la construcción con madera, en particular las que se refieren a los procedimientos y detalles constructivos recomendables en zonas sísmicas. Además se tendrá que considerar, en los diseños y cálculos estructurales, las cargas adicionales y exigencias constructivas específicas ligadas al soporte de un relleno de origen mineral.

Por lo tanto, se tendrá que observar, en la medida de lo posible, las normas y recomendaciones oficiales para la construcción con madera. Para América Latina, y en particular para los países andinos, las investigaciones del proyecto PADT-REFORT publicadas por la Junta del Acuerdo de Cartagena ofrecen una preciosa fuente de datos al respecto.

A continuación se señalan algunos aspectos básicos ligados al empleo de la madera que deben tomarse en cuenta cuando se diseña un proyecto con una técnica mixta de construcción con tierra procesada.

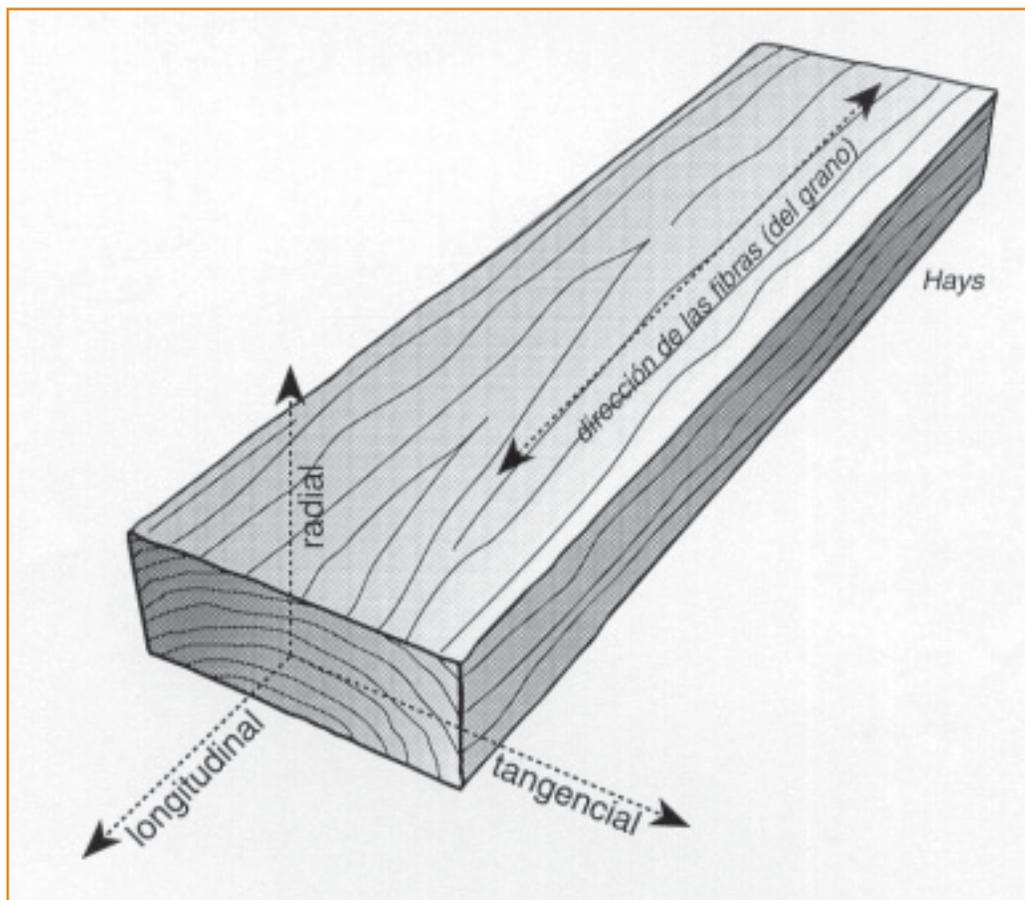


fig. 30

Dirección de las fibras en la madera (© Hays)

5.1.1 La madera: un material orientado

La madera es un material de origen biológico constituido por diferentes tejidos celulares, principalmente de un tejido de sostén compuesto por células huecas, alargadas y fusiformes cuya orientación longitudinal da a la madera su estructura fibrosa, podemos decir que es un material orientado.

5.1.2 La madera: un material heterogéneo

Es un material heterogéneo en virtud de las diferencias existentes entre los elementos constitutivos de los tejidos (de 40% a 50% de celulosa, de 20% a 30% de lignina, y de 20% a 25% de hemicelulosa).

5.1.3 La madera: un material anisótropico

Es un material anisótropo(*) pues la textura y dirección de sus fibras hace que su comportamiento sea muy diferente según la dirección de aplicación de los esfuerzos que la solicitan. La máxima resistencia a la compresión y a la tracción se produce cuando coinciden la dirección de los esfuerzos y la de las fibras. Por el contrario, la máxima resistencia al esfuerzo cortante se produce en dirección perpendicular a las fibras [Fig. 30].

(*) *Anisótropo: Una sustancia o un cuerpo son isotropos cuando sus propiedades varían según la dirección considerada aún si el medio o la materia es homogénea.*

5.1.4 La madera: un material higroscópico

La madera es un material higroscópico(*), característica propia de sus principales elementos constitutivos. Puede perder o ganar agua según su contenido inicial de humedad, y en función de las condiciones de humedad relativa y temperatura del medio ambiente.

Según el grado de humedad de la madera, se consideran diferentes estados, que corresponden a diferentes condiciones de utilización. En la medida de lo posible se debe utilizar madera con un grado de humedad muy próximo al de las condiciones ambientales de la obra que se planifica.

Se llama humedad de equilibrio el contenido de humedad que adquiere la madera expuesta al ambiente durante un tiempo prolongado. La humedad de equilibrio esta sujeta a las fluctuaciones anuales o estacionales de acuerdo con el clima del lugar.

En función de la humedad y de su peso específico, la resistencia de la madera seca, varía sensiblemente.

5.2 CARACTERÍSTICAS

5.2.1 Densidad Básica

Es la relación entre la masa anhidra de una pieza de madera y su volumen verde. Se expresa en g/cm^3 . 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.

La densidad básica de las coníferas varía de $0,35 \text{ g/cm}^3$ a $0,50 \text{ g/cm}^3$

La densidad básica de las latifoliadas varía de $0,13 \text{ g/cm}^3$ a $1,20 \text{ g/cm}^3$

Según la Junta del Acuerdo de Cartagena y a partir del estudio de 20 especies maderables latifoliadas peruanas, se hizo la clasificación siguiente:

Grupo	Densidad Básica
A	$\geq 0,71 \text{ g/cm}^3$
B	$0,56 \text{ g/cm}^3$ a $0,70 \text{ g/cm}^3$
C	$0,4 \text{ g/cm}^3$ a $0,55 \text{ g/cm}^3$

Bases de dato: Agrupamiento de maderas para uso estructural - Norma y comentarios - Norma Técnica de Edificación E-101 - ININVI - NTE (Perú)

- Las maderas del grupo A, se recomiendan para uso en construcción pesada (y marina). Se trata de maderas de alta durabilidad y resistencia pero con trabajabilidad dificultosa.
- Las maderas del grupo B, se recomiendan para estructuras semi-pesadas (piezas y partes estructurales de cierta envergadura).
- Las maderas del grupo C, se pueden utilizar en la construcción corriente donde se debe combinar resistencia, facilidad de trabajo y de puesta en obra (clavado, corte, ensamblaje, montaje etc.)

(*) Higroscópico: que absorbe la humedad, en particular del medio ambiente.

5.2.2 Alterabilidad por variación de temperatura (Expansión y Retracción)

Las variaciones de dimensión se miden en las tres direcciones de la madera: tangencial, radial y longitudinal (o axial).

Las variaciones que se producen en las dimensiones de la madera debidas a los cambios de temperatura son muy leves. Valores típicos de la dilatación tangencial se encuentran entre 3 y 4 x10⁻⁶ por °C. La dilatación tangencial varía entre 25 x10⁻⁶ a más de 40 x10⁻⁶ por °C y la radial entre 15 x10⁻⁶ y 30 x10⁻⁶ por °C

5.2.3 Alterabilidad por variación de humedad (Expansión y Retracción)

La alterabilidad por variación de humedad es mucho mayor que por variación de temperatura, siendo necesario tomarla en cuenta en el diseño de un sistema constructivo.

La contracción es mínima en el sentido longitudinal pero significativa en el sentido tangencial, siendo más o menos el doble que en el sentido radial. Es preferible entonces utilizar un corte radial para piezas que necesitan de mayor estabilidad en su ancho.

5.2.3.a Valores medianos de los coeficientes de retracción por 1 % de variación de humedad

	Tangencial	Radial	Axial
Maderas suaves	0,2% - 0,3%	0,1% - 0,15%	0,01%
Maderas duras	0,3% - 0,4%	0,15% - 0,2%	0,01%

5.2.3.b Ejemplo de cálculo de variación de dimensión en un madero de pino debido a variación de la humedad.

Si se tiene un pie derecho de pino de sección cuadrado de 15 cm de lado y de 2,50 m de largo que se encuentra al exterior y tiene una humedad de 12% en verano y 21% en invierno:

a) Variación de humedad: 21% - 12 %= 9%

b) Retractabilidad

- sentido tangencial 0,25 x 9% = 2,25%
- sentido radial 0,15 x 9% = 1,35%
- sentido axial 0,01 x 9% = 0,09%

c) Variación de dimensiones

- espesor 3,4 mm
- ancho 2,0 mm
- largo 2,25 mm

La importancia de variación de la sección debida a la humedad justifica en particular un sistema constructivo con estructura aparente sobretodo en caso de elementos de madera de mayor sección, en particular en los Armazones pesados (Arm.p), Entramados pesados (Ent.p), Sistemas Poste y Viga (P&V)). Permite también explicar la presencia casi permanente de grietas entre los pies derechos y el relleno de barro.

5.2.4 Resistencia

La resistencia varía notablemente en función de la clase de madera. La anisotropía de la madera produce, lógicamente, no sólo un distinto comportamiento resistente, sino también distintas formas de rotura, en función del tipo de sollicitación y de la dirección de los esfuerzos respecto a la orientación de las fibras.

5.2.4.a Resistencia a la compresión paralela a las fibras (o al grano)

La resistencia a la compresión paralela a las fibras varía entre de 100 kgf/cm² y 900 kgf/cm² para maderas tropicales en función de sus densidades.

En la práctica, la resistencia a la compresión paralela a las fibras, es importante tomarla en consideración sobretodo en el caso de columnas y pie-derechos de las estructuras maestras y cuando se trata de componentes internos de la armadura de un techo.

Para los esfuerzos admisibles en compresión deberán considerarse adicionalmente los efectos de pandeo.

Grupo	Compresión Paralela
A	145 kgf/cm ²
B	110 kgf/cm ²
C	80 kgf/cm ²

Bases de cálculo: Normas de diseño y construcción: Código de construcción con Madera PADT-REFORT / JUNAC - Madera Estructural: Según Norma de Clasificación Visual por defectos PADT-REFORT / JUNAC

5.2.4.b Resistencia a la compresión perpendicular a las fibras (o al grano)

En la práctica, la resistencia a la compresión perpendicular a las fibras, es importante tomarla en consideración en el caso de soleras, durmientes, etc.

Grupo	Compresión Perpendicular
A	40 kgf/cm ²
B	28 kgf/cm ²
C	15 kgf/cm ²

Bases de cálculo: Normas de diseño y construcción: Código de construcción con Madera PADT-REFORT / JUNAC - Madera Estructural: Según Norma de Clasificación Visual por defectos PADT-REFORT / JUNAC

5.2.4.c Resistencia a tracción paralela a las fibras (o al grano)

La madera tiene una gran resistencia a la tracción paralela a las fibras,

pero esta calidad puede ser considerablemente afectada por eventuales defectos.

El esfuerzo de rotura varia entre de 500 kgf/cm² y 1500 kgf/cm² para maderas tropicales, y esta significativamente afectado por la inclinación del grano.

Nota: una inclinación de las fibras por ejemplo de 7° puede implicar una baja de 35% del esfuerzo de rotura en relación con el esfuerzo de rotura paralelo a las fibras.

Grupo	Tracción Paralela
A	145 kgf/cm ²
B	105 kgf/cm ²
C	75 kgf/cm ²

Bases de cálculo: Normas de diseño y construcción: Código de construcción con Madera PADT-REFORT / JUNAC - Madera Estructural: Según Norma de Clasificación Visual por defectos PADT-REFORT / JUNAC

5.2.4.d Resistencia a la tracción perpendicular a las fibras (o al grano)

Se estima que su valor representa aproximativamente del 2% al 5% del esfuerzo de rotura paralelo a las fibras. Para efectos prácticos, la resistencia a la tracción perpendicular es nula.

5.2.4.e Resistencia al esfuerzo cortante paralelo a las fibras (o al grano)

Para las maderas tropicales, la resistencia al esfuerzo cortante paralelo a las fibras varía entre de 25 kgf/cm² y 200 kgf/cm².

Nota: La resistencia al esfuerzo cortante paralelo a las fibras es mayor en la dirección radial que en la tangencial. Aumenta con la densidad aunque en menor proporción que la resistencia a la compresión.

Grupo	Corte Paralelo
A	15 kg/cm ²
B	12 kg/cm ²
C	8 kg/cm ²

Bases de cálculo: Normas de diseño y construcción: Código de construcción con Madera PADT-REFORT / JUNAC - Madera Estructural: Según Norma de Clasificación Visual por defectos PADT-REFORT / JUNAC.

5.2.4.f Resistencia a la flexión paralela a las fibras (o al grano)

Para las maderas tropicales, la resistencia a la flexión paralela a las fibras varía entre de 200 kgf/cm² y 1700 kgf/cm² dependiendo de la densidad de la especie y del contenido de humedad.

En la práctica, la resistencia a la flexión es importante tomarla en consideración sobretodo en el caso de vigas, viguetas, solera superior, dinteles, etc.

Grupo	Flexión
A	210 kgf/cm ²
B	150 kgf/cm ²
C	100 kgf/cm ²

Bases de cálculo: Normas de diseño y construcción: Código de construcción con Madera PADT-REFORT / JUNAC - Madera Estructural: Según Norma de Clasificación Visual por defectos PADT-REFORT / JUNAC.

5.2.5 Modulos de Elasticidad (E)

Módulo de Elasticidad Mínimo (E mínimo) Es el obtenido como el menor valor para las especies del grupo, correspondiente a un límite de exclusión del 5% de los ensayos de flexión.

Módulo de Elasticidad Promedio (E promedio) Es el obtenido como el menor de los valores promedio de las especies del grupo, correspondiente al promedio de los resultados de los ensayos de flexión.

Grupo	E mínimo	E promedio
A	95.000 kgf/cm ²	130.000 kgf/cm ²
B	75.000 kgf/cm ²	100.000 kgf/cm ²
C	55.000 kgf/cm ²	90.000 kgf/cm ²

Bases de cálculo: Normas de diseño y construcción: Código de construcción con Madera PADT-REFORT / JUNAC - Madera Estructural: Según Norma de Clasificación Visual por defectos PADT-REFORT / JUNAC

5.2.6 Dureza

Es la mayor o menor facilidad que ofrecen las diferentes maderas a la penetración, corte o pulido; depende de la cohesión de sus fibras y de su estructura. Siempre es más duro el duramen que la albura y más blanda la madera verde que la seca.

5.2.7 Durabilidad natural

Se llama durabilidad natural de una madera a su aptitud más o menos pronunciada para resistir a los ataques de los insectos y de los hongos.

El conocimiento de la durabilidad natural de una madera es tan importante como el conocimiento de su resistencia mecánica, pues estas dos características determinaran su posibilidad de utilización.

5.3 PROTECCIÓN CONTRA LA HUMEDAD

La presencia de humedad favorece la formación de todo tipo de podredumbre debida a hongos. Las condiciones óptimas para el desarrollo de estos hongos se encuentran con una humedad relativa, de la madera, de 20% hasta 50% y una temperatura de 18°C hasta 25°C. Con una tasa de humedad inferior a 20% la madera no es afectada por los hongos. La primera medida de conservación consiste en prever y eliminar las causas de humedad en la madera. Tres fuentes principales de humedad pueden distinguirse: el agua de lluvia, la condensación y la absorción capilar.

5.3.1 Agua de lluvia

Un muro recibe normalmente una cierta cantidad de agua durante las lluvias, sobretodo en las fachadas expuestas al viento. Una parte del agua que entra en contacto con el muro es absorbida, mientras que la mayor parte se escurre a lo largo de la pared hacia el suelo. Grietas en la madera o en el revestimiento favorecen a la penetración del agua. Se pueden tomar las medidas de prevención citadas a continuación:

5.3.1.a Aleros

Diseñar aleros de techo amplios.

5.3.1.b Forros

Colocar sobre las fachadas muy expuestas a la lluvia una protección adecuada: forro con «shingles» o con materiales resistentes al agua sin olvidar una buena ventilación en sus caras internas.

5.3.1.c Cepillado

Cepillar los elementos de madera directamente expuestos aunque las opiniones divergen al respecto ; en algunos sitios, la costumbre es de no cepillar la madera exterior para frenar el deslizamiento del agua.

5.3.1.d Posicionamiento

Evitar tener elementos de madera (de canto) salientes expuestos a la intemperie o al contacto con el agua.

5.3.1.e Sobresalientes

Evitar sobretodo elementos sobresalientes, horizontales o inclinados, aparentes en la fachada, que pueden retener una parte del agua de lluvia y favorecer su penetración en el muro,

5.3.1.f Antepechos

Diseñar antepechos de ventanas con un vuelo mínimo de 25 mm y con goterón en su cara inferior. Prever también un remate o dos surcos en las

partes laterales de los antepechos, para que desvíen el agua hacia el borde delantero.

5.3.2 Condensación

El vapor de agua que migra desde el interior de la casa hacia el exterior, puede llegar a condensarse al encontrar una barrera fría o impermeable. Si este fenómeno de condensación ocurre en la cara exterior del muro, la humedad interna de éste puede alcanzar tasas muy altas y favorecer el desarrollo de podredumbres. Se tiene que respetar dos principios generales para evitar este problema: la colocación interna de materiales impermeables y la ventilación natural de la cara exterior.

5.3.2.a Colocar los materiales más impermeables hacia la cara interior del muro. Evitar por ejemplo la aplicación de revestimientos exteriores poco permeables.

5.3.2.b Dejar una ventilación natural en la cara exterior. Esto se tiene que observar sobre todo en el caso de usar un forro exterior.

5.3.3 Absorción capilar

El agua del suelo puede subir a través de los materiales del cimiento y del sobrecimiento hasta llegar a los elementos de madera. Este fenómeno afecta la estructura en su base, y es muy difícil ponerle remedio en una construcción ya existente. Una protección eficaz contra la subida de humedad es siempre imprescindible. Según el diseño de la construcción, se pueden proponer diversas soluciones.

5.3.3.a Protección con altos sobrecimientos

Es el sistema tradicional para evitar la subida de humedad. La altura del sobre cimiento alcanza a veces el nivel de las ventanas.

En efecto, la humedad casi nunca sube más de 1 m por encima del nivel del suelo. Esta configuración protege, además, la base del muro contra las salpicaduras de agua.

5.3.3.b Protección con membranas impermeables

Se puede reducir la altura del sobrecimiento a condición de colocar una barrera impermeable debajo de la solera de madera. Se emplean como barrera impermeable los materiales siguientes:

- a) Asfalto con base de arpillera,
- b) Polímeros,
- c) Tres hiladas de ladrillos especiales no absorbentes,
- d) Plomo,
- e) Zinc,
- f) Aluminio,
- g) Polietileno, grueso.

Las soluciones empleadas habitualmente para la construcción de madera también pueden aplicarse en estructuras con relleno de origen mineral. Sin embargo, debido a la menor altura del sobrecimiento, las salpicaduras de agua del suelo pueden afectar seriamente la base del muro.

5.4 PRESERVACION DE LA MADERA

5.4.1 Productos de preservación

Hay diferentes tipos de productos para proteger la madera: productos hidrosubles, aceites o soluciones orgánicas.

5.4.1.a Productos hidrosolubles

Son sales minerales que tienen propiedades biocidas. Las sales principales son derivadas del amoníaco, arsénico, boro, flúor, cobre o zinc. Para poder fijar estas sales en la madera se utilizan sales de cromo (bicromatos).

5.4.1.b Aceites

Son productos de destilación de la hulla como la creosota.

5.4.1.c Soluciones orgánicas

Están constituidas por materias activas disueltas o diluidas en un solvente, producto de la destilación del petróleo. Las materias son biocidas o biostáticas y provienen de cuerpos orgánicos de síntesis. Los aceites y soluciones orgánicas deberán emplearse en madera seca (humedad <20%).

Los productos a base de sales presentan la ventaja de poderse aplicar tanto en madera húmeda como en seca, más aún, la humedad favorece la impregnación, pero existe el inconveniente que estos productos son solubles en el agua de lluvia por lo que maderas tratadas de esta forma, no pueden quedar expuestas a la intemperie.

5.4.2 Procedimientos para el tratamiento de la madera

Se puede proceder por:

- a) Enjalbegado,
- b) Pulverización,
- c) Inyección o Perforación,
- d) Remojo rápido,
- e) Inmersión,
- f) Inyección bajo presión en autoclave.

Los procedimientos que se usan para la madera de construcción tienen por objetivo las metas enunciadas a continuación.

5.4.2.a Remplazado de la savia por el líquido de preservación

- Procedimiento Boucherie empleado sobre todo para postes de madera resinosa.

5.4.2.b Difusión de sales en la madera verde

- Por remojo rápido en soluciones muy concentradas,
- Por inmersión prolongada en soluciones medianamente concentradas (para madera con humedad >25%).

5.4.2.c Impregnación profunda de la madera seca

SEGUNDA parte

- Por inyección mecánica, utilizando el efecto de «vacío» para extraer el aire de las células y la presión para empujar el líquido en profundidad.

5.4.2.d Impregnación superficial de la madera seca aserrada

- Impregnación de células vacías sin buscar el «rechazamiento».
- Impregnación por capilaridad a partir de la superficie:
 - Por remojo rápido de unos minutos.
 - Por aspersión bajo túnel, (reciclaje de productos de tratamiento).
 - Por perforación de huecos de 7 mm a 12 mm de diámetro, espaciados de 15cm a 25 cm, al tresbolillo, y orientados en diagonal o verticalmente. Los huecos son llenados varias veces con el producto de tratamiento y tapados con tarugos tratados (Profundidad: 3/4 esp. madera).
 - Por perforación mecánica de entalladuras de 2 mm a 5 mm de profundidad y 10 mm a 15 mm de largo para reducir los tiempos de remojo.

Nota: Todos los productos químicos de preservación de la madera son de alta toxicidad. Tienen que ser manipulados con sumo cuidado y con protecciones apropiadas.



6. BAMBÚ Y CAÑA

Sobre los bambúes y las cañas, se han desarrollado numerosos estudios e investigaciones. Se señalan a continuación datos y recomendaciones importantes que tener en cuenta para su utilización como material de construcción.

6.1 EL BAMBÚ

La palabra bambú proviene de la expresión MAMBU originaria de Malasia y designa una planta vivaz, leñosa, de tallos lisos generalmente cilíndricos y huecos con tabiques transversales.

En cada nudo hay una membrana que obtura completamente la parte hueca entre los nudos. El diámetro de la sección hueca es muy variable y en algunas especies no subsiste más que un vestigio de esta cavidad.

SEGUNDA parte

Los tejidos de las cañas de bambú están constituidos por células de parenquima, vasos, paredes fibrosas y canales. Son estas fibras que le dan su solidez y los elementos nutritivos como el almidón serán almacenados en las células de parenquima que representan aproximadamente el 70% de la masa de los tejidos. Todas las células están orientadas en sentido vertical y las cañas están revestidas tanto interior como exteriormente de cutículas duras y cerosas, que ofrecen una gran resistencia a la penetración o a la absorción de agua, especialmente al estado seco, esta última característica tendrá gran importancia cuando se trate de aplicar un tratamiento de protección

Los bambúes tienen la particularidad de poder rajarse muy fácilmente en sentido longitudinal, lo que permite transformarlos en latas y cintas con diversas aplicaciones en las estructuras maestras.

6.1.1 Tipos de bambúes empleados en la construcción

En botánica los bambúes se clasifican en la familia de las gramíneas y se subdividen aproximadamente en 50 géneros y más de 700 especies diferentes, sus características varían considerablemente de una especie a la otra. Los bambúes más conocidos, por sus diversas aplicaciones en la construcción de viviendas, corresponden a los siguientes géneros:

6.1.1.a Tipos de bambúes en el hemisferio oriental

- a) Arundinarias
- b) Bambusa
- c) Cephalostachyum
- d) Dendrocalamus
- e) Gigantochloa
- f) Melocann
- g) Phyllostachys
- h) Schizostachym

6.1.1.b Tipos de bambúes en el hemisferio occidental

- a) Guadua,
- b) Chusquea.

6.2 LAS CAÑAS

La palabra «caña» engloba muchas especies de bambusas. Las cañas son plantas muy ávidas de agua, con tallos verticales, cilíndricos y huecos, reforzados por tabiques transversales que corresponden a los nudos.

La mayoría de los «entrenudos» son huecos, pero hay excepciones, en algunas especies los tallos jóvenes están llenos de savia que se reabsorbe progresivamente cuando maduran.

Según las especies las cañas son plantas anuales o vivaces, en los dos casos la mayoría de los tallos mueren un año después de la floración

6.2.1 Tipos de cañas empleadas en la construcción

Al igual que los bambúes, las cañas pertenecen a la familia de las gramíneas. Las más empleadas en la construcción corresponden a las siguientes especies:

- a) Arundo donax (Caña gigante, Caña bambú, Vara de cohete),
- b) Gynerium sagittatum (Caña brava, Caña blanca, Caña amarga, Uba, Vara de tusa),
- c) Phragmites communis (Caña acuática común),
- d) Phragmites graminea e (Qassab),
- e) Phragmites Karka (Nal, Sarkanda),
- f) Saccharum arundinaceum (Munj),
- g) Saccharum spontaneum (Ekra).

6.3 CARACTERÍSTICAS DE LOS BAMBÚES Y DE LAS CAÑAS

6.3.1 Dimensiones

Tanto los bambúes como las cañas son de tamaño y diámetro muy variables, algunas especies llegan a medir 36 m mientras que otras se asemejan a arbustos. Su diámetro varía entre 1cm y 30 cm Los bambúes que comúnmente se encuentran en el mercado miden de 8 m a 10 m con un diámetro que varía entre 6 cm y 10 cm

6.3.2 Velocidad de crecimiento

El crecimiento del bambú comienza lentamente, luego se acelera (época de lluvias), y es muy rápido, del orden de 7 cm por día, pudiendo llegar hasta 35 cm ó 40 cm por día, esta tasa de crecimiento persiste de manera continua durante un mes aproximadamente.

Algunas especies pueden ser utilizadas en la construcción 3 ó 4 años después de ser plantadas.

6.3.3 Retracción

6.3.3.a Retracción función de la madurez

La retracción que se produce en el bambú depende de su contenido inicial de humedad, en una misma especie se observa que el encogimiento de los tallos maduros es inferior al de los tallos que aún no han llegado a su madurez, y que estos últimos se quiebran frecuentemente durante la operación de secado.

6.3.3.b Retracción función del tipo de bambúes

Diferentes tipos de bambúes sometidos a una operación de secado, hasta obtener 20% de humedad, sufrieron un encogimiento distinto, el porcentaje de retracción varía según las especies y es aproximadamente de:

- a) Diámetro: entre 3% y 12%.
- b) Espesor de la pared: entre 4% y 16%.
- c) Largo: 0,1%.

6.3.4 Época de corte

Las cañas al estado húmedo son fáciles de cortar, pero al estado seco adquieren gran dureza. Se las debe cosechar en la época adecuada, pues una caña cortada antes de que llegue a su madurez al secarse se contrae demasiado y tiene poca durabilidad. También se arruga y es fácilmente atacable por los hongos e insectos xilófagos.

6.3.5 Peso específico y peso volumínico

El peso de los bambúes y de las cañas es relativamente ligero en comparación a la madera de construcción.

El peso específico del bambú varía entre $0,5 \text{ kg/m}^3$ y $0,79 \text{ kg/m}^3$ aproximadamente con un valor promedio de $0,65 \text{ kg/m}^3$.

El peso volumínico del bambú correspondiente a un peso específico promedio de $0,65 \text{ kg/m}^3$ es de 648 kg/m^3 .

El peso volumínico de la caña se sitúa entre 130 kg/m^3 y 180 kg/m^3 .

6.3.6 Resistencia

Las diferencias de resistencia de una especie a otra, son más grandes que las que se observan dentro una especie determinada.

La resistencia varía según: la especie, la edad, las condiciones de crecimiento, el contenido de humedad, la disposición de los nudos y su repartición a lo largo del tallo.

Ensayos efectuados en bambúes maduros y secados al aire libre dan los siguientes resultados :

6.3.6.a Módulo de elasticidad (E)

125.000 kgf/cm^2 a 195.000 kgf/cm^2

6.3.6.b Resistencia a la tracción (admisible)

900 kgf/cm^2 a 1.700 kgf/cm^2

6.3.6.c Resistencia a la compresión longitudinal en el sentido de la fibras

315 kgf/cm^2 a 725 kg/cm^2

La resistencia del bambú aumenta hasta llegar a la madurez, luego, salvo algunas excepciones, no se aprecia una modificación importante.

El contenido de humedad influye sobre la resistencia a la compresión pasando de simple a doble según se trate de un bambú al estado verde, o secado al aire libre.

6.3.6.d Nudos y riesgo de resquebrajaduras

a) La disposición de los nudos es importante cuando se trata de resistencia a la flexión, pero no tiene ninguna influencia cuando se trata de resistencia al aplastamiento.

b) Los bambúes y las cañas tienen tendencia a rajarse fácilmente, particularmente en los intervalos entre los nudos.

c) El riesgo de resquebrajaduras desaconseja el empleo de clavos, tornillos o tarugos a menos que los huecos se hayan perforado con anterioridad.

6.3.7. Vulnerabilidad

El bambú es muy susceptible de ser destruido por los insectos lignívoros, por los hongos y por el fuego. El medio y la parte superior de los tallos ofrecen menos resistencia que su parte inferior.

6.3.8 Durabilidad

La durabilidad varía considerablemente de una especie a otra. En general la durabilidad de un bambú, no tratado, es poca.

a) Postes de bambú, enterrados en la tierra perecen al término de 6 a 24 meses.

b) Por el contrario bambúes que están sobre el suelo tienen una vida útil de 22 a 41 meses.

c) Cuando están al abrigo y sin contacto con el suelo pueden durar de dos a siete años.

6.4 ALGUNAS ESPECIES DE AMÉRICA DEL SUR Y AMÉRICA CENTRAL

6.4.1 GUADUA ANGUSTIFOLIA

6.4.1.a Nombre común

Guadua, Caña de guayaquil, Bambú.

6.4.1.b Lugar

Ecuador, Colombia, Perú, y región oriental de América del Sur de Argentina a Panamá.

6.4.1.c Dimensiones

a) Largo 27 cm

b) Diámetro 15 cm

c) Espesor de pared 2 cm

6.4.1.d Particularidades

Nudos relativamente próximos.

6.4.1.e Utilización

Construcciones de diferentes tipos, en algunas regiones las viviendas son edificadas totalmente con este material.

6.4.1.f Durabilidad

Resiste muy bien a los ataques de los insectos y a los hongos.

6.4.2 CHUSQUEA SPP.

6.4.2.a Nombre común: Chusque, Carrizo, Suro.

El carrizo es una gramínea que se desarrolla fácilmente en las riveras de los ríos costeros y acequias, así como en la ceja de selva.

Su crecimiento es muy rápido, llegando a su madurez alrededor de los dos años. Se reconoce que la planta está madura cuando la mayoría de sus hojas se secan y el tallo adquiere coloración amarillenta.

6.4.2.b Lugar

América Central y del Sur; regiones que se extienden de México a Chile y a Argentina.

6.4.2.c Dimensiones:

a) Largo 6 m o más

b) Diámetro 1 cm a 4 cm

6.4.2.d Particularidades

Tallos largos y espigados con mucha savia.

6.4.2.e Utilización

Techos y muros; especialmente en los Armazones [Arm] (Bahareque), en los Entramados pesados (Quincha tradicional) [Ent.p], en los Entramados livianos (Tabiquería) [Ent..p.l] y en los Prefabricados de Paneles modulares (Quincha prefabricada) [Pre.pm].

6.4.2.f Durabilidad

Expuesta al intemperismo, es fácilmente atacada por los insectos xilófagos, este ataque es mucho más intenso en climas cálidos y húmedos, que en climas fríos.

6.4.2.g Resistencia

Tiras de carrizo sometidas a ensayos de tracción han logrado resistir cargas por encima de 1,000 kgf/cm², lo que da un índice de su gran resistencia.

6.4.3 GYNERIUM SAGITTATUM (CAÑA)

6.4.3.a Nombre común: Caña brava, Caña blanca, Caña amarga, Uba, Vara de tusa

Es una gramínea de tallo casi sólido, con las hojas fuertemente adheridas al tallo, formando un conjunto bastante denso. Al igual que el carrizo se desarrolla con mucha facilidad en las playas y riveras de los ríos costeros y de ceja de selva. Se reconoce que la caña brava ha llegado a la madurez, cuando aparece la florescencia.

6.4.3.b Lugar

América Central y del Sur, principalmente en baja altitud.

6.4.3.c Dimensiones

a) Largo 7,5 m

b) Diámetro 3 cm

6.4.3.d Particularidades

Intervalos entre los nudos llenos de savia, la que se retrae y quiebra durante el secado, superficie exterior revestida de una piel persistente.

6.4.3.e Utilización

Muros y paneles divisorios, cielos rasos y techos.

6.5 PROTECCIÓN DE LA CAÑA Y DEL BAMBÚ

6.5.1 Corte

- El corte tiene que ser efectuado con herramientas limpias entre 15 cm y 50 cm encima del suelo teniendo cuidado de cortar los tallos en la parte inmediatamente superior a un nudo para evitar la humedad acumulada en este último.
- Los bambúes enteros que se utilizaran como vigas o soleras o como parantes o columnas deberán cortarse de tal forma que quede un nudo en cada extremo o próximo de él, para evitar su aplastamiento o astillamiento.
- No seleccionar bambúes verdes, menores de tres años o que hayan florecido, ni aquellos que presenten fisuras o grietas o que hayan sido atacados por insectos.

6.5.2 Curado

6.5.2.a Curado en el campo

a) Afín de proteger las cañas contra los coleópteros, se colocan los tallos (con sus hojas) en fardos encima del suelo, puestos sobre piedras o ladrillos, apoyándolas sobre cañas vivaces durante 4 hasta 8 días.

b) Se espolvorean los pies de los tallos recién cortados con una mezcla de talco + 5% de DDT (producto altamente tóxico).

c) Además, para luchar contra los hongos es aconsejable tapar la extremidad inferior de los tallos con bastoncillos.

6.5.2.b Curado en el agua

Es un método de curación del bambú por inmersión de los tallos en el agua durante un mes.

6.5.2.c Curado por ahumado

Es un método que permite matar los insectos y endurecer los tallos, poniendo los bambúes encima de un fuego abierto.

6.5.3 Almacenamiento

Los tallos una vez secos, se podan y se llevan hasta el área de almacenamiento donde terminarán de secarse al aire libre durante un mes y medio hasta tres meses, para aumentar así su resistencia y evitar las fisuras. También, se pueden secar en una estufa durante 2 a 3 semanas, pero se aumenta el riesgo de fisuras externas.

Para el almacenamiento es necesario :

- a) Tener una área absolutamente limpia, y si hay termitas, tratar con una emulsión al 4% de DDT (producto altamente tóxico) u otro insecticida.
- b) Drenar cuidadosamente el área.
- c) Proteger el área de la lluvia.
- d) Evitar el contacto de los tallos con el suelo .
- e) Tener una buena ventilación.

6.5.4 Tratamiento preventivo contra insectos y putrefacción

La duración de los bambúes y cañas puede ser prolongada, hasta 15 años más, con un tratamiento preventivo. Existen diversos métodos entre los cuales tenemos :

6.5.4.a Inmersión en el agua

Inmersión en el agua corriente de los bambúes recién cortados durante 3 días hasta 3 meses.

6.5.4.b. Enjalbegado

Enjalbegado con asfalto, lechada de cal o mezcla de estos dos productos con proyecciones de arena.

6.5.4.c Impregnación por capilaridad

Impregnación por capilaridad de los tallos recién cortados con sus ramas intactas en parte superior y sus pies inmersos en 30 cm a 60 cm de una solución apropiada.

6.5.4.d Llenado de los tallos

Llenado de los tallos con productos de protección (tapando una extremidad).

6.5.4.e Procedimiento Boucherie

Procedimiento Boucherie con conexión de los tallos por intermedio de mangueras y a veces de cañas a un tanque lleno de productos de protección (depósito situado a un nivel mas alto). Una variante consiste en utilizar la presión con una bomba de mano conectada al depósito (presión de 1,0 kgf/cm² a 1,4 kgf/cm²).

6.5.4.f Inmersión en baños alter nadamente calientes (90 °C) y fríos

Este procedimiento permite, por ejemplo, una absorción de creosota de 70,4 kgf/m³.

6.5.4.g Impregnación bajo presión

Impregnación bajo presión que permite, por ejemplo, una absorción de creosota de 70 kgf/m³ a 85 kgf/m³. La presión no debe sobrepasar los 5 kgf/cm² sino hay que perforar los nudos.

En el cuadro siguiente se recapitulan algunos métodos, con sus respectivos productos. Se puede lograr una protección de 20 a 30 años de los bambúes y cañas destinados a la construcción.

A: Creosota + Fuel Oil (50 : 50) - Si hay termitos + 1% Dieldrine o 1%

Procedimiento	Producto recomendado		Concentración del producto	Cantidad de producto químico al estado seco conservador en la caña o bambú kgf/m ³
	Verde	Seco	%	
Inmersión en caliente en reservorio abierto o inyección bajo presión		A		32 a 48
Inyección bajo presión		B o C	4	4
Inyección bajo presión		D o E o F	6	8
Procedimiento «Boucherie» modificado durante 4 horas o remojo durante 15-20 días	B o C		4	4

NOTA: La alta toxicidad de estos productos necesitan una manipulación sumamente cuidadosa y una protección adecuada.

de Pentaclorofenol

B: Dicromato de Sodio o Potasio + Sulfato de Cobre + Pentóxido de Arsénico (4 : 3 : 1)

C: Dicromato de Sodio + Sulfato de Cobre + Sexquióxido de Cromo (47,5 : 50 : 1,68)

D: Dicromato de Sodio o Potasio + Sulfato de Cobre + Ácido Bórico (4 : 3 : 1,5)

E: Dicromato de Sodio + Sulfato de Zinc + Ácido Arsénico + Arseniato de Sodio (17 : 30 : 28 : 25)

F: Dicromato de Sodio o Potasio + Cloruro de Zinc (1 : 1)

6.5.5 Tratamiento Ignífugo

Se pueden tratar los bambúes y cañas con productos retardadores de la combustión al igual que la madera. Se indica la solución química siguiente que tiene además la ventaja de ofrecer una protección contra los insectos :

Dicromato de Sodio + Sulfato de Cobre + Cloruro de zinc + Ácido Bórico + Fosfato de Amonio + Agua (3 : 1 : 5 : 3 : 3 : 85).



7. RELLENOS

- Relleno, «piel» hygrotérmica

El relleno se comporta como una «piel» y como tal, procura cierto grado de aislamiento térmico y regula los intercambios higrotérmicos entre el medio exterior y el ambiente interior de la construcción.

- Relleno climatológicamente estable

Expuesto directamente a las agresiones climáticas, el relleno debe ser poco sensible a las variaciones de humedad y a los cambios térmicos. Aunque un estuco puede contribuir a protegerlo de la acción directa de las lluvias, la tierra del relleno no debe ser demasiado activa en presencia de agua para garantizar la durabilidad del muro.

- Relleno mineral compatible con estructura vegetal

El relleno debe tener, también, como característica la elasticidad que le permita seguir, sin rajarse, los movimientos naturales de la estructura de madera o de bambú. El relleno a base de tierra contribuye además, con su resistencia mecánica propia, en rigidificar la estructura auxiliar.

El material de relleno es, generalmente, un compuesto de tierra y fibras. La asociación de estas materias primas con características casi opuestas permite lograr un material algo más liviano, permeable al vapor de agua, plástico y perfectamente compatible con una estructura de madera o de

SEGUNDA parte

bambú. (Se han encontrado rellenos en perfecto estado en construcciones de Entramados pesados [Ent.p] del siglo XV, comprobando así que la asociación del «vegetal» con el «mineral» o sea de la madera y del bambú con el barro es un compuesto perfectamente estable en el tiempo).

- Relleno deter minante estético

Siendo la parte más visible de la fachada el relleno con o sin revestimiento influye en el valor estético de la construcción por su ubicación (dejando visible, en totalidad o en parte, la estructura maestra), por su acabado y su tratamiento plástico .

Todos estos requisitos, deben ser cumplidos por el material de relleno, lo que justifica un cuidado particular en la selección de sus componentes a nivel de su mezcla: tierra+aditivos+fibras y de su revestimientos

7.1 LA TIERRA

La «tierra» es el material básico del relleno en las técnicas mixtas de construcción con osamentas .

7.1.1 Tipos de tierra

La tierra empleada en las técnicas mixtas de construcción con tierra sobre osamentas puede tener una composición granular menos restrictiva que las habitualmente recomendadas para las construcciones de adobe, tapial, o bloque prensado.

Por lo tanto, el nivel de reconocimiento y de selección del suelo es por lo general menos exigente, salvo en el caso de edificaciones que formen parte de un patrimonio arqueológico o histórico cuya restauración y conservación necesiten de cuidados especiales.

7.1.2 Granularidad

Se puede plantear que en las técnicas mixtas de construcción con tierra sobre osamentas las partículas finas del suelo como las arenas finas, los limos y las arcillas, son las más determinantes. En efecto, son estas partículas finas que permiten la cohesión de la mezcla, una buena adherencia con las fibras y el pegamiento a las osamentas.

El huso granulométrico elaborado (por la Escuela nacional de obras públicas del Estado en Francia - ENTPE) en base al estudio de tierras reconocidas como buenos materiales de relleno para Entramados pesados [Ent.p] tradicionales constituye una referencia para la selección granular de tierras destinadas a ser utilizadas para técnicas mixtas de construcción con osamentas.

Este huso granulométrico referencial define dos límites: uno con componentes finos, el otro con componentes más gruesos. Entre estos dos límites se encontraban las mejores tierras que utilizar para un relleno.[Fig. 31]

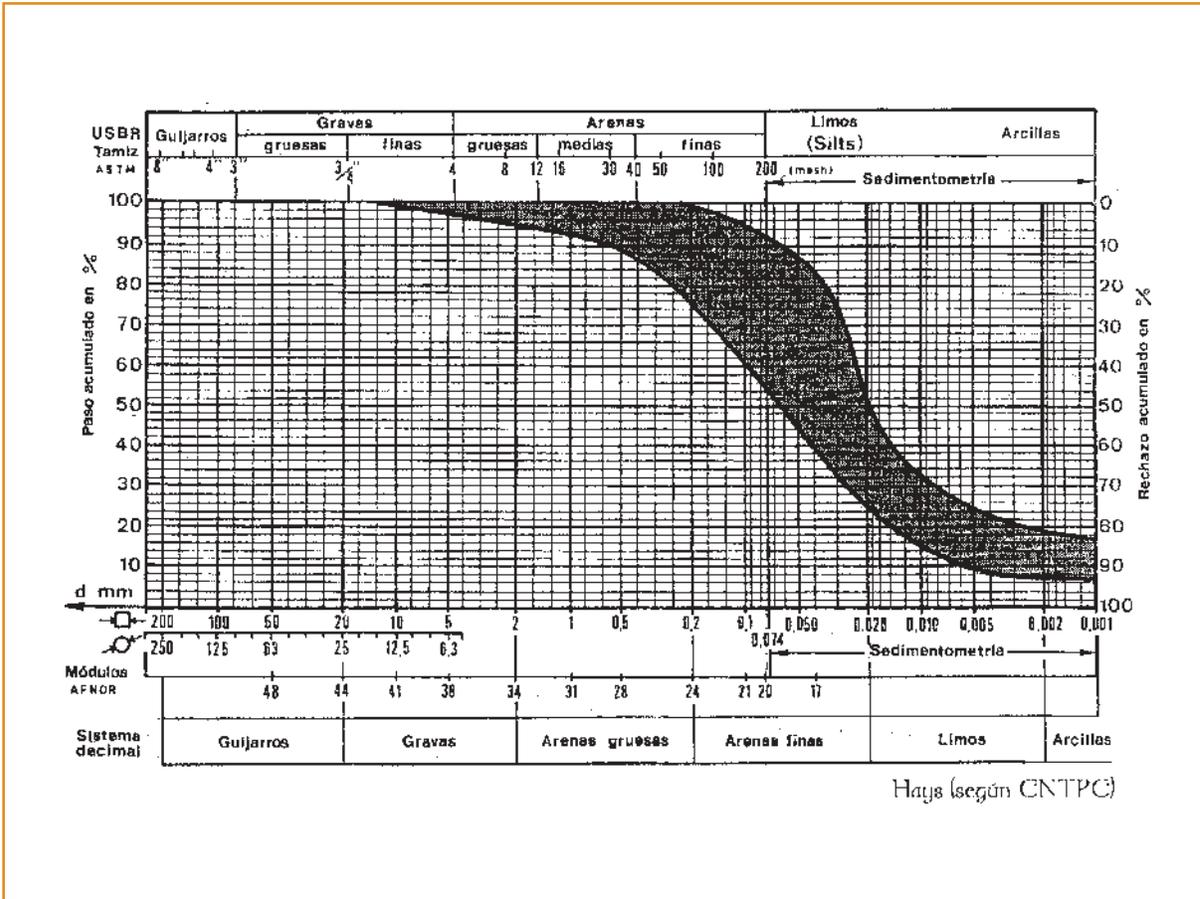


fig. 31

Huso granulométrico de tierras utilizadas para técnicas mixtas de construcción con osamentas (© ENTPE)

7.1.2.a Curva límite con partículas granulares más finas

Clasificación decimal	Clasificación USBR
gravas 0%	gravas 0%
arenas gruesas 1%	arenas gruesas y medias 0%
arenas finas 49%	arenas finas 8%
limos (silts) 31%	silts (incluye arcilla) 92%
arcillas 19%	

7.1.2.b Curva límite con partículas granulares más gruesas

Clasificación decimal	Clasificación USBR
gravas 5%	gravas 3%
arenas gruesas 19%	arenas gruesas y medias 12%
arenas finas 52%	arenas finas 32%
limos (silts) 17%	silts (incluye arcilla) 53%
arcillas 7%	

SEGUNDA parte

Arena

Al analizar los resultados anteriores se deduce que el elemento principal, de estos suelos, es la arena fina (clasificación decimal) cuya proporción representa $\pm 50\%$.

Limo (Silts●)

Los limos (silts) son elementos de transición entre la arena y la arcilla. Las tierras del huso granulométrico (Entramados pesados tradicionales [Ent.p]) solían tener un contenido de limos (silts) bastante alto (clasificación decimal: hasta un $\pm 30\%$)

Riesgos: Los limos (silts) son susceptibles de variaciones de volumen en presencia de agua, sin por lo tanto tener mucha cohesión. Hay que señalar que una proporción demasiada alta de limos (silts) contribuye a la degradación del muro por efecto de la humedad.

Nota: En el sistema USBR, no se marca fronteras granulares «numéricas» entre limos y arcillas (como la de 0,002 mm en la clasificación decimal) y por otra parte, la tendencia es de usar en mecánica de suelo el término de «silts» para nombrar las partículas muy finas llamadas anteriormente «limo» ; este último término, se emplea cada vez más como nombre genérico de ciertas tierras «limosas».

Arcilla

La arcilla es el principal elemento de cohesión del suelo y permite por una parte la adherencia de las fibras de la mezcla, y por otra el pegamiento de la mezcla a la osamenta.

Las tierras del huso granulométrico para Entramados pesados tradicionales [Ent.p.] solían tener un contenido de arcilla relativamente alto (clasificación decimal: entre 7% a 19%).

Riesgos: Según su naturaleza geológica, las arcillas pueden absorber mucha agua lo que provoca su hinchamiento. Tal fenómeno es dañino para el relleno por las rajaduras que se forman al secado y que facilitan la penetración del agua dentro de la masa del muro corroborando a su rápida degradación. Se elegirá de preferencia arcillas que presentan un menor hinchamiento en presencia de agua y que se califican como «poco plásticas» o «poco activas».

7.1.3 Plasticidad

Los límites de Atterberg definen el grado de plasticidad de los componentes finos del suelo. Para el huso granulométrico de referencia anterior

(Entramados pesados tradicionales [Ent.p]) las medidas de la plasticidad fueron :

Índice plástico (IP): entre 4% y 11%

Límite líquido (WL): entre 10% y 40%

Se trataban entonces de suelos clasificados como «poco plásticos».

7.1.4 Actividad

La determinación del Coeficiente de Actividad, permite tener una idea del hinchamiento y de la contracción de un suelo según las variaciones de humedad. Es un criterio que puede ser interesante tomar en cuenta en la selección de las tierras a utilizar para las técnicas mixtas de construcción con tierra sobre osamentas.

El coeficiente de actividad (Ca) se determina así :

$Ca = (Ip \text{ índice plástico }) \div (\% \text{ de arcilla})$

% de arcilla = proporción en peso de los granos que pasan por la malla de 0,002 mm (2 micrones) en la granulometría.

Según el valor de Ca, se puede distinguir

Ca < 0,75 tierras inactivas

Ca de 0,75 a 1,25 tierras activas

Las tierras que se clasifican como «inactivas» no presentan casi ninguna contracción volumétrica al secado (salvo casos especiales). Hay que saber interpretar con cuidado este Coeficiente de Actividad y hasta a veces no tomarlo en cuenta, ya que análisis desarrolladas en la Escola Politécnica de la Universidade Federal da Bahía, demostraron su inaplicabilidad para ciertas tierras, por ejemplo de tipo «Masapê» (con Montmorrillonitas).

Nota: Sin embargo en los relatos, de los artesanos especializados en Entramados pesados [Ent.p] de la región donde provienen las muestras del huso granulométrico referencial, se nota una cierta preferencia por las tierras más «pegajosas» y por ello, más arcillosas y más activas. Es probable que se compensaba la actividad de aquellas tierras con la incorporación de una mayor cantidad de fibras lo que permitía obtener un material más liviano y más plástico, que a fin de cuentas resultaba más adecuado como material de relleno.

7.1.5 Ensayo al azul de metileno

Este ensayo no es empleado comúnmente en los laboratorios de análisis de suelos y su interpretación tampoco goza de un consenso entre los especialistas, sin embargo se trata de un ensayo simple y barato, y que vale la pena señalar.

SEGUNDA parte

7.1.5.a Descripción

El ensayo consiste en determinar la cantidad de moléculas de azul de metileno que pueden recubrir la superficie externa de las partículas de un suelo, y fijarse gracias a los enlaces posibles. Caracteriza al mismo tiempo el estado de superficie de los granos y la superficie accesible a los enlaces. En resumen caracteriza la actividad de un suelo.

7.1.5.b Interpretación

En general un valor elevado de azul (V_a) indica una tierra muy activa, aunque en algunas casos, un valor de azul bajo puede, también, ser obtenido con suelos activos.

A título indicativo, los valores de azul de las muestras de tierra del huso granulométrico referencial se encuentran entre 1,3 g y 4 g por 100 g, el ensayo se ha efectuado sobre la parte de suelo que pasa por la malla de 400 micrones.

Se puede recomendar el valor de azul siguiente: $V_a (0/400 \text{ micrón}) \leq 3$

7.1.6 Pruebas de campo para reconocimiento de suelos

La granulometría, la sedimentometría, los límites de Atterberg y el ensayo de azul de metileno son análisis de laboratorio que exigen equipos específicos y personal especializado. Son ensayos oficiales y normalizados y como tal pueden ser recomendados, en algunos proyectos, para dar mayor garantía. Además permiten obtener datos comparables, entre experiencias de países distintos, contribuyendo así al avance del conocimiento científico del material utilizado y de su comportamiento.

Existen también pruebas sencillas de campo, que sin proporcionar valores numéricos, permiten elegir correctamente una tierra para construir. Algunas de estas pruebas requieren un poco de experiencia sobre el material tierra, otras son parte del esquema de clasificación USCS de los suelos.

7.1.6.a Ensayo de lavado de las manos

Al lavarse las manos con barro, se puede apreciar muy empíricamente si se trata de una tierra a dominante arenosa, limosa o arcillosa.

Los granos de arena inclusive fina, se identifican fácilmente por la sensación táctil que producen. Con suelos arcillosos resulta difícil limpiarse completamente las manos, al contrario del limo que se aclara muy rápido. Esta prueba exige una cierta familiaridad con la tierra, que se adquiere por la experiencia o por la comparación con los resultados de los análisis de laboratorio. Es un ensayo que, por su sencillez, merece ser practicado

sistemáticamente aunque se trate solamente de la preselección de las muestras para analizar.

7.1.6.b Sedimentación simplificada

Este ensayo sirve en apreciar empíricamente la proporción y granularidad de las arenas en un suelo.

- En una botella de vidrio, transparente y de fondo plano, se llena tierra hasta 1/3 de su altura, se agrega agua y se agita fuertemente durante varios minutos. Se deja reposar hasta que el agua este bien clara.
- Luego se comparan las alturas relativas de las arenas y de los silts (limo+arcilla) aunque a veces estos últimos pueden quedar en suspensión en el agua. En este caso, el agua quedará turbia y no se podrá evaluar claramente la proporción de los silts, sólo se apreciará el contenido de arena y su aspecto granular.

Este ensayo pone en evidencia, sin permitir cifrar con precisión, la proporción y el aspecto granular de las arenas, que son componentes esenciales de una tierra para relleno. Este ensayo sencillo permite rechazar, a nivel de una preselección, las tierras que no contienen suficiente arena.

7.1.6.c Prueba del rollo

Este ensayo sirve para poder apreciar empíricamente si el suelo no es demasiado arenoso o arcilloso.

- 1) Mezclar el suelo con agua hasta que adquiere una cierta plasticidad
- 2) Confeccionar un rollo de 2 cm de diámetro y de mas de 30 cm de largo
- 3) Agarrar el rollo con la mano cerca de un extremo, levantarlo suavemente (la mano queda horizontal sosteniendo el rollo con los cuatro dedos encorvados) ; deslizar progresivamente el rollo (empujándolo con el pulgar) hasta el rompimiento del mismo y observar:
 - a) Si el rollo se rompe antes de llegar a los 5 cm, se puede deducir que la tierra es muy arenosa (probablemente demasiado arenosa)
 - b) Si el rollo se rompe después de los 15 cm, se puede deducir que la tierra es muy arcillosa (probablemente demasiado arcillosa).
 - c) Si el rollo se rompe entre 5 cm y 15 cm, se puede deducir que la tierra posee cierta coherencia granular entre arena y arcilla.

7.1.7 Suelos recomendables según la clasificación geotécnica USCS

El reconocimiento de los suelos tipo de la clasificación geotécnica USCS, se basa en pruebas sencillas, que se pueden hacer casi sin material de

laboratorio, son ensayos de campo normalizados, para determinar geológicamente los tipos de suelos. El grado de precisión de las pruebas es correcta para fines de clasificación.

7.1.7.a Procedimiento de identificación para suelos finos o fracciones finas de suelo en el campo (clasificación geotécnica USCS)

Estos procedimientos se ejecutan con la fracción del suelo que pase por la malla N°40 (aproximadamente 0,5 mm).

Para fines de clasificación en el campo, si no se usa la malla, simplemente se retiran a mano las partículas gruesas que obstaculizan o dificultan las pruebas.

Dilatancia

(Reacción al agitado)

- Después de retirar las partículas mayores que no pasan la malla N°40, se prepara una pastilla de suelo húmedo de aproximadamente 10 cm³; si es necesario, se añade un poco de agua para ablandar el suelo, pero sin que quede pegajoso.
- Se coloca la pastilla en la palma de la mano y se agita horizontalmente, golpeando vigorosamente y varias veces, el costado de la palma contra la otra mano.
- La reacción esperada consiste en la aparición de agua en la superficie de la pastilla, la que cambia adquiriendo la apariencia de un «hígado» y volviéndose lustrosa.
- Cuando la pastilla se oprime entre los dedos, el agua y el lustre desaparecen de la superficie, la pastilla se vuelve tiesa y finalmente se agrieta o se desmorona.

La rapidez de aparición del agua durante el agitado y de su desaparición durante la opresión sirve para tipificar la dilatancia de los finos en un suelo.

Resistencia en Estado Seco

(Característica al rompimiento)

- Después de eliminar las partículas mayores que no pasan por la malla N°40, se moldea un cilindro de suelo de 2,5 cm de diámetro por 2,5 cm de altura hasta alcanzar una consistencia de masilla, añadiendo agua si fuera necesario.
- Dejar secar completamente la pastilla en un horno, al sol o al aire y

probar su resistencia rompiéndola y desmoronándola entre los dedos. Esta resistencia es una medida del carácter y de la cantidad de la fracción coloidal que contiene el suelo. La resistencia en estado seco aumenta con la plasticidad.

Tenacidad

(Consistencia cerca del límite plástico)

- Después de eliminar las partículas que no pasan por la malla N°40, se moldea un espécimen de aproximadamente 10 cm hasta alcanzar la consistencia de masilla.
- Si el suelo está muy seco debe agregarse agua, pero si está pegajoso debe extenderse el espécimen en una capa delgada que permita bajar el grado de humedad por evaporación.
- Posteriormente el espécimen se rola a mano sobre una superficie lisa o entre las palmas, hasta obtener un rollito aproximadamente de 3 mm de diámetro; se amasa y se vuelve a rolar varias veces.
- Durante estas operaciones el contenido de agua se reduce gradualmente y el espécimen llega a ponerse tieso, pierde finalmente su plasticidad y se desmorona cuando alcanza el Límite Plástico.
- Después que el rollo se ha desmoronado, los pedazos deben juntarse y continuar el amasado entre los dedos en forma ligera, hasta que la masa se desmorone nuevamente.

7.1.7.b Suelos preferenciales para técnicas mixtas sobre osamentas (clasificación geotécnica USCS)

Según la clasificación geotécnica USCS los suelos más convenientes para el relleno en las técnicas mixtas de construcción con tierra con osamentas serían los suelos de granos finos —donde más de la mitad de sus elementos pasan por la malla USBR n°200 [0,08 mm].

a) Suelos de partículas finas

Más de la mitad del material pasa la malla n°200

- Tipo ML - Limos inorgánicos - Limos arenosos o arcillosos ligeramente plásticos
 Limite líquido < 50%
 Resistencia en Estado Seco : Nula a Ligera
 Dilatancia : Rápida a Lenta
 Tenacidad : Nula

- Tipo CL - Arcillas inorgánicas de baja a media plasticidad - Arcillas con grava - Arcillas arenosas - Arcillas limosas - Arcillas pobres
 - Limite líquido <50%
 - Resistencia en Estado Seco : Media a Alta
 - Dilatancia : Nula a Muy lenta
 - Tenacidad : Media

Los suelos de Tipo CL son tierras con plasticidad más alta, que pueden necesitar más fibras, o una corrección granular con arena.

b) Suelos de partículas gruesas

Más de la mitad del material es retenido en la malla nº200

- Tipo SC - Arenas arcillosas - Mezclas de arena y arcilla

Más de la mitad de la fracción gruesa pasa la malla nº4 (0,5 cm)

- Arenas con finos - cantidad apreciable de partículas finas.
- Fracción fina plástica
- Resistencia en Estado Seco : Media a Alta
- Dilatancia : Nula a Muy lenta
- Tenacidad : Media

Los suelos de Tipo SC son tierras con plasticidad más baja a los que puede faltar un poco de cohesión.

7.1.7.c Suelos NO recomendables para técnicas mixtas sobre osamentas (clasificación geotécnica USCS)

a) Suelos de partículas finas

Más de la mitad del material pasa la malla nº 200

- Tipo CH - Arcillas inorgánicas de alta plasticidad - Arcillas francas
 - Limite líquido > 50%
 - Resistencia en Estado Seco : Alta a Muy alta
 - Dilatancia : Nula
 - Tenacidad : Alta

Para los suelos Tipo CH la corrección granular por agregado de arena resulta bastante difícil. No son recomendados par el relleno sobre osamentas pero son muy convenientes para la técnica mixta de la tierra aligerada [C2].

b) Suelos de partículas gruesas

Más de la mitad del material es retenido en la malla nº200

- Tipo SM - Arenas limosas - Mezclas de arena y limo

Más de la mitad de la fracción gruesa pasa la malla n°4 (0,5 cm)

Arenas con finos - cantidad apreciable de partículas finas.

Fracción fina poco o nada plástica

Resistencia en Estado Seco : Nula a Ligera

Dilatancia : Rápida a Lenta

Tenacidad : Nula

Los suelos Tipo SM no tendrán mucha cohesión y no serán por ello adecuados para la mezcla del relleno. Pero podrían entrar en la composición de estucos a base de tierra.

7.1.8 Aditivos para el relleno

Añadir diversos productos en el material de relleno es una práctica corriente.

En las construcciones tradicionales se han empleado una gran variedad de aditivos, que se podría ampliar, aun más, con los productos industriales disponibles actualmente, pero desgraciadamente, sobre el efecto de estos productos en el relleno de tierra de una estructura poco se ha experimentado. A partir de los datos disponibles, tanto sobre la construcción tradicional como actual, se puede llegar a algunas conclusiones sobre el efecto de ciertos aditivos.

7.1.8.a Cal viva para el relleno

Añadir una proporción de 2% a 3% de cal viva a un suelo arcilloso provoca inmediatamente la reducción de su plasticidad y el desmoronamiento de los terrones. Al secado, el encogimiento del material disminuye y la trabajabilidad de la mezcla se encuentra facilitada.

7.1.8.b Cal aérea apagada para el relleno

Añadir cal aérea al relleno es una práctica tradicional muy difundida. La cal puede reaccionar con ciertas arcillas y provocar un efecto puzolánico que vuelve a las arcillas insensibles al agua. La dosificación habitual varía de 6% a 12% y esta reacción depende del tipo de arcilla.

Empleada en porcentajes más altos, la cal actúa como aglomerante, al igual que la arcilla.

Se ha podido, así realizar rellenos de Entramados livianos [Ent.l] (tabiquería) a partir de arena, sin tierra.

- Receta tradicional de relleno utilizada para la restauración de construcciones antiguas con Entramados pesados [Ent.p]: Arena + Bosta de vaca + Cal aérea (1 : 1 : 1). La bosta de vaca es utilizada por sus fibras, sus características como aglomerante, y su reacción eventual

con la cal aérea.

- Receta de relleno tradicional, pero con tierra poco arcillosa: Tierra arenosa + Paja + Estiércol de vaca + cal aérea (2 : 1 : 2 : 1) .

En ambos casos no se persigue provocar una reacción puzolánica sino más bien realizar un mortero con cal.

7.1.8.c Productos orgánicos para el relleno

Los productos orgánicos, vegetales o animales, como grasas, jabones, clara de huevo, taninos, sangre, leche cuajada, colas animales, látex vegetales, etc. fueron utilizados tradicionalmente. Sin embargo sus costos relativamente altos llevan a utilizarlos más en la composición de los revoques que en el relleno de la estructura maestra.

El uso de orina de caballo en vez de agua, en la mezcla del material de relleno, fue una práctica corriente en la tradición de ciertos países de Europa. Se piensa que la orina de caballo actúa como «dispersante» de la arcilla y favorece la homogeneidad de la mezcla. Se disminuye así el riesgo de grietas por encogimiento al secado, lo que se ha comprobado por experiencia. Se observa también una mayor resistencia a la erosión, si la orina está mezclada con cal aérea en el material de relleno.

7.2 LAS FIBRAS PARA EL RELLENO

- Ductilidad del relleno. El papel de las fibras en el material de relleno consiste, sobre todo, en mejorar su capacidad de resistencia frente a deformaciones elásticas importantes. El relleno puede así, seguir los movimientos y las variaciones de dimensión de los elementos de madera de las estructuras maestras y auxiliares sin agrietarse ni romperse.
- Mejoramiento térmico. Al incorporar fibras huecas en el barro se producen múltiples vacíos, que aligeran el material y mejoran sus características de aislante térmico.

La densidad del material puede disminuir de 1,8, para una tierra compactada sin fibras, a 1,6 ó 1,4 para un relleno de tierra con fibras. Lo que, sin embargo queda aún 3 a 4 veces más denso que las mezclas apropiadas para las técnicas mixtas sin osamenta y con tierra aligerada (densidad: 0,6 ó 0,4) [E2].

- Mejoramiento estructural. Lograr un material de relleno liviano es también útil frente al problema sísmico. Un material de relleno demasiado pesado obligará a aumentar las secciones de los elementos de la estructura maestra y a diseñar en consecuencia osamentas muy robustas.

7.2.1 Tipo de fibras para el relleno

Cada tipo de fibra tiene características propias, que pueden influir sobre el comportamiento del relleno, ya sea en el tiempo o al momento de su preparación.

7.2.1.a Heno

Por sus fibras largas, delgadas y resistentes, el heno confiere a los rellenos una resistencia más alta. Sus fibras no son huecas y no ocasionan una disminución importante de densidad en el relleno. Es el material más adecuado para colocar el relleno con la técnica del trenzado. El relleno de tierra con fibras de heno fue bastante utilizado en Europa con los Entramados pesados ([Ent.p/ma],[Os1.ral.H/ma]) .

7.2.1.b Paja de trigo

Es una fibra hueca de un diámetro, más grueso que la anterior (5 mm) y bastante rígida. Por su rigidez, la paja de trigo no se puede mezclar fácilmente con el barro, además puede ocasionar heridas leves, pero desagradables en las manos al momento de colocar el relleno. Por ello su uso no es muy difundido.

Sin embargo, el uso de paja de trigo puede representar una buena alternativa para las mezclas con tierra muy activas. Se puede pensar que el diámetro importante y la elasticidad del tallo de la paja son capaces de absorber la expansividad natural de este tipo de tierra, sin ocasionar el hinchamiento del material de relleno.

Se recomienda el uso de paja de un año de antigüedad pero no más antigua, pues perdería durabilidad y elasticidad. Para el relleno de Entramados livianos [Ent.l.] se recomienda una cantidad aproximada de paja de trigo de 5 kg/m³ de tierra, con fibras de 10 cm a 15 cm.

7.2.1.c Paja de cebada

A diferencia del trigo su tallo es mucho menos rígido, su resistencia también es un poco inferior. Fue un material muy usado en el pasado en Entramados pesados [Ent.p]. Sin embargo, hay que señalar que los tipos de cebada que se cultivan hoy día, no tienen el tallo tan resistente como los de antes. El estilo de cosecha mecánica también tiende a romper las fibras, lo que no resulta provechoso para el constructor.

Su mezcla con el barro, y su aplicación en el muro se hacen sin problema particular, debido a la suavidad de sus fibras.

Las fibras para revoques son habitualmente de tamaño y de naturaleza diferente a las fibras del relleno (ver el capítulo Revestimientos).

7.2.2 Tamaño de las fibras para el relleno

- Tradicionalmente se utilizan, tanto fibras en su estado natural (fibras largas) como cortadas (fibras cortas).
- El amasado manual es más fácil con fibras cortas, mientras que el mezclado mecánico se efectúa sin problema tanto con fibras largas como cortas.
- La aplicación del barro sobre la osamenta puede requerir fibras largas (colocación por trenzado o a horcajadas) o fibras cortas (aplicación por empaste).
- El relleno de una osamenta estrecha o junta se facilita con una mezcla de fibras cortas.
- La técnica de aplicación del relleno por proyección mecánica acepta las fibras largas que de todas maneras tienden a romperse durante el mezclado mecánico.

7.2.3 Proporción de fibras para el relleno

- La proporción de fibras incorporada tradicionalmente en el barro del relleno varía entre 2% y 3% en peso, lo que representa un volumen de 15% hasta 20% del material terminado.
- Parece difícil aumentar más la tasa de fibras sin perder la homogeneidad de la mezcla. Se tendría en este caso de recurrir a la técnica mixta sin osamenta —tierra aligerada— donde la proporción de la paja alcanza entre 15% a 20% en peso.
- Para cada tipo de fibra existe una relación entre la resistencia a la tensión del material terminado y la proporción de fibras. El aumentar demasiado la tasa de fibras baja rápidamente la resistencia de la mezcla.

7.3 PREPARACIÓN DE LA MEZCLA DEL RELLENO

La preparación de la mezcla del relleno es una operación muy importante. Las diferencias de textura y de densidad de los materiales que mezclar (por un lado un barro pesado y pegajoso y por otro fibras livianas e inconsistentes) dificultan la operación de amasado.

Esta heterogeneidad de materiales implica, muchas veces, aumentar la cantidad de agua del barro para facilitar su trabajabilidad. Este humedecimiento excesivo puede ocasionar fisuras por encogimiento al

secado del relleno y/o su desprendimiento de la osamenta. Estos defectos no son siempre visibles al inicio, pero van a afectar la durabilidad de la construcción. Por ello es necesario tener un cuidado especial en la proporción de agua y en la homogeneidad de la mezcla.

7.3.1 Amasado manual del *relleno*

El amasado de una mezcla de relleno para técnicas mixtas con osamentas se asemeja mucho a la preparación del adobe, la mezcla sin embargo es más plástica, y la proporción de fibras es mayor.

Procedimiento de amasado de la mezcla del relleno.

- 1) Se reparte la tierra sobre una superficie dura y se desmoronan los terrones, luego se forma un pequeño cráter donde se hecha el agua. La cantidad de agua varía de 20% hasta 30% del peso de la tierra.
- 2) Se prepara un barro homogéneo pisando la masa y removiéndola con un azadón.
- 3) Se vuelve a repartir el barro sobre el suelo hasta formar una capa de 5 cm a 10 cm de espesor.
- 4) Luego se reparten las fibras sobre toda la superficie en una capa de espesor similar.
- 5) Se empieza el amasado final, pisando firmemente las fibras para hacerlas penetrar en el barro, mientras una segunda persona reamontona la mezcla con un azadón.
- 6) Se sigue pisando y reamontonando hasta lograr una masa homogénea.
- 7) Se recomienda un tiempo mínimo de «reposo» de 72 horas, si bien el tiempo aconsejado es por lo menos de un mes.
- 8) Revolver la mezcla dos veces al día durante el «reposo», remojándola si fuera necesario (en caso de desecación rápida).
- 9) Tres días antes de colocar el relleno, dejar de agregar agua para que la mezcla no sea demasiado líquida.

Para preparar una cantidad mayor de material, se procede de la misma manera pero formando varias capas alternadas de barro y paja. Para evitar el pesado trabajo del amasado manual, se puede utilizar animales (caballos, mulas etc.), motocultivadoras, pequeñas cargadoras frontales y sobretodo varios tipos de mezcladoras.

7.3.2 Rendimientos de mezcla de *relleno*

- Manualmente: 1 m³ en 2 horas con 2 personas.
- con «molino de barro»: 10 m³ por día
- con cargadora frontal: 10 m³ por hora
- con turbo mezcladora: de 4 m³ hasta 50 m³ por día según la capacidad de la máquina.

7.3.3 Mezcla mecánica del relleno

La utilización de una mezcladora mecánica ahorra la mano de obra y ofrece las ventajas siguientes:

- Permite amasar con la cantidad de agua necesaria lo que mejora la calidad del material de relleno
- Produce una mezcla más homogénea y mejor controlada.
- Permite realizar correcciones de granularidad y producir mezclas de calidad uniforme.
- Puede mezclar, también, el material de los revoques, cualquiera que sea su composición.

Las mezcladoras de tipo «turbomezcladoras» son preferibles para mezclar las tierras con el agua, las fibras y eventualmente las arenas de corrección granular. Son mezcladoras con eje vertical. Su capacidad se mide, según el volumen de su tina. Para la mezcla de un material como el barro (mucho más plástico que el hormigón) no se puede utilizar la mezcladora al máximo de su capacidad se emplea más o menos el 60% del volumen de la tina. Existen bastantes modelos de distintas marcas con capacidad de 500 litros y más.

Para una producción semi-industrial de mezcla de relleno para tabiquería, mezcladoras de este tipo, (de 500 hasta 750 litros) resultan adecuadas inclusive con tierras muy plásticas corregidas agregando arena. La mezcla se hace según los mismos principios que el amasado manual.

- 1) Primero se mezcla la tierra con la arena de corrección granular y el agua.
- 2) Cuando el barro esta bien homogéneo se añaden las fibras.

Empleando una mezcladora de 750 litros, la operación completa de amasado necesita alrededor de 20 minutos para 400 litros de mezcla terminada.

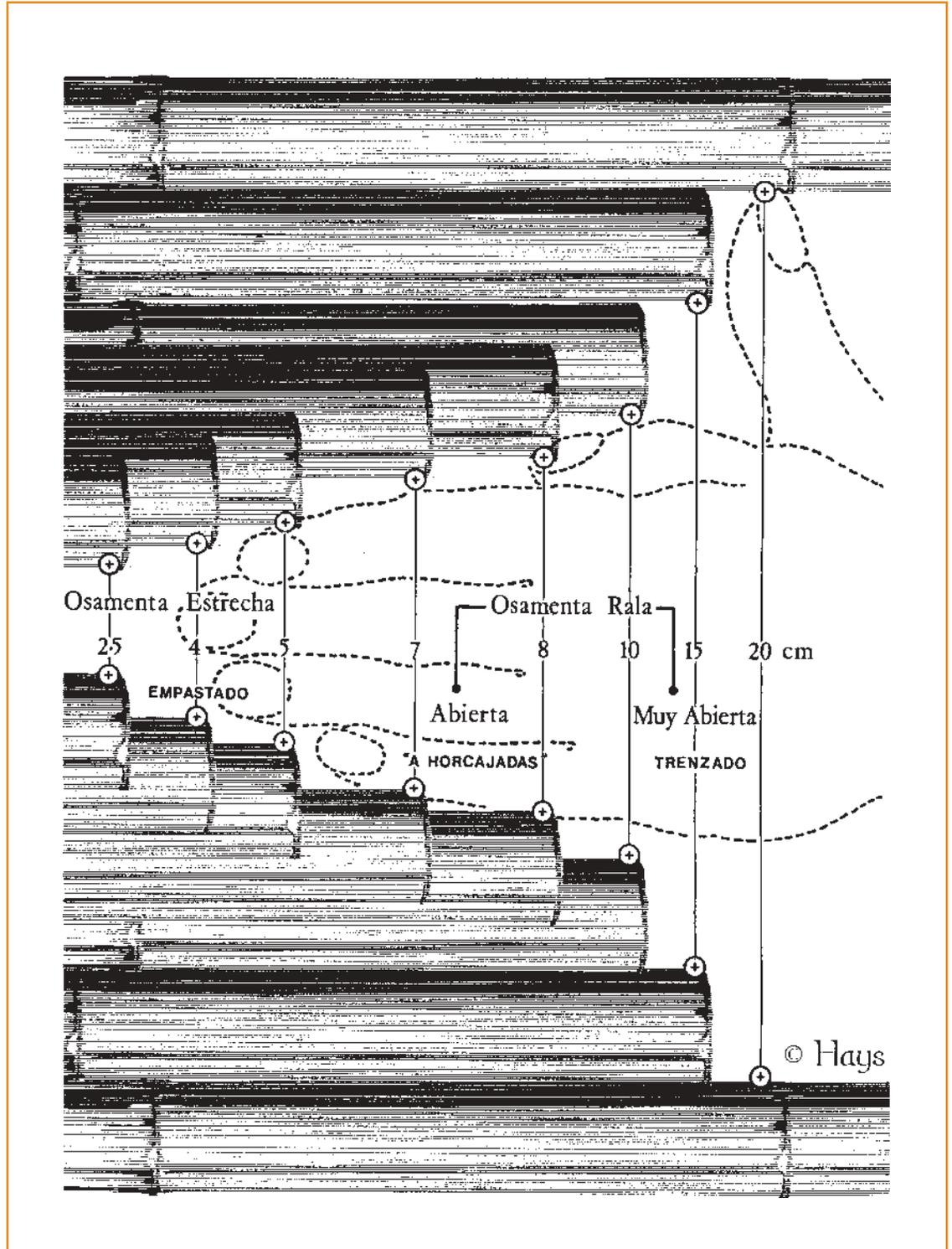
7.4 COLOCACIÓN DEL RELLENO

Según el tipo de osamenta, la separación entre sus elementos o el espesor de muro requerido, existen tradicionalmente varias maneras de colocar el relleno de barro [Fig. 32].

Todos esos métodos tratan de lograr un buen agarre entre el relleno y la osamenta y crear una superficie densa y estable que soporte el revoque.

fig. 32

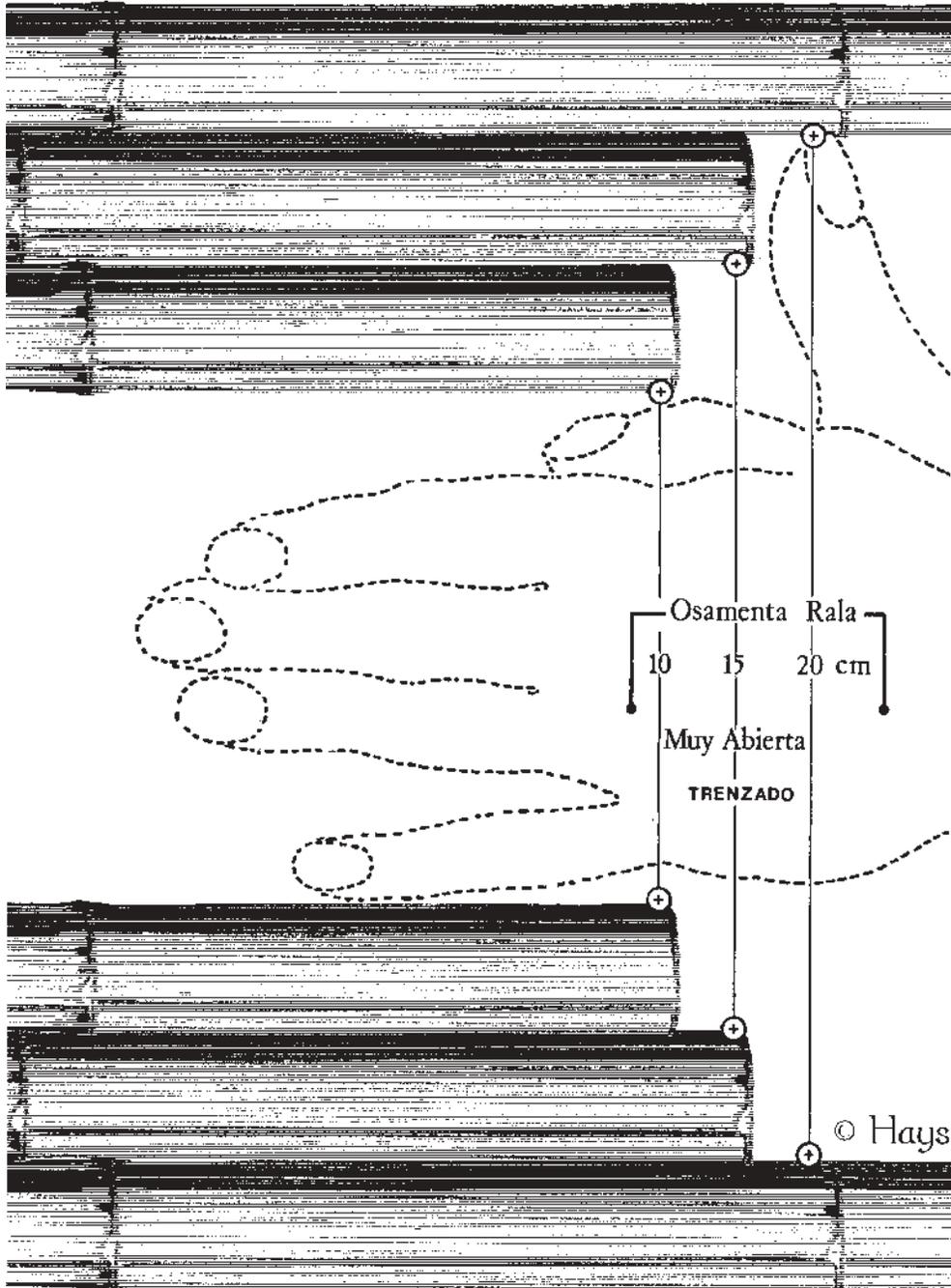
Tipología de
aberturas en las
osamentas (© Hays)



0235

fig. 33

Osamentas ralas - colocación del relleno por "trenzado" (© Hays)



7.4.1 Colocación por trenzado

Este sistema se utiliza sobre una osamenta elemental, axial y rala formada por elementos horizontales o diagonales con una separación mínima de 8 cm, para no estorbar el paso de la mano. Necesita fibras largas y resistentes tipo heno.[Fig. 33]

- 1) Primero se prepara con el heno, tiras de fibras torcidas a manera de una sogas.
- 2) Se «hila» el heno enrollando las fibras con el índice y efectuando movimientos de rotación con la mano. Se forman así trozos de «soga» o «antorchas» de heno de 30 cm hasta 1m de largo, y de un diámetro de 2 cm a 3 cm.
- 3) Luego estas «sogas» son cuidadosamente «embebidas» de barro plástico sin fibras, con una humedad de 30% hasta 40%. La impregnación se hace comunicando suavemente con una mano un movimiento giratorio a la «soga», mientras que la otra mano la mantiene en el barro. Se logra así «sogas» completamente enlodadas de un diámetro de 3 cm a 5 cm.
- 4) Luego se las trenza una por una, verticalmente y de arriba hacia abajo entre los elementos de la osamenta .
- 5) Se trabaja, generalmente, entre dos personas una de cada lado del

muro, y se aprietan fuertemente las «sogas» cruzando los cabos.

6) Cuando se necesita, se hace un amarre con la sogas, para lograr rellenar las separaciones demasiado grandes entre los elementos horizontales o diagonales.

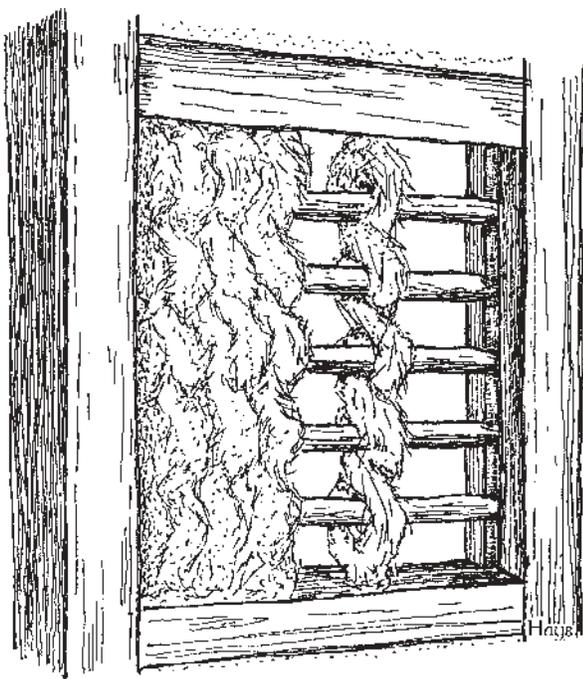
7) Después se nivela el muro con una mezcla de barro con fibras cortas aplicada con un badilejo o una llana, y se lo estría para mejorar la adherencia del revoque.

- Esta manera de colocar el relleno se asemeja, por su principio a una osamenta tejida donde la trama habría sido reemplazada por «sogas» de heno. La imbricación del heno en la osamenta es muy buena y muy durable.

- Sin embargo, la repartición de las fibras del relleno es irregular y se puede temer un desprendimiento de la tierra con sus fibras. Los problemas de encogimiento o grietas están bien resueltos con esta

fig. 34

Colocación del relleno por «trenzado» (© Hays)



- técnica, así como la ligazón estructura maestra y estructura auxiliar con el relleno
- Conviene particularmente, para tabiques o muros de espesor reducido (5 cm ó 10 cm) con estructura maestra aparente - Entramados pesados tradicionales [Ent.p].
- Es una técnica que requiere cierta habilidad y algo de experiencia sobre todo para confeccionar «sogas» resistentes y regulares pudiendo lograrse sogas de varios metros.
- Su rendimiento es muy lento debido al tiempo de preparación de las «sogas». Con una mano de obra poco experimentada se puede estimar 2 horas por m² con dos personas.[Fig. 34]

7.4.2 Colocación a horcajadas

Esta técnica se puede realizar indistintamente sobre una Osamenta elemental axial, descentrada o lateral (simple o doble).

Necesita una separación mínima de 7 cm entre cada elemento para permitir

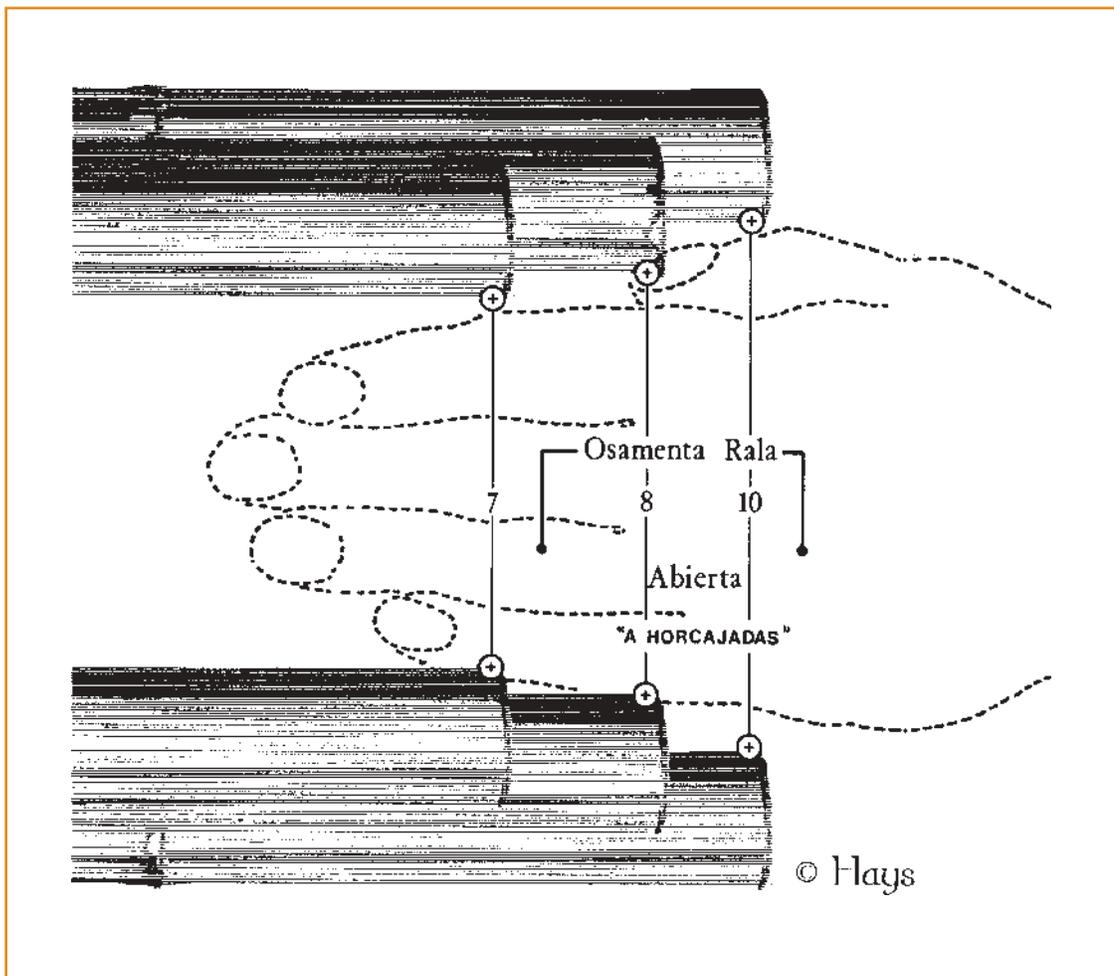


fig. 35

Osamentas ralas - colocación del relleno por "bolas a horcajadas" (© Hays)

el paso de la mano.[Fig. 35]

Requiere una mezcla con fibras largas. Se adecúa a muros con estructura maestra aparente, semi-aparente o escondida y de espesor variable.

Es un modo de colocación del relleno durable y adaptable a diversos tipos de muro.

- 1) Se prepara una mezcla de barro y paja de consistencia plástica con poca humedad (\pm 20%).

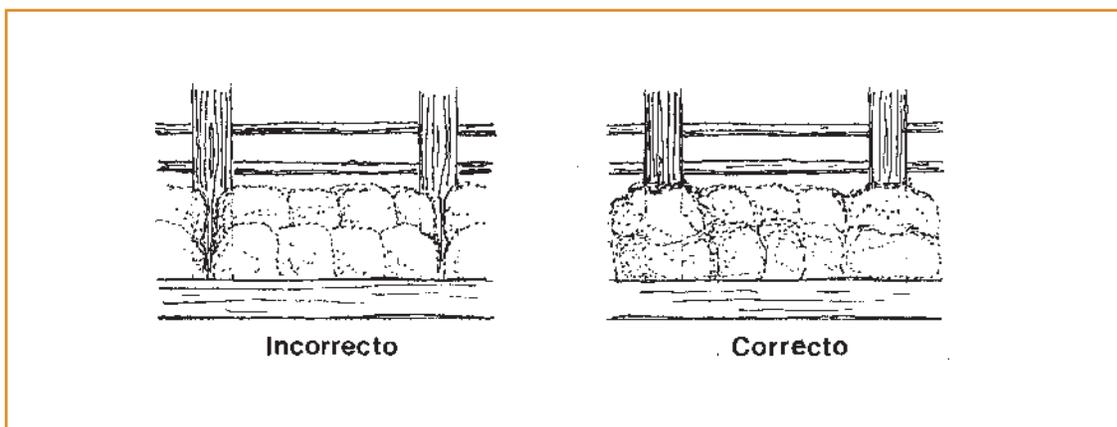


fig. 36

Colocación del relleno por "bolas a horcajadas" (© Hays)

- 2) Con este material se confeccionan «bolas» un poco alargadas de unos 15 cm o 20 cm de diámetro.
- 3) Se colocan estas bolas «a horcajadas» sobre los elementos de la osamenta, empezando por la base del muro. La técnica parece sencillísima, pero no lo es tanto y pide el respeto de algunas reglas :
 - a) Emplear un relleno lo más denso posible. La densidad del relleno esta en función de su tasa de fibras y no de la manera de colocarlo.
 - b) Mojar abundantemente la madera de la osamenta antes de empezar.
 - c) Cubrir cada elemento uno por uno (de abajo hacia arriba) empezando por el borde y empujando bien las «bolas» hacia los costados.[Fig. 36]
 - d) Se tiene que formar una curva cóncava entre los elementos de la estructura cuando se termina de cubrir un travesaño. Así se obtendrá un buen contacto entre el relleno y la madera de las estructuras.
 - e) Colocar las bolas «ahorrajada» y bien equilibradas de cada lado de los travesaños de la osamenta.
 - f) No se debe tratar de acabar rápidamente el muro cubriendo los travesaños, si no más bien verificar la buena penetración de la mezcla

- en torno a los elementos de la osamenta.
- g) Se debe evitar parar el trabajo del día sin haber completado el relleno de un panel.
 - 4) Si se emplea una osamenta doble, se cubrirán los elementos de cada una independientemente, en este caso serán necesarias dos personas una a cada lado del muro tratando de avanzar al mismo ritmo.
 - 5) Antes que se sequen, se nivelan las superficies con la mezcla del relleno y se acaba el muro marcando surcos para la adherencia del revoque.

Con esta técnica la estructura puede ser envuelta de mezcla y no quedar aparente. La imbricación del relleno con la osamenta y la repartición de las fibras en el barro son buenas. Esta técnica de relleno es, también, más rápida que la del «trenzado».

Para una osamenta simple se puede estimar 35 minutos por m² de relleno con una sola persona.[Fig. 37]

7.4.3 Colocación por «llenado»

En caso de una osamenta doble y estrecha (con poca separación entre sus elementos), no se puede colocar el relleno «ahorcajadas». En este caso se procede por simple «llenado» utilizando la osamenta como un encofrado;

Sus elementos de un lado son fijos y del otro lado pueden ser fijados a medida que va completándose el «llenado» (en particular en la parte superior de los entrepaños). Las superficies exteriores pueden ser empastados (con badilejo) de una mezcla con fibras cortas.[Fig. 38]

7.4.4 Colocación por «embutido»

Esta técnica se utiliza cuando una osamenta elemental doble o enrejada esta fijada completamente sobre la estructura maestra antes de proceder al relleno.

- La osamenta tiene que ser rala (con luces de 8 cm hasta 20 cm). Se «embute» el barro con sus fibras

fig. 37

Colocación del relleno por "bolas a horcajadas" (© Hays)

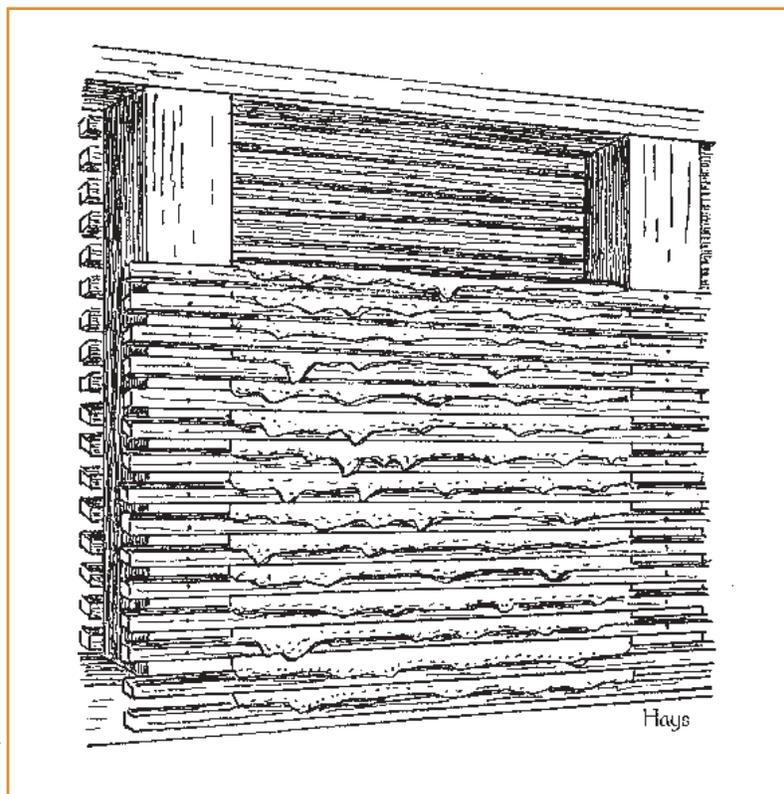
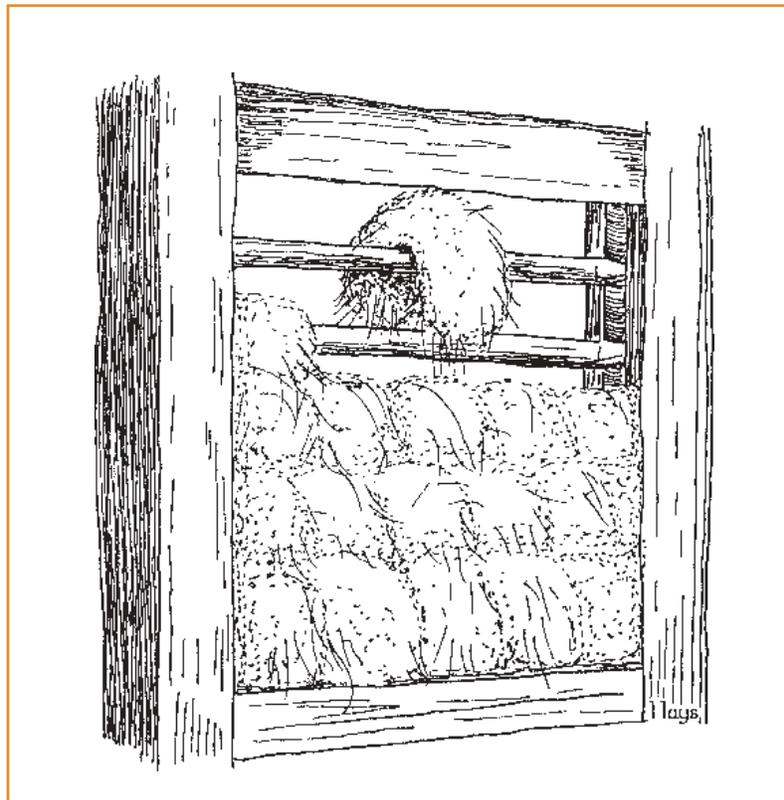


fig. 38

Colocación del relleno por "llenado" (© Hays)

a través de los «barrotes» generalmente dispuestos horizontalmente. En este caso el tipo de tierra empleada se asemeja mucho a la del adobe o del tapial, es decir tierras mucho más arenosas, hasta pedregosas. Es la técnica empleada en América latina en muchas variantes del bahareque.

- En general, el embutido se realiza con una mezcla bien amasada de barro con paja, preparada con anterioridad. Pero a veces, y sobretodo cuando escasea las tierras arcillosas, se realiza un relleno «seco», por embutido de terrones secos y/o piedras medianas.
- Terminado el embutido se aplica, con la mano o con la llana, un alisado de barro sobre las dos caras de la osamenta (fase llamada «empañetado» en Venezuela).
- Es aconsejable de «puntear» las caras del relleno aún fresco con los dedos o de rajarlas con un badilejo afin de permitir posteriormente un mejor agarre del revestimiento [Fig. 39]

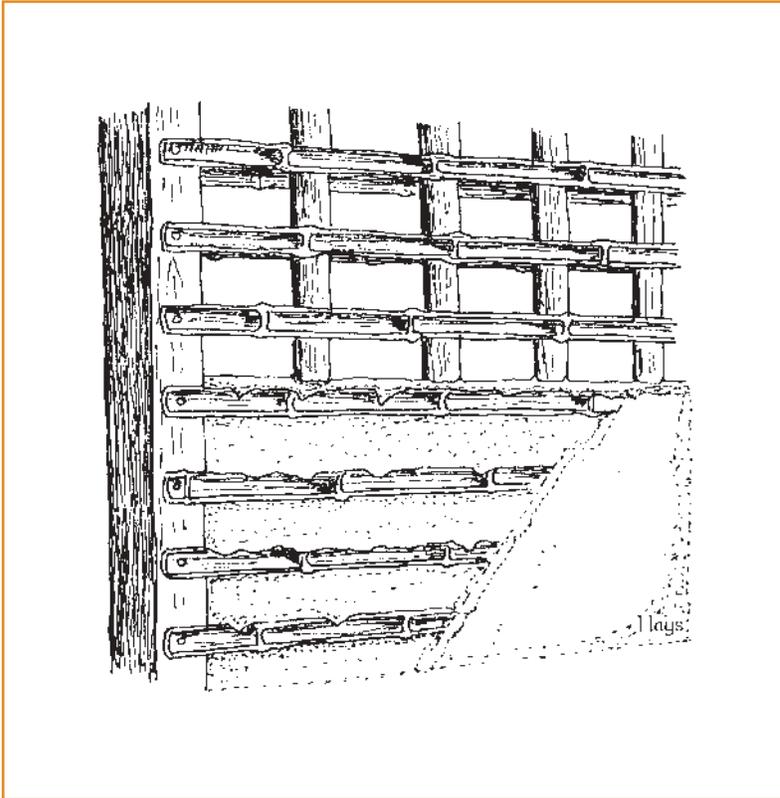


fig. 39
Colocación del relleno por "embutido" (© Hays)

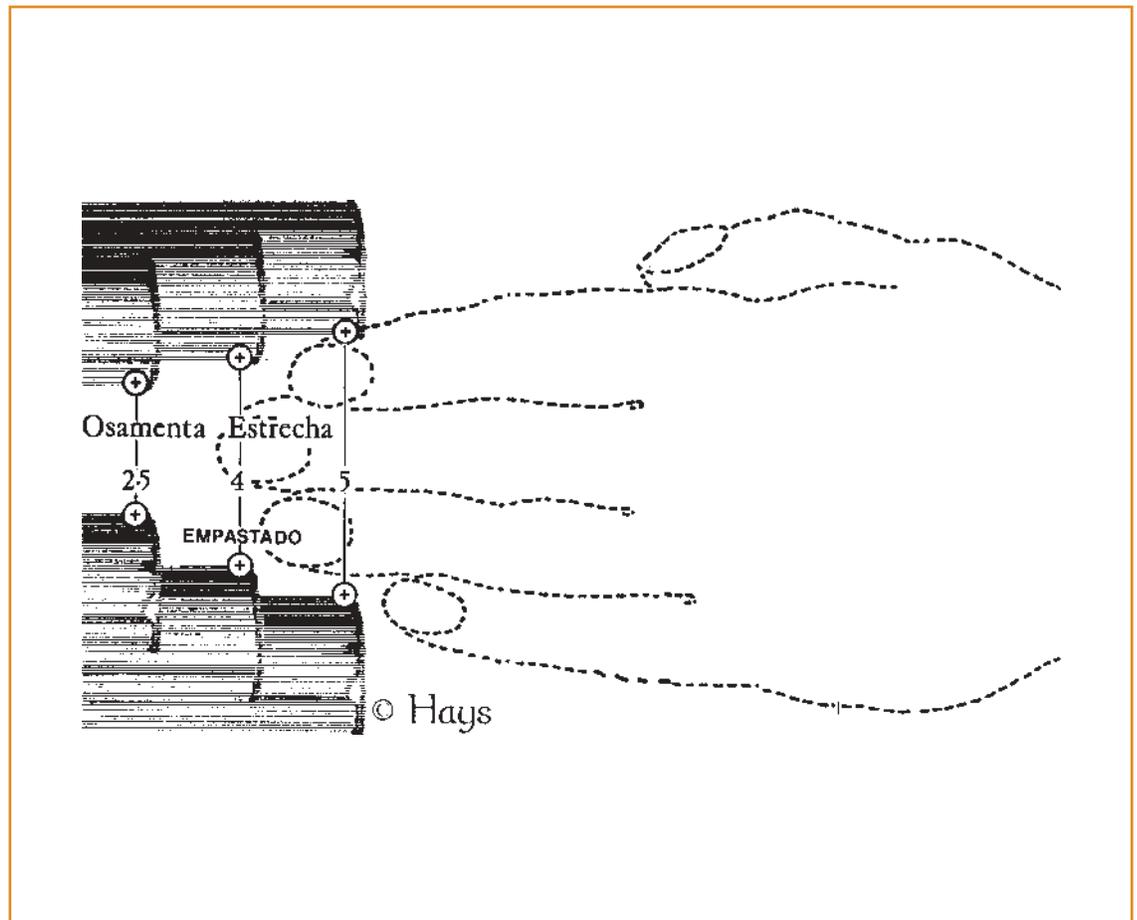


fig. 40
Osamentas estrechas - colocación del relleno por "empaste" (© Hays)

SEGUNDA parte

7.4.5 Colocación por «empaste»

- La colocación del relleno por «empaste» necesita osamentas estrechas, juntas o tupidas. Pueden ser osamentas elementales, reticulares, tejidas, llenantes, axiales o laterales, simples o dobles etc. siempre y cuando la separación máxima entre sus elementos sea entre 3 cm a 5 cm [Fig. 40 - 41]
- La mezcla se realiza generalmente, con fibras cortas, vegetales o animales, lo que facilita su trabajabilidad. Si el espesor de relleno lo permite, se puede también, utilizar fibras largas que mejoran su resistencia.
- La masa puede contener un pequeño porcentaje de cal aérea, que «estabiliza» parcialmente las arcillas, disminuye el riesgo de formación de fisuras al secado, y mejora la resistencia del material.
- El porcentaje de humedad es de 30% hasta 40% lo que permite trabajar el material con herramientas de albañilería o yería.
- El relleno se aplica a manera de un revoque, tirado en varias capas, según el espesor del empastado.
- Las fisuras que se producen en las primeras capas, se rellenan normalmente en la capa de acabado, y no dan lugar a defectos muy notorios.
- La técnica del empaste no logra obtener un agarre de las fibras con la osamenta, a diferencia de los modos de colocación del relleno por «trensado» o por bolas «ahorrajadas».
- Se observa más casos de desgaste o de desprendimiento del relleno con este modo de colocación que con los demás. Necesita, por lo tanto, un mayor cuidado, para protegerlo de la intemperie.
- Es aconsejable de «puntear» las caras del relleno aún fresco con los dedos o de rajarlas con un badilejo afin de permitir posteriormente un mejor agarre del revestimiento

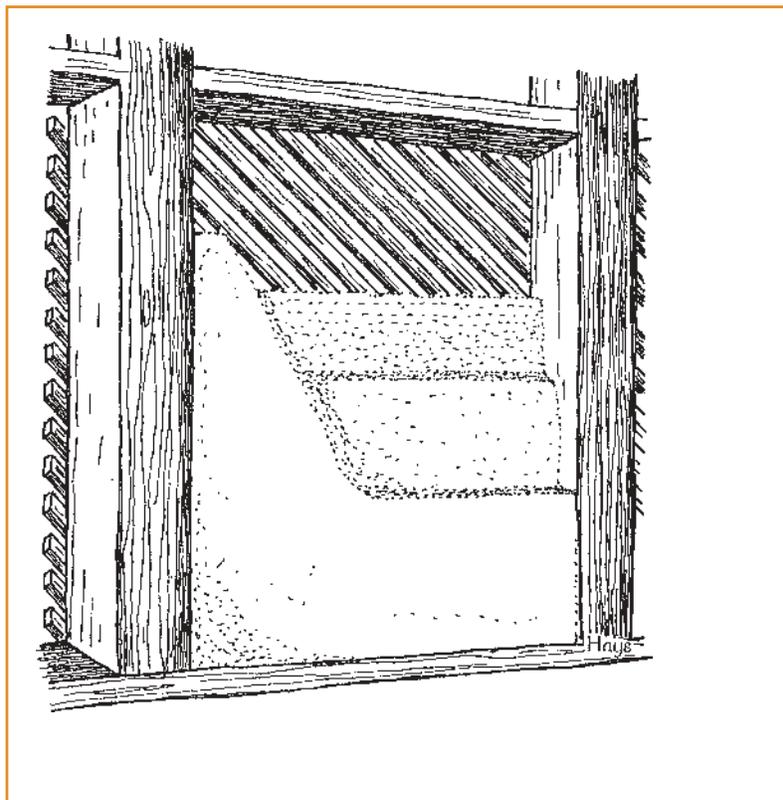


fig. 41

Colocación del relleno por "empaste"
(© Hays)

7.4.6 Colocación por «proyección mecánica»

La colocación del relleno por «empaste» se asemeja mucho a la técnica del revocado y también puede ser mecanizada. Del mismo modo que se utiliza ahora «proyectores para «revoques», se puede utilizar «bombas» de proyección para el relleno sobre osamentas de estructuras maestras.

Pero se necesita adecuar los equipos existentes.

- Un equipo típico de proyección —»transportadora neumática polivalente«— puede tener una tolva de almacenamiento conectada con un compresor, (de un caudal de 3.500 litros por minuto) a través de un reservorio del aire. El material de relleno se pone en una tolva de donde la presión de aire (7 bár) lo lleva hasta una lanza de proyección a través de un tubo flexible. Una conexión de aire comprimido, instalada en la boca de la lanza proyecta el material. Se puede estimar la capacidad de transporte y de proyección de un tal equipo a 2,5 m³ por hora o más.
- La necesidad de aumentar mucho la tasa de humedad del barro para permitir una adecuada proyección, puede provocar importantes fisuras de encogimiento al secado. Sin embargo, ensayos con mezclas cuya tasa de humedad se tuvo que aumentar hasta 40% dieron buenos resultados. La potencia de proyección contrapesó esta humedad excesiva, y el relleno se comportó muy bien, siendo su adherencia excepcionalmente buena.
- La acumulación de nudos de fibras en la boquilla de las lanzas de proyección, puede causar también problemas.
- Hay que estudiar detenidamente los tipos de tierras que se desean proyectar (en particular su plasticidad) y eventualmente modificar ciertos aspectos en el diseño mecánico de los equipos de proyección.
- Una proyección de mezcla sobre osamentas elementales estrechas con listones separados de 4 cm permite una buena adherencia del relleno sobre la listonería. Con una separación mayor (5 cm) el relleno proyectado tiene tendencia a atravesar la osamenta sin adherirse. También se comprobó la posibilidad de reemplazar los listones de la osamenta por mallas metálicas ; por ejemplo: osamentas reticulares de metal desplegado .

7.4.7 Colocación por envoltura

Este procedimiento constituye un caso aparte, pues la colocación del relleno se efectúa simultáneamente a la colocación de una osamenta prellenada {Os7} sobre la estructura maestra.

- Fibras largas de heno o paja son «embebidas» en barro plástico sobre una mesa.
- Se puede poner sobre la mesa una hoja de polietileno del mismo ancho del futuro «Lulo» y de un largo un poco superior a la torta de tierra que se enrolla. Esta hoja de plástico ayudará a enrollar la tierra con las fibras alrededor de un palo o listoncillo de unos 45 cm a 60 cm de

largo. La hoja se recupera después de cada envoltura.

- Otra manera de envolver las fibras con tierra consiste en enrollarlas en espiral sobre el palo.
- Cuando están medio-secos, se colocan los «Lulos» en la estructura maestra. Así el contacto mutuo entre los «Lulos» provoca una cierta adherencia que favorece a la cohesión del relleno.

Esta técnica fue utilizada por primera vez en América Latina por el «Taller Norte» en la obra experimental de lo Hermida en Santiago de Chile. Se colocaron en obra «Lulos» al estado «fresco» lo que obligó a colocar tacos de espaciamiento (de 10 cm) en ambas extremidades de los «Lulos» superpuestos para evitar su aplastamiento.

7.5 CARACTERÍSTICAS DEL RELLENO

Si bien los materiales de las estructuras maestras como la madera son bastante conocidos, y su uso sometido a recomendaciones oficiales, todavía queda mucho que hacer para llegar a un conocimiento científico del comportamiento de un relleno de tierra y fibras. Los datos siguientes provienen de resultados de ensayos efectuados sobre una cantidad limitada de muestras, sin embargo permiten tener una idea de las principales características de un relleno a base de tierra.

7.5.1 Densidad

Según la proporción de fibras y la humedad de la mezcla, la densidad seca del relleno puede variar desde 1,5 kg/dm³ con una preparación de tipo tradicional, hasta 1,85 kg/dm³ con el uso de una mezcladora mecánica.

7.5.2 Resistencia

Mediciones efectuadas sobre muestras cilíndricas, similares a las muestras para hormigón, muestran una rotura a la compresión en forma de cono. Durante el ensayo de tracción por flexión, el material se «perfora» antes de llegar a la rotura.

7.5.2.a Resistencia a la compresión: 15 bars (ejemplo)

7.5.2.b Resistencia a la tracción: 6 bars (ejemplo)

7.5.3 Módulo de Young: ± 2.000 bars hasta 3.000 bars (1 bar = 1 kgf/ m²)

7.5.4 Elasticidad

El relleno puede sufrir deformaciones mecánicas del orden de 0,5% a 0,8% antes de la rotura.

7.5.5 Características Térmicas

Masa volumínica (kg/m ³)	Conductividad térmica (W/m °C)	Calor específico (en masa) (kJ/Kg °C)	Calor específico (en volumen) (kJ/m ³ °C)
1400	0,59	1	1400
1600	0,73	1	1600

7.5.6 Resistencia al fuego

Según la normalización alemana (DIN) los materiales a base de tierra y fibras vegetales no son inflamables mientras tienen una masa volumínica superior a 1.700 kg/m³. Las mezcla más livianas (con más fibras), pueden clasificarse en la categoría «difícilmente inflamables».

0246

8. REVESTIMIENTOS

Los revestimientos son la protección externa casi indispensables para de los rellenos a base de tierra.

La alta proporción de fibras de la mezcla, su densidad relativamente baja, y el tipo de tierra que lo componen, hacen del relleno a base de tierra un material poroso y particularmente sensible a la erosión de las lluvias y a las heladas. Dos procedimientos de protección exterior pueden ser usados: el revoque y el forro.

Para distinguirlos claramente se llama revoque (enlucido, repello, estucado, etc.) a los revestimientos que se colocan, al estado pastoso, sobre el relleno, agarrándose a este último por pegamiento, y se llama forro a todo tipo de revestimiento «sólido» fijado a la estructura e independiente del material de relleno.

8.1 REVOQUES

- a) Durabilidad. La durabilidad del revoque de un panel depende tanto de su adherencia al material de relleno como de su resistencia a los agentes de erosión (lluvias, heladas, rozamientos, etc.).
- b) Elasticidad. La elasticidad del material de relleno y la flexibilidad de la estructura de madera implican que el material de revoque tenga características de elasticidad por lo menos iguales a las de su soporte.
- c) Permeabilidad. La permeabilidad de la mezcla de barro y paja, que sirve de fondo a los revoques, prohíbe el uso de estucos demasiado impermeables, que podrían generar fenómenos de condensación de agua en la cara interna del revoque, ocasionando el deterioro de los puntos de fijación del revoque con su soporte, y el desprendimiento del estuco por placas enteras.

8.1.1 Preparación del relleno para los revoques

La adherencia de un revoque se obtiene por efecto de «pegamiento» entre las dos superficies en contacto, la del revoque y la del relleno; y por «agarre» mecánico logrado al imprimirse las asperezas del relleno en la masa plástica del revoque.

8.1.1.a Limpiado

Se puede mejorar el efecto de pegamiento limpiando cuidadosamente la superficie del muro de todas las partículas de polvo poco adherentes, y mojándolo hasta saturación.

8.1.1.b Mojado

Al mojar el muro, se evita la formación de grietas en la cara interna del revoque, que podrían producirse si el muro absorbe, por succión capilar, la humedad contenida en el revoque. Con una superficie de tierra no estabilizada, se procede por rociadas repetidas hasta la saturación, teniendo cuidado que no se produzca el derrame del barro.

8.1.1.c Escarificado

Se mejora el efecto de anclaje mecánico, multiplicando las asperezas del muro. Al terminar el relleno de una parte de la estructura (panel), se graba con un badilejo escarificaciones bastante densas (malla de 5 cm x 5 cm o 10 cm x 10 cm) en el material todavía húmedo.

Las prácticas tradicionales muestran estrías en el barro hechas con una horca, y la impresión de huellas profundas con los dedos en el material de relleno.

Las fibras aparentes en la superficie del relleno contribuyen, también, en la

adherencia del revoque, y por ello no hay ningún motivo para quitarlas.

8.1.1.d Mallas metálicas

El uso de mallas metálicas clavadas en los paneles mejoran la adherencia de los revoques, pero no son necesarias si los materiales del relleno como de los revoques han sido correctamente seleccionados.

Si se tiene que revocar completamente una fachada tiene, recubriendo por lo tanto los elementos de la estructura maestra, se tiene que prever un sistema de agarre particular.

Se utiliza, en este caso, malla gallinera o hojas de metal desplegadas fijadas sobre la estructura maestra. Se evitará clavar directamente estas mallas sobre los elementos de la estructura maestra que por sus variaciones temporales de dimensión, podrían provocar fisuras en el revoque.

Se recomienda colocar, una banda de papel entre los elementos de madera y las mallas, para impedir al revoque pegarse a la madera. Estos «puentes» artificiales son de todas maneras puntos débiles en el revoque, y más vale evitarlos dejando la estructura aparente o utilizar una osamenta lateral continua.

8.1.2 Revoques a base de tierra

Los revoques a base de tierra cumplen con los dos requisitos de elasticidad y permeabilidad, pero ofrecen una protección muy limitada frente a los agentes de erosión. Se puede mejorar la resistencia a la erosión de los revoques tradicionales a base de tierra, agregándoles «aglomerantes» dentro de los límites de compatibilidad con el material de relleno. Por ejemplo se les puede agregar cal aérea, una pequeña proporción de cemento o de cal hidráulica, productos estabilizantes, etc.

8.1.2.a Tierra para revoque

La tierra empleada para revoques es tradicionalmente más arenosa que la tierra del relleno, se reduce así el encogimiento natural de la tierra y el riesgo de grietas. La falta de cohesión del material se compensa agregándole un aglomerante artificial.

Si se procede por corrección de granularidad, añadiendo arena, se tiene que escoger tanto arena fina como arena gruesa para tener una granularidad continua.

Sin llegar a definir un huso granulométrico para las tierras de los revoques, se puede mencionar dos ejemplos que han dado buenos resultados.

Revoque tradicional a base de tierra (ejemplo)

Arena gruesa	2%
Arena fina	76%
Limo	13%
Arcilla	9%
Fibras (en peso)	3%

Revoque de tierra arcillosa «cor regida» (ejemplo)

Arcilla de ladrillo corregida por agregado de arena fina y gruesa.

Arena gruesa	41%
Arena fina	49%
Limo	5%
Arcilla	5%

Como la proporción de arcilla era demasiado baja para dar cohesión a la mezcla, se tuvo que agregar un aglomerante (cal aérea en este caso) en proporción relativamente alta (1 parte de cal por 3,5 partes de tierra).

8.1.2.b Fibras para revoque a base de tierra

Al igual que en el relleno, las fibras en un revoque sirven para aumentar la elasticidad del material.

No se utilizan, sin embargo, los mismos tipos de fibras. Las altas tensiones que tiene que aguantar el revoque por su situación muy expuesta, y su modo de colocación en capas finas, plantean más exigencias para la selección de las fibras, que en el caso de relleno. Las características que tienen que tener las fibras de un revoque se pueden enunciar así :

- Ser resistentes a la tracción.
- Tener una buena adherencia con las arcillas.
- No absorber mucha agua.
- Ser poco putrescibles.
- Ser fáciles de mezclar y trabajar en capas finas.
- Se puede utilizar fibras de origen vegetal, animal o industrial.

a) Fibras vegetales para revoque a base de tierra

Se emplean muchas fibras de paja o de heno cortadas, pero no son muy resistentes. Mejores resultados han sido logrados, con cascabillo de lino, casi imputrescible. Fibras de sisal, de cáñamo o de coco también pueden dar resultados muy interesantes. A menudo la proporción de fibras es similar o un poco más alta en el revoque que en el relleno de barro.

b) Fibras animales para revoque a base de tierra

El uso de pelos de vaca fue una práctica muy corriente en los revoques e inclusive en el relleno de los entramados pesados europeos [Ent.p.]. Son fibras animales muy resistentes y muy durables.

c) Fibras industriales para revoque a base de tierra

Las fibras sintéticas y baratas, como el polipropileno, que sirven habitualmente para fabricar sogas, pueden dar muy buenos resultados. Son elásticas y poco putrescibles. El precio de estas fibras es un criterio determinante. No sirve, emplear fibras demasiado resistentes (fibras de vidrio, fibras metálicas, etc.) si su adherencia al material no corresponde a su resistencia.

8.1.2.c Estabilizantes para revoque a base de tierra

Teóricamente, todos los productos estabilizantes para suelos podrían ser convenientes para los revoques. En la práctica no se recomienda los cementos hidráulicos (cemento común, cal hidráulica) que dan revoques demasiado rígidos y difíciles de trabajar.

a) Cal aérea. La cal aérea (cal viva apagada) evita esos problemas y es el producto más recomendable para revoques. Conviene muy bien a tierras arcillosas en proporciones que varían a partir de 10% ; su color da, además, un aspecto agradable a los revoques de tierra. Al aumentar más su proporción en la mezcla, la cal sirve también como aglomerante y conviene para las tierras que carecen de cohesión. La utilización de orina de animales, en vez de agua, en la preparación de revoques con cal, fue una práctica muy difundida en los países de Europa del norte ; puede mejorar mucho el material, reduciendo la formación de grietas, y aumentando la dureza del revoque. La orina de caballo fue la preferida por los constructores; sin embargo su olor particular puede ser un inconveniente.

b) Asfalto . Aparte de la cal, se puede utilizar el asfalto como estabilizante de revoques a base de tierra. Se lo agrega a la mezcla un poco antes de aplicarla, en proporciones de 2% hasta 6% . El asfalto tiene que utilizarse en frío, bajo forma de emulsión (con agua) o de cut-back (con kerosene).

8.1.2.d Recetas de revoques a base de tierra (ejemplos)

a) Tierra muy arenosa + Cal aérea + cascabillo de lino (3,5: 1: 1,2)

Aplicación sobre relleno estriado y seco.

b) Tierra + Cal aérea + Cascabillo de lino (5: 1: 1) .

Es aconsejable reemplazar una parte de la cal aérea por cal hidráulica en la proporción: cal aérea + cal hidráulica (4 :1).

Aplicación sobre un relleno estriado y seco en una sola capa de 1.5 cm.

c) Tierra limosa + Arena + Cal aérea + Cascabillo de lino (1: 2: 1:1)

Se coloca en 2 capas sobre un relleno escarificado, de un mes de secado.

(Grietas muy finas han aparecido con este revoque sobre las fachadas expuestas al sol).

8.1.3 Revoques a base de arena

Estos revoques aguantan muy bien a las agresiones exteriores pero no cumplen con los requisitos de elasticidad y de permeabilidad. Se puede adaptar los estucos convencionales a base de arena y cemento, aumentando su elasticidad y su permeabilidad. Se puede, por ejemplo, agregarles fibras, disminuir su espesor, aumentar los puntos de «anclaje» mecánicos en el muro, disminuir su dosificación, etc.

Los revoques con arena utilizan, casi todos, la cal aérea como aglomerante principal. Pueden tener, o no, fibras y existen una gran cantidad de aditivos que mejoran sus características.

8.1.3.a Arena para revoques

No es necesario buscar arenas muy limpias. Arenas de cantera o de río, con una pequeña fracción de limo de arcilla, convienen muy bien. La granularidad de la arena tiene que ser continua, conteniendo arena gruesa y fina.

8.1.3.b Cal aérea para revoques a base de arena

Se utiliza cal aérea apagada, como para un revoque de tierra. La proporción de cal varía según la dosificación requerida y el tipo de arena. Es interesante, sin embargo, conocer como referencia que la dosificación óptima de una mezcla en función del tipo de arena puede variar de 6:1 a 3:1 según la clase de arena. Un método sencillo consiste en determinar la dosificación de un mortero, de arena y cal, en relación al volumen de vacíos de la arena. Se procede así:

- 1) Pesar un recipiente vacío de ± 1 litro de capacidad. Se obtiene el valor P_0 .
- 2) Llenar el recipiente de agua y pesar. Se obtiene P_1 .
- 3) Vaciar el agua, secar el recipiente, llenarlo de arena bien seca sin comprimir y pesar. Se obtiene P_2 .
- 4) Sin sacar la arena, agregar agua poco a poco, hasta saturación de la arena y pesar. Se obtiene P_3 .

Relación del Volumen de Arena con el Volumen de Cal:

$$X = (P_1 - P_0) \div (P_3 - P_2)$$

$$= (\text{Volumen del recipiente}) \div (\text{Volumen de agua en la arena saturada})$$

La dosificación es dada por: X volúmenes de arena por 1 volumen de cal. El valor encontrado se redondea a una cifra superior en 5% a 10% más.

- Se aconseja, de todas maneras, no poner demasiado cal en las mezclas y no buscar arenas demasiado limpias (estas últimas pueden tener un poco de arcilla o de limo).

8.1.3.c Fibras para revoques a base de arena

En general, todos los revoques a base de arena no tienen fibras. Sin embargo, el añadido de fibras podría ser provechoso. Al añadir fibras a una mezcla, se aumenta la resistencia del revoque y se disminuye el riesgo de fisuras por encogimiento. Se puede así aumentar la dosificación en cal, haciendo el revoque más resistente, sin perjudicar sus características de elasticidad y de permeabilidad.

Se utilizan los mismos tipos de fibras que para un revoque de tierra. Se observa, a veces, en fórmulas de revoques tradicionales con cal, el uso de bosta de vaca o de caballo. Este material ha sido utilizado, al parecer, tanto por las fibras que contiene que como aglomerante, y por su efecto de endurecimiento sobre la cal aérea.

8.1.3.d Aditivos para revoques a base de arena y cal

Existe una gran variedad de recetas de revoques a base de cal, con aditivos de toda clase. Se busca, a través de esos productos, mejorar ciertas características de la cal.

a) Acelerar el endurecimiento. (Arena + Cal + Cal hidráulica o Cemento)

El fraguado de la cal es muy lento (varios meses) y a menudo se lo tiene que acelerar, por ejemplo, si el revoque se realiza poco antes de la temporada de mal tiempo. Para ello se agrega a la mezcla habitual un poco de cal hidráulica o de cemento, en una proporción de 10% a 25%.

b) Aumentar la dureza. (Arena + Cal + Puzolana o Polvo de ladrillo)

Al agregar puzolana o polvo de ladrillos a un mortero de cal, se produce una reacción «puzolánica», que da al mortero propiedades hidráulicas. El mortero se vuelve resistente al agua, sin por ello volverse demasiado rígido como el mortero de cemento. Si se utiliza polvo de ladrillos se tiene que respetar unas reglas.

- Escoger ladrillos poco cocidos: 600°C es el óptimo.
- Moler los ladrillos hasta obtener un polvo lo más fino posible.
- Mezclar Cal aérea + Polvo de ladrillos (1: 2)

c) Mejorar la impermeabilidad (Productos orgánicos o Cemento)

Se tiene que actuar con cuidado al tratar de mejorar la impermeabilidad de un revoque; el remedio puede volverse nocivo si impide la «respiración»

natural del revoque.

- Productos orgánicos: Tradicionalmente y para tal efecto, se utilizaron productos orgánicos, por ejemplo clara de huevo o jabón, que mejoran al mismo tiempo la trabajabilidad del material y permiten lograr un acabado muy liso («tadelakt», revestimiento de Marruecos). La sangre fue utilizada también con el mismo propósito.
- Cemento: Si se quiere impermeabilizar un poco más las fachadas muy expuestas a la intemperie, se puede agregar un poco de cemento al mortero de cal (cuidando de agregar solamente la cantidad de cemento estrictamente necesaria). Por ejemplo y al máximo: 1 kg de cemento por 20 litros de mortero de cal y arena o 1 bolsa de cemento por 1 m³ de mortero.

8.1.3.e Procedimiento de realización de revoques a base de arena y cal sobre una estructura maestra «aparte»

La realización de revoques de arena, en varias capas, obedece a los mismos principios que un revoque convencional, o sea: colocar las capas más ricas en cal y en arena gruesa hacia el muro, disminuyendo su dosificación y el grosor de la arena hacia la capa de acabado.

No presionar demasiado la capa de acabado para no provocar la formación de grietas.

A) 1ra capa: Revoque de fondo

- 1) Humedecer las caras del relleno (que hayan sido «rajadas» o «punteadas» antes de secar). Evitar un exceso de proyección de agua que podría provocar desprendimientos del relleno.
- 2) Colocar, de arriba hacia abajo, una primera capa de «revoque de fondo» ($e = \pm 1$ cm) teniendo cuidado de guardar libre unos 5 mm de profundidad (respecto a los elementos de la estructura maestra) para la segunda capa de «revoque de acabado».

(Si se requiere más impermeabilización del relleno, agregar un poco de cemento a la mezcla).

- 3) Dejar secar uno o dos días.

B) 2da capa: Revoque de acabado

- 1) Preparar una mezcla menos rica en cal y utilizar una arena más fina
- 2) Cernir una arena gruesa (# 1 mm). El revoque será más resistente y durable que si se utiliza arena fina comprada como tal.
- 3) Mezcla: Cal + Agua + Arena cernida hasta obtener una lechada bastante espesa (pastosa).

- 4) Aplicar fuertemente una capa de este mortero sobre el revoque de fondo
- 5) A pena una cierta área del revoque de acabado empieza a endurecer (mejor si se puede lograr realizar un panel completo), salpicarla ligeramente con agua, mediante una brocha agarrada en una mano, mientras que con la otra mano y con un frotacho, se efectúa movimientos circulares uniformes, utilizando los elementos de la estructura maestra como guías de espesor final del revoque. La capa del revoque de acabado no debe sobrepasar las caras de los elementos la estructura maestra
- 6) Cuando el revoque de acabado se ha endurecido lo suficiente, marcar con una «bruña» una ligera canaleta a lo largo de los elementos de la estructura maestra.
- 7) Limpiar bien todas las partes aparentes de la estructura maestra, teniendo cuidado de no «bañar» el revoque de acabado aún fresco.
- 8) Tratar de mantener una cierta humedad constante, por lo menos los primeros días, humedeciendo el revoque de acabado 2 o 3 veces al día.

En caso de clima muy caluroso y soleado, se puede colgar bolsas de yute cosidas entre ellas y constantemente humedecidas, para proteger el revoque de acabado de un secado demasiado rápido.

8.1.3.f Recetas de revoques a base de arena (ejemplos)

- a) Arena + Cal aérea + Bosta de vaca (1 : 1 : 1)
- b) Arena + Cal aérea (6 : 1) + Cemento (un poco) + «pintura» de Cal + Bosta de vaca + Grasa de oveja (8 : 1 : 1).

Estos revoques tradicionales europeos se utilizaban para Entramados pesados con osamentas tejidas estrechas. ([Ent.p/ma],[Os4,est,Hv/ma])

- c) 1ª capa - Arena + cal aérea (4 : 1) espesor: 0,5 cm.

Dejar secar 3 días.

2ª capa - Arena + cal aérea (7 : 1) espesor: 1 cm.

Este revoque se aplica sobre un relleno estriado y seco.

Restauración de Entramados pesados tradicionales europeos.

- d) Arena + Cal aérea + Cascabillo de lino (1,7: 1: 1,6)

Este revoque se coloca en una sola capa, debido a su alta tasa de fibras.

8.2 FORROS

El forro es tradicional en las técnicas mixtas de construcción con tierra sobre osamentas, sobre todo en las fachadas muy expuestas a la lluvia. Los materiales empleados como forro para una estructura maestra de madera con relleno de tierra, son los mismos que se emplean para una casa de madera convencional. Pueden ser materiales de techado, (tejas, pizarra, tablillas...) o materiales específicos de forro (tablas de madera, hojas de aluminio o de plástico...)

Los estucos sobre metal desplegado clavado a la estructura también pueden clasificarse como forro. Diferentes materiales se adaptan muy bien para desempeñar el papel de forro si cumplen con los dos requisitos de flexibilidad y de porosidad

8.2.1 Flexibilidad

- Los forros deben ser suficientemente flexibles para seguir sin quebrarse las variaciones de dimensión de la estructura. Se escogerá por ello materiales flexibles por su propia naturaleza (madera, metal, plástico...) o se los fraccionará en pequeños elementos (teja, pizarra...).

8.2.2 Porosidad o Ventilación

- Los forros no deben provocar una condensación de vapor de agua en su cara interna. Se pueden utilizar materiales porosos o sino, dejar la separación necesaria para una ventilación natural entre el forro y el muro.

Es necesario señalar que no todos los materiales convencionales para forro cumplen con estos dos requisitos.

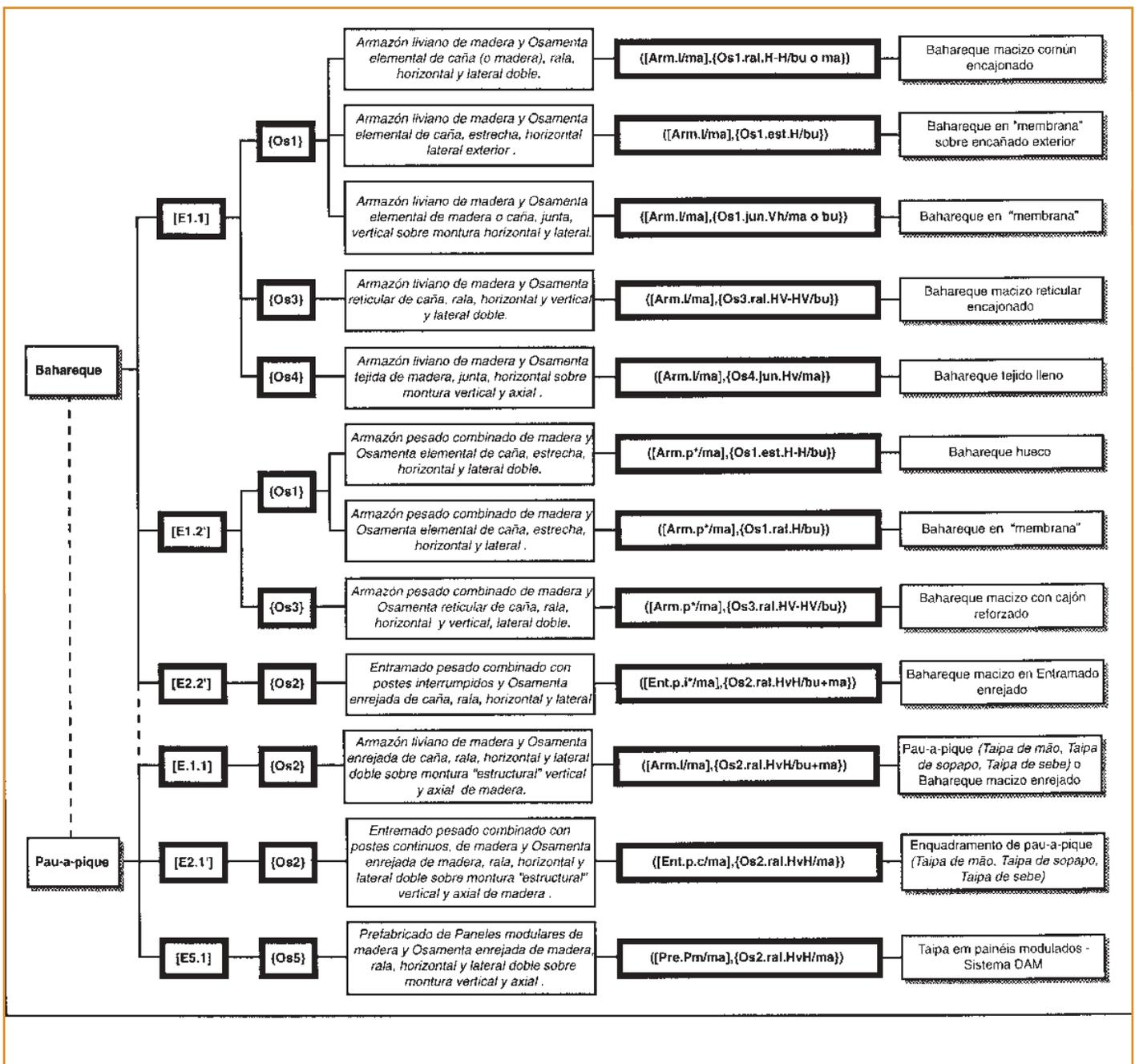
Por ejemplo un revoque de cemento sobre metal desplegado, que no permite la migración del vapor de agua a través del muro, puede provocar fenómenos de condensación sobre la cara interna del forro, que sin revelarse al exterior, van a aumentar la tasa de humedad del muro y favorecer al desarrollo de podredumbres en la madera de la estructura y en las fibras del relleno.



9. BAHAREQUE y PAU-A-PIQUE

fig. 42

Técnicas mixtas de Bahareque y Pau-a-pique (© Hays & Matuk)



9.1 BAHAREQUE (definición)

Se designa con el término «bahareque» o «bajareque» a un amplio conjunto de sistemas constructivos muy difundidos en América latina y que tienen como denominador común una estructura maestra en Armazón liviano [Arm.] o pesado [Arm.p] o en Entramado pesado [Ent.p] de madera (raramente de bambú) y un relleno a base de tierra (a veces de terrones secos y piedras) generalmente colocado por «embutido» al interior de una osamenta rala de largas tiras, a dominante horizontal, de bambú o cañas delgadas (a veces de madera) fijadas por ambos lados de la estructura maestra.

Según el sistema constructivo de las estructuras maestras, las características de las estructuras auxiliares, y los modos de colocación del relleno se pueden diferenciar las variantes del bahareque.

- Diferenciación de los bahareques en función de la estructura maestra : los bahareques con Armazones [Arm] se diferencian de los bahareques con Entramados pesados combinados [Ent.p*] , en que los primeros utilizan básicamente madera rolliza o poco habilitada (casi siempre en forma de horcones) y los segundos utilizan madera labrada y ensambles de carpintería en combinación con madera rolliza.
- Diferenciación de los bahareques en función de la estructura auxiliar : los bahareques con Osamentas elementales {Os1} o reticulares {Os3}, generalmente ralas horizontales y dobles laterales, se diferencian de los bahareques con Osamentas enrejadas {Os2} , ralas, horizontales y dobles laterales porque presentan una montura axial de elementos verticales que puede tener un importante papel estructural. Este tipo de «montura estructural» caracteriza toda una familia tecnológica conocida en el Brasil bajo el nombre genérico de pau-a-pique (bahareque enrejado).
- Diferenciación de los bahareques en función del relleno : los bahareques macizos se diferencian de los bahareques en membrana.
 - En los bahareques macizos (los casos más comunes), el relleno es embutido entre los elementos de las osamentas laterales dobles, creando un especie de «placa» mineral pesada mantenida en «sandwich» por los elementos vegetales de la osamenta.
 - En los bahareques en membrana, se empasta una osamenta simple, en general colocada lateralmente respecto a la estructura maestra.

9.1.1 Bahareque macizo con Armazón liviano o pesado [Arm.l] -

[Arm.p]

Los bahareques macizos con Armazones livianos o pesados son muy difundidos y característicos de un sin número de construcciones vernáculas.

Los Armazones [Arm] del bahareque están casi siempre constituidos por horconaduras, o sea por un conjunto de postes verticales, de sección menor en el caso de Armazones livianos [Arm.l] o de mayor sección en el caso de armazones pesados [Arm.p]. Estos postes (horcones) soportan (por simple apoyo y amarrado) un envigado perimetral (solera superior) que a su vez recibe las viguetas del techado. En las construcciones con techos a dos aguas, unos horcones mas altos son dispuestos, generalmente, en el eje longitudinal de la construcción para sustentar la viga cumbreira.

Nota: Muchas de las recomendaciones que se dan a continuación, para la construcción de bahareque macizo con Armazón liviano o pesado, han sido bastante detalladas en los manuales «El bahareque en la región del Caribe» del Fondo Nacional de Formación Profesional para la Industria de la Construcción -FIC, Colombia. (cf. bibliografía).

9.1.1.a Corte de la madera rolliza (horcones)

- Hay que escoger las maderas más resistentes y durables para los «horcones» (en Colombia se utiliza el guayacan, el carreto colorado, el níspero, el mora, el muñeco, la vara de humo, etc. ; en Venezuela se utiliza el curarire, la vera, el araguaney, el daguaro, el quiebra-hacha, el balaustre, piriche, cacho de toro, caruso, flor amarilla, ébano, cují, aceituno, mora, dividive, urero macho, roble, gateado etc.)
- Se tiene que cortar la madera en la buena época (meses secos) y buen momento tomando en cuenta los ciclos lunares (no se debe cortar los horcones en luna nueva y cuando la marea está alta). Haciendo un tajo de prueba en el tallo no debe salir agua.

9.1.1.b Secado de la madera rolliza (horcones)

- Un buen secado de la madera es indispensable. Se recomienda conformar pilas de rollizos dispuestos horizontalmente y alternativamente en contrasentido, que permitan la circulación del aire y teniendo cuidado de repartir correctamente las varas para que no se curven con el peso que tienen encima.
- Los horcones de maderas más resistentes pueden ponerse a secar en posición inclinada, casi vertical (secado más rápido)
- Un secado muy rápido de la madera no es conveniente (riesgo de rajaduras o deformaciones)

9.1.1.c Protección de la madera

- Se tiene que garantizar una buena protección de la madera, mediante productos de preservación y un buen diseño de los detalles constructivos en particular se debe:
 - Aislar la casa de la humedad del suelo, que sea natural o por intemperie.
 - Evitar filtraciones, fugas de agua debidas a las instalaciones.
 - Evitar condensaciones indebidas.
 - Prever barreras contra las plagas.

9.1.1.d Ubicación

- Se recomienda buscar terrenos firmes, que permiten empotrar los horcones a menor profundidad y limitar los riesgos de agrietamiento del relleno macizo.
- Limpiar el área correspondiente a la construcción proyectada hasta un metro más alrededor de la misma, retirando toda la tierra vegetal y materiales sobrantes.
- Trazar con mucha precisión los ejes de los horcones mediante estacas y cordeles

9.1.1.e Cimentación

Los horcones se fijan directamente en el suelo y a veces se apoyan sobre bases de piedra.

- Cuando no se dispone de mucha madera apropiada se puede cortar trozos de madera dura de 1,20 m de largo y del mismo diámetro que los horcones que se prevé emplear, labrando una de sus extremidades en forma de punta para luego empotrarlos en el suelo. Estas estacas o zoquetes deben sobrepasar el nivel del piso de unos 20 cm.

Los horcones que pueden ser de madera más corriente (aunque suficientemente resistentes a todas las cargas) se pueden fijar sobre estas estacas mediante un ensamble en caja (o muesca) con empernada transversal o fuerte ligamiento perimetral.

- Se puede también sustituir estos zoquetes de madera dura por pilotes de concreto armado de sección 15 cm x 15 cm y de una longitud calculada para que sobrepasen del piso terminado de 5 cm a 10 cm.

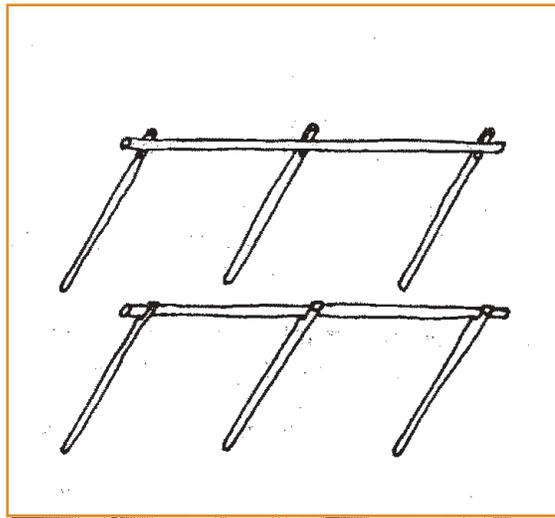
En zona inundable, estos pilotes de concreto son recomendables y deben sobresalir de por lo menos 20 cm encima del nivel hipotético alcanzado por las aguas en caso de una inundación. Se debe también utilizar sobrecimientos de concreto o ladrillo de buena calidad con la misma altura.

- Para su protección la base de los horcones o las estacas (zoquetes) que van a quedar enterrados deben ser untados de aceite quemado, de kerosene, de asfalto o mejor con productos inmunizantes. Se acostumbraba también quemar superficialmente la punta o echar cal viva dentro del hueco.
- Es desaconsejado envolver la base del horcón en bolsas plásticas, lo que impide a la madera de «respirar», acelerando en consecuencia un pudrimiento prematuro.
- Los horcones (de madera muy dura) se empotran en el suelo a una profundidad variable entre 0,80 m y 1,20 m según la resistencia del terreno. Excavar en consecuencia unos huecos de 40 cm x 40 cm de ancho.
- Cuando se colocan en posición los horcones dentro de los huecos, la cabeza de la parte superior debe quedar plomada con el pie o parte inferior del horcón, lo que es válido también con madera no muy recta.

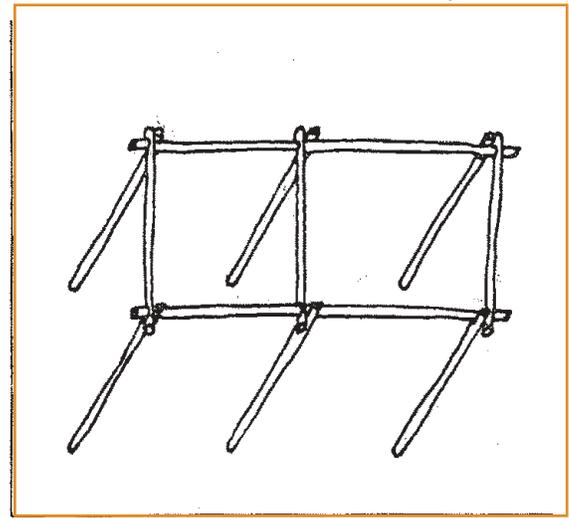
9.1.1.f Horconadura

- Los horcones se colocan por lo general con intervalo de 0,60 m y 1,00 m.
- Los horcones deben tener una sección adecuada y calculada en función del diseño de la construcción, en particular del peso de la cubierta que se proyecta realizar, de la resistencia contra los esfuerzos dinámicos provocados por vientos y eventuales sismos. Por ejemplo, secciones de 12 cm a 15 cm pueden ser adecuadas para los horcones esquineros y los que juegan un destacado papel estructural. En ciertas regiones se utilizan estructuras muy fuertes, Armazones pesados [Ar m.p] con horcones gruesos de un diámetro de ± 30 cm (Venezuela, Estado de Barinas).
- Escoger los rollizos más rectos para los horcones esquineros.
- Los horcones intermedios pueden tener ligeras curvas en el sentido longitudinal de la pared.
- Los horcones tienen que ser ubicados con mucha precisión según el diseño de la estructura maestra y de la carpintería del techo. La distancia entre los horcones de mayor sección es generalmente de unos 3 m.
- Rellenar los huecos alrededor de cada horcón con tierra no orgánica, de preferencia arenosa y un poco húmeda. Apisonar esta tierra (de afuera hacia adentro) teniendo cuidado de no desplomar los horcones.
- Nivelar los horcones a la altura que se desea realizar la viga collar (mesa en Colombia) teniendo en cuenta el nivel del piso terminado.
- Serruchar la madera en exceso en la parte superior de los horcones.

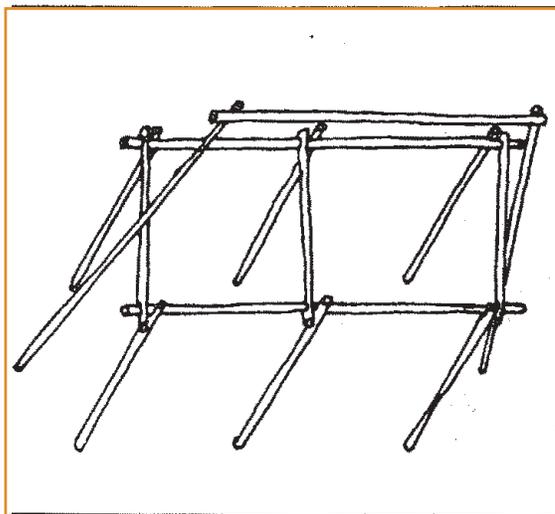
- Es importante cortar los horcones después de colocarlos in situ y no antes para asegurar una correcta nivelación.
- Tomando en cuenta la sección de los elementos de la futura viga collar (soleras superiores - sentaderas) y con ayuda del cordel trazar las muescas en el cabezal de los horcones nivelados (patillas, moscas en Colombia) y cortarlas.
- Es importante realizar muescas abiertas hacia el exterior para facilitar el eventual cambio de las soleras superiores. Aunque se recomienda lo contrario si se desea precortar al suelo todos los elementos de las soleras superiores y transversales (sentaderas y tirantas) con sus respectivas muescas de enganche.
- Luego de colocar los horcones, se colocan en el sentido longitudinal de la construcción las soleras superiores (las sentaderas de la mesa) y en el otro sentido vigas transversales (las tirantas de la mesa). Se conforma así una viga collar que amarra la cabeza de los horcones y que está destinada a recibir las cargas de las viguetas de la techumbre (Colombia: la varasón de la cubierta)[Fig. 43]
- Se colocan primero las soleras superiores longitudinales (sentaderas) y luego las transversales (tirantas) que se enganchan sobre las sentaderas y juntan las muescas de los horcones. Luego se procede a la colocación progresiva de los elementos de la techumbre según el tipo de techo que se desea realizar.
- La madera que se utiliza para las soleras superiores (sentaderas y tirantas) debe tener un diámetro mínimo de 3" (8 cm) cuando es rolliza o de 3"x4" (7cm x10 cm) cuando es aserrada. Se pueden también realizar en guadua.
- Las soleras superiores longitudinales (sentaderas) que descansan en las muescas de los horcones deben ser debidamente amarradas a estos últimas. Si se prevé un alero en las extremidades de la construcción, no se recortara el sobresaliente de estas soleras superiores longitudinales.
- En caso que fuera necesario, se pueden unir dos soleras superiores longitudinales colocando la extremidad de la primera encima de lá de la segunda y amarrándola debidamente. Esta unión debe coincidir con una muesca de un horcón sobre el cual descansará.
- Si las vigas soleras longitudinales son de guadua se puede fabricar, para cada unión, dos pasadores de madera dura que se colocarán como llaves en reservaciones debidamente ejecutadas en las partes superpuestas de las dos vigas de guadua, eso para evitar que estas últimas no se vayan a deslizar. Luego se las amarrará fuertemente



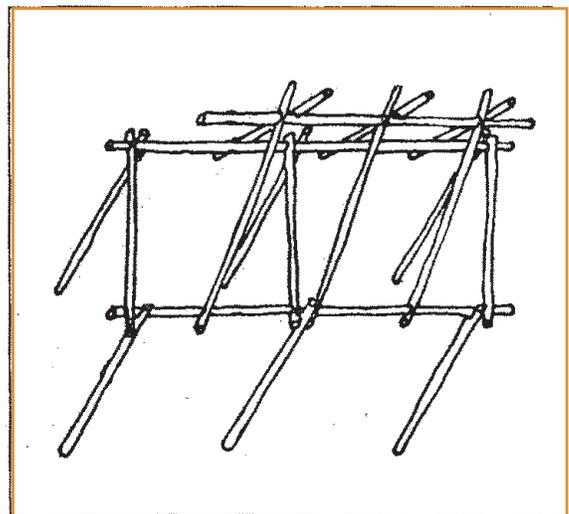
1-Colocar las sentaderas



2-Colocar las tirantas



3-Colocar la cumbrera



4-Colocar las tijeras

fig. 43

Proceso constructivo con horconadura (© Sanchez & Angel)

entre ellas como en el caso anterior.

- Según la distancia entre las dos vigas soleras longitudinales paralelas (sentaderas) se corta a medida las «soleras» superiores transversales (tirantas) con sus respectivas rebajas a sus dos extremidades que vendrán a engancharse sobre las «sentaderas», juntando la muesca de la parte superior de los horcones. Se conforma así un especie de viga collar (llamada mesa en Colombia).
- Luego de terminar la estructura maestra, la carpintería del techo y la cubierta se procede a la colocación del piso.
- La protección de la techumbre facilitará realizar la estructura auxiliar y sobretodo el relleno, evitando un secado demasiado rápido del

SEGUNDA parte

mismo y protegiéndolo de eventuales intemperies.

9.1.1.g Pisos

- Nivelar el suelo

Por lo general no se utilizan sobrecimientos pero es recomendable realizar una «base» para las futuras paredes. Esta base puede construirse con piedras, ladrillos, bloques de cemento o concreto encofrado.

- Pisos de tierra compactada :
 - Llenar con tierra hasta una cierta altura esta «base», de tal forma que el nivel interior de la construcción quede más alto que el exterior.
 - Apisonar la tierra (con un grado de humedad lo más cerca posible del óptimo proctor) por capas sucesivas de 10 cm a 15 cm de alto. Se puede también realizar el piso con suelo-cemento compactado.
 - Como mantenimiento, (en Colombia) se practica tradicionalmente el «amasado» diario, o sea al momento de barrer el piso de tierra compactada, se recoge una tierra principalmente constituida por arena fina, que se mezcla con agua para formar un especie de masilla que se riega o amasa manualmente para rellenar las grietas que pueden aparecer en el suelo compactado y para dar un aspecto «liso» al piso.
- Se puede también realizar como acabado un afinado de cemento y arena.
- Se puede sustituir el piso de tierra compactada por un piso de hormigón convencional.
- Para proteger la base de los muros, es importante realizar, una vez la construcción terminada, una vereda perimetral cuyo ancho este en relación con el voladizo del techo. Los bordes de esta vereda se pueden hacer con piedras o bloques de concreto. La vereda se puede elaborar con suelo compactado o mejor todavía con suelo-cemento apisonado. Se puede también realizar un acabado final con un afinado de arena-cemento.
- Según la configuración del terreno puede ser necesario efectuar un drenaje apropiado alrededor de la construcción.

9.1.1.h Osamentas

En los bahareques macizos, la estructura auxiliar tiene el papel fundamental de mantener lateralmente el relleno (Las osamentas del bahareque macizo lleva en Venezuela el nombre de «encañado» o de «enlatado» y en Colombia de «cerca de embutido»).

Altura de la pared de bahar que macizo

Espesor	2,5 m	3,0 m	3,5 m	4,0 m
10 cm	400 kg/ml	480 kg/ml	560 kg/ml	640 kg/ml
15 cm	600 kg/ml	720 kg/ml	840 kg/ml	960 kg/ml
20 cm	800 kg/ml	960 kg/ml	1120 kg/ml	1280 kg/ml
25 cm	1000 kg/ml	1200 kg/ml	1400 kg/ml	1600 kg/ml

Masa aproximada del relleno, en kilogramo por metro lineal, en función de la altura y espesor de la pared

(relleno = 1600 kg/m³)

[elaboración Hays & Matuk]

El relleno puede constituir una «placa» mineral muy pesada según la altura de la pared y su espesura. Por lo tanto, se tiene que tener cuidado en los puntos siguientes:

- Es importante seleccionar la calidad y preservar debidamente los elementos que constituyen la osamenta, generalmente de caña (o de madera).
- El buen diseño y amarrado de las osamentas son fundamentales. Es preferible realizar osamentas «reticulares», ralas y dobles laterales ([Ar m.l/ma],{Os3.ral.HV -HV/bu}) que osamentas «elementales» ralas dobles laterales ([Ar m.l/ma],{Os1.ral.H-H/bu o ma}).
- Para realizar estas osamentas reticulares ralas, se amarran (internamente) una, dos o tres varas verticales a los elementos horizontales (generalmente de la misma naturaleza que estos últimos) y que son respectivamente repartidas en el espacio que queda entre dos horcones. Se obtiene así una osamenta «reticulada» más reforzada (llamada «emparrillado» en Venezuela). No hay que confundir esta técnica con el pau-a-pique donde la montura vertical de los elementos horizontales de una osamenta doble lateral esta compuesta por elementos que tienen además un papel estructural.
- Es absolutamente necesario realizar osamentas reticulares dobles en particular si los elemen([Ar m.l/ma],{Os1.est.H/bu}).
- Los elementos horizontales de las osamentas ralas dobles laterales tienen generalmente una separación entre ellos de 15 cm a 20 cm (a veces ± 25 cm), pero no deben sobrepasar la decena de centímetros cuando se trata de realizar osamentas dobles con materiales de poca sección o rigidez.
- Si se utiliza bambú (guadua) cortado en dos mitades, para las tiras de

la osamenta, es preferible colocar las caras internas de las cañas hacia afuera para permitir una mejor adherencia del futuro revestimiento.

- Hay que tener cuidado de efectuar buenas uniones entre los elementos de la osamenta y la estructura maestra, utilizando ligaduras que no se vayan a romper con el tiempo (desgaste, oxidación, etc.) o con esfuerzos dinámicos debidos a movimientos de terreno, vientos fuertes, temblores etc. Hay que tener un cuidado especial en el clavado de cañas o bambúes que pueden quebrarse con el consecuente debilitamiento de la osamenta.

9.1.1.i Rellenos

- En los bahareques macizos el relleno se hace generalmente por embutido de una mezcla a base de tierra a través de las luces dejadas entre los elementos de la osamenta. La selección del suelo es menos exigente que para otras técnicas mixtas de construcción con osamentas, ya que la adherencia del suelo a estas últimas importa mucho menos.
- Es recomendable añadir fibras (paja) al suelo y amasarlo bien con una cantidad de agua adecuada antes de embutirlo. En ciertos lugares se agrega al suelo fibras de coco que no se pudren y brindan una buena adhesividad a la mezcla del enlucido.
- Donde escasean las tierras arcillosas, a veces se sustituye la mezcla a base de tierra por piedras o terrones secos, lo que no es recomendable en zonas sísmicas.

9.1.2 Bahareque *en membrana*

- El bahareque en «membrana» se diferencia esencialmente del «bahareque macizo» por el tipo de osamenta que lleva (simple y no doble) y por el relleno empastado que conforma una pared de poca espesura.
- Los elementos dominantes de la osamenta pueden ser horizontales (ejemplo: Encañado simple - Venezuela) ([Ar m.l/ma],{Os1.est.H/bu}) o verticales (ejemplo: Cerca en vara parada- Colombia ([Ar m.l/ma],{Os1.jun.Vh/ma o bu})) y se colocan lateralmente y generalmente del lado externo de la construcción, quedando los horcones visibles solamente por adentro.
- El relleno se coloca por empastado, lo que implica osamentas «estrechas» o «juntas».
- Los bahareques «en membrana» con osamentas simples son de menor durabilidad y resistencia que los bahareques macizos con osamentas dobles. Además el relleno no posee por lo general una buena adherencia

y tiene tendencia a desprenderse al secarse y con el tiempo.

- Por el contrario, en particular en zonas sísmicas, se puede construir con provecho «bahareques huecos», o sea con osamentas dobles laterales, de preferencia reticulares estrechas, que se empastan por afuera. Este sistema ([Ar m.p*/ma],[Os1.est.H-H/bu]) conviene en particular para paredes altas, que, al ser huecas resultan más dúctiles que las paredes de bahareque macizo.

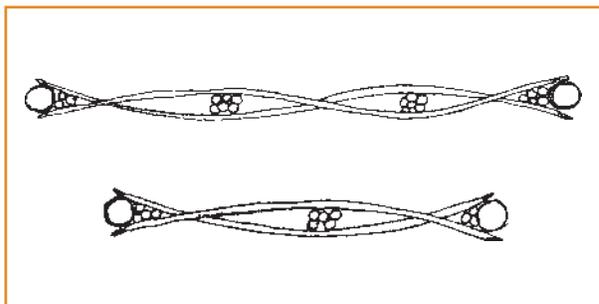
9.1.3 Bahareque tejido

- También existen, aunque no son muy comunes, bahareques con osamentas tejidas juntas ([Ar m.l/ma],[Os4.jun.Hv/ma]). Sus osamentas se asemejan en algo a las de la Quincha tradicional peruana o del Wattle-and-Daub americano.(Esta tecnología se denomina, en Colombia, bahareque con cerca en rejilla o trabilla).
- El bahareque tejido ofrece como principales ventajas, un buen agarre y una buena repartición de las cargas del relleno, al ser axial la osamenta respecto a la estructura maestra ; osamenta que además participa del arriostramiento del conjunto.
- El bahareque tejido se utiliza en particular cuando los parantes (horcones) de la estructura maestra son de pequeña sección ya que sirven de urdimbres verticales «topes» a los elementos horizontales de la osamenta. Esta técnica se puede aprovechar sobretodo con los Armazones muy livianos [Arm.l].
- Se utilizan generalmente varas delgadas de 1,25 cm (en Colombia: latas de corozo y castilla) tanto para la trama horizontal como para los urdimbres verticales de la osamenta.
- La trama horizontal esta constituida por varas de un largo un poco mayor que el espacio entre dos parantes (horcones) lo que le permite bloquearse contra estos últimos cuando no son demasiado gruesos. En caso contrario se agregan al interior de los parantes algunas varas verticales juntadas en «paquetes» que estan destinadas a recibir la extremidad de los elementos horizontales. Se dispone de la misma

forma un «paquete» de 2 hasta 5 varas verticales al centro del espacio entre dos parantes cuando se quiere realizar una traba simple (o sea un solo «resorte» con un elemento horizontal) o dos «paquetes» de varas verticales colocados de tal forma que dividan el espacio libre en 3 partes iguales cuando se quiera realizar una traba doble (o sea dos «resortes» con el mismo elemento horizontal). [Fig. 44]

fig. 44

Osamenta para bahareque tejido (© Sanchez & Angel)



- La trama se efectúa de abajo hacia arriba colocando en forma «junta» las varas horizontales alternando los «resortes» (uno hacia adentro y el que sigue encima hacia afuera etc.).
- En este sistema hay que colocar una solera baja para que descansen los urdimbres verticales, pudiendo estar constituida por una madera de buena calidad, de 5 cm x 10 cm (2" x 4") de escuadría .

9.1.4 Bahareque macizo con Entramado enrejado

El bahareque, aunque se utiliza sobretodo con las estructuras de tipo Armazón [Arm] en base a horcones, pero se desarrollo también con estructuras de Entramado pesado combinado [Ent.p*] donde se utiliza mayormente madera labrada de sección algo fuerte combinándola con madera rolliza. Tal es el caso en ciertas provincias de Ecuador por ejemplo. La descripción del sistema constructivo de Entramado pesado combinado con postes interrumpidos de madera y osamenta enrejada de caña, rala, horizontal y lateral ([Ent.p.i*/ma],[Os2.ral.HvH/bu+ma]) que sigue a continuación se hace en base del documento «Hacia el conocimiento de la Arquitectura rural andina» (cf. bibliografía).

- La cimentación (en pirca de piedra) es corrida de 40 cm de ancho e incluye, en las esquinas y cruces, piedras basas que servirán para recibir las columnas o pilares.
- Una vez nivelada se colocan los elementos de madera que desempeñan el rol de solera inferior, conocidos con el nombre local de «allpa soleras», estas piezas van simplemente asentadas en la cimentación. Las columnas pueden ser troncos, en algunos casos pingo con horcón, o cuartones y se colocan a una distancia máxima de 3 r[Fig. 45].
- Cuando no existe la solera inferior, las columnas se colocan directamente sobre las piedras basas mediante una espiga practicada en la madera a la dimensión del hueco tallado en la piedra basa. Cuando existe la solera inferior se aplica el mismo principio de caja y espiga, y esta vez la caja se practica en la propia solera, presentando algunas variantes[Fig. 46].
- Luego de colocar los elementos verticales de la estructura maestra se coloca la solera superior pudiendo emplearse diferentes tipos de ensambles.[Fig. 47]
- Los dinteles y peanas se colocan mediante destajes y se aseguran con clavos. La siguiente etapa se denomina en Ecuador «baharequeado» y consiste en colocar elementos diagonales denominados trinquetes y barras fijadas en huecos practicados en las soleras.

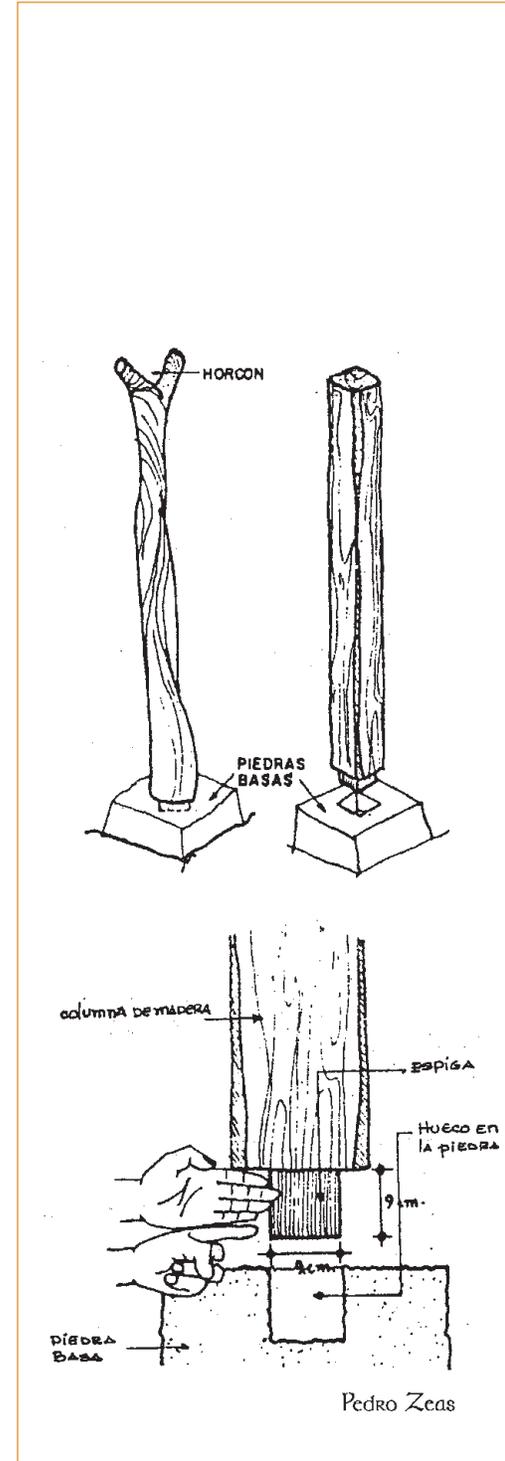
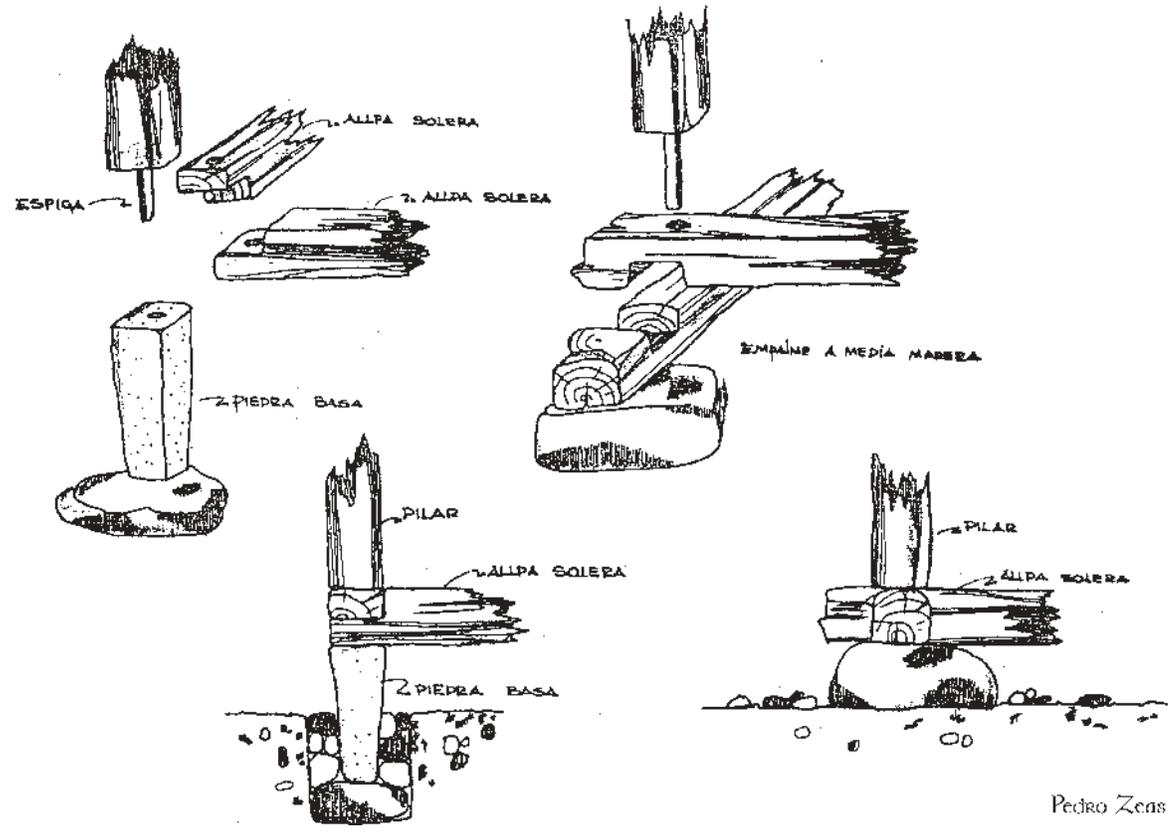
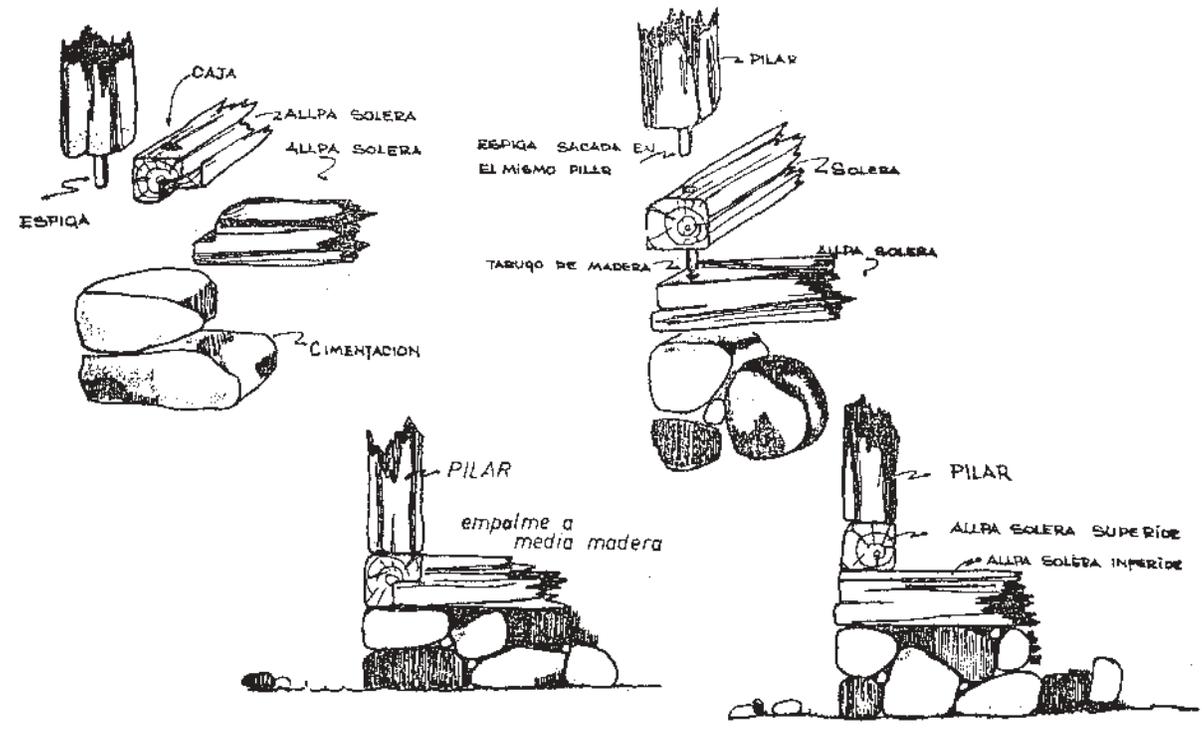


fig. 46

Bahareque macizo con Entramado enrejado - Colocación de horcones sobre base de piedra (© Zeas)

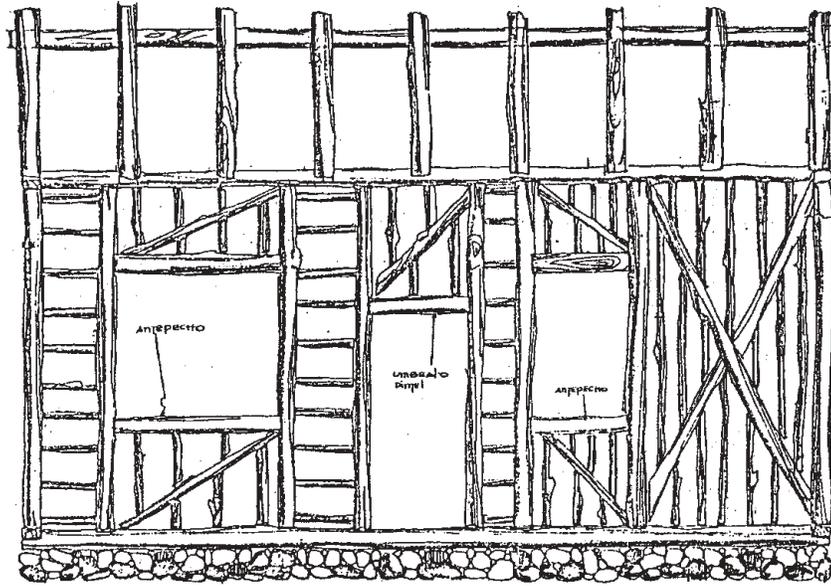
DETALLE DE EMPALME ENTRE PILAR Y SOLERA



Pedro Zeas

fig. 45

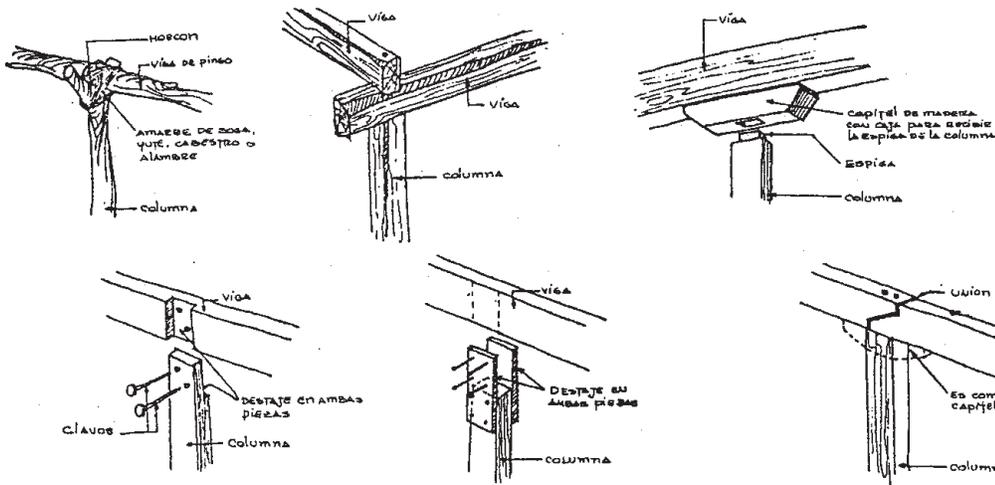
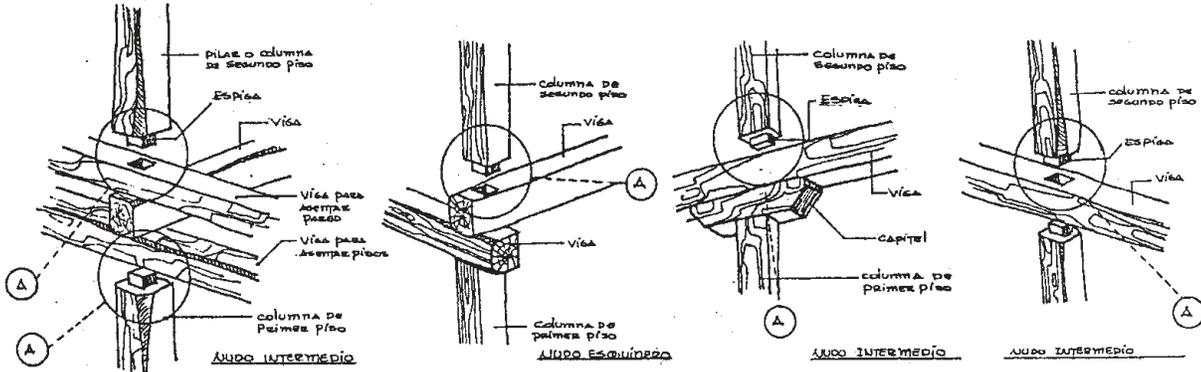
Bahareque macizo con Entramado enrejado - Detalles de empalme entre pilar y solera (© Zeas)



Estructura en la cual puede apreciarse que se ha terminado la edificación tanto de techumbres como de muros.

ENSAMBLES DE COLUMNAS PARA VIVIENDAS DE DOS PLANTAS.-

En caso de que la vivienda sea de dos plantas, los tipos de ensambles más utilizados son los siguientes:



Pedro Zeas

fig. 47 Bahareque macizo con Entramado enrejado - Sistema constructivo (© Zeas)

- Luego se procede al enchaclado de la pared (colocación de la osamenta) esta operación se realiza con tiras de caña guadua, carrizo o zuro.
- El relleno se efectúa por «embutido» de barro preparado con anterioridad, con arcilla, agua, paja de cerro o tamo de cebada.

9.2 BAHAREQUE ENREJADO o PAU-A-PIQUE

El bahareque macizo enrejado (denominado pau-a-pique en el Brasil) es un conjunto de sistemas constructivos a base de Armazones [Arm] o Entramados [Ent.] que tienen en común el hecho de utilizar una gran cantidad de palos (los “paus”) de madera rolliza “picados” verticalmente a poca distancia unos de otros. Estos pies derechos sirven no solamente de elementos principales o secundarios de la estructura maestra pero también forman parte de la estructura auxiliar jugando el papel de montura para una osamenta de madera horizontal, rala y doble lateral, destinada a contener un relleno de tierra {Os2.ral.HvH/ bu+ma} .

9.2.1 Pau-a-pique nativo (*Taipa de mão, Taipa de sopapo, o Taipa de sebe*).

El pau-a-pique nativo (bahareque macizo enrejado) se distingue de los bahareques comunes macizos (o sea con horconadura y osamentas elementales o reticulares, ralas dobles y laterales) por tener un número mucho más importante de horcones o parantes y en consecuencia poco espacio entre estos elementos verticales (en general ≤ 30 cm). Esta horconadura puede ser compuesta por horcones de secciones regulares (≥ 10 cm) o por horcones delgados (Armazones muy livianos).

Por ambos lados de esta horconadura «densa» se colocan generalmente en forma alternada (a veces en forma paralela) los elementos horizontales de la osamenta, con un espacio entre ellos algo similar o inferior a la distancia entre los horcones a los cuales son fuertemente amarrados. Se conforma así una sólida «reja» doble en la cual se embutirá el relleno. ([Arm.l/ma],[Os2.ral.HvH/ma]) .

9.2.2 Pau-a-pique encuadrado «*Enquadramento de pau-a-pique*» (*Taipa de mão, Taipa de sopapo, o Taipa de sebe*).

A medio camino entre los sistemas constructivos, de Armazón pesado [Arm.p], de Entramado pesado [Ent.p] y del sistema “Poste y Viga” [P&V], la estructura maestra del “pau-a-pique» con «enquadramento” esta conformada por pesadas piezas de madera exótica de sección generalmente cuadrada (con una “palma” de escuadra: ± 22 cm), de buena calidad y

debidamente habilitada. ([Ent.p.c/ma],[Os2.ral.HvH/ma])

Unos postes macizos (apartados unos de los otros) son unidos entre sí por gruesas vigas a diferentes alturas, conformando así grandes marcos unidos entre sí y llamados en Brasil «enquadramentos». Para describir aquí este sistema constructivo se tomó como referencia principal el libro «Arquitetura no Brasil: sistemas construtivos» (cf. bibliografía).

9.2.2.a Columnas - los “esteios”

Estas columnas (llamados “esteios” o también «pilastras») tienen una particularidad interesante que nos confirma la clasificación estructural del pau-a-pique encuadrado como Entramado pesado combinado de madera habilitada con madera rolliza. En efecto, la extremidad de estas columnas –destinada a ser enterrada– es dejada al estado de tronco natural de forma cilíndrica (parte llamado “nabo”). El nabo es ligeramente quemado e impermeabilizado para resistir a la humedad del suelo.

La parte de la columna destinada a estar fuera del suelo es debidamente habilitada con rebajas («fêmeas») en su parte inferior destinadas a recibir los “machos” cortados a media madera en las vigas del baldrame.

9.2.2.b Vigas

a) Vigas encima del suelo: los “baldrames”

A poca altura del suelo, unas vigas inferiores unidas a las columnas soportan la carga de la pared. Se llaman “baldrames” estas “soleras inferiores” (término algo excesivo —ya que estos elementos no descansan sobre un piso y tienen realmente una función de vigas— pero que se utiliza aquí en forma práctica para fines de descripción).

Las vigas de «baldrame» tienen una rebaja a media madera en sus dos extremidades para engancharse “de canto” en las rebajas laterales correspondientes practicadas en la parte inferior de los postes.

Unas pequeñas reservaciones (“furos”) son practicadas axialmente y a intervalos regulares en la cara superior de los “baldrames” para recibir la punta inferior de los palos («paus») de la estructura auxiliar.

Nota importante: En el pau-a-pique encuadrado del Brasil, la base de las edificaciones entre el suelo y los «baldrames» estaba en general rellena con una albañilería de piedra o de adobe, dando la impresión de un sobrecimiento realizado con estos materiales. En realidad, esta albañilería no tenía otra función que la de tapar los espacios entre las columnas y el «baldrame». Cuando este cuajado (llamado «socos»)

participaba de alguna manera en soportar los esfuerzos verticales de la pared, estaba frecuente la colocación a modo de sostén de tacos de madera (llamados “burros”) destinados a aliviar la carga de los «baldrames».

b) Vigas encima de las columnas: los “frechais”

Las vigas superiores colocadas encima de las columnas toman el nombre de “frechal”. Son apoyadas sencillamente sobre la extremidad de los postes o son unidas a estos últimos por ensamblaje a media madera, de la misma forma que las vigas del «baldrame».

Estas vigas superiores se enganchan en las esquinas y en cada encuentro de pared divisoria con muescas a media madera y presentan a cada punto de encuentro en las fachadas un sobresaliente característico. Juegan el papel de vigas de amarre y de vigas collares recibiendo las piezas de la techumbre.

A la par de los «baldrames», unas pequeñas reservaciones (“furos”) son practicadas a intervalos regulares en la cara inferior de los “frechais” para recibir la punta superior de los palos (“pous”) de la estructura auxiliar.

c) Vigas entre “baldrames” y “frechais” - las vigas “madres”

Cuando la altura esta muy importante, se coloca otras vigas horizontales llamadas “madres” (término utilizado también para designar toda las piezas principales de las estructura maestra (postes y vigas) que conforman los “cuadros”). Estos travesaños sirven para aliviar la carga de las soleras inferiores («baldrames»)

9.2.2.c Riostras

Se utilizan también diagonales de arriostre para estabilizar los “enquadramientos” cuando los entrepaños son muy importantes. Estas piezas de madera, colocadas en forma de Cruz de San Andrés o Aspa Francesa, sirven también para transmitir las cargas de las paredes hacia las columnas y por lo tanto para descargar a los “baldrames” (\pm del 75% del peso la pared) ; las soleras inferiores soportan entonces solamente el peso de la pared comprendida en el triángulo inferior conformado por las riostras.

9.2.2.d Sistema constructivo de la estructura auxiliar: la “trama”

a) Montura

Reminiscencia del bahareque o pau-a-pique nativo la estructura auxiliar es conformada por postes verticales de madera rolliza (\varnothing : 10 cm a 15 cm), generalmente con su corteza natural. Son separados por un intervalo

SEGUNDA parte aproximativo de 22 cm (una «palma»). Las puntas de estos palos son empotradas en los “furos” perforados en la cara superior de los “baldrames” y en la cara inferior de los “frechais”. A veces son solamente clavados directamente sobre estas piezas “madres”. El pau-a-pique se llama también “taipa de sebe”, tal vez por la multiplicidad de los “paus” cercanos los unos de los otros y que se pueden asimilar a un especie de haya («sebe» en brasileño).

La montura utiliza varias especies de madera nativa, en particular de Carnaúba en el Norte del país.

b) Osamenta {Os2. ral. HvH / ma}

De ambos lados de esta montura de “paus”, se fijan en forma paralela o alternada (al tresbolillo) una serie de tiras horizontales (“ripas” o “varas”) de madera de varias especies que pueden ser de la misma que la de los palos verticales, pero de menor sección. La distancia entre estas «varas» es un poco menor de 22 cm (inferior a una «palma»).

Se liga estas tiras horizontales a los “paus” con diversas fibras vegetales debidamente trenzadas (fibras aptas para la fabricación de cuerdas y conocidas en el Brasil bajo el nombre genérico de “embiras”).

Se realiza así una osamenta doble lateral “enrejada” con luces ralas por el cual se embutirá un relleno de tierra.

9.2.2.e Relleno

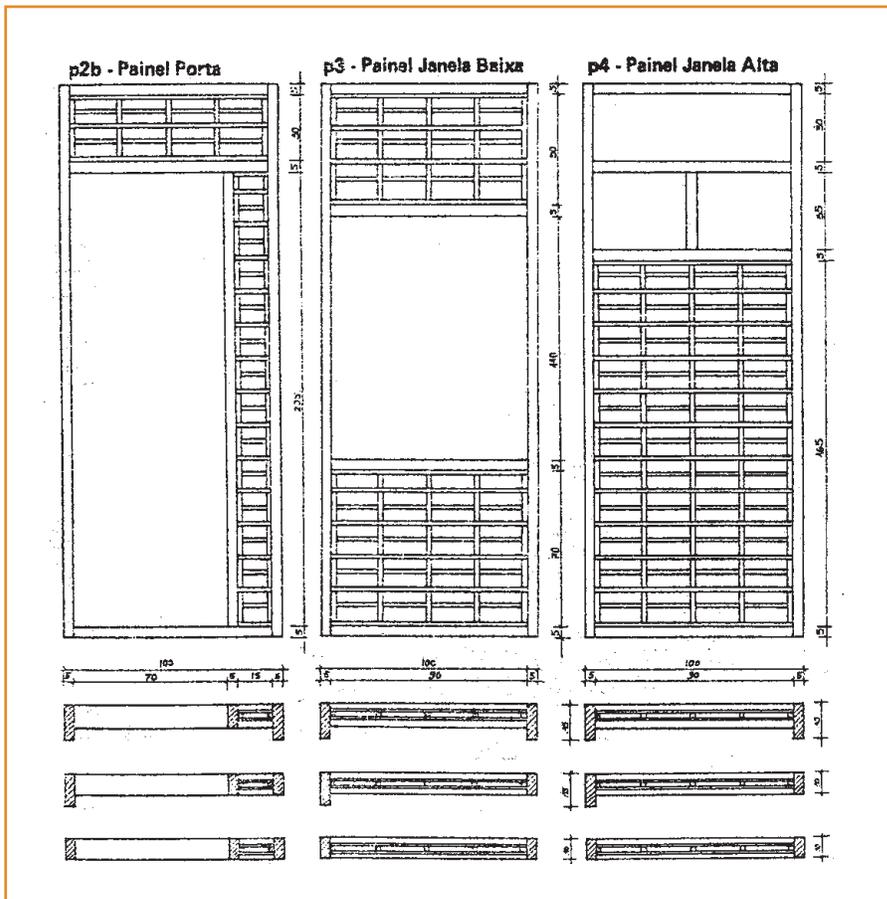
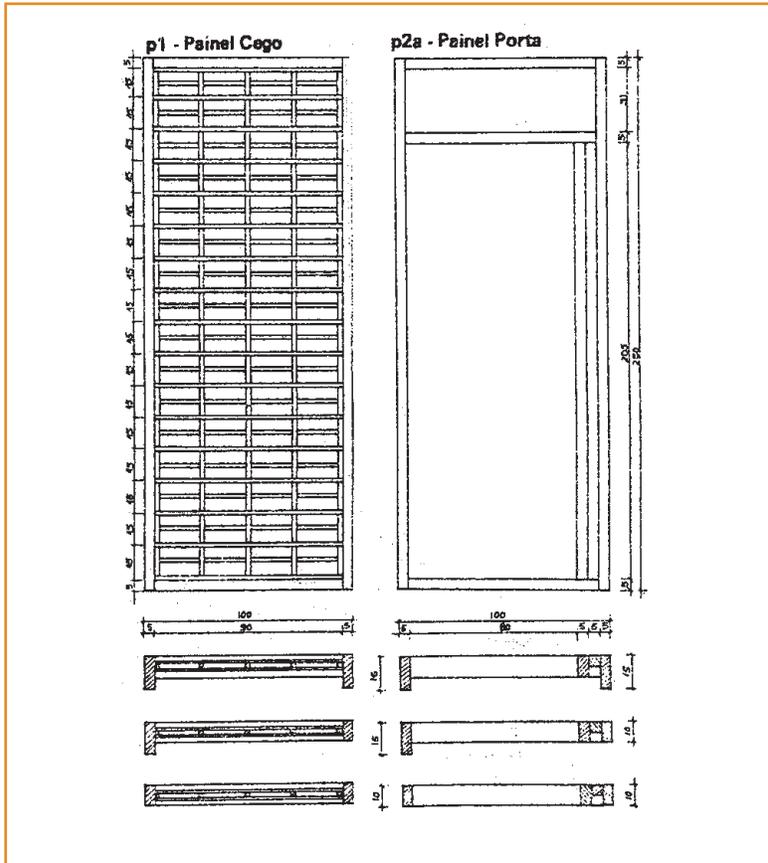
A la mano (sin ninguna herramienta) se tira fuerte el barro sobre el enrejado de la osamenta. Este relleno manual de tierra se conoce en el Brasil bajo los términos de “sopapo”, “pescoço” o “tapona”; razón para la cual el pau-a-pique es también llamado “taipa de sopapo” o “taipa de mão”.

9.2.2.f Revestimientos

Tradicionalmente el pau-a-pique encuadrado recibía un revestimiento que a veces escondía los elementos de la estructura maestra (las «madres»).

Existen diversas recetas de revoques; entre ellas:

- Cal + arena + bosta vacuna para mejor ligazón entre el relleno y su revestimiento.
- Tierra + arena + estiércol de caballo seco y molido; se mezclaba con agua arcillosa. (Tenía fama de no rajarse nunca)
- Bosta vacuna sola y al estado fresco (Se dice que se rajaba aún menos que el anterior...)



d) Arena caliza obtenida a partir de la quema de conchas + polvo de ladrillo.

Cuando se tenía que proteger fachadas expuestas a lluvias intensas se utilizaban también forros en tablas de madera, y más tarde forros de láminas de zinc.

9.3 PAU-A-PIQUE PREFABRICADO

«Taipa em panéis modulados - Sistema DAM»

En realidad este sistema constructivo debería ser clasificado estructuralmente como un sistema de Tabiquería prefabricada a base de paneles modulares,. Pero como es la técnica tradicional del pau-pique que fue al origen de su inspiración y diseño, se clasifica aquí como tal. En efecto, en el Brasil, para rescatar la tecnología tradicional del pau-a-pique y buscar soluciones constructivas económicas, la «Fundação Centro de Desenvolvimento das Aplicações de Madeiras no Brasil - DAM» desarrollo un sistema constructivo a base de paneles modulares prefabricados. Se

describe aquí el sistema de paneles prefabricados; para detalles específicos, en particular relativos a los tímpanos y a la techumbre se tendrá que consultar la documentación de la Fundación DAM.

9.3.1 Estructura maestra: Paneles

El sistema constructivo esta constituido principalmente por 5 tipos de paneles modulares

P1 - Panel de pared llena (ciega)

P2a - Panel «puerta de 0,80 m»

P2b - Panel «puerta de 0,70 m»

P3 - Panel ventana

P4 - Panel de pared con tragaluz

[Fig. 48 - 49]

fig. 49

Sistema DAM - Paneles p2b - p3 - p4 (©
Fundación DAM)

9.3.2 Madera

- Se recomienda utilizar madera de reforestación como el pino o el eucalipto.
- Para la protección de la madera, se recomienda un brochado con aceite de carro (no quemado para no alterar el color de la madera), una vez los paneles colocados in situ y antes del relleno de tierra.
- Dentro de la medida del posible se recomienda también un tratamiento con insecticidas específicos (1:1 para el lado externo de las piezas y 3 : 1 para el lado interno)

9.3.3 Bastidores

Las dimensiones perimetrales de los bastidores de los paneles son iguales para los diferentes tipos de paneles :

ancho del panel: 1,00 m

alto del panel: 2,50 m

grueso del panel: 10 cm

montantes de los bastidores:

largo: 2,50 m

ancho: variable ver debajo (*)

espesor: 5 cm

travesaños superior e inferior:

largo: 0,90 m

ancho: 10 cm

espesor: 5 cm

[Fig.50]

Para cada categoría de panel se diseño 3 variantes en cuanto al ancho de sus montantes :

Tipo A. con dos montantes de 15 cm de ancho (sobresaliendo el grueso del panel de 5 cm, y por ambos lados)

Tipo B. con un montante de 10 cm de ancho y el otro de 15 cm (sobresaliendo el grueso del panel de 5 cm, y de un solo lado)

Tipo C. con dos montantes iguales de 10 cm ancho (del grueso del panel)[Fig.51]

9.3.4 Estructura auxiliar

9.3.4.a Montura

- Para un panel de pared llena. Se reparte axialmente dentro del

(*) Un detalle interesante es la variabilidad del ancho de las tablas utilizadas para los montantes de los paneles, que permite una colocación especial —con paneles yuxtapuestos sobresalientes en forma alternada— eso con fines de rigidificar la pared así compuesta.

fig. 50

Panel típico de pared llena (©
Fundación DAM)

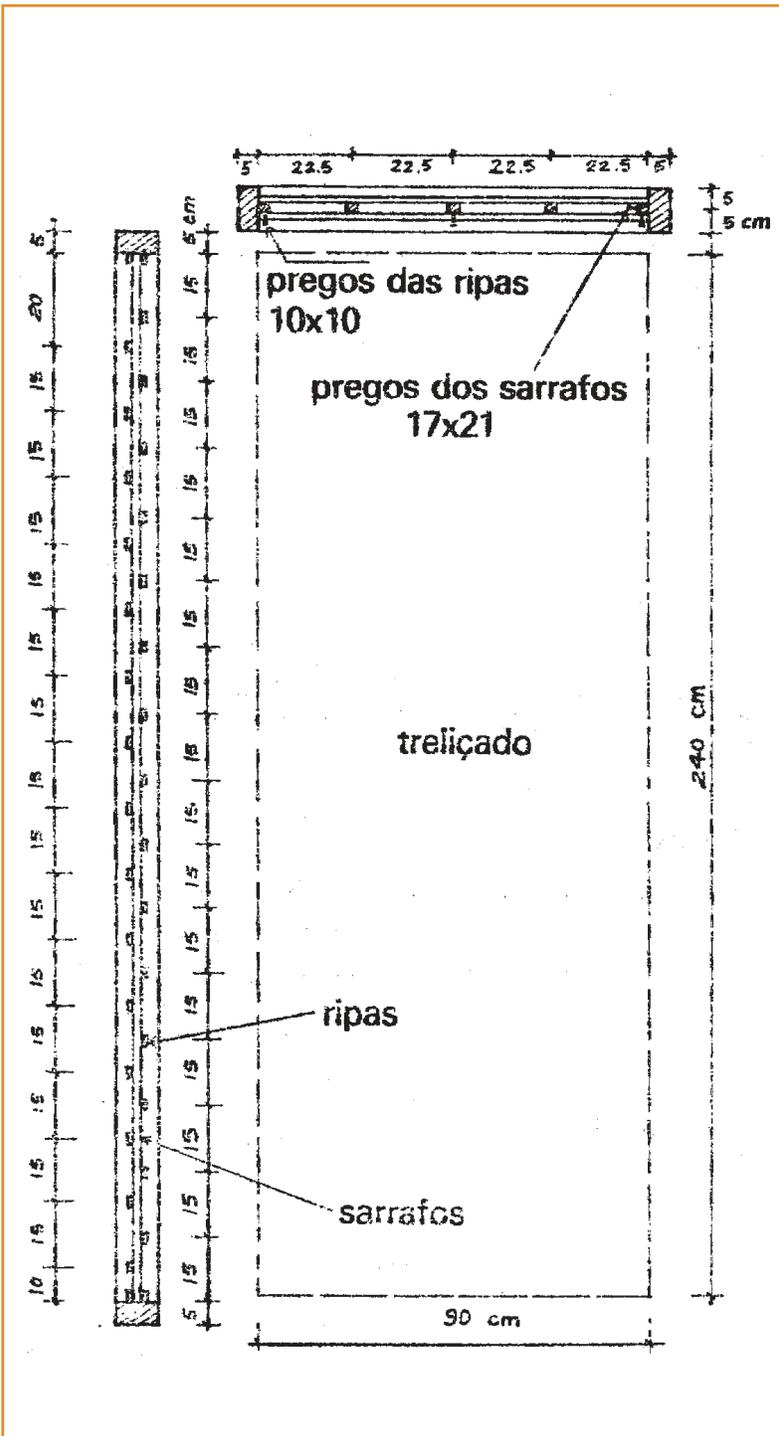
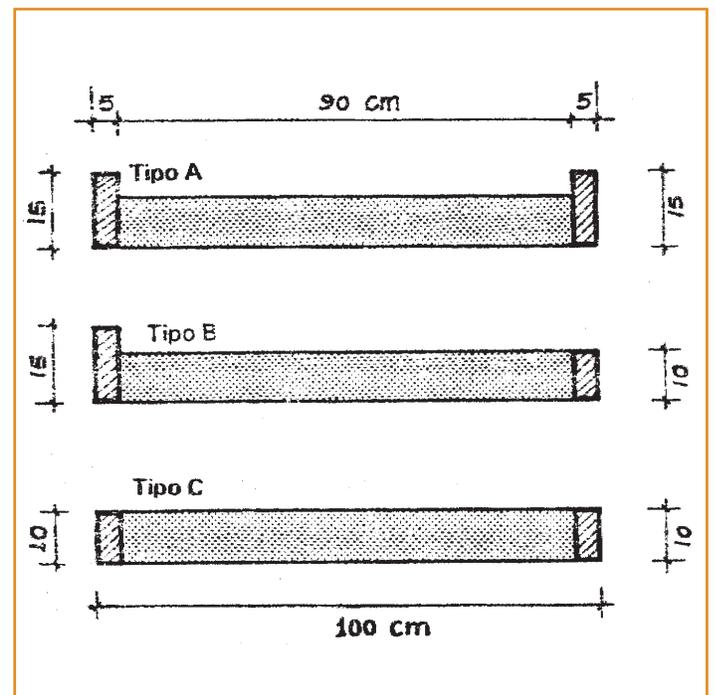


fig. 51

Las 3 variantes de diseño para cada
panel (© Fundación DAM)



bastidor 5 listones verticales de sección cuadrada: 2 cm x 2 cm

- Estos listones son colocados aproximadamente cada 20 cm. Los dos listones verticales que se encuentran yuxtapuestos a los montantes del bastidor son clavados a los mismos (clavos 17 x 21).
- Las extremidades de estos listones verticales son tomadas en «sandwich» entre dos pares de listones horizontales que fijados a la osamenta (pares de listones clavados respectivamente encima de la tabla inferior del bastidor y debajo de su tabla superior).

- Estos listones verticales («sarrafos») imitan de algún modo a los palos «paus» del pau-a-pique aunque no asumen por supuesto la misma función estructural.

9.3.4.b Osamenta {Os2. ral. HvH / ma}

Se trata de una osamenta «enrejada» («treliçado») doble axial, rala y horizontal, fabricada con listones de madera de una sección rectangular de 2 cm x 1 cm .

Estos listones («ripas») son colocados paralelamente y de manera alternada (al tresbolillo) cada 15 cm (de eje a eje), dejando así un espacio aproximado de 7,5 cm entre dos listones alternados.

Los listones de la osamenta son clavados a los dos listones extremos y al listón central de la montura (clavos 10 x 10)

9.3.5 Base

Se recomienda dos tipos de base: una cimentación de albañilería corrida, la otra «suspendida» con durmientes de madera apoyados sobre pilas de albañilería.

9.3.5.a Cimentación corrida de albañilería

Cimiento : convencional de concreto ciclópeo

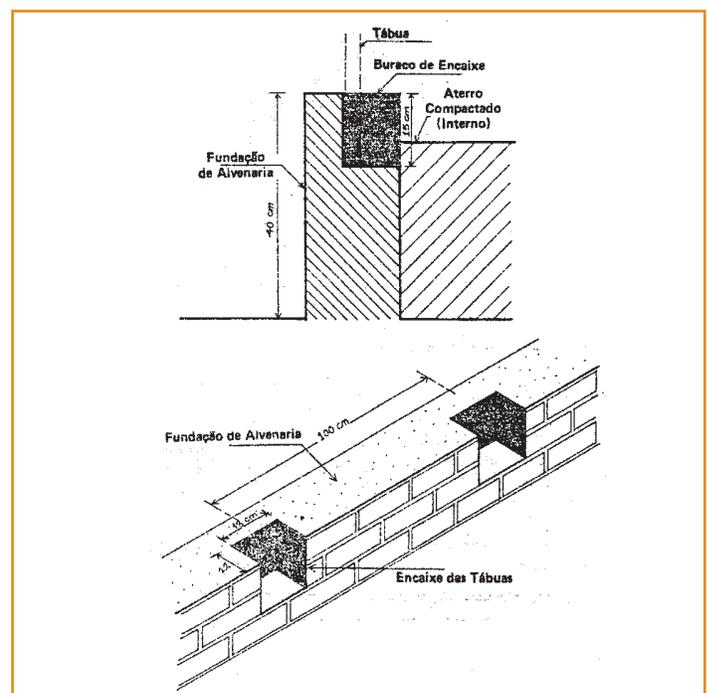
Sobrecimiento : de material local como piedra, ladrillo, bloques de concreto etc.

- El sobrecimiento debe sobresalir del suelo de 40 cm y ser impermeabilizado en su parte superior.
- Ancho: 22 cm
- El sobrecimiento debe ser perfectamente nivelado para permitir un montaje adecuado de los paneles
- Se practican en la parte superior del sobrecimiento, y del lado interno de la construcción, unas reservaciones de 12 cm de profundidad, 18 cm de ancho y 15 cm de alto, cada metro, de eje a eje. Estas reservaciones deben ser cuidadosamente ubicadas ya que sirven luego para empotrar las tablas de trabamentos (las mismas que se colocan al montaje sobre la parte inferior de los montantes de dos paneles yuxtapuestos).[Fig. 52]

Piso de base : suelo cuidadosamente compactado

fig. 52

Reservaciones en el sobrecimiento para tablas de trabamento
(© Fundación DAM)



después de la ejecución del sobrecimiento, por capas de ± 10 cm debiendo quedar a 8 - 10 cm debajo del nivel superior del sobrecimiento.

Contrapiso: al finalizar la obra se puede realizar un contrapiso de concreto (cemento+arena - 1:3) o de ladrillo. Este contrapiso de 8 cm a 10 cm se nivela con la parte superior del sobrecimiento; tiene por función de nivelar, reforzar e impermeabilizar el piso de base.

Piso: Sobre este contrapiso se puede colocar un piso de 2,5 cm de espesura. El piso recubre la parte superior del sobrecimiento y corre hasta los travesaños inferiores de los bastidores de los paneles.

9.3.5.b Fundación sobre pilotines de albañilería

- Es recomendable para zonas muy calurosas para facilitar la ventilación debajo del piso.
- Se colocan de canto, unas vigas perimetrales (debidamente calculadas) sobre los pilotines de albañilería y a la vertical de las caras externas de estos últimos. Internamente y contra estas vigas («baldrame») se colocan largos cuarterones que servirán de vigas soleras para colocar en perpendicular viguetas del piso.

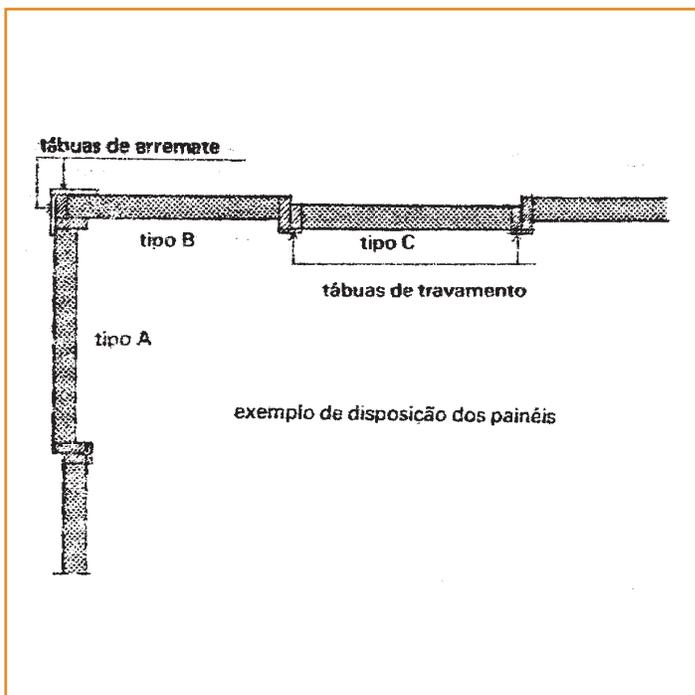
9.3.6 Colocación de los paneles sobre sobrecimientos de albañilería

- Colocar los paneles sobre el sobrecimiento (bien nivelado) de tal forma que las caras exteriores de los paneles tipo C sobresalgan de 2 cm de la cara exterior del sobrecimiento para facilitar el escurrimiento del agua y evitar su acumulación en el encuentro entre paneles y sobrecimiento (los paneles de tipo A o tipo B sobresaldrán por consecuencia de 7 cm). Arriostarlos provisionalmente mediante listones largos apoyados en el terreno.[Fig. 53]

- Preparar las «tablas de trabamento». Cortar y cepillar tablas de 90 cm de largo, 10 cm de ancho, y de 2 cm espesor. Se necesita una «tabla» por cada unión de dos paneles colindantes.
- Las «tablas de trabamento» se colocan verticalmente en las reservaciones efectuadas en el sobrecimiento (que fueron ubicadas al eje de cada encuentro de dos paneles colindantes) y del lado interno de los paneles.
- Inclinarse (hacia adentro) el panel que fijar.
- Clavar varios clavos debajo de su travesaño inferior (las

fig. 53

Ejemplo de disposición de los paneles (© Fundación DAM)



cabezas sobresaliendo ligeramente para «armarse» en el mortero de asentamiento.

- Sobre el sobrecimiento, en el lugar de colocación del panel, echar un poco de mortero fino de arena y cemento (mortero de asentamiento).
- Levantar el panel en su posición vertical y ubicación definitiva, cuidándose de alinearlos correctamente.
- Clavar en su cara interna (a la base de uno de sus montantes) una «tabla de trabamento»
- Repetir los mismos pasos para el próximo panel. Una vez colocado en posición vertical, clavar su montante colindante con la «tabla de trabamento» del primer panel que quedo «en espera».
- Cuando ya esta clavada esta «tabla de trabamento», rellenar con mortero de arena y cemento la «reservación» del sobrecimiento.[Fig. 54 - 55]

9.3.7 Colocación de los paneles sobre soleras inferiores perimetrales (en caso de pilotines)

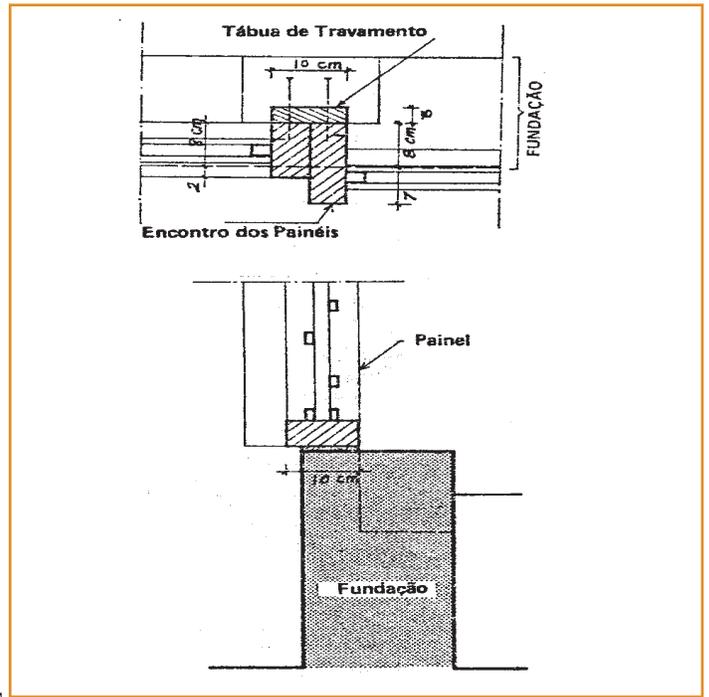
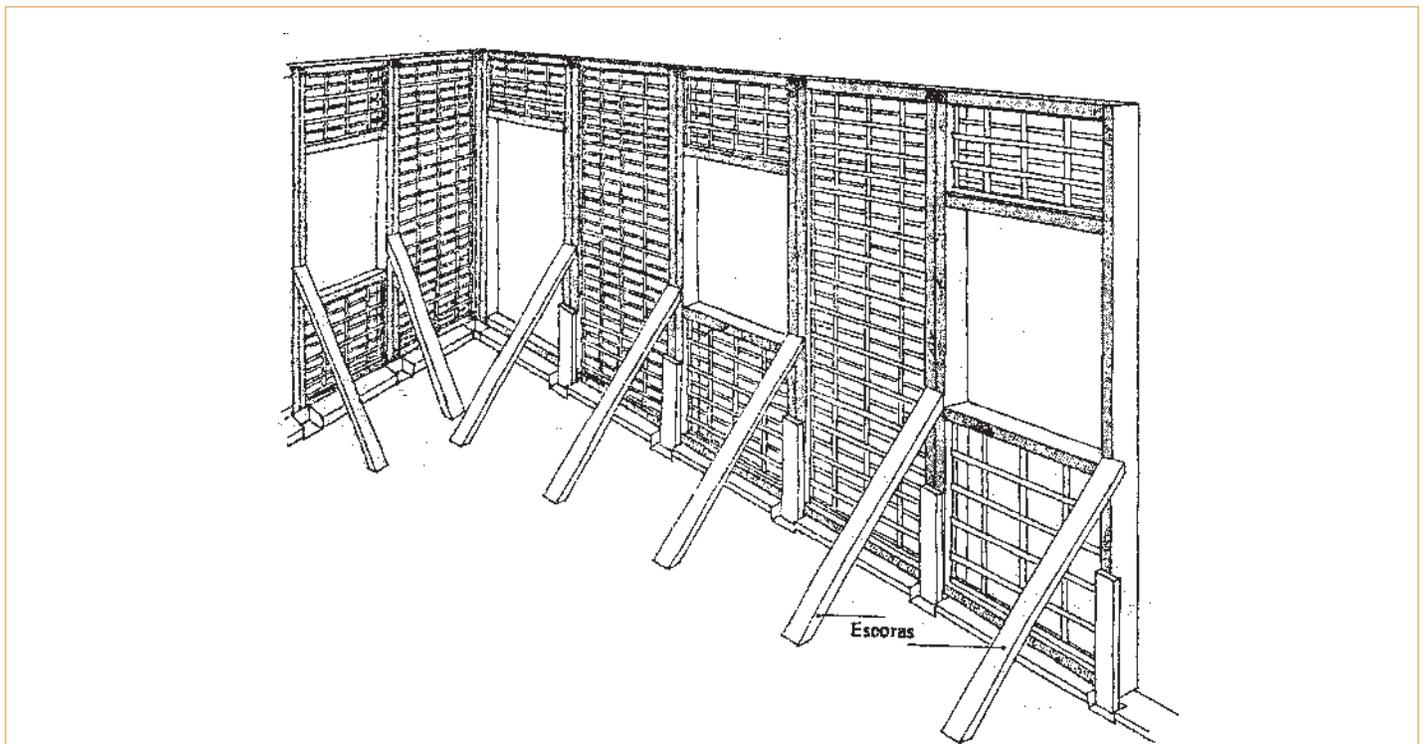


fig. 54

Reservaciones en el sobrecimiento para tablas de trabamento (© Fundación DAM)

fig. 55

Reservaciones en el sobrecimiento para tablas de trabamento (© Fundación DAM)



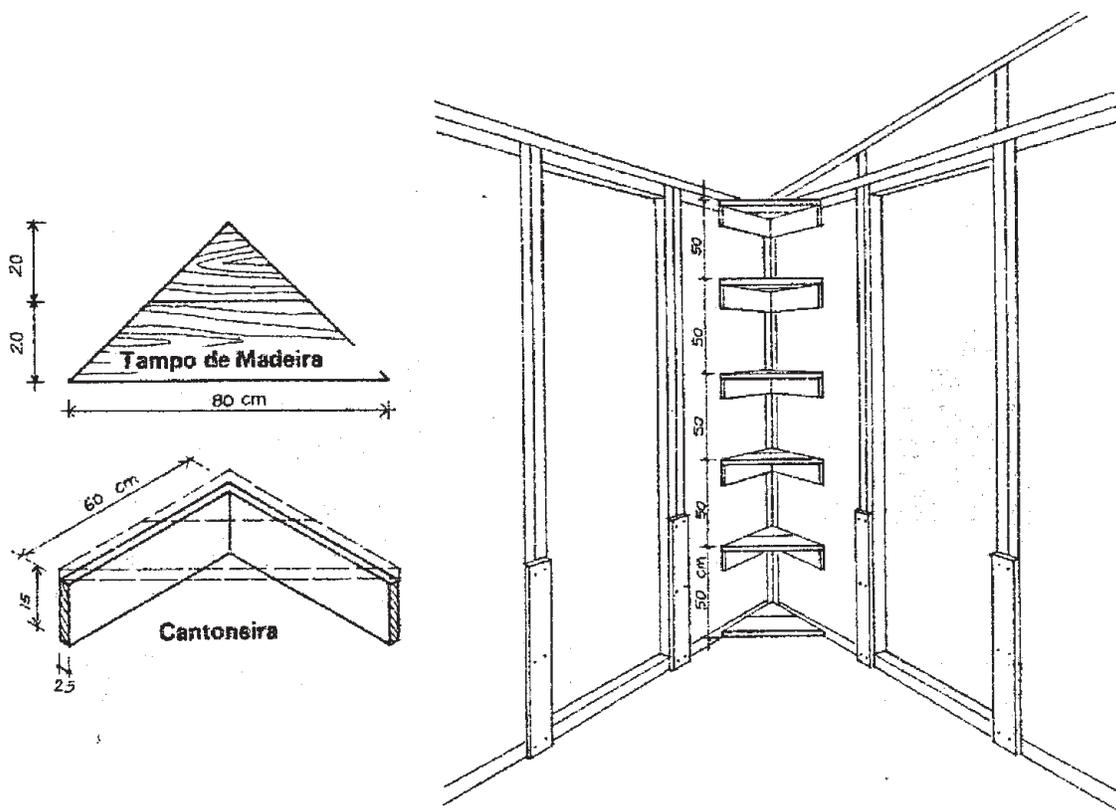


fig. 56

*Reforzamientos de ángulos
mediantes estantes triangulares
(© Fundación DAM)*

- Una vez alineados correctamente, los paneles son clavados directamente sobre el envigado perimetral.

9.3.8 Fijación entre paneles

- Los paneles son fijados entre ellos mediante clavos de 19 x 56.
- En la fase de acabado, unas tablas «tapa-juntas» son colocadas de tal forma que recubren la cara interna de los montantes de dos paneles colindantes, completando el espacio vertical entre la «tabla de trabamento» y la viga collar. Estas tablas (de 11 cm de ancho) participan así a la fijación de los paneles.
- Para reforzar los ángulos, se pueden colocar internamente, cada 50 cm, unas escuadras, a modo de «estantes» triangulares (con 80 cm de hipotenusa y 2 lados de 60 cm) [Fig. 56].

9.3.9 Colocación de la viga collar

- Encima de los paneles, debidamente unidos entre ellos, se clava una viga collar (con clavos de 19 x 360) compuesta por tablones de 15 cm de ancho por 5 cm de espesor. Sirve sobretodo como amarre de los paneles ya que estos últimos son autoportantes.

9.3.10 Relleno de los paneles

- El relleno de los paneles a base de tierra, se efectúa después que los paneles estén fijados y el techo terminado.
- Una vez seleccionada la tierra para el relleno y bien preparada la mezcla, se aplica una primera capa de barro que debe cubrir todos los espacios entre los listones horizontales sin por lo tanto recubrir estos últimos (o sea una capa axial de $\pm 4,5$ cm de espesor). Dejar secar esta primera capa de fondo.
- Una vez que la primera capa de relleno esta seca, colocar una segunda capa de mezcla, relleno de todas las fisuras y recubriendo los listones horizontales (Esta capa sobrepasa de $\pm 1,5$ cm de cada lado de la osamenta, quedando todavía por ambos lados de los bastidores un espacio destinado al revestimiento)
- Una vez seca esta segunda capa de relleno, preparar un mortero fino de cemento o cal, arena y «saibro» (1: 3: 5). Colocar este mortero con badilejo y frotacho para nivelarlo con los montantes de los bastidores.

9.3.11 Paredes «hidráulicas»

- Es aconsejable de no empotrar las tuberías de agua dentro de los paneles de «pau-a-pique» prefabricado .
- Se recomienda:
 - Dejar la tubería aparente para evitar fugas dentro de las paredes y facilitar el mantenimiento y eventuales reparaciones.
 - A nivel del diseño, concentrar los puntos de agua (cocina, sanitarios, área de servicio), para limitar la área de paredes con instalaciones de agua.
 - Eventualmente construir las paredes «hidráulicas» (o núcleo sanitario) con materiales convencionales (ladrillo, bloque cemento etc.), teniendo cuidado del buen auto-arriostamiento y reforzamiento de las mismas (sobre todo en zona sísmica). Si tal fuera el caso, hay que realizar esta albañilería antes de la colocación de los paneles.
 - Para unir una pared «hidráulica», de albañilería convencional a un panel, colocar numerosos clavos en el montante de madera que debe colindar con esta albañilería, dejando sobrepasar las cabezas de los clavos con el fin de «armar» la junta de mortero de arena y cemento destinada a llenar el espacio entre el panel y la pared de albañilería.

9.3.12 Instalaciones eléctricas

- Es preferible que se haga instalaciones en tubería aparente fijada entre

los elementos de la carpintería del techo, sobre la viga collar, sobre las tablas «tapa juntas» que cubren verticalmente los montantes colindantes de los paneles. Las cajas para tomas de corriente e interruptores se fijan también a estas últimas.

9.3.13 Techo - Protección contra las intemperies

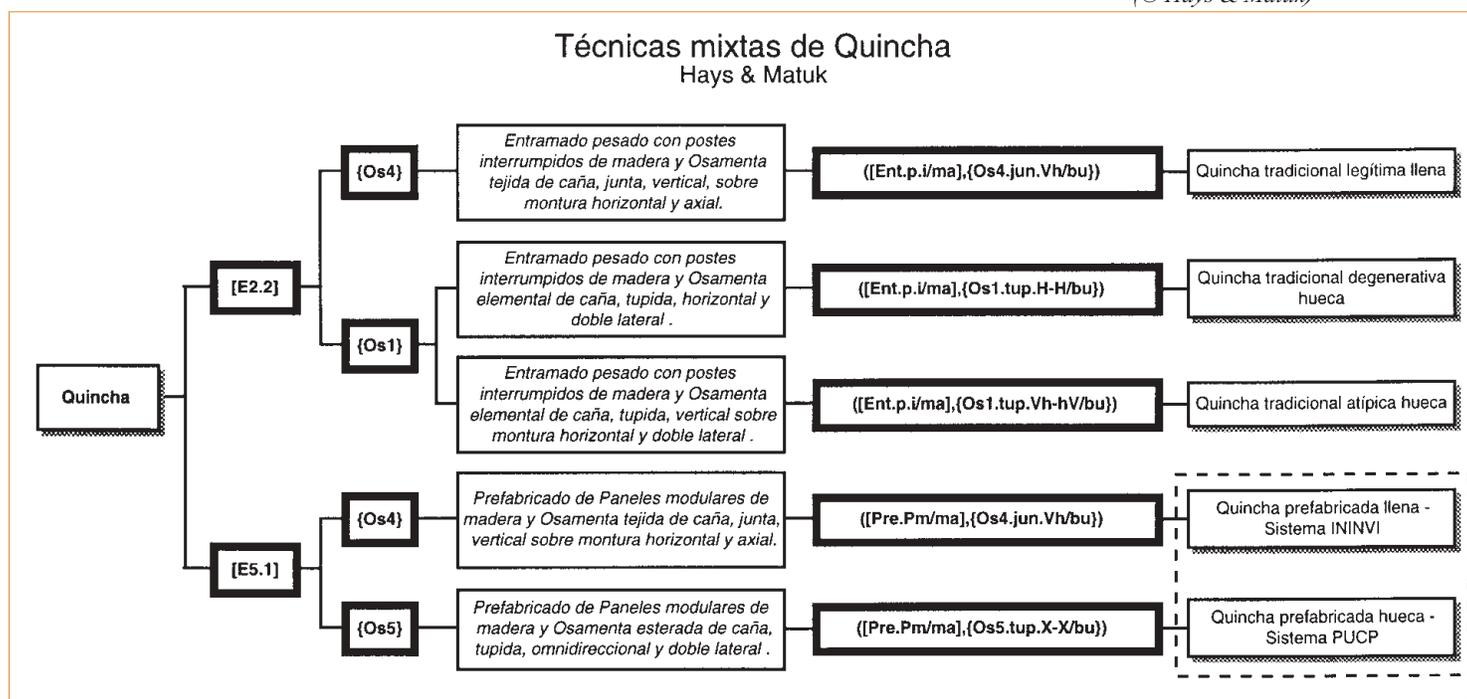
- Se recomienda la utilización de techos a dos aguas con sobresalientes de ± 1 m en cada mojinete. Para detalles de mojinetes y carpintería consultar la documentación de la Fundación DAM. 

10. QUINCHA

(definición)

fig. 57

Técnicas mixtas de Quincha
(© Hays & Matuk)



QUINCHA (definición)

[Fig. 57]

La palabra «quincha», en el vocabulario quechua, está vinculada al uso de la «caña». En ciertas partes de América latina se llama comúnmente «quincha» a los procedimientos constructivos que utilizan cañas para conformar osamentas generalmente «simples».

Para no confundirlo con ciertas variantes del bahareque, se reserva aquí el término de «quincha» para referirse a un original sistema constructivo «antisísmico» que se desarrolló en el Perú desde la época del virreynato para edificar el segundo y eventualmente el tercer piso de imponentes edificios urbanos que tenían, por lo general, su primera planta construida

SEGUNDA parte con adobe ; La quincha tradicional peruana puede clasificarse como Entramado pesado de madera y osamenta axial generalmente «tejida» de caña ([Ent.p/ma],{Os4.tup.Vh/bu}).

Una vez aceptado el término «quincha» en este sentido restringido, bajo el mismo nombre genérico se pueden distinguir los siguientes sistemas constructivos que fueron diseñados sobretodo con fines antisísmicos:

a) la «quincha tradicional» (virreynal) con tres variantes que se pueden clasificar como:

- Quincha tradicional legítima llena
- Quincha tradicional degenerativa hueca
- Quincha tradicional atípica hueca

b) la «quincha prefabricada» (experimental y moderna) que se inspiró de las variantes de la quincha tradicional.

Nota: Bajo el mismo nombre genérico, en el propio Perú, también se llamó «quincha pre-hispánica» a un sistema constructivo que en realidad debería clasificarse como bahareque en «membrana» por tratarse de simples Armazones de madera [Arm.] con osamentas de caña empastada de barro.

Desde épocas muy antiguas, se utilizó este sistema en la construcción de la vivienda campesina. Su estructura estaba constituida por ramas y troncos de árboles en rollizo, unidos entre sí por medio de fibras vegetales. Sobre este armazón se disponía un tejido de cañas para formar las paredes que luego se empastaban con delgadas capas de barro. Fue usada principalmente en la región litoral o costa donde los recursos en caña eran relativamente abundantes, y las condiciones climáticas propicias para su empleo.

10.1 QUINCHA TRADICIONAL LEGITIMA

La quincha tradicional «legítima» es un sistema constructivo que puede clasificarse como Entramado pesado con postes interrumpidos [E2.2] de madera, y osamentas tejidas de cañas , juntas, verticales, sobre montura horizontal y axial. ([Ent.p.i/ma],{Os4.jun.Vh/bu})

Durante la época colonial se empleó profusamente en obras monumentales y en casas urbanas, con madera cortada en escuadría y a veces torneada y labrada con finos acabados, llegando a su máxima expresión en el siglo XVIII. Es a principios de este mismo siglo que aparece la primera norma oficial que obligó a utilizar la quincha en los muros de las plantas altas de las casas como resultado de las experiencias acumuladas luego de varios

sismos destructores. Después del sismo de 1746 se dieron otras disposiciones en este mismo sentido. En la mayoría de casos, se utilizó la quincha para el segundo piso de edificios cuyo primer piso estaba construido con adobes.

10.1.a Estructura maestra

- La quincha tradicional limeña tiene una estructura maestra de madera de regular sección, seleccionada por su durabilidad, debidamente labrada, y ensamblada «por entalladura y espera» o «a media madera con caja y espiga». Tradicionalmente se utilizaron también tiras de cuero fuertemente apretadas, y más recientemente las uniones fueron realizadas por simple clavado.
- Se colocaban los pies derechos sobre un durmiente (solera inferior) apoyado en el muro de adobe del primer piso.
- En general esta «solera inferior» se clavaba sobre las extremidades de las viguetas del segundo piso empotradas y niveladas con el alto del muro de adobe del primer piso. Se hacían sobre este durmiente unas muescas donde se iban a apoyar y clavar los pies derechos.
- Se rigidificaba la parte inferior de los pies derechos con contrapuentes (travesaños) y pequeñas diagonales de arriostre (tornapuntas y diagonales esquineras). Se «cargaban» los bastidores con un cuajado de obra de fábrica, de adobes o ladrillos, de 50 cm hasta 70 cm de alto (cuajado solo en la parte baja entre los pies derechos). El mortero utilizado para el cuajado podía ser de barro o de cal y arena.
- Se utilizaba tablonés de 2,5 m hasta más de 3 m de alto para los pies derechos y a veces cuarterones o maderas de sección igual al ancho de los tablonés para las esquinas (cornijales).
- Los pies derechos y los cornijales estaban unidos en parte superior por una carrera que soportaba las viguetas y la solera de la planta superior o de la terraza que concluía el edificio. Sobre la carrera, muchas veces se colocaban «a sogá» dos o tres hiladas de adobes para rellenar los espacios entre las viguetas y estabilizar la extremidad de estas últimas. A veces, no se colocaban estos adobes y se usaban solamente cornizas o franjas de madera.
- La distancia entre pies derechos podía ser de 50 cm a 60 cm.
- Axialmente, se perforaban los «tablonés» de los pies derechos y los cantos de los cornijales con 3 hasta 5 pares de huecos a intervalos regulares. Los pares extremos se practicaban próximos de la solera y de la carrera.

10.1.b Osamenta

- Cada par de huecos separados por unos 10 cm entre sí, recibían dos cañas horizontales (futuros urdimbres) que iban a servir de montura axial para la osamenta. Se podía sustituir esta montura de cañas horizontales por una montura de tablas pero resultaba más trabajoso preparar las reservaciones en los pies derechos.
- Sobre estos urdimbres (montura) se «tejía en resorte» una trama vertical de cañas yuxtapuestas (Os4: osamenta tejida, junta y axial).
- Este telar de cañas yuxtapuestas y «tejidas en resorte», a modo de cestería, sin ningún clavo o amarre, llenaba los bastidores y ayudaba a rigidificar la estructura maestra.

10.1.c Relleno

- Se recubrían ambas caras de esta osamenta tejida con un relleno a base de una argamasa de barro, agua, paja picada o estiércol de caballo.

10.1.d Revestimiento

- Como revestimiento se ejecutaban muchas veces estucados a veces muy ornamentados. Se utilizaba por lo general la cal y el yeso.
- Se utilizaba también revestimientos alisados de tierra muy cernida y cal como solución económica.
- La estructura maestra no quedaba aparente. Solamente se nota esta última en los muros laterales de los edificios que colindaban con otros o cuando estos se derrumbaban.

A pesar de la humedad constante del clima de Lima (riesgo de hongos), así como de la proliferación de plagas de insectos xilófagos, la quincha tradicional demostró una muy buena durabilidad y conservación de las cañas embutidas en el barro. Se puede todavía observar el buen estado de muchos edificios de principios de siglo o de épocas anteriores.

10.2 QUINCHA TRADICIONAL DEGENERATIVA (quincha hueca)

La quincha tradicional «degenerativa» se puede describir como Entramado pesado con postes interrumpidos de madera [E2.2] y osamenta elemental de caña, tupida, horizontal y doble lateral ([Ent.p/ma],{Os1.tup.H-H/bu}).

Tal vez para ahorrar tiempo en la colocación de la osamenta, a veces no se realizaba el «telar» descrito anteriormente y se colocaban horizontalmente, largas tiras de cañas partidas longitudinalmente y extendidas, sin dejar

espacio entre ellas y de cada lado de los pies derechos ; las mismas que luego se empastaban con barro, obteniéndose así paredes huecas.

- Las ventajas de este sistema debía ser su rapidez y el poco peso de un relleno solamente externo (realizado por simple empastado unilateral).
- Las desventajas eran: un riesgo de «picaduras» (por insectos) o de hongos en las caras internas de la cañas al no quedar revestidas con barro ; un menor arriostramiento de la estructura maestra (en comparación al «telar» de cañas juntas); la necesidad de clavado con el riesgo de quebradura de las cañas.
- Para evitar el clavado directo de las cañas se utilizaba también un sistema de amarrado por cintas (tiras de cuero:»huascas«) clavadas verticalmente a los pies derechos y entre cada caña horizontal (cañas en rollizo no partidas). Pero en este caso había que utilizar una cantidad doble de cañas en comparación con el sistema de «quincha legitima».

10.3 QUINCHA TRADICIONAL ATÍPICA (quincha hueca)

La quincha tradicional «atípica» se puede describir como Entramado pesado con postes interrumpidos de madera [E2.2] y osamenta elemental de caña, tupida, vertical sobre montura horizontal y doble lateral ([Ent.p/ma],[Os1.tup.Vh-hV/bu]).

Este sistema facilita sobretodo la colocación de las monturas horizontales que ya no atraviezan axialmente los pies derechos (evitando ahuecar los tabloncillos de los pies derechos) pero son amarradas por tiras de cuero por ambos lados de la estructura maestra.

Luego se fijan verticalmente sobre estas tablas, con el mismo tipo de amarrado, y de forma tupida las cañas enteras de la osamenta. Sin embargo este sistema utiliza el doble de cañas en comparación con la quincha legítima y se empasta la osamenta solamente por afuera lo que implica una poca preservación de las cañas.

10.4 QUINCHA PREFABRICADA CON PANELES MODULARES

La excepcional resistencia de la «quincha» tradicional peruana tanto al tiempo como a los sismos inspiró a Centros de investigación peruanos como el ININVI o de él de la PUCP la idea de rescatar lo mejor de este antiguo sistema constructivo, adaptándolo a las exigencias modernas y

como una solución para la vivienda de muy bajo costo.

Se estudiaron principalmente dos sistemas de quincha prefabricada:

- Un sistema de «Quincha prefabricada llena» desarrollado por el Instituto Nacional de Investigación y Normalización de la vivienda (ININVI) en colaboración con la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI).
- Un sistema de «Quincha prefabricada hueca» desarrollado por la Pontificia Universidad Católica del Perú en colaboración con el Sistema Nacional de Defensa Civil.

10.5 QUINCHA PREFABRICADA LLENA - SISTEMA ININVI

Se trata de un sistema de Prefabricado de Paneles modulares de madera y Osamenta tejida de caña, junta, vertical sobre montura horizontal y axial ([Pre.Pm/ma],[Os4.jun.Vh/bu])).

Este sistema constructivo esta compuesto por paneles de madera tornillo y carrizo (chusquea spp.) El módulo standard mide 1,20 m de ancho por 2,40 m de alto. También, se diseñarán módulos de panel ventana, panel puerta, etc.

- La madera utilizada debe ser de calidad estructural. Su densidad no debe ser menor de $0,35 \text{ kg/dm}^3$; su contenido de humedad debe estar por debajo de 20%
- Toda la madera empleada debe ser durable y tratada contra el ataque de hongos e insectos xilófagos con preservante hidrosoluble que garantice una durabilidad de la misma con mínimo de 20 años.

10.5.1 Preparación de los paneles: Bastidor / Montura

- Se fabrican bastidores con listones de madera clavados entre ellos (clavos de 4"). Se recomienda pre-taladrar huecos de 0,8 el \emptyset de los clavos.
- Cada bastidor de madera es conformado por:
 - 2 pies derechos (parantes) de 1" x 3" (2 cm x 6,5 cm) de escuadría en caso de estructura maestra escondida por el relleno y revoque, de 1"x 4" (2 cm x 9 cm) en caso de estructura maestra aparente.
 - 4 travesaños de 1" x 3" (2 cm x 6,5 cm) o 2 «soleras» inferior y superior de 1"x 4" (2 cm x 9 cm) de escuadría y dos travesaños (montura) de 1" x 3" (2 cm x 6,5 cm)
 - 2 listones (montura de bloqueo superior e inferior) del ancho de los travesaños y de 1" x 1 1/2" (2 cm x 3 cm)

- 4 semi-diagonales de 1" x 1 1/2" (2 cm x 3 cm) ; estas últimas no son tan indispensables, pues la osamenta de cañas «juntas» participa mucho al arriostamiento del bastidor.
- Altura de los bastidores:
 - En caso de contar con un sobrecimiento que sobrepasa de 15 cm el piso terminado se puede limitar la altura de los bastidores a 2,10 m.
 - En caso contrario (pisos superiores en particular), se puede utilizar bastidores de un máximo de 2,40 m. de alto.

10.5.2 Tipos de paneles

Para los muros, el sistema de quincha prefabricada llena - ININVI presenta la siguiente variedad de paneles:

- PM-1 Panel Típico [Fig. 58 - 59]
- PM-2 Medio Panel [Fig. 60]
- PM-3 Panel 2/3 [Fig. 61]
- PP-1 Panel Puerta 1 [Fig. 62 - 63]
- PP-2 Panel Puerta 2 [Fig. 64]
- PV-1 Panel Ventana Baja [Fig. 65 - 66]
- PV-2 Panel Ventana Alta [Fig. 67 - 68]
- PV-3 Panel 2/3 Ventana Baja [Fig. 69]

10.5.3 Osamenta

- Se eligen carrizos o cañas bravas redondas sin pelar para una mejor adherencia del revoque (\varnothing : 1/2 «-3/4»).
- Si se utiliza géneros de gran diámetro, se tiene que partirlos en tiras longitudinales de 1" de ancho con espesor mínimo de 1/2" y máximo de 3/4". Si no, sobresaldrían del plano del bastidor.
- El carrizo, caña brava o bambú deben ser empleados maduros y secos.
- Se «teje» las cañas sobre los travesaños alternándose sus extremos delgados con los gruesos para obtener anchos iguales en los dos extremos del panel.
- Si se utilizan tiras, deberá alternarse la cara lisa de una tira con la cara pulposa de la tira vecina.
- Las cañas o tiras se deben presionar fuertemente unas con otras en toda su longitud (osamenta Junta) para proporcionar mayor rigidez al panel.
- Es preferible cortar las cañas de una misma longitud, previamente determinada, antes de proceder al tejido.

10.5.4 Tiempos de fabricación

fig. 58

Quincha prefabricada llena -
Panel Típico PM-1 (© ININVI)

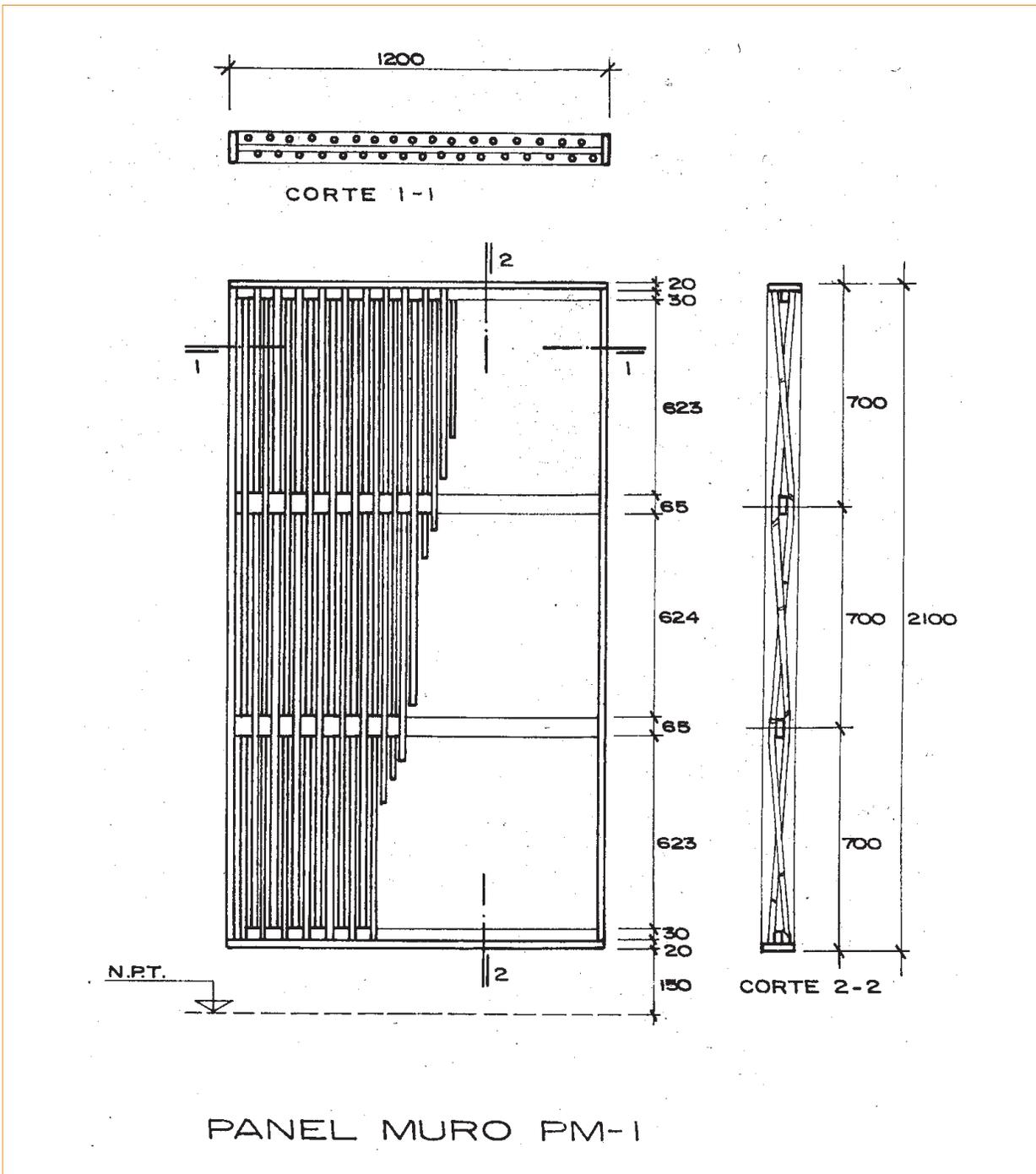
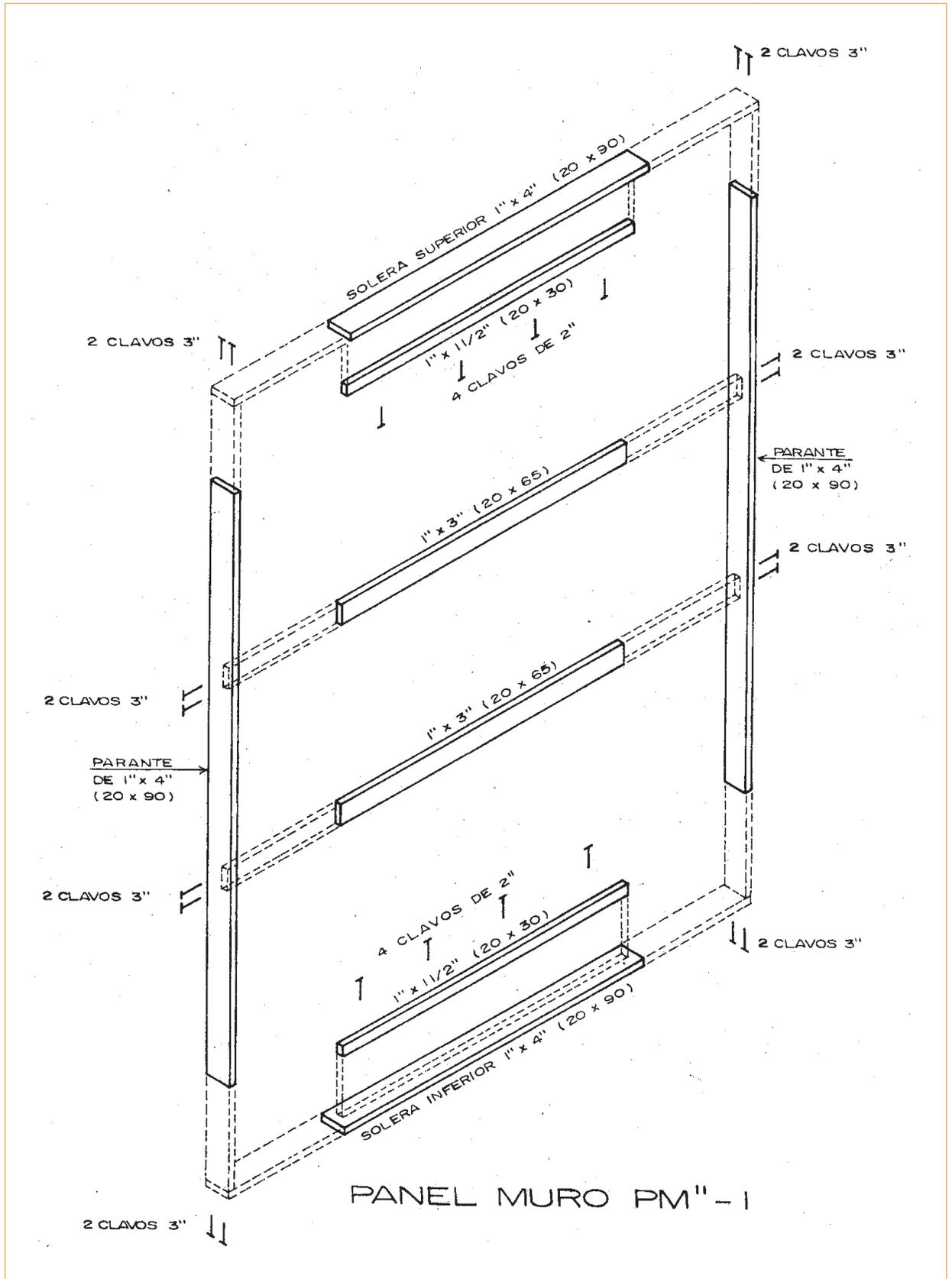


fig. 59

PM-1 Panel Típico (© ININVI)



0293

fig. 60

PM-2 Medio Panel (©
ININVI)

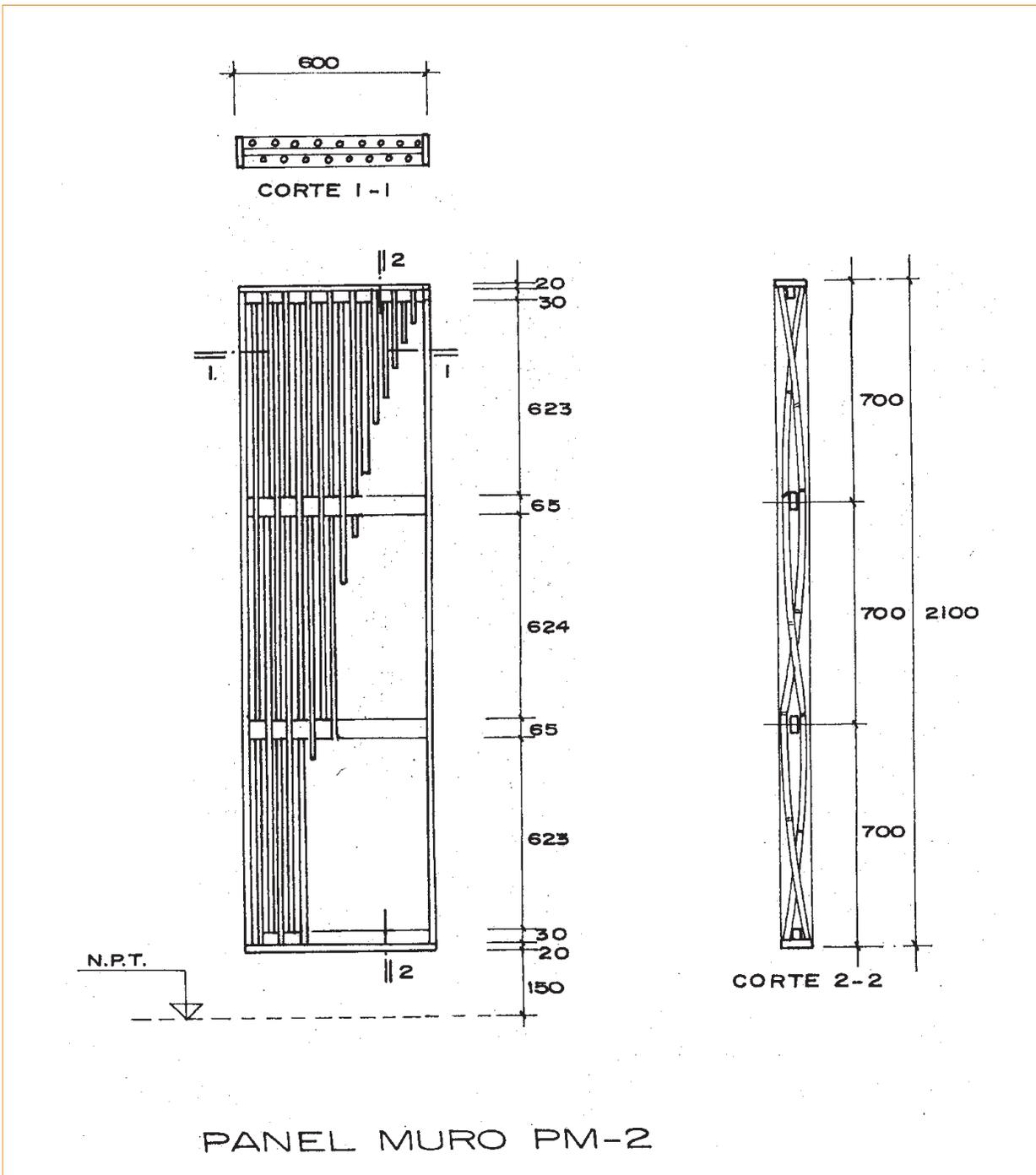
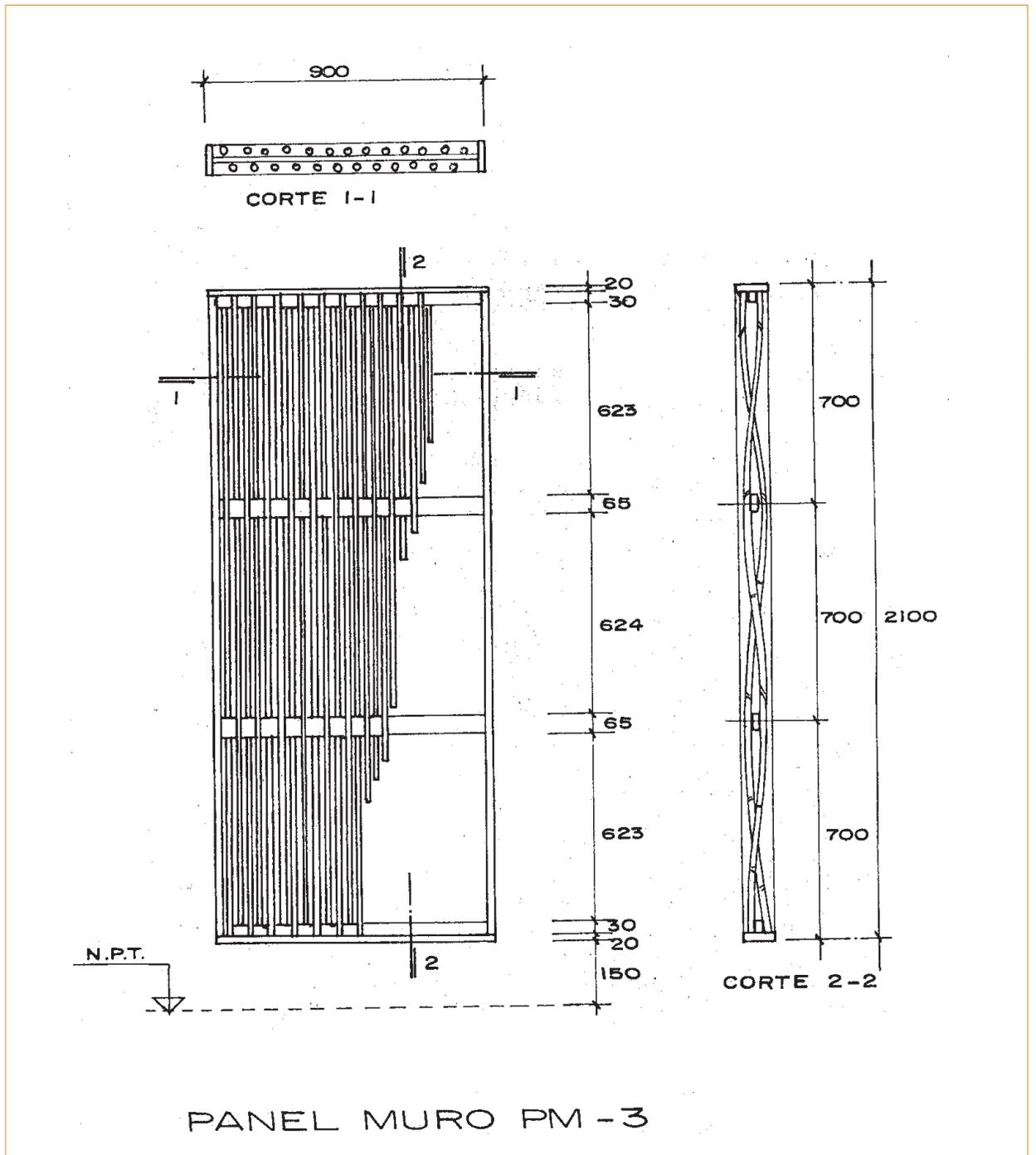


fig. 61

PM-3 Panel 2/3 (© ININVI)



0295

fig. 62

PP-1 Panel Puerta 1
(© INIVI)

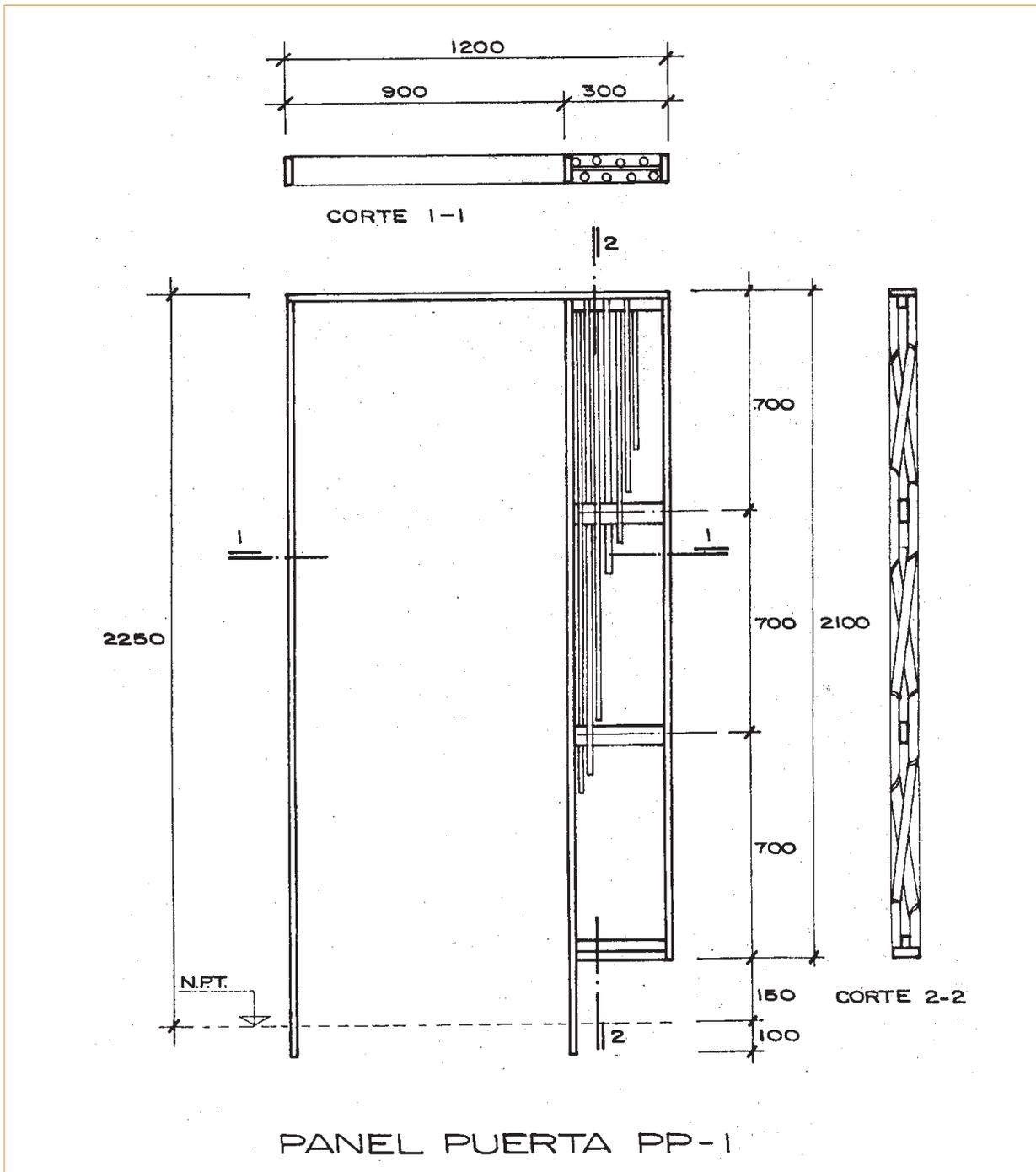


fig. 64

PP-2 Panel Puerta 1
(© ININVI)

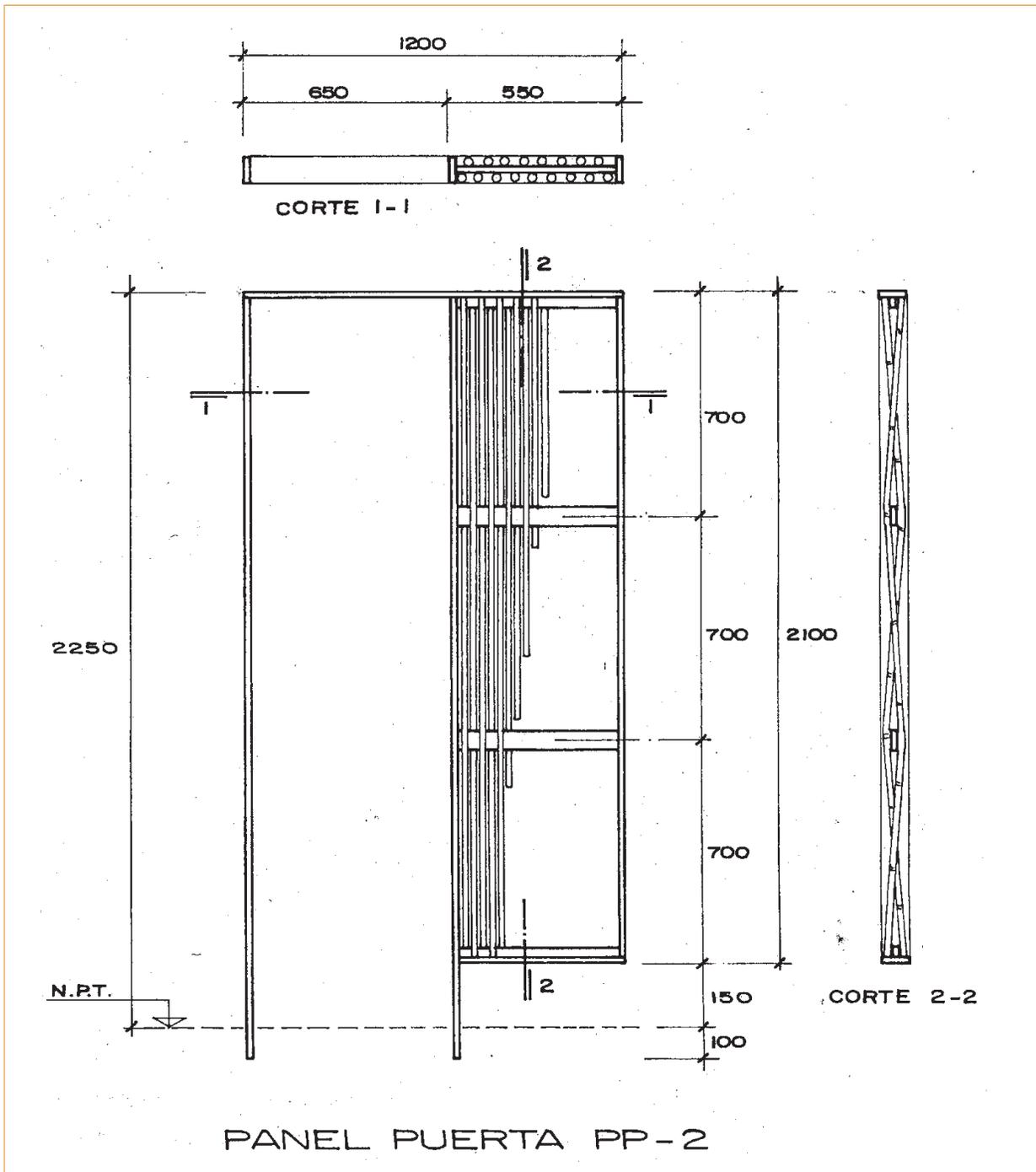
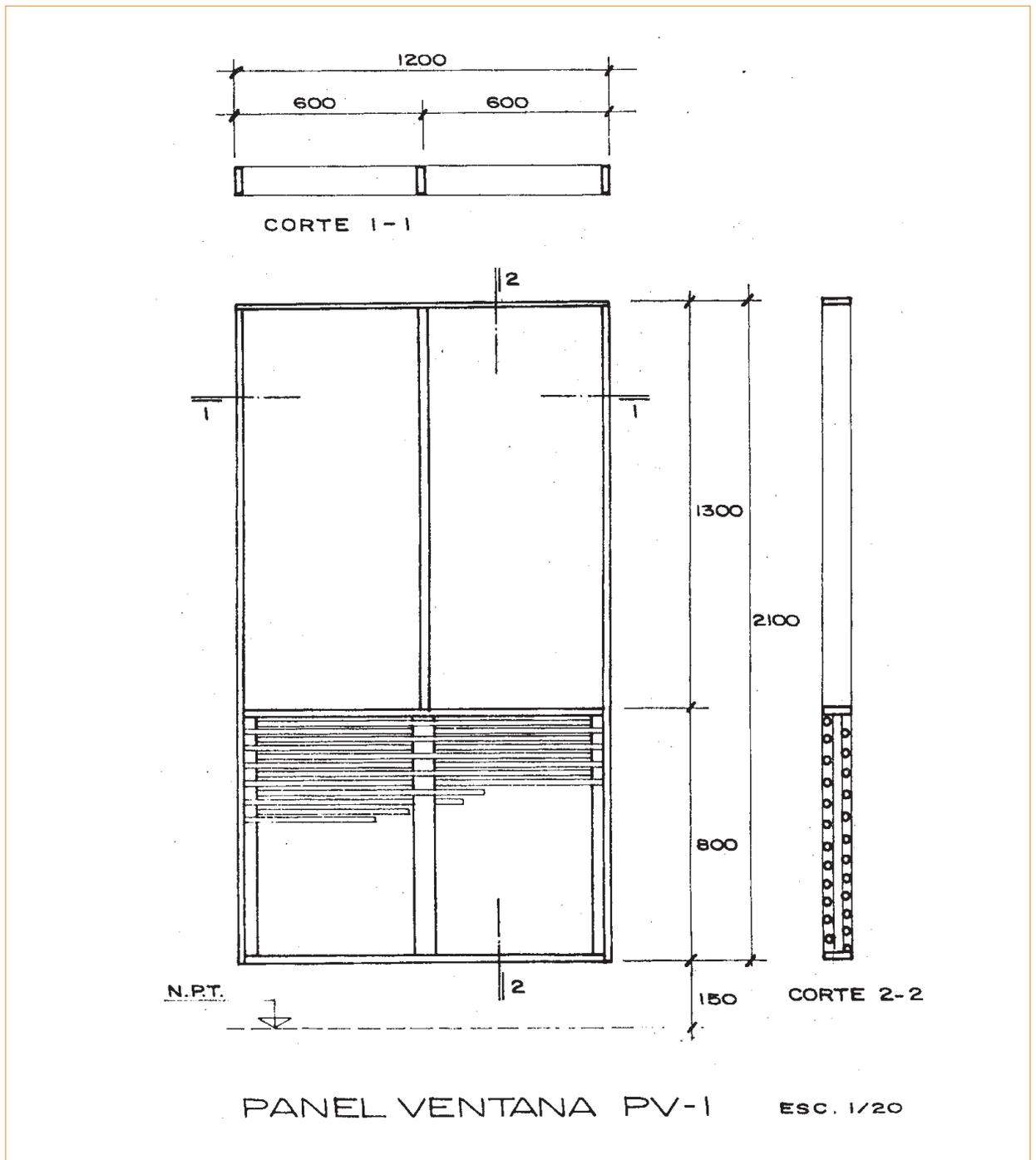


fig. 65

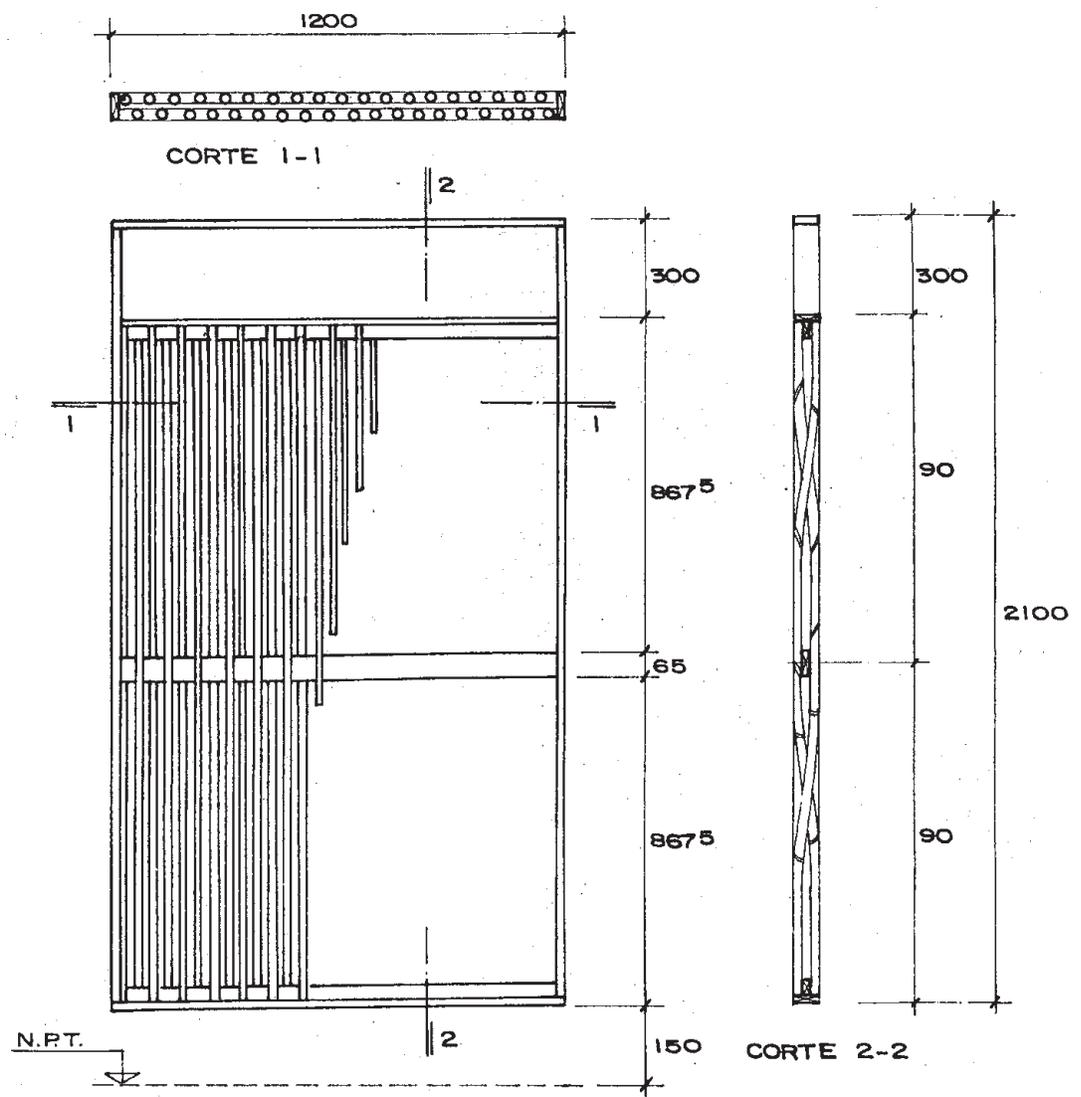
PV-1 Panel Ventana
Baja (© ININVI)



0299

fig. 67

PV-2 Panel Ventana
Alta (© ININVI)



PANEL VENTANA PV-2

0301

fig. 68

PV-2 Panel Ventana
Alta (© ININVI)

0302

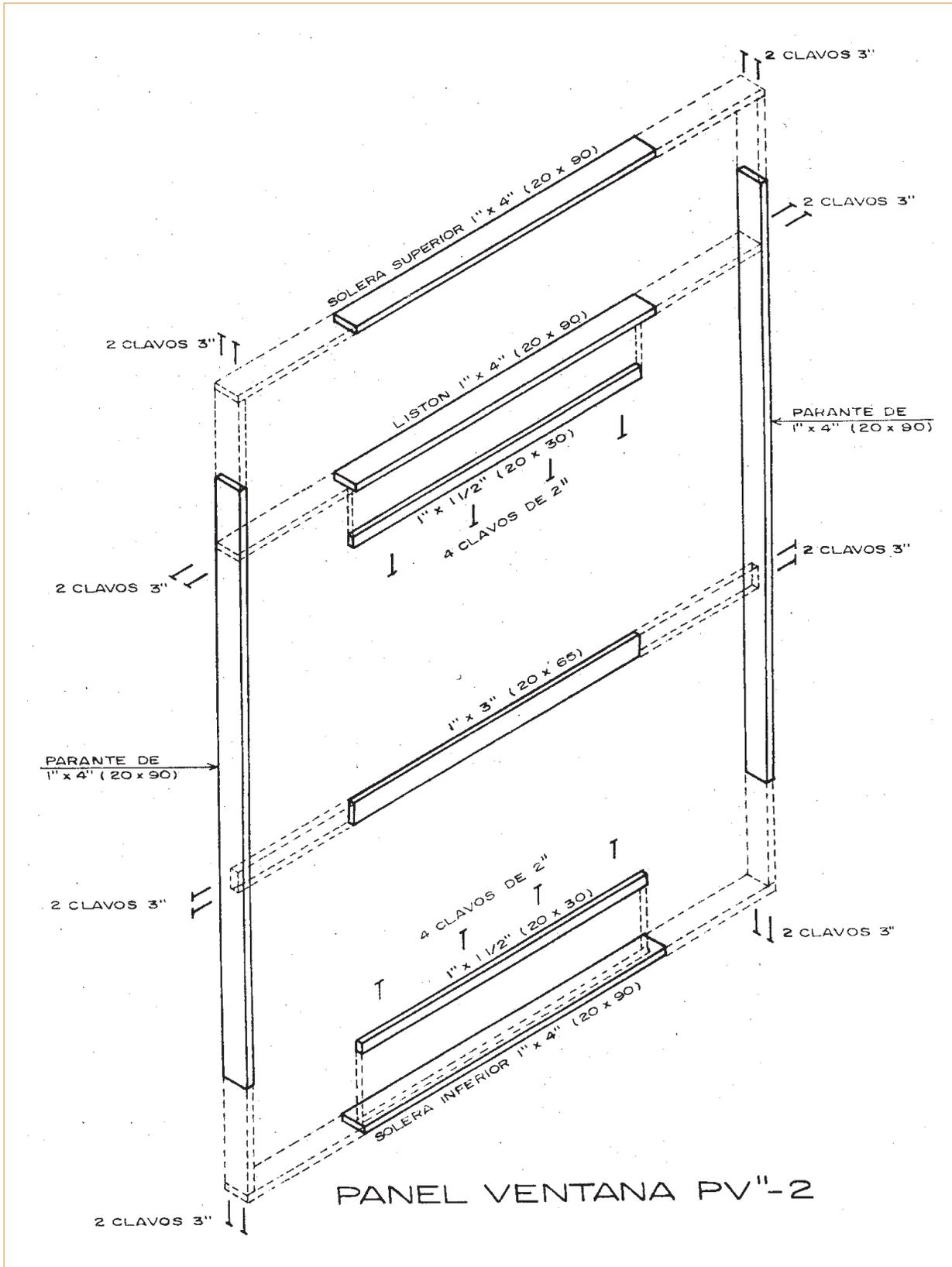
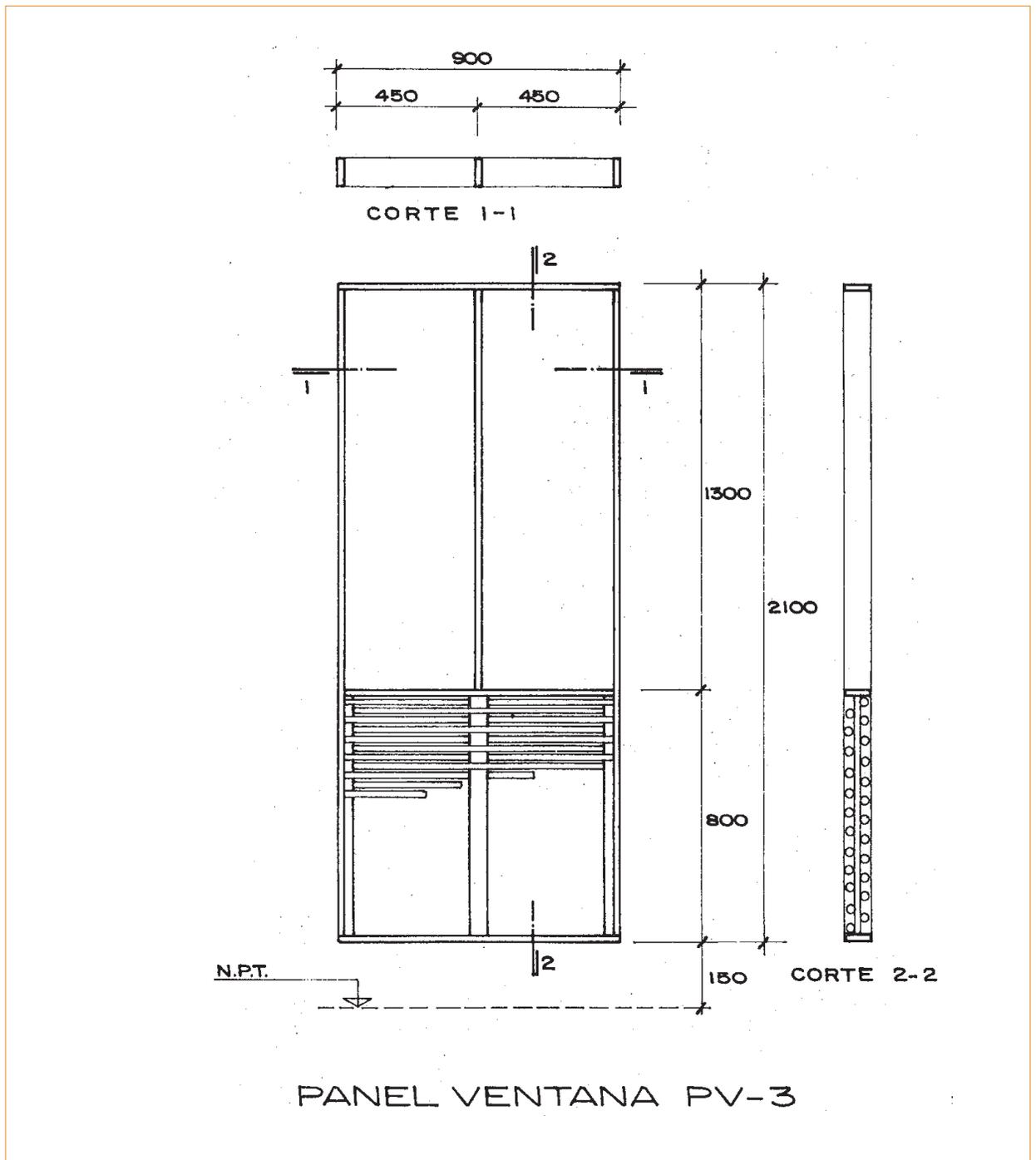


fig. 69

PV-3 Panel 2/3
 Ventana Baja (©
 ININVI)



0303

SEGUNDA parte

- 1 hombre puede fabricar, por día (8 horas), completamente 4 paneles (sin relleno) estándar de 1,20 m x 2,40 m.
- 1 Equipo de 8 personas/2 carpinteros que habilitan la madera y 3 grupos de 2 personas que arman los bastidores y tejen las cañas, pueden realizar 32 paneles estándar en un día.

10.5.5 Cantidad de Madera y Cañas por panel estándar de 1,20 m x 2,40 m

- Madera: 13,75 pies²/panel.
- Carrizo: 56 unidades/panel.
- Para una construcción sencilla de una sola planta se puede calcular: aproximadamente (sin incluir el techo):
- 18 pies 2 de madera / m² área construida,
- 70 carrizos / m² área construida,
- 0,82 paneles / m² área construida

10.5.6 Cimientos

- Profundidad: (caso general) 40 cm.
- Ancho: 30 cm hasta 40 cm.
- Capa de fondo: cemento-hormigón 1:12 en volumen. (altura ± 10 cm)
- Cimiento: cemento-hormigón 1:8 hasta 1:10.
- Sobrecimiento: cemento-hormigón 1:8. - altura mínima: 10 cm sobre el nivel del piso terminado y 20 cm sobre el terreno natural circundante en zona no lluviosa y de 30 cm en zona moderadamente lluviosa.
- La superficie superior del sobrecimiento, así como el travesaño inferior de los paneles deben ser impermeabilizados con pintura asfáltica o emulsión asfáltica.
- En caso de suelos con capacidad inferior a 0,5 kg/cm² se debe utilizar una viga de cimentación de concreto armado de 20 cm x 20 cm/ armadura de 4 varillas de 3/8" con estribos espaciados de 25 cm.
- Fijadores: Unos fijadores para los futuros paneles son empotrados de un mínimo de 30 cm en la cimentación. Estos fijadores están constituidos de alambre galvanizado o alambre negro N°8, cortado en segmentos de 1,70 m y doblado en U (ambas ramas distanciadas de 7 cm) [Fig. 70].

10.5.7 Columnas de madera

- Se fabrican columnas con cuartones de 3 m de largo y 6,5 cm x 6,5 cm (3" x 3") de sección.
- Las columnas son tratadas con sustancias preservantes

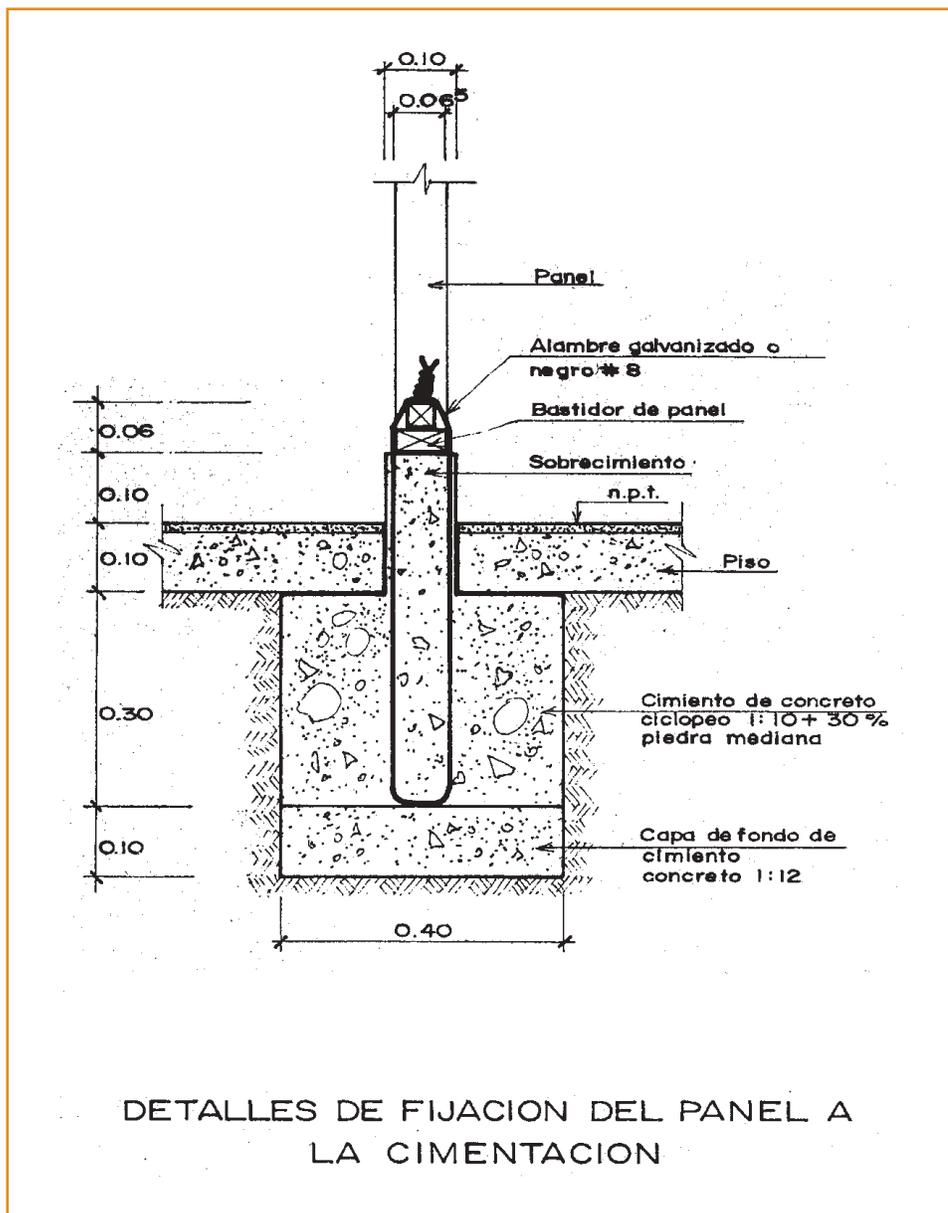
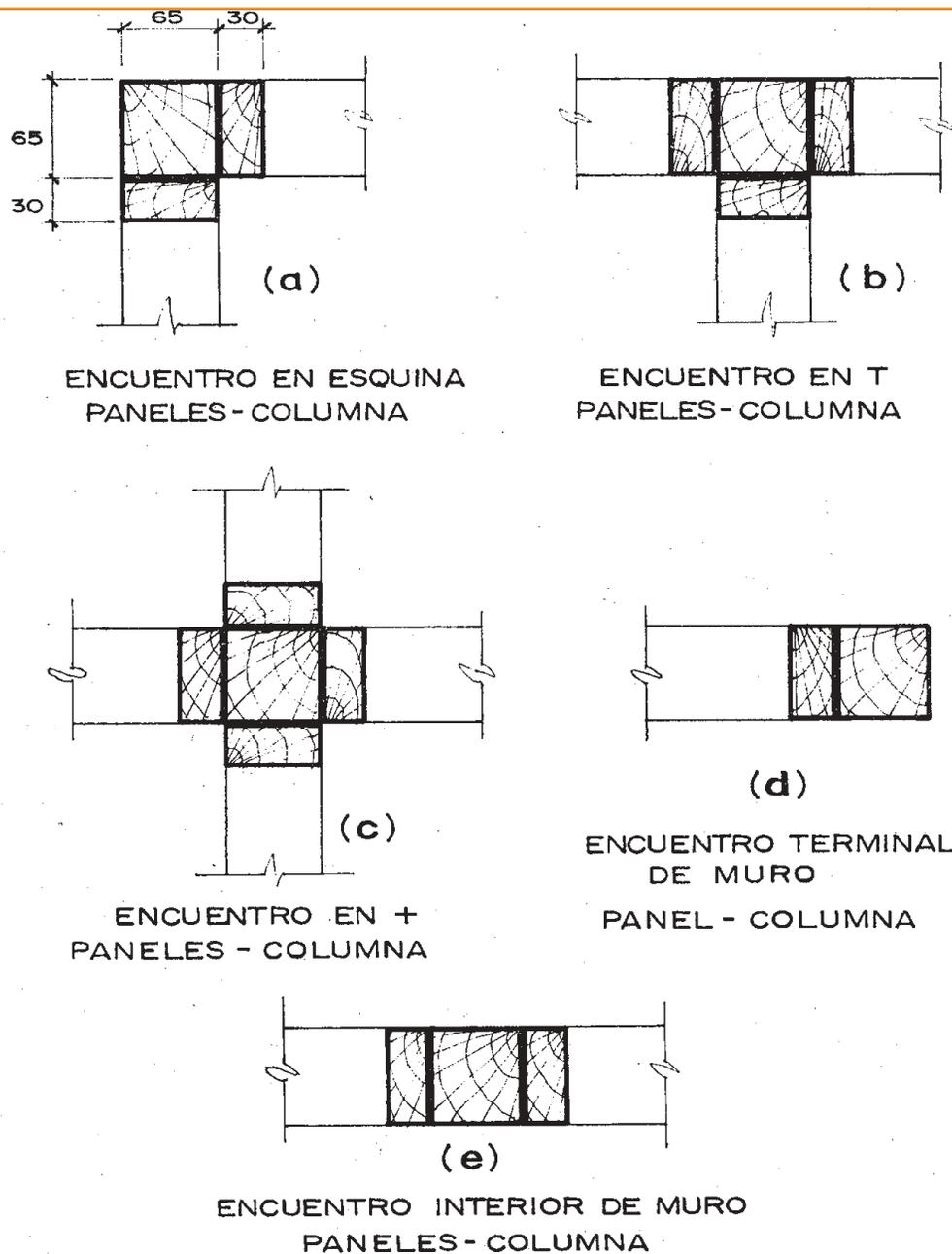


fig. 70

Sistema de fijación de los paneles en la cimentación (© ININVI)

(pentaclorofenol, creosota, etc.) y pintado con dos manos de impermeabilizante en pintura o emulsión asfáltica. Esta impermeabilización no debe omitirse, sobretodo en las partes que deben empotrarse en el cimiento y sobrecimiento.

- Para fijar mejor las columnas a la cimentación se introducen, hasta la mitad, clavos de 4" en uno de sus extremos (2 por cara) que son después doblados a 45° con el eje longitudinal de la columna
- Las columnas están ubicadas:
 - en las esquinas,
 - en los encuentros en T de muros,
 - en los encuentros en + de muros,
 - en puntos terminales de muros. [Fig. 71]



ENCUESTRO DE PANELES CON COLUMNAS

fig. 71
Encuentros de
paneles con
columnas (©
ININVI)

- Las columnas son intercaladas en los muros a intervalos no mayores de 3,60 m (cada 3 paneles estandard).
- Las columnas deben ser colocadas perfectamente aplomadas y arriostradas provisionalmente con tornapuntas o puntales de madera.
- La altura de las columnas debe ser tal que sobresalga de 5 ó 10 cm sobre el panel, cuando se colocan en obra.
- Al finalizar el montaje de los paneles, se recorta las columnas para que queden a la misma altura que los paneles.

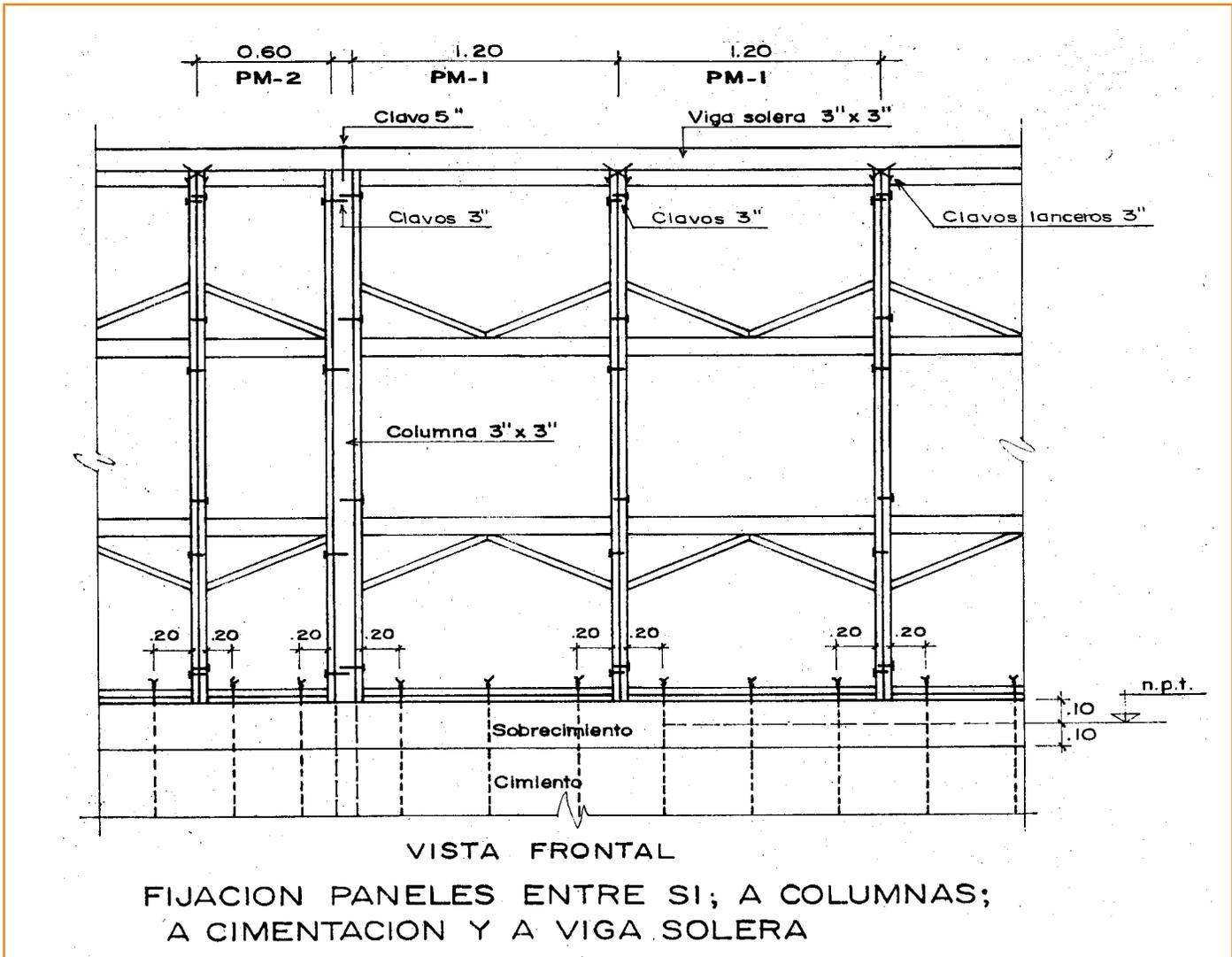
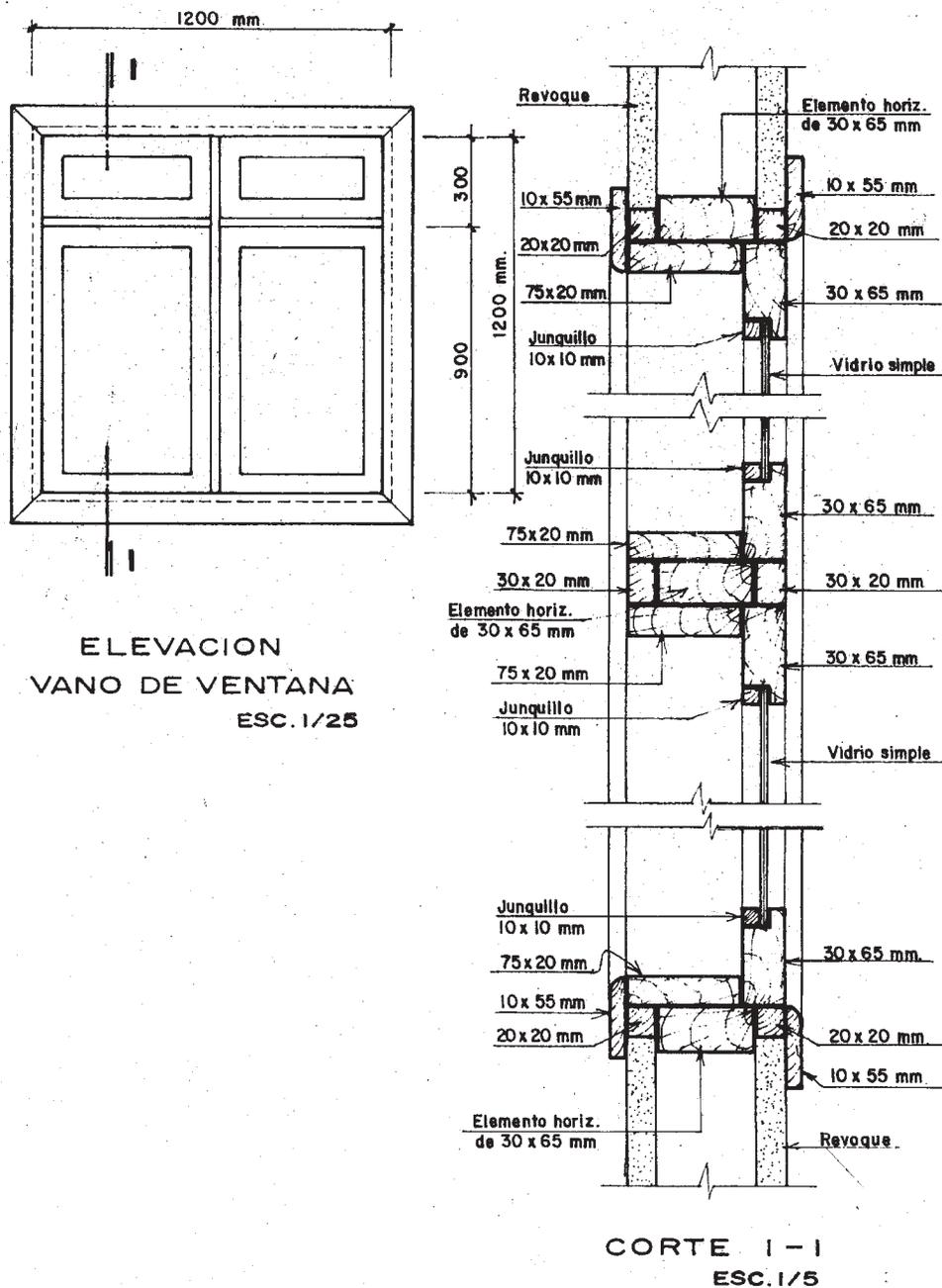


fig. 72

Fijación de los paneles entre sí, a las columnas, a la cimentación y a la viga solera (© ININVI)

10.5.8 Montaje de los paneles

- Se aplica previamente una capa de pintura asfáltica sobre todas las superficies de madera en contacto con el sobrecimiento así como a la superficie del mismo.
- Los paneles deben estar ajustados entre columnas y fijados entre sí mediante 8 clavos lanceros de 4" (4 clavos de cada lado). Así mismo, los paneles son clavados de la misma manera a las columnas.
- Se coloca sobre los paneles montados una viga solera (viga collar) conformada por cuarterones de 6,5 cm x 6,5 cm (ó 10 x 6,5 cm) de escuadría si el espaciamiento entre columnas tiene como máximo 3,60 m ; para mayor espaciamiento, la sección debe ser determinada previo diseño estructural.
- La viga collar esta fijada a las columnas mediante clavos de punta de 5" y a los paneles mediante clavos lanceros de 3". [Fig. 72]
- Las uniones entre 2 elementos continuos de la viga collar así como en



APLICACION DE TIRAS DE MADERA
EN PARANTES Y TRAVESAÑOS DE
PANEL VENTANA PV-1

fig. 73

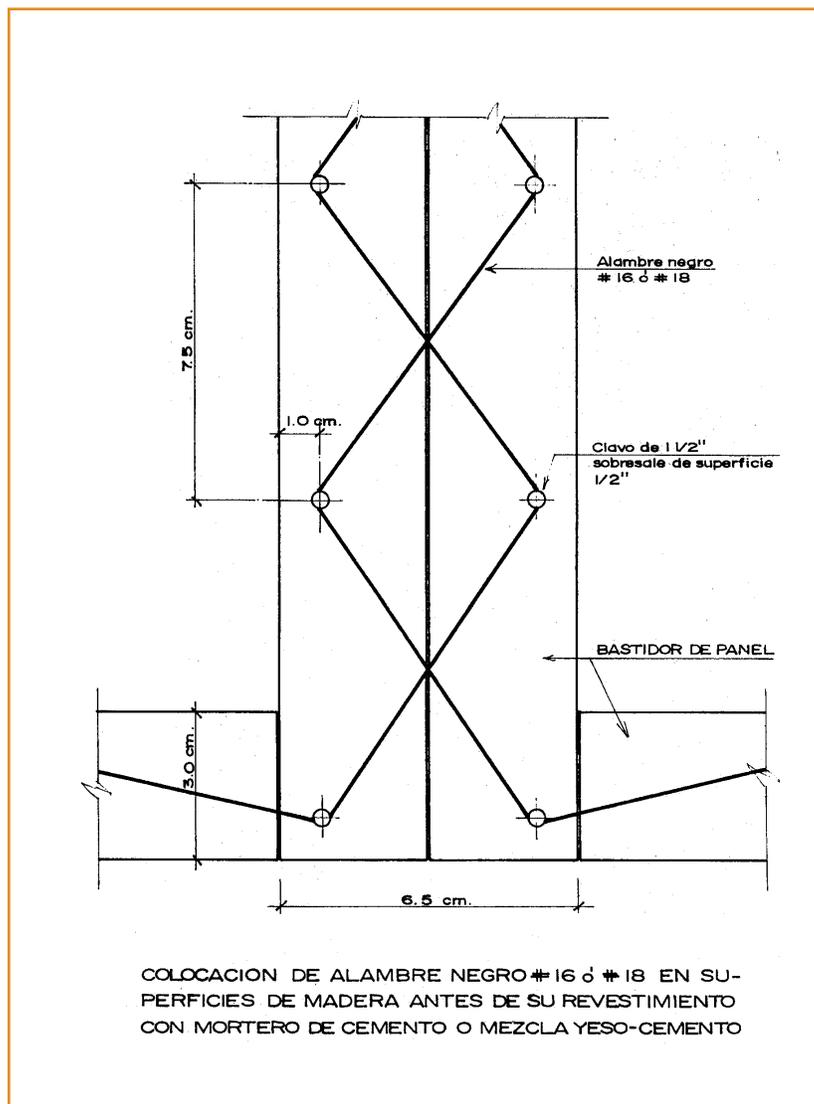
*Aplicación de
tiras de madera
en parantes y
travesaños de
panel ventana
PV-1 (© ININVI)*

los encuentros de esquina, en «T» o en «+» se efectúan mediante ensambles a media madera y clavado.

- La unión a media madera de 2 elementos continuos de la viga collar, no debe coincidir con un encuentro en «T» o en «+».
- Una vez fijados los paneles entre sí, y colocada la viga collar se fija la base de los paneles al sobrecimiento con atortolamiento de alambres previamente empotrados en la cimentación.

fig. 74

Colocación de alambre negro # 16 ó #18 en superficies de madera antes de su revestimiento con mortero de cemento o mezcla yeso-cemento (© ININVI)



10.5.9 Colocación de «guías» de revoque.

Cuando los elementos de la estructura maestra tienen 6,5 cm de profundidad (o sea menos que los $\pm 10,5$ cm del relleno + revoque ; en caso de estructura maestra destinada a quedar escondida) se tiene que colocar guías de revoque en diversas partes de la estructura maestra.

Estas guías quedarán aparentes en la obra final por lo que se recomienda utilizar listoncillos previamente cepillados.

- En todos los vanos de puertas y ventanas, enmarcando a ellas, tanto exterior como interiormente, se fijan listoncillos cepillados de 2 cm x 2 cm de sección [Fig. 73].
- Sobre los elementos interiores verticales y horizontales de los vanos de ventana se coloca listoncillos de 3 cm de ancho x 2 cm de espesor.
- Para tope de puertas: listoncillos de 6 cm de ancho x 2 cm de espesor.
- Para tope de hojas de ventana y sobreluces en ventanas y puertas: listoncillos de 7,5 cm de ancho x 2 cm de espesor.

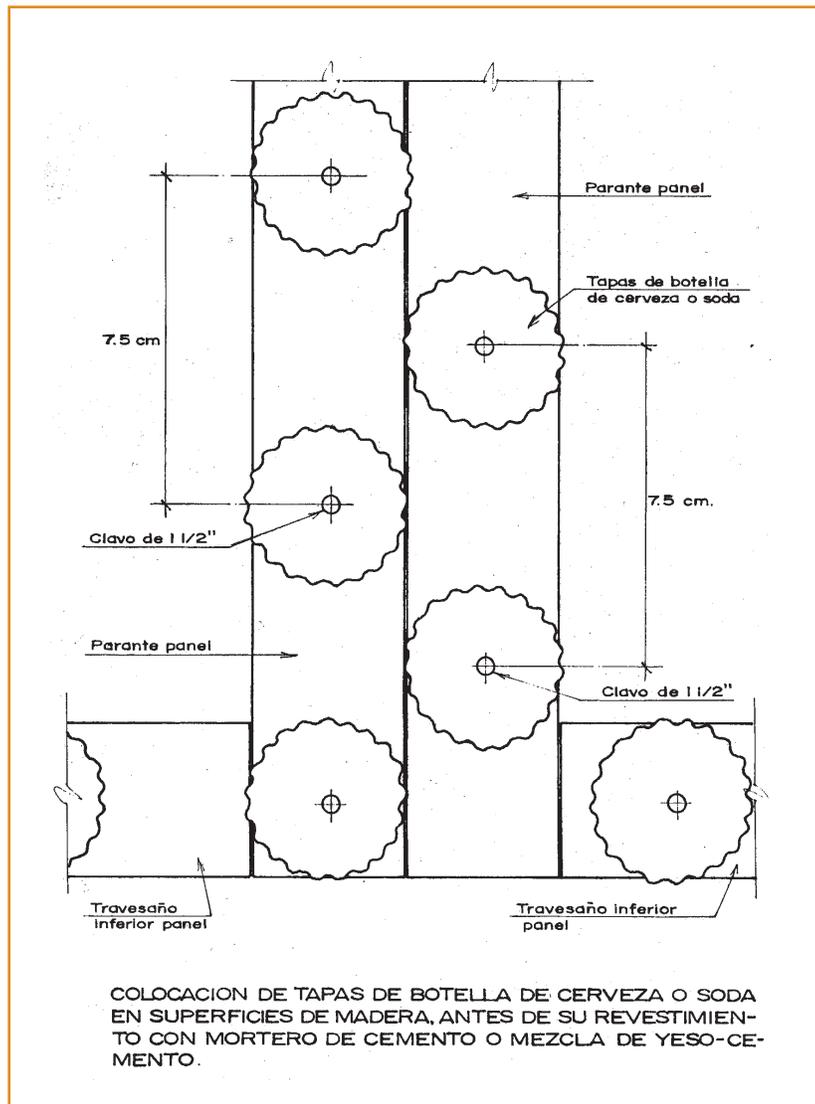


fig. 75

Colocación de tapas de botella de cerveza o soda en superficies de madera antes de su revestimiento con mortero de cemento o mezcla yeso-cemento (© ININVI)

- Todos estos listoncillos se fijan con clavos de 1 1/2" espaciados de 20 cm

10.5.10 Preparación de los elementos de madera que van a ser recubiertos por el revoque.

- 1ª solución: poner clavos de 1 1/2" espaciados entre 4,5 cm y 7,5 cm en donde se fija alambre negro N° 16 o N° 18, extendido en zig-zag. [Fig. 74]
- 2ª solución: utilizar chapitas metálicas de botella fijadas en la madera con clavos de 1 1/2" y colocadas en tresbolillo. [Fig. 75]

10.5.11 Relleno a base tierra

Una vez todos los elementos de estructura maestra y osamenta debidamente colocados, se puede efectuar el relleno en dos capas.

10.5.11.a Relleno de «Fondo» con tierra y paja

— Mezcla de tierra con paja. Proporción:

- 2 kg de paja /100 kg de tierra o en general 0,5 volumen de paja para 1 volumen de tierra, se enrasa este relleno de «Fondo» con el marco del panel.
- Se empasta por ambos lados de la osamenta teniendo cuidado de no empastar mas de 2,40 m de alto en un solo día.
- LLenar completamente los espacios entre las cañas trenzadas.
- Esperar una a dos horas y volver a presionar esta capa contra las cañas utilizando un frotacho, para conseguir mayor adherencia y compacidad.

10.5.11.b Relleno «sellador»

- Capa de 1,5 cm a 2 cm de tierra areno-arcillosa cernida que debe llenar todas las fisuras del relleno de fondo. Se espera que este último este completamente seco antes de llenar todas las fisuras. También se puede utilizar tierra arcillosa mezclada a una arena fina proporción (1: 1). En este caso se procede por pulido de capas delgadas (mínimo 2 a 3 capas) y se obtiene así un acabado final muy económico.
- El espesor de la pared «rellenada» queda alrededor de 10,5 cm
- Peso aproximado de un panel sin relleno ≈ 50 kg
- Peso aproximado de un panel con relleno ≈ 350 kg

10.5.12 Revestimiento (revoque)

Luego de 3 o 4 días, cuando el barro se encuentra todavía húmedo se procede a aplicar el revoque final.

10.5.12.a Lechada de Cemento:

- Se aplica sobre el relleno de fondo revestido de su relleno sellador ,
- Se utiliza a la brocha como si se tratara de una pintura,
- Se humedece la pared inmediatamente antes del «pintado»,
- Se aplica la primera mano con una «lechada» que tendrá la consistencia de la leche,
- Se espera 24 horas y se aplica la segunda mano con una «lechada» que tendrá la consistencia de la crema espesa, previo humedecido de la superficie,
- Se tiene que cuidar mucho el curado: 12 horas después de la segunda capa, hay que proceder al humedecimiento 3 veces diarias durante 2 a 3 días.

10.5.12.b Estucado de Yeso

- Se aplica sobre el relleno de fondo,

SEGUNDA parte

- Se realiza un estucado final de yeso de 1,5 cm a 2 cm de espesor.

10.5.12.c Estucado de Yeso-Cemento

- Se aplica sobre el relleno de fondo,
- Se realiza un revestimiento de 1,5 cm a 2 cm de espesor con una mezcla de yeso-cemento y agua en la proporción (4 : 1 + agua)

10.5.12.d Revoque de Yeso-Arena (Diablo-Fuerte)

- Se puede también hacer un revoque con una mezcla de cemento yeso y arena en la proporción (1:10 : 20).

10.5.13 Relleno de «Fondo» con Suelo Cemento

- Se empasta una mezcla de tierra y cemento.
 - Proporción 7 % a 10 % de cemento en volumen.
 - Curar el Relleno mediante humedecimiento durante una semana (mínimo).

10.5.14 Revoque para Relleno de «Fondo» con suelo Cemento

- Se realiza un revoque final con cemento, cal y arena en la proporción (1:1: 5) y espesor de 1,5 cm a 2 cm.

10.5.15 Puntos de contacto entre revoque y estructura maestra

- Todas las uniones de panel a panel; panel con columna, panel con sobrecimiento; panel con viga collar, deben ser bruñadas, utilizándose una bruña metálica, a fin de orientar las fisuras que pudiesen presentarse por efecto casi inevitable de contracción del revoque.

10.5.16 Fisuras en el revoque

- Si se presentan fisuras en el revoque (fuera de los puntos de contacto con la estructura maestra), ensancharlas y luego rellenarlas con el mismo material de tarrajeo final o con algún producto sellador de fisuras.

10.5.17 Paredes «hidráulicas»

- Se recomienda utilizar un mortero de cemento para el relleno de los paneles que van a estar sometidos a constante humedad, tales como los de la zona del baño, la cocina y lavandería; previamente se debe impermeabilizar todas las superficies de madera y caña con pintura o emulsión asfáltica.
- Para mejorar la impermeabilidad de la superficie del revoque, se puede aplicar pintura epóxica o enchapes de mayólica.

10.5.18 Revoque del sobrecimiento

- Se recomienda revocar todo el sobrecimiento que queda visto con mortero de cemento y arena 1:5.

10.5.19 Anclaje de aparatos sanitarios

- El anclaje de aparatos sanitarios, como lavatorio, tanque alto de inodoro, calentador de agua etc. deberá efectuarse en los paneles de los muros suficientemente reforzados para este fin ; o se podrá apoyar estos aparatos directamente al piso, mediante soportes especiales independientes de los muros.

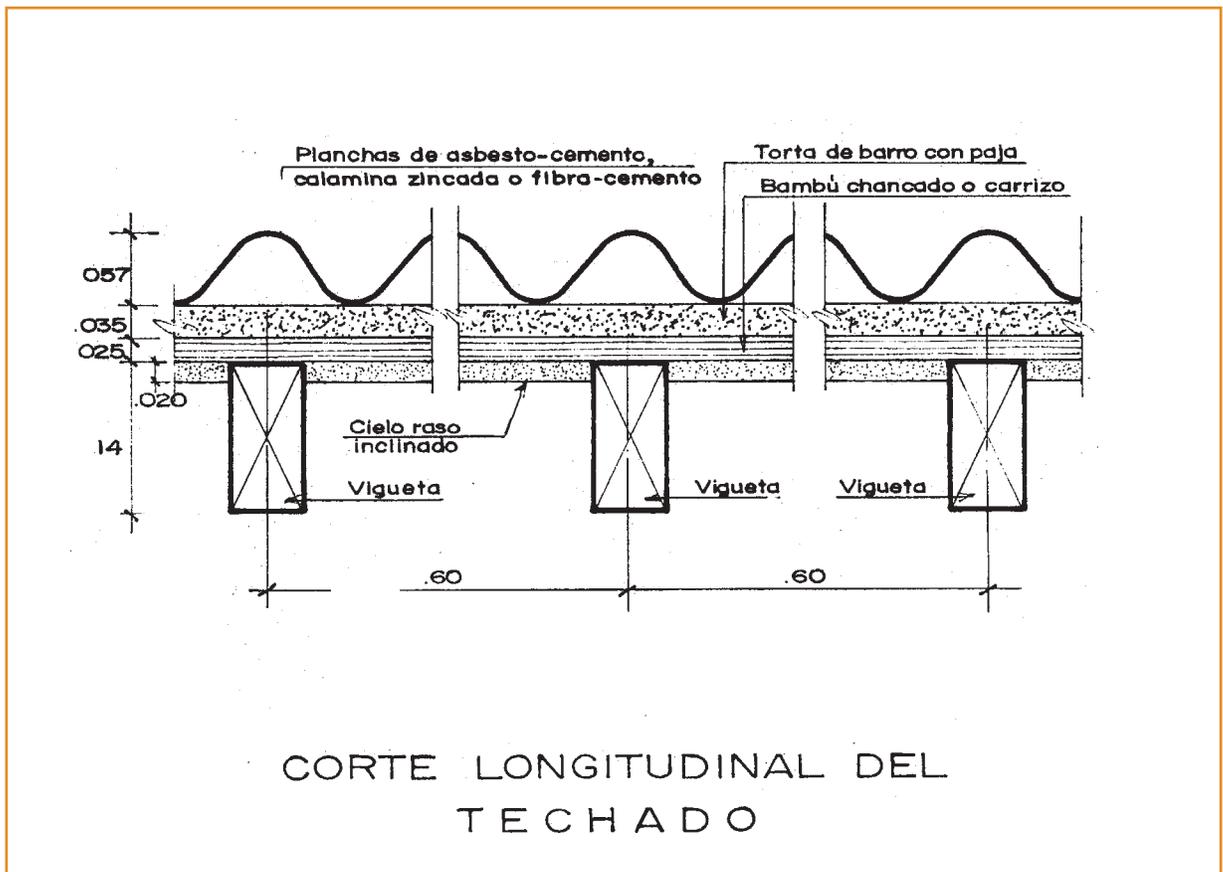
10.5.20 Techo

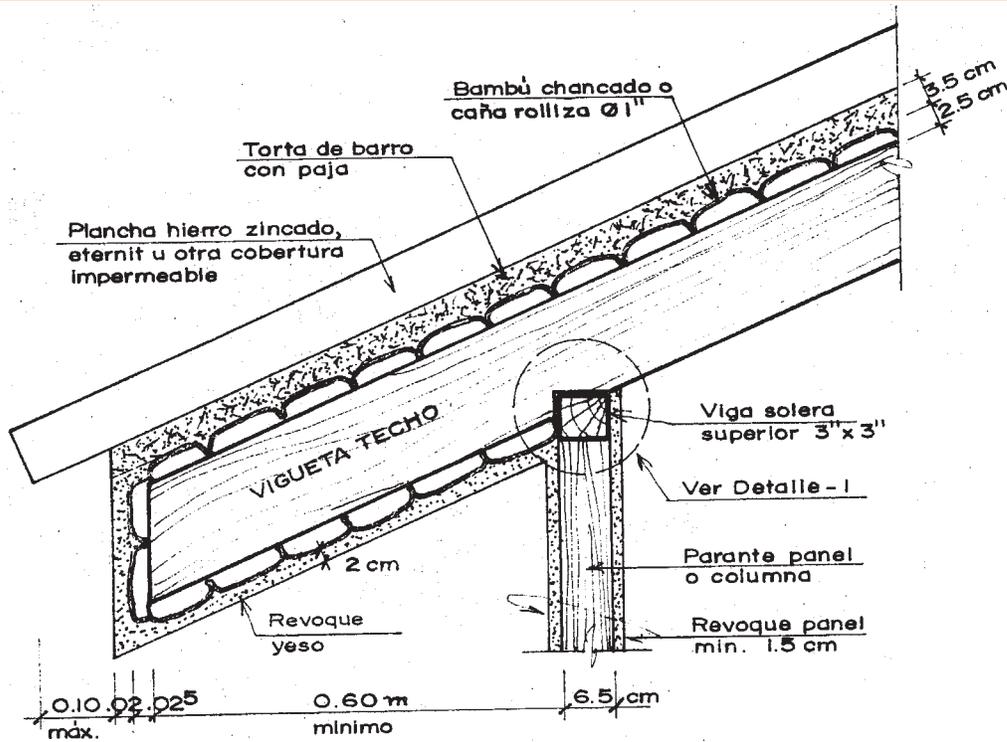
- El techo estudiado por el ININVI, está constituido por vigas de madera de 2" x 6" espaciadas de 0,60 m sobre la cual se coloca bambú «chancado» y/o carrizo y posteriormente una torta de barro con paja o aserrín (fino y grueso) de madera (2 : 1 en volumen) (aligeramiento del peso de la torta de barro y aumento de la aislación térmica). La capa de barro con fibras alcanza 3 cm a 4 cm [Fig. 76 -77]
- En zona poco lluviosa se puede mezclar al barro, asfalto de camino RC-250 en la proporción 20:1, en volumen. En zona muy lluviosa, se coloca cubiertas de planchas de asbesto cemento o de hierro zincado.

10.5.21 Ventaja del sistema con paneles de 1" x 4" de escuadría

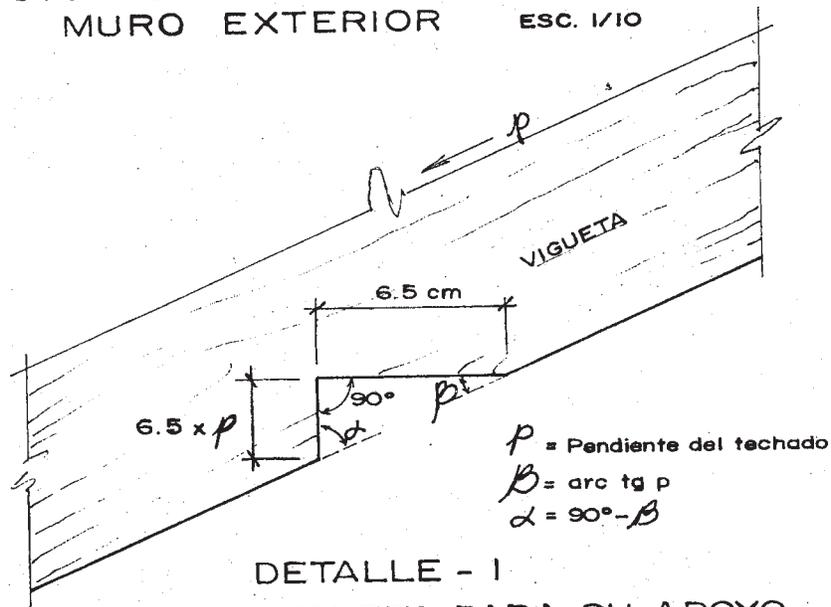
fig. 76

Corte longitudinal del techado (© ININVI)





APOYO VIGUETA DE TECHO EN MURO EXTERIOR ESC. 1/10



DETALLE - I CORTE EN VIGUETA PARA SU APOYO EN VIGA SOLERA ESC. 1/25

fig. 77
Corte en vigueta para su apoyo en viga solera (© ININVI)

- Con paneles de 1" x 4" de escuadría, se deja «vista» la madera de la estructura maestra (columnas, viga collar y bastidores)
- Con este tipo de paneles, se simplifica bastante el trabajo de revocado de superficies, así como el ahorro de materiales (alambre, clavos, chapas) y mano de obra para cubrir superficies de madera. Por otro lado se minimiza la posibilidad de fisuración por micromovimientos o contracción de fragua del material de revoque final, al convertirse la superficie total en una serie de pequeños paños individuales.

10.5.22 Coeficiente de transmitancia térmica

- $U = 1,5 \text{ kcal / m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C}$

10.5.23 Resistencia antisísmica

- La estabilidad estructural de una edificación de quincha es óptima por ser liviana y bastante elástica, liberando fácilmente la energía sísmica ofreciendo una muy buena alternativa constructiva en terrenos blandos, de baja capacidad portante.
- Según ensayos de carga estática, el inicio de fisuración del revoque, se produjo cuando la carga horizontal estática aplicada era equivalente a la producida por un sismo de aceleración igual a una vez la gravedad. Lo que comprueba un buen comportamiento de las edificaciones de quincha prefabricada ante los sismos.
- La altura de las edificaciones, aplicando este sistema de quincha prefabricada, está limitada a un piso.
- Para edificaciones de dos pisos, será necesario efectuar el diseño estructural a fin de determinar las dimensiones de todos los componentes.
- Según cálculos analíticos, paneles prefabricados con escuadría de 1" x 4", permiten construir viviendas hasta de dos pisos.

10.6 QUINCHA PREFABRICADA HUECA - SISTEMA PUCP

Se trata de un sistema de Prefabricado de Paneles modulares de madera y Osamenta esterada de caña, tupida, omnidireccional y doble lateral ([Pre.Pm/ma],[Os5.tup.X-X/bu]).

Este sistema constructivo, a base de paneles prefabricados, fue diseñado con la perspectiva de su aplicación en la rehabilitación posterior a un sismo, en zonas marginales de una gran ciudad (en particular Lima).

A diferencia del sistema ININVI, no utiliza columnas. Las paredes son

construidas armando simplemente los bastidores de paneles modulares entre sí. Luego, se coloca la osamenta (estera).

La estructura de la construcción esta formada por, paneles convencionales, paneles «sísmicos», solera, tijerales o vigas, y viguetas. La resistencia ante las fuerzas horizontales que ocasionan los sismos, esta dada por el tarrajeo de barro y los paneles «sísmicos». Los paneles «sísmicos» tienen la función de garantizar la seguridad en caso de un sismo muy severo, que pudiera dañar al tarrajeo de barro.

El sistema tiene diferentes ventajas que se describen a continuación:

- La estructura es liviana. Los paneles pesan aproximadamente 100 kg/m² y el techo alrededor de 70 kg/m². El reducido peso conlleva ahorro en la estructura de madera y cimentación, y por consiguiente en el costo global de la obra.
- El espesor de los muros es reducido. Los muros acabados tienen un espesor de 15 cm, consecuentemente, se usa eficientemente el espacio.
- Los materiales usados en la quincha poseen características térmicamente aislantes.
- La construcción de quincha es segura frente a terremotos. Esto se logra gracias al reducido peso del sistema y al buen comportamiento de sus elementos estructurales.

10.6.1 Cimentación

- La cimentación consiste en una losa de concreto armada con cañas. La losa tiene un anillo perimetral de concreto. [Fig. 78]
- Dado que este tipo de construcción es liviana, se puede usar una losa a nivel casi superficial, siempre y cuando el suelo sea capaz de resistir una presión de 0,5 kg/cm². Si en la zona existen construcciones de ladrillo con cimientos convencionales es muy probable que el suelo sea suficientemente bueno como para construir con el sistema propuesto.
- El espesor de la losa debe ser de 10 cm como mínimo.
- La losa permite distribuir adecuadamente el peso de la construcción, integrar a los elementos estructurales, y servir directamente de piso.
- La losa esta reforzada con caña brava (*Ginerium Sagittatum*), material de bajo costo, que actúa de manera similar a las varillas de acero.
- La caña brava posee una alta resistencia del orden de 2800 kg/cm²,

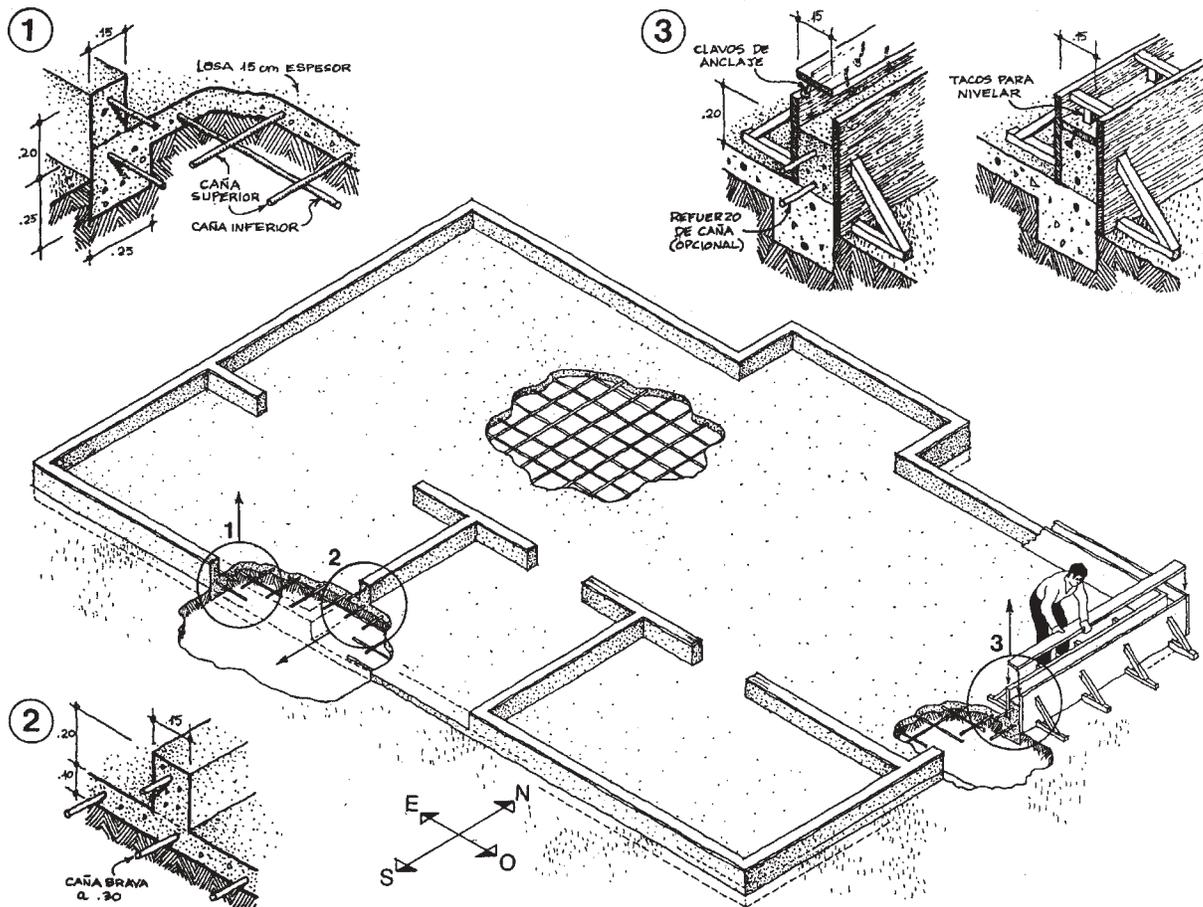


fig. 78

Quincha prefabricada hueca - sistema PUCP - cimentación (© PUCP)

comparable a la de algunos aceros, lo que permite su uso como refuerzo del concreto.

- La caña debe estar espaciada a 30 cm. Es necesario que las cañas en dirección perpendicular a los muros portantes sean ubicadas más cerca de la superficie superior de la losa. Esto se debe a que en suelos blandos, la losa tiende a levantarse al centro del paño, y a fisurarse de no existir la caña.
- La losa debe ser vaciada en su totalidad en un mismo día, de manera de lograr un elemento monolítico.
- El uso de una losa de cimentación requiere garantizar un concreto de buena calidad, por lo que no es recomendable usar hormigón sino piedra chancada (1/2") y arena gruesa.
- Se recomienda una proporción en volumen 1:4:4 de cemento, arena y piedra.
- El agua debe limitarse a la cantidad mínima que permita una adecuada trabajabilidad.
- Se debe mantener las cañas alineadas sujetándolas entre sí con alambre.

- La losa aún fresca puede pulirse con cemento, si se quiere evitar el gasto de un acabado posterior.
- Para mejorar la adherencia es conveniente dejar un acabado áspero o rayado en las zonas sobre las que se vaciará el sobrecimiento.
- Se debe «curar» el concreto manteniéndolo húmedo durante los dos días posteriores al vaciado. El curado puede realizarse usando una «cama» de arena húmeda.
- Tabla de Incidencia Unitaria de Insumos (para áreas entre 60 m² y 80 m²)

Cimentación:	Cantidad por m ²
Concreto (m ³)	0,17
Arena gruesa (m ³)	0,09
Piedra de 1/2" (m ³)	0,09
Cemento (bolsas)	0,93
Caña brava	0,13

(paquete de 10 a 12 cañas de alrededor de 5 m de largo c/u.)

10.6.2 Sobrecimiento

- El sobrecimiento protege a las paredes contra la erosión y la humedad del suelo.
- El sobrecimiento tiene una altura mínima de 20 cm sobre la losa y un ancho de 15 cm, igual al ancho del muro terminado.
- Antes de encofrar el sobrecimiento, es necesario replantear cuidadosamente los ejes y la forma del sobrecimiento .

10.6.3 Durmiente (solera inferior)

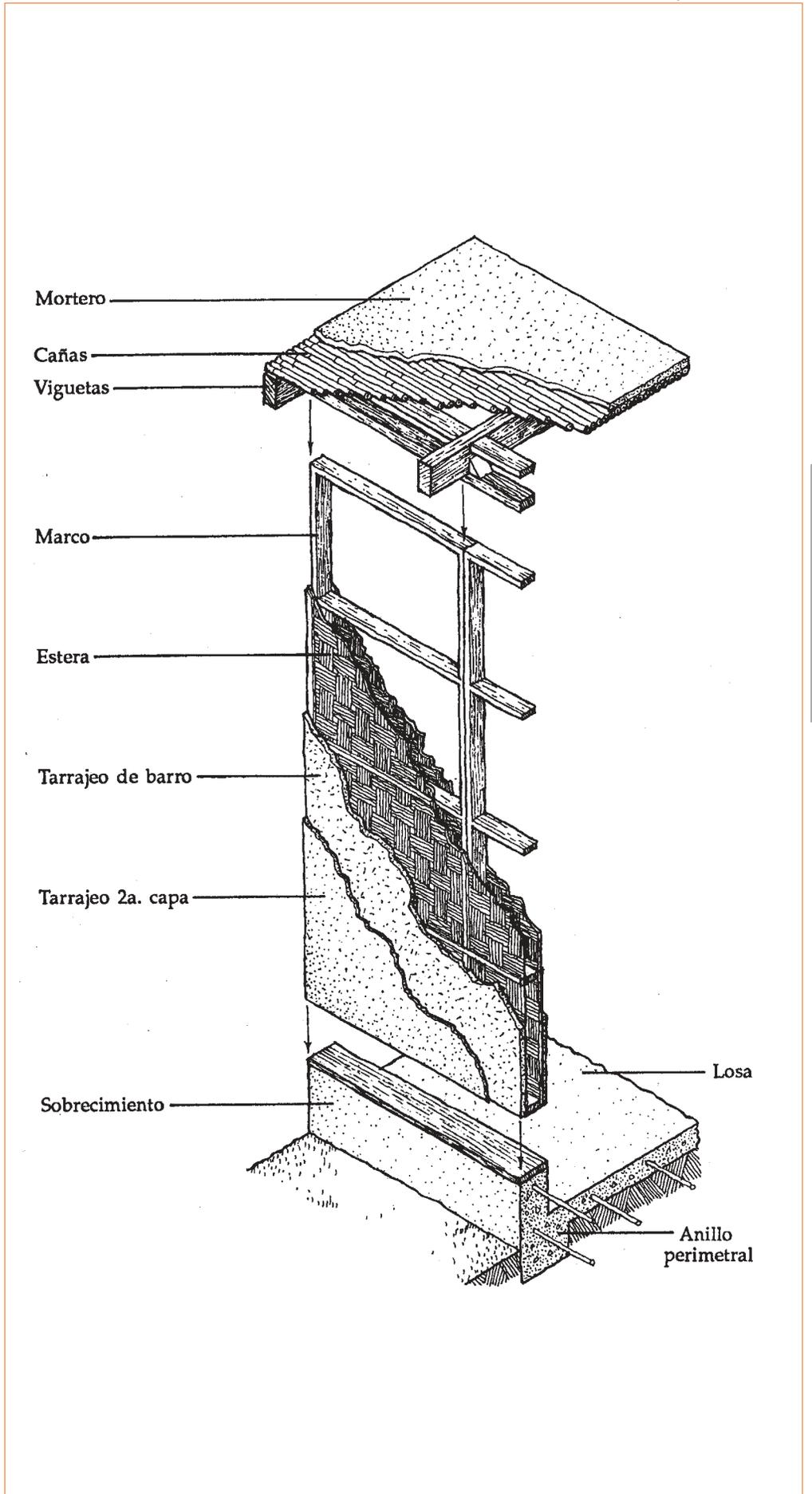
- A lo largo de la cara superior del sobrecimiento se ancla una tabla de madera de 2,5 cm de espesor por 15 cm de ancho. Esta tabla esta clavada con clavos de anclaje en su cara inferior y se coloca inmediatamente después del vaciado. Este elemento es la unión entre la estructura de madera y el sobrecimiento, y su correcta nivelación y fijación es muy importante para la posterior instalación de los paneles.
- Para verificar visualmente si la solera inferior de madera y el concreto están en contacto, es conveniente hacer perforaciones en la tabla aproximadamente cada metro.

10.6.4 Estructura maestra - Paneles

- Los paneles de la estructura maestra son fabricados en base a un marco de madera y una osamenta de estera. [Fig. 79]

fig. 79

*Panel típico de
quincha
prefabricada
hueca - sistema
PUCP (© PUCP)*



SEGUNDA parte

- Los marcos de los paneles tienen secciones de madera (no cepillada) de 2,5 cm x 7,5 cm (El espesor terminado de los muros es 15 cm).
- Las paredes están conformadas por la unión de paneles de dos tipos:

— PC - Paneles convencionales

— PS - Paneles «sísmicos» [Fig. 80]

10.6.4.a Bastidores

- Todas las piezas tienen una escuadría de 1" x 3" (2,5 cm x 7,5 cm).
- En la fabricación de los bastidores, es importante cuidar la perpendicularidad de pies derechos y travesaños.

PC - Paneles convencionales

- Marco rectangular de madera conformada por dos montantes 2,40 m de largo y 5 travesaños de 0,75 m de largo equidistantes de 0,60 m.

PS - Paneles «sísmicos»

- Marco rectangular de madera conformada por dos montantes 2,40 m de largo y 3 travesaños de 0,75 m de largo equidistantes de 1,20 m y 4 diagonales de riostra dispuestas en dos «X» superpuestas.
- Se utilizan estos paneles «sísmicos», por pares, en las esquinas, en los encuentros en «T» de las paredes divisorias.

10.6.4.b Fabricación y colocación de los bastidores

- Colocar los bastidores de los paneles correctamente alineados sobre los ejes de los muros.
- Colocar los paneles «sísmicos» de las esquinas en primer lugar, luego los más cercanos a las esquinas y así sucesivamente. El último panel se fabrica a la medida, de manera de cerrar el espacio remanente.
- Usar clavos de 2" en zigzag, cada 10 cm aproximadamente, para unir los paneles entre si y los paneles con la tabla base. [Fig. 81]

10.6.5 Solera superior (viga collar)

- Una solera superior se clava sobre los paneles. Además de su función básica de unir todos los paneles y las viguetas, sirve también de dintel en puertas y ventanas. La sección recomendable es de 7,5 cm de ancho por 5 cm de alto. [Fig. 82]

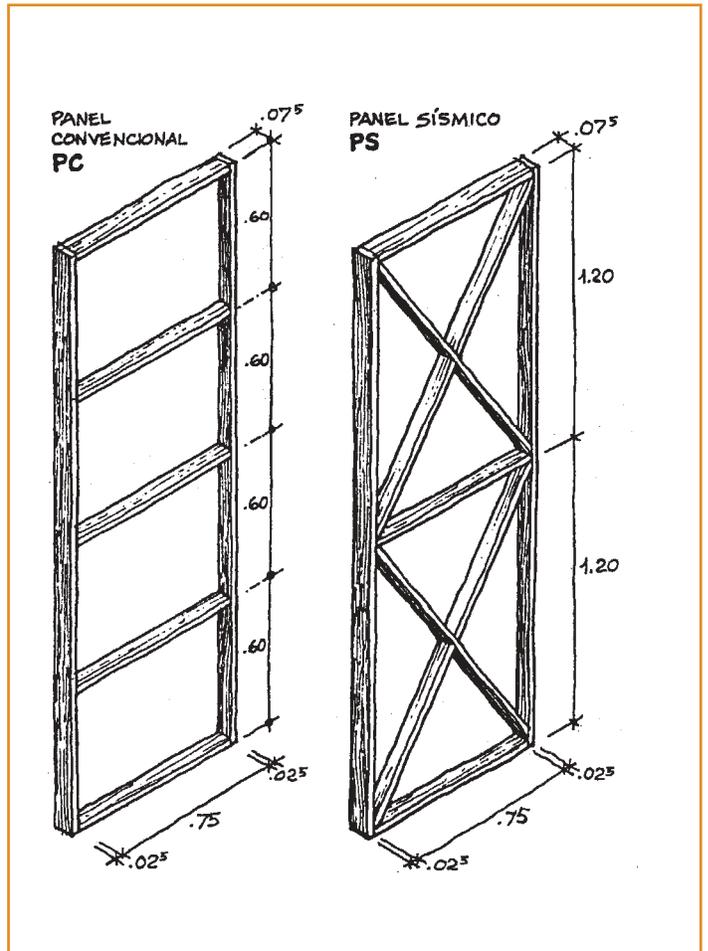
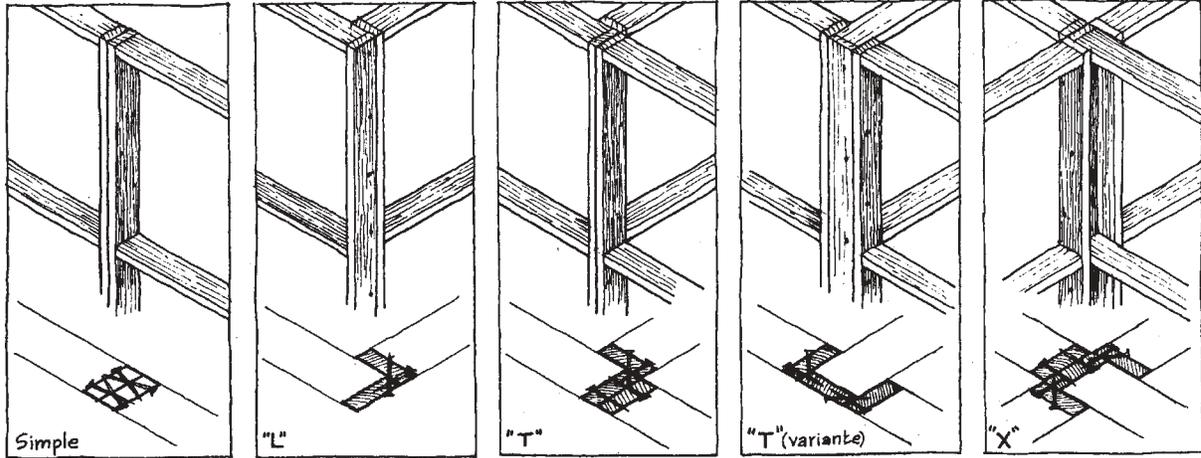


fig. 80

Bastidores para paneles convencionales y paneles "sísmicos" (© PUCP)

Encuentros de Paneles:



Encuentros de Soleras:

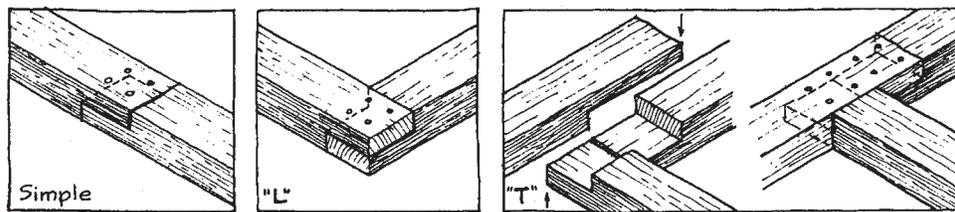


fig. 81

Encuentros de paneles y encuentros de soleras (© PUCP)

DETALLE DE UNION SOLERA - PANEL

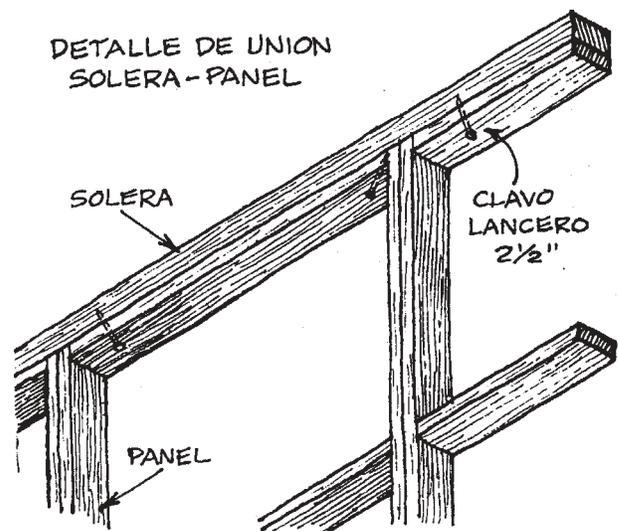


fig. 82

Detalle de unión solera-panel (© PUCP)

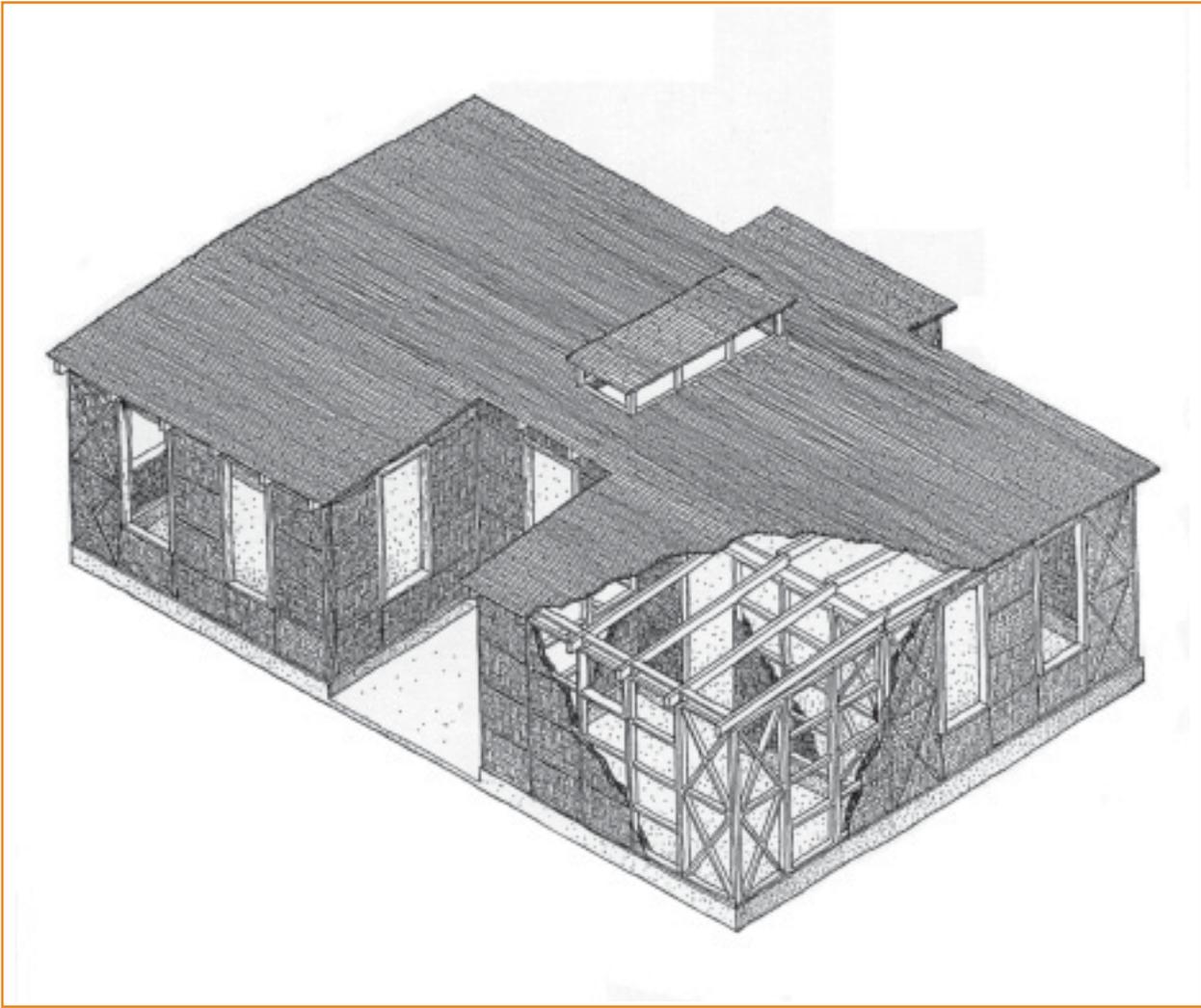


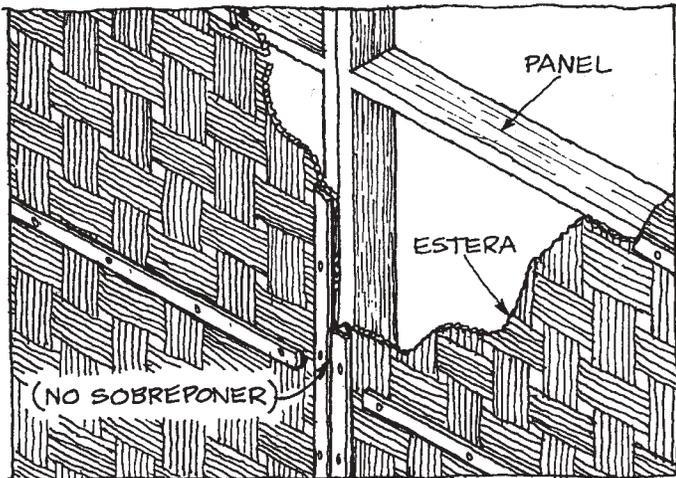
fig. 83

Vista de la estructura maestra con la osamenta esterada (© PUCP)

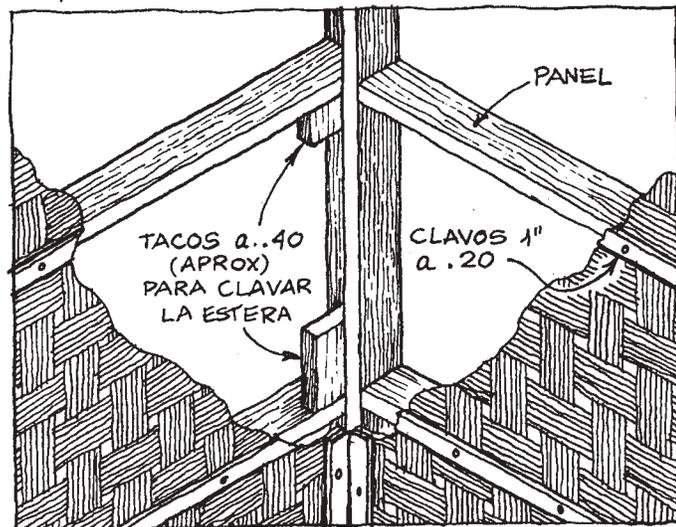
10.6.6 Osamenta

- Los paneles se cubren por ambos lados con esteras, dejando la cara áspera hacia el exterior para mejorar la adherencia con el tarrajeo.[Fig. 83]
- Las esteras usadas para la cobertura de paredes, son de carrizo (Arundo Donax), el cual se chanca cuando esta maduro pero no seco. En la medida que el carrizo de las esteras se encuentre muy seco sera mas susceptible a quebrarse.
- Es necesario asegurarse que la estera quede bien sujeta y tensa para que al recibir el tarrajeo éste no se fisure.
- Para fijar las esteras sobre los paneles se utiliza cintas de madera de 2,5 cm de ancho por 0,4 cm a 0,5 cm de espesor, a todo lo largo de los pies derechos, travesanos y diagonales, usando clavos de 1" espaciados a 20 cm.
- La estera debe colocarse cubriendo por lo menos 2 paneles consecutivos, luego de lo cual se cortan los sobrantes.
- El extremo de una estera debe siempre coincidir con un pie derecho.

Encuentro de Esteras:



Simple



En esquina

Las esteras no deben ser sobrepuestas en los extremos.

- En algunas esquinas se presentan problemas para fijar las esteras a los paneles. En estos casos, se debe clavar tacos de madera a los paneles cada 40 cm aproximadamente. [Fig. 84]

10.6.7 Preservación

- Es necesario proteger la madera, caña y esteras del ataque de insectos y hongos, aplicando un preservante.

10.6.8 Puertas y Ventanas

- Las ventanas se colocan dentro de paneles similares al convencional, en el cual se eliminan los travesaños que sean necesarios.[Fig. 85]

- Para las puertas se dejan vanos de 0.80 m de ancho por la altura de los paneles. Después de colocar el marco, el vano tendrá 0,75 m de ancho libre.

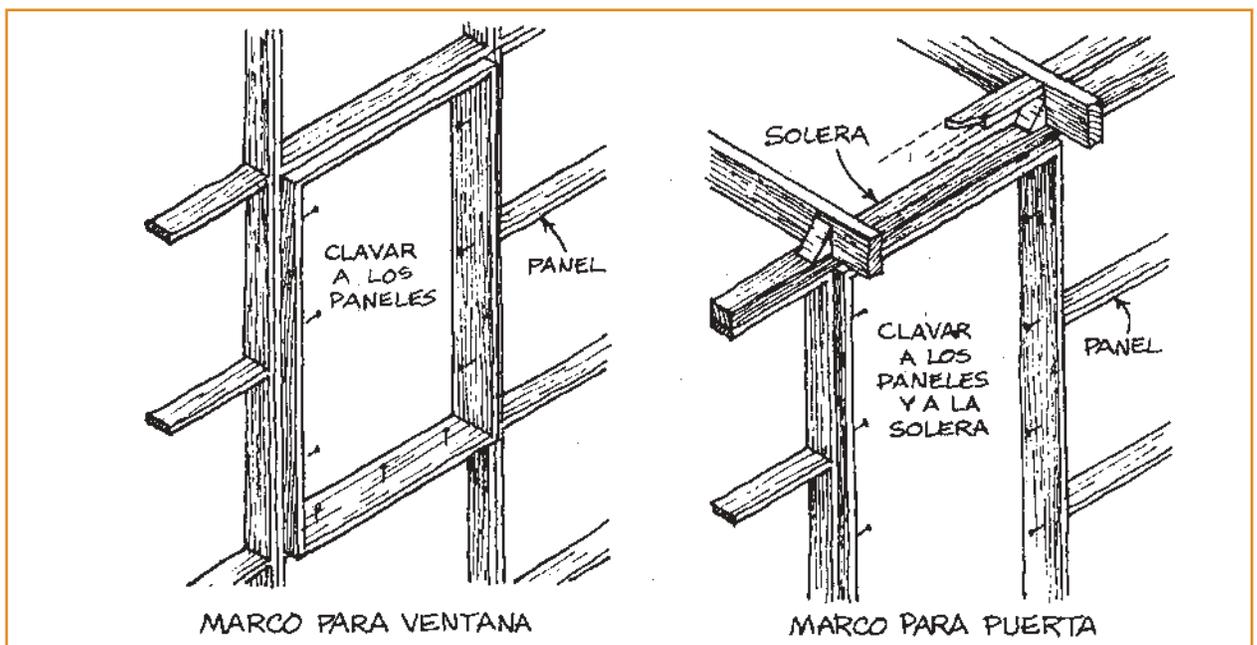
- Los marcos para puertas y ventanas se clavan a los paneles. Se usa tablas de madera cepillada de 2,5 cm de espesor por 15 cm de ancho; este ancho es igual al espesor final que tendrá la pared, por lo tanto, el marco sirve como guía para controlar el grosor del recubrimiento.

fig. 84

Osamenta, colocación de las esteras - encuentro (© PUCP)

fig. 85

Marco para ventana - Marco para puerta (© PUCP)



SEGUNDA parte

- Es preferible colocar las hojas de las puertas y ventanas antes de empezar a tarrajear las paredes, para evitar golpes que pueden afectar al tarrajeo.

10.6.9 «Relleno»

- Previamente al tarrajeo (relleno por empastado) es recomendable aplicar preservante a las esteras.
- El recubrimiento de las paredes se hace en 2 capas.
- La primera capa, fabricada con tierra, arena gruesa y paja, debe tener un espesor apenas suficiente para cubrir las cintas de madera (aproximadamente 2 cm). Tarrajeos con espesores mayores no se adhieren bien por ser excesivamente pesados.
- Normalmente, la tierra requiere de la adición de arena gruesa para reducir la fisuración y mejorar la trabajabilidad. El porcentaje que se añade dependerá de cuanto arcillosa sea la tierra. Normalmente, la mezcla óptima (arena: tierra) debe estar entre 1:1 y 1:2 por volumen para suelos de mediana plasticidad que son los más corrientes.
- La paja ayuda a controlar las fisuras y su uso es recomendable; La «paja» puede ser cualquier fibra vegetal resistente y duradera. El ichu posee tales características, sin embargo, sólo crece en la Sierra. También es posible usar césped, paja de arroz, etc. La paja usada debe tener un largo de aproximadamente 10 cm.
- Sin embargo, dada la dificultad de obtener paja en zonas urbanas, se puede optar por una mezcla sólo de arena:tierra, cuya proporción se puede determinar mediante pruebas.

Preparación

- 1) Mezclar los materiales en seco.
- 2) Preparar la mezcla con agua, apisonarla con los pies y «voltearla» con lampa varias veces.
- 3) Dejar dormir la mezcla 1 ó 2 días.
- 4) Inmediatamente antes de tarrajear, agregar una cantidad de agua apenas suficiente para lograr una mezcla trabajable.

Aplicación

- 1) Aplicar la mezcla presionando sobre la estera, a mano o con herramientas, de abajo hacia arriba, para que se adhiera a la estera.
- 2) Aplicar primero el tarrajeo en la cara interior de las paredes, por ser éstas las que demoran más en secar.

- La segunda capa, preparada con tierra, arena fina (o arena gruesa) y paja, debe permitir cubrir las fisuras e irregularidades de la primera y darle un acabado final. Esta capa tiene un espesor de aproximadamente 0,7 cm.

La mezcla a utilizar puede ser una de las siguientes opciones:

- a) Barro en proporción (por volumen) 1:1 de tierra, arena fina y 1% del peso total de la mezcla seca en paja.
- b) Mortero en proporción (por volumen) 1:6 de cemento, arena.

Recomendaciones

- 1) Aplicar a mano o con herramientas, enrasar con regla, hasta llegar al espesor especificado.
- 2) No hacer bruñas en tarrajeos de barro, sobre todo en los encuentros de los marcos. Las bruñas ocasionan un secado muy rápido, separándose el tarrajeo de la estera. Es recomendable humedecer alisando con frecuencia el recubrimiento que se encuentra en estas zonas a medida que va secando.

10.6.10 Revestimiento (revoque)

Es recomendable dar un acabado final a las paredes para mejorar su aspecto y durabilidad. Se puede aplicar varios tipos de acabado, tales como imprimante, base de tiza con cola, pintura a la cal o pinturas al temple o látex. El acabado se aplica directamente sobre el tarrajeo de barro.

10.6.11 Tabla de Incidencia Unitaria de Insumos para paredes y techo

(para áreas entre 60 m² y 80 m²) Cantidad por m²

Madera (pie ²)	17,2
Clavos (kg)	1,1
Esteras (unid.)	0,88
Carrizo	
(paquete de 20 a 25 carrizos de	
alrededor de 3 m de largo c/u)	1,11
Paja (kg)	1,95
Tierra de chacra (m ³)	0,13
Arena gruesa (m ³)	0,10
Arena fina (m ³)	0,03
Cemento (bolsas)	0.16

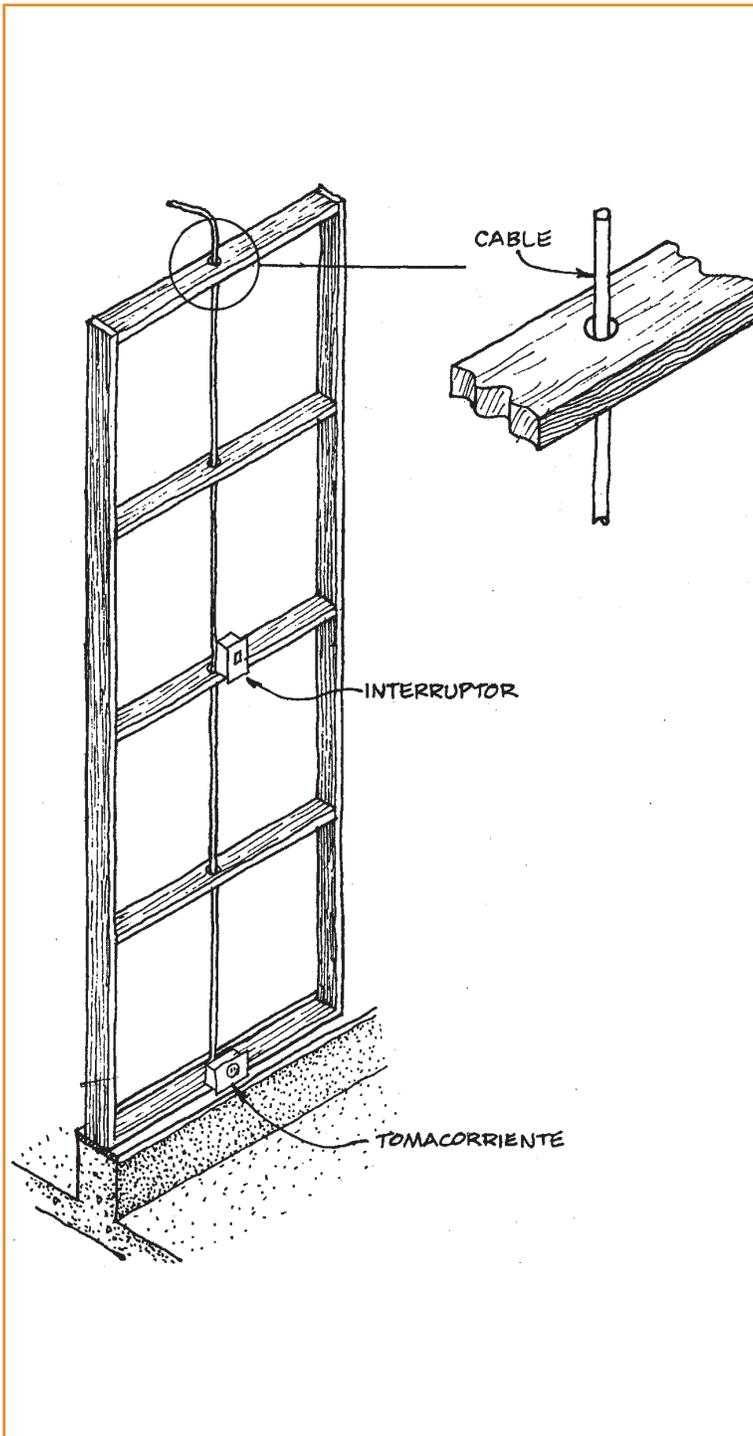


fig. 86

Instalaciones eléctricas internas a los bastidores (© PUCP)

10.6.12 Instalación eléctrica

- Se recomienda una instalación eléctrica empotrada en paredes y techo con cable blindado doble. El cable pasa por dentro de los muros y sobre el encañado del techo. Es recomendable hacer la instalación antes del esterao de las paredes y después del encañado. [Fig. 86]
- El paso de los cables requiere hacer agujeros o rebajes, los que deben ser del menor tamaño posible con el fin de no debilitar la estructura. Los cables no se deben empalmar en ningún otro lugar que no sea las

«cajas de distribución».

- Cuando el cable debe pasar por el piso es necesario usar tubería plástica; en este caso, se usa cable estándar en tubo de 5/8" de diámetro. Las instalaciones por el piso son bastante más caras que por el techo.

10.6.13 Instalación sanitaria

- El barro, la madera y la estera son materiales que pueden verse afectados por la humedad excesiva, a menos que se tomen precauciones especiales para protegerlos.
- Al respecto, sería recomendable proteger las paredes del núcleo de servicios higiénicos con un acabado de cemento pulido y pintado. En este caso, es conveniente hacer paneles más resistentes, espaciando los pies derechos a 40 cm. De ser así, puede utilizarse también un acabado de mayólica.
- Es recomendable, asimismo que el tendido de las tuberías de agua y desagüe se haga por el piso, sin entrar en contacto con las paredes.

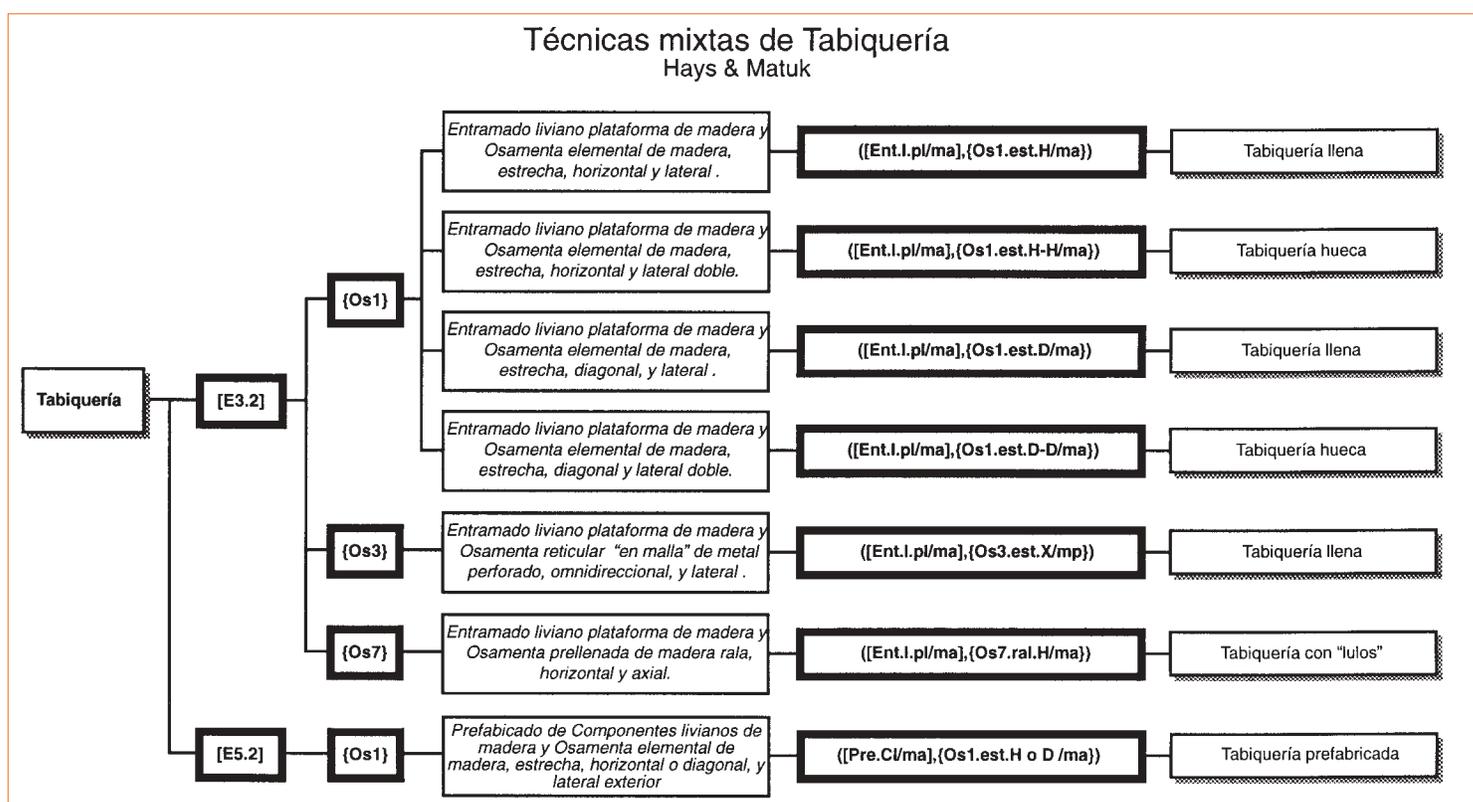
10.6.14 Techo

El techo estudiado para las condiciones climáticas de Lima (muy poca lluvia) consiste en troncos de eucalipto de 4" de diámetro ubicados cada 80 cm y fijados a la solera superior. Sobre estas viguetas se coloca una capa de carrizos enteros y posteriormente una cama de barro de 4 cm de espesor.



11 ■ TABIQUERÍA

fig. 87
[Fig. 87] Técnicas mixtas de tabiquería (© Hays & Matuk)



TABIQUERÍA (definición)

[Fig. 87]

La «tabiquería» es la denominación genérica que se utiliza aquí para caracterizar las edificaciones «livianas» de madera que asocian técnicas modernas de construcción de estructuras maestras en madera —Entramados livianos o Prefabricado de componentes livianos— con osamentas destinadas a sostener un relleno a base de tierra.

El término «tabiquería» se utilizó en Chile, para denominar los diversos sistemas constructivos a base de madera y tierra que se investigaron y aplicaron como soluciones muy económicas para la reconstrucción de las viviendas afectadas por los sismos del año 1985.

11.1 TABIQUERÍA CON ENTRAMADO LIVIANO PLATAFORMA

- En el sistema constructivo de Entramado liviano plataforma [Ent.l.pl], los pisos sobre viguetas se extienden hasta la periferia de los muros y constituyen plataformas sobre las cuales se levantan las paredes de la planta siguiente.
- Este proceso permite una prefabricación de los elementos, en talleres, y deja mucho más libertad en cuanto al diseño de la distribución interior de las habitaciones y de la ubicación de las aberturas.
- Estas plataformas constituyen un área de trabajo sobre la cual el constructor puede ensamblar los elementos de la estructura vertical antes de colocarlos en posición.
- Se trata de racionalizar el proceso constructivo buscando la economía tanto en el material como en el tiempo de ejecución. El uso de clavos, de conectores y de anclas para la estructura simplifica mucho las uniones.
- Como emplea madera más liviana debidamente habilitada, se simplifican mucho los problemas de transporte, manipuleo y construcción.
- Permite un diseño de elementos precortados, fácilmente transportables y levantados sin grúa.

11.1.1 Tabiquería llena con entramado liviano plataforma

La tabiquería llena con entramado liviano plataforma se caracteriza por un relleno que ocupa toda la espesura de los elementos de la estructura maestra.

Tabiquería llena con entramado plataforma y osamenta elemental de madera, estrecha, horizontal y lateral ([Ent.l.pl/ma],[Os1.est.H/ma])

11.1.1.a Estructura maestra

- Para realizar la estructura maestra, se tiene que aplicar las recomendaciones y normas vigentes para la construcción convencional de los entramados livianos de madera.
- Los cálculos de escuadría y ensambles tienen que ser debidamente efectuados por profesionales según el diseño de la construcción proyectada.
- Se debe tener en cuenta las cargas adicionales debidas al futuro relleno mineral que pueden ser muy significativas y obligan al refuerzo de las uniones entre los elementos de madera así como una mayor escuadría de estos últimos.

- Tratándose de una estructura liviana, se puede diseñar la osamenta de tal forma que participe al arriostramiento de los pies derechos.
- Se tiene que construir totalmente la estructura maestra con la carpintería del techo y su cubierta puesta antes de proceder al relleno de las paredes. Así se evita el riesgo de fisuraciones en los entrepaños y se aprovecha de la techumbre para proteger de las intemperies y de un secado demasiado rápido (en zonas calurosas) del relleno recién colocado.

11.1.1.b Estructura auxiliar

- Por lo general, se utiliza una osamenta elemental lateral exterior que tiene la ventaja de ser muy fácil y rápida de colocar sobre la estructura maestra.
- Las osamentas laterales están en general compuestas por listones espaciados de 1" (2,5 cm) y máximo de 2" (\pm 5cm) para permitir un relleno por empastamiento.
- Las osamentas de elementos diagonales contribuyen mucho al arriostramiento de la estructura maestra.

11.1.1.c Ejemplo de escuadría para tabiquería llena con entramado liviano plataforma

Como referencia se indica a continuación la escuadría de los elementos que fueron utilizados en forma satisfactoria para la construcción de viviendas populares de dos pisos y de muy bajo costo en Chile - Proyecto experimental de construcción popular con «Tabiquería» en «la Pintana» (TEBISAL).[Fig. 88]

- Estructura maestra
 - 1er piso: pies derechos de 4" x 4" y 3" x 4" de escuadría
- arriostramiento vertical: diagonales de riostra de 1" x 4" de escuadría
 - Plataforma: • viguetas en pino de 2" x 6" de escuadría
- entablado de piso en pino de 1" x 4" de escuadría
 - 2^{do} piso: pies derechos 4" x 4" y 2" x 4" de escuadría
- arriostramiento por colocación de una osamenta diagonal
- Estructura auxiliar

1^{er} piso: Osamenta con «corrúmel» (malla de metal perforado)

Tabiquería llena con entramado plataforma y osamenta reticular «en malla» de metal perforado, estrecha, omnidireccional, y lateral

([Ent.l.pl/ma],[Os3.est.X/mp])

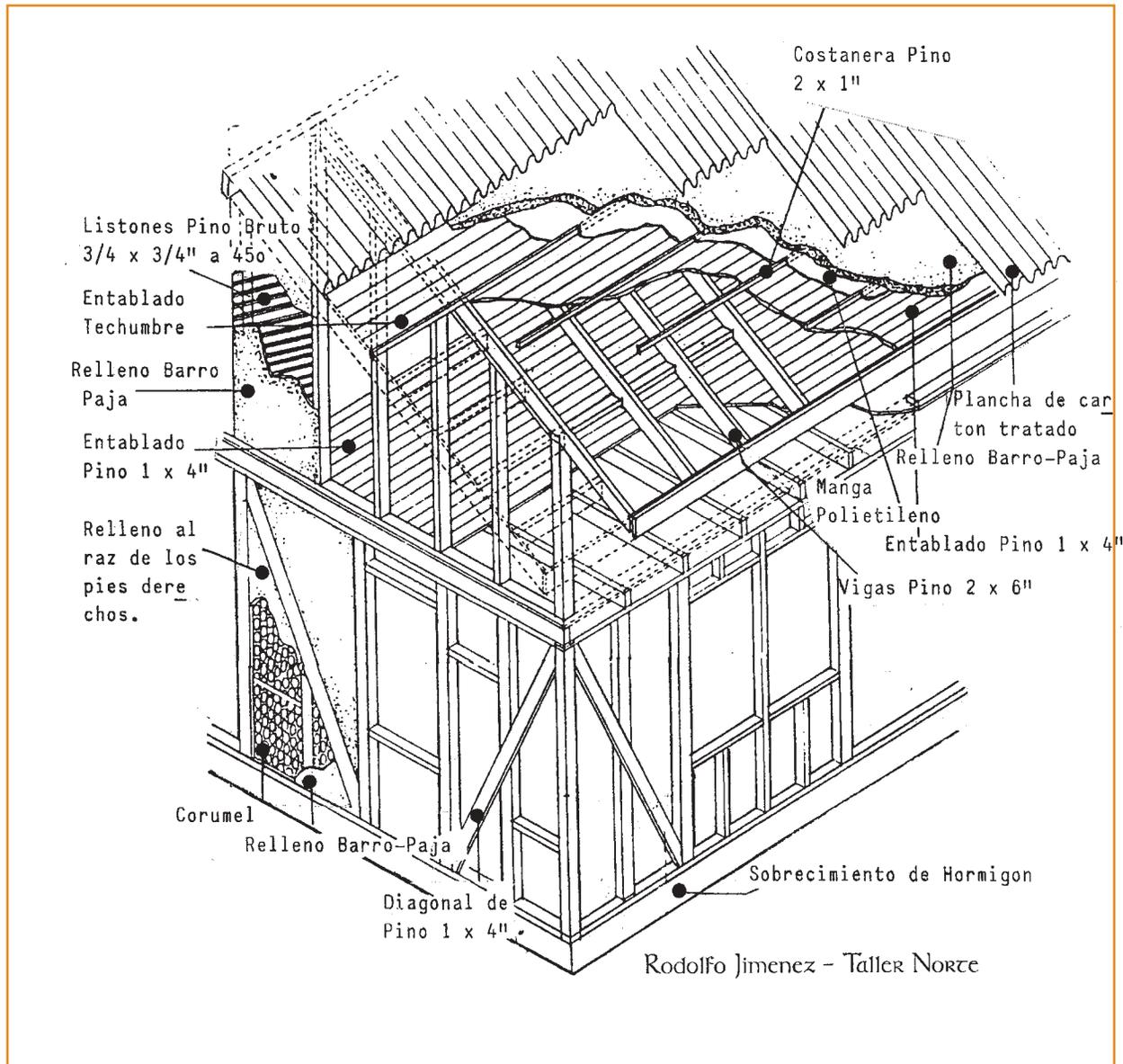


fig. 88

Tabiquería llena con entramado plataforma (© Jimenez - Taller Norte)

— 2^{do} piso: Osamenta estrecha de listones diagonales de 3/4"x 3/4"
 Tabiquería llena con entramado plataforma y osamenta elemental de madera, estrecha, diagonal y lateral

([Ent.l.pl/ma],[Os1.est.D/ma])

11.1.1.d Relleno

- Por lo general, en la tabiquería llena con entramado liviano plataforma, la osamenta elemental, compuesta por listones de madera cercanos (espaciados de $\pm 1''$) esta clavada lateralmente al exterior de la estructura maestra. Por lo tanto, es desde el interior de la edificación que se efectúa el relleno «por empaste» [Fig. 89]
- Con la utilización de osamentas simples laterales y exteriores el relleno adhiere a estas últimas solamente por su cara interna, constituyendo



fig. 89

*Relleno de tabiquería
por empaste (© Taller
Norte)*

una placa mineral pesada que podría volverse peligrosa (desprendimiento y volteo) en caso de sismos violentos (aunque se pudo observar, construcciones construidas con este sistema que soportaron muy bien varios temblores).

- Sin embargo sería preferible que las osamentas simples laterales se colocaran al interior y no al exterior de la estructura maestra, de tal forma que en caso de desprendimiento, el volteo del relleno se produzca hacia el exterior de la edificación y no hacía adentro con el riesgo consecutivo de herir a los habitantes.
- Se recomienda utilizar osamentas axiales que reparten mejor las cargas del relleno, diseñándolas para garantizar una unión segura con la estructura maestra

11.1.2 Tabiquería hueca con entramado plataforma

- Básicamente, a nivel de la estructura maestra, se trata del mismo sistema constructivo que el anterior. Pero a la diferencia de este último la tabiquería hueca con entramado plataforma tiene una osamenta doble y lateral que permite el empaste de un relleno «delgado» (mucho menos pesado) por ambos lados de la estructura maestra.
- Este sistema tiene el inconveniente de utilizar el doble de materiales para realizar la osamenta con un consecuente aumento de costo y de mano de obra, pero su ventaja es de lograr una construcción más liviana y con mayor ductilidad frente a eventuales esfuerzos dinámicos, lo que puede ser interesante en zonas sísmicas.

SEGUNDA parte

- Hay que tener un cuidado especial en preservar la madera de la osamenta con productos apropiados para evitar el ataque de hongos o insectos xilófagos (ya que queda internamente hueca).
- Para evitar la penetración de roedores en los muros, se recomienda colocar una capa de 20 cm de vidrios quebrados en la parte inferior del tabique.
- Relleno: se recomienda iniciar el relleno por el interior de la edificación, debido que se demora más el secado adentro que afuera.
- Para efectuar un empaste de relleno con poca espesura y buena adherencia, se puede colocar la mezcla con un frotacho y empujar fuertemente el barro contra los listones, de tal forma que éste penetre entre las separaciones de la osamenta. De esta manera el barro quedará trabado entre los listones.
- Antes que el barro colocado se seque, o que pierda su plasticidad, con el mismo frotacho se afina dando al muro un buen acabado interior y exterior .

Tabiquería hueca con entramado plataforma y osamenta elemental de madera, estrecha, horizontal y lateral doble:

([Ent.l.pl/ma},{Os1.est.H-H/ma})

Tabiquería hueca con entramado plataforma y osamenta elemental de madera, estrecha, diagonal y lateral doble:

([Ent.l.pl/ma},{Os1.est.D-D/ma})

11.2 TABIQUERÍA CON COMPONENTES LIVIANOS PREFABRICADOS

Prefabricado de Componentes livianos y osamenta elemental de madera, estrecha, horizontal o diagonal y lateral exterior

([Pre.Cl/ma},{Os1.est.H o D/ma})

Este sistema consiste en prefabricar bastidores para partes o paredes completas

- Los componentes no deben ser demasiado pesados ni voluminosos tanto para su manipuleo, como su transporte y puesta en obra.
- Los diseños, fabricación y puesta en obra tienen que efectuarse en conformidad con la normalización vigente para la construcción liviana de madera.

- Respecto a las osamentas y rellenos, se aplican las mismas recomendaciones que para los entramados livianos.
- Se tiene que aplicar las normas vigentes respecto a la construcción con madera pero teniendo en cuenta las cargas adicionales del material de relleno (de origen mineral).
- Puede ser juicioso utilizar osamentas diagonales para arriostrar y dar rigidez a los componentes (sin por lo tanto aumentar mucho su peso), lo que mejorara sus características de resistencia tanto para las fases de prefabricación (manipuleo, almacenamiento en taller), para las fases de obra (transporte, almacenamiento in situ, armado provisional o definitivo) como para después de haber sido relleno.
- Al contrario del sistema de Prefabricado con paneles modulares, se tiene que diseñar los componentes en base al proyecto arquitectónico. Teóricamente se utilizan con provecho tramas de dimensiones: $n \times 0,30$ m.
- Se recomienda dejar más largo algunos pies derechos de los componentes para poder empotrarlos directamente dentro de la cimentación, si se quiere evitar de fabricar un durmiente de madera sobre todo el largo del sobrecimiento.
- Todas las partes en contacto con el sobrecimiento o la cimentación deben ser debidamente impermeabilizadas.
- A título indicativo, por lo general, los pies derechos de los componentes se disponen cada ± 70 cm como máximo.
- Los componentes deben contar con diagonales de arriostre que se colocan en las esquinas (en ambos sentidos) y por lo menos a cada 3 m. Estas diagonales no deben ser demasiado «paradas» ni demasiado «inclinadas».
- Hay que colocar por lo menos dos travesaños (que dividen en 3 la altura del entrepaño) entre cada pies derechos para amarrarlos y evitar que se deformen.
- Ejemplo de escuadría de los pies derechos, soleras, diagonales y travesaños de componentes: 2"x4"; esquineros: 4x4" — dimensiones variables según diseño y cálculo estructural - (viviendas de muy bajo costo - Chile).



- 1) ANGEL OSPINA C., SÁNCHEZ GAMA C., El bahareque en la región del Caribe, Módulos 1 a 9, FIC, SENA, Bogotá, 1990.
- 2) BARIOLA N., BANIASSAD E. & al. Diseño y construcción en quincha, Pontificia Universidad Católica del Perú, PUCP, Technical University of Nova Scotia, Lima.
- 3) DAM - CENTRO DE DESENVOLVIMENTO DAS APLICAÇÕES DE MADEIRAS NO BRASIL, Taipa em painéis modulados, C.SG.CEDATE, Brasília, 1988.
- 4) DIAZ A. Quincha pre-fabricada - Fabricación y construcción Instituto Nacional de Investigación y Normalización de la Vivienda, ININVI, Lima, 1987.
- 5) DE VASCONCELLOS S., Arquitetura no Brasil: Sistemas construtivos, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1979
- 6) PFENNIGER F., SOLOGUREN M., Autoconstrucción con madera y barro, CET, Valparaiso, 1985
- 7) GASPARINI G., MARGIOLES L., Arquitectura popular de Venezuela, Ed. Armitano, Caracas, 1986.
- 8) HAYS A., MATUK S., VITOUX F., Técnicas mixtas de construcción con tierra, CRATerre América Latina, Perú, 1986
- 9) HAYS A., MATUK S., Techniques Mixtes pour le Brésil, CRATerre América latina, GRET, COHAB-CE, Francia, 1994
- 10) JUNTA DEL ACUERDO DE CARTAGENA, Cartilla de construcción con madera, proyecto PADT-REFORT. JUNAC, Lima, 1980
- 11) JUNTA DEL ACUERDO DE CARTAGENA, Manual de diseño para maderas del grupo andino, proyecto PADT-REFORT. JUNAC, Lima, 1984
- 12) JUNTA DEL ACUERDO DE CARTAGENA, Manual de del Grupo andinoi para la preservación de la madera, proyecto PADT-REFORT. JUNAC, Lima, 1988.
- 13) MARUSSI CASTELLÁN F., Antecedentes históricos de la quincha, ININVI, Lima. 1989.
- 14) SOZA P. R. F., MUJICA O. O., Proyecto de construcción de vivienda rural, manual de construcción, Ministerio de Agricultura, Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Santiago de Chile, 1985.
- 15) UNITED NATIONS, The use of bamboo and reeds in building construction ST/SOA/113, New York, 1972
- 16) VIÑUALES G.M., MARTINS NEVES C. M., FLORES M. O., RIOS L. S., Arquitecturas de tierra en Iberoamérica, HABITERRA, Buenos Aires, 1994.
- 17) ZEAS P., FLORES M., Hacia el conocimiento de la arquitectura rural andina, Cuenca, 1982.

SUMARIO

INTRODUCCION

1. LAS TÉCNICAS MIXTAS DENTRO DEL SINÓPTICO DE LA GEO-CONSTRUCCIÓN

1.1 LOS GRUPOS TECNOLOGICOS EN EL SINOPTICO DE LA GEO-CONSTRUCCIÓN

1.1.1 Técnicas de construcción con tierra no procesada

1.1.2 Técnicas de construcción con tierra procesada

1.1.3 Técnicas mixtas de construcción con tierra procesada

1.1.3.a Estructuras portantes diversas y muros de tierra - subgrupo [C]

1.1.3.b Estructuras portantes de diversos elementos rellenos o recubiertos con tierra - subgrupo [D]

1.1.3.c Estructuras portantes diversas con osamentas que sostienen un relleno de tierra - subgrupo [E]

1.2 ESCRITURA «VECTORIAL» DE LAS TÉCNICAS MIXTAS DE CONSTRUCCION CON TIERRA

1.2.1 Convención de escritura de las estructuras maestras

1.2.2. Convención de escritura de las estructuras auxiliares

1.2.2.a En forma «elemental»

1.2.2.b En forma «simplificada»

1.2.2.c En forma «detallada»

1.2.2.d Ejemplo de las tres formas de escritura «vectorial» de una técnica mixta de construcción con tierra con osamentas

1.3 ABREVIACIONES MNEMOTÉCNICAS

1.3.1 Materiales

1.3.2 Estructura maestra

1.3.3 Estructura auxiliar

1.3.3.a Calificativos de la osamenta según el grado de vacío entre sus elementos

1.3.3.b Disposición predominante de los elementos de una estructura auxiliar

2. NOMENCLATURA DE LOS COMPONENTES DE LAS TÉCNICAS MIXTAS CON OSAMENTAS

2.1 ESTRUCTURA MAESTRA

2.1.1 Elementos principales

2.1.2 Elementos secundarios

2.2 Vocabulario de los elementos principales y secundarios de las «estructuras maestras»

2.2.1 SOLERA

2.2.1.a Solera de zócalo o solera baja

2.2.1.b Solera inferior

2.2.1.c Solera de planta superior

2.2.1.d Solera superior

SEGUNDA parte

2.2.1.e Carrera

2.2.1.f Durmiente

2.2.2 VIGA

2.2.2.a Viga principal o maestra

2.2.2.b Viga de amarre

2.2.2.c Viguetas o Sobrecarreras

2.2.3 VIGA PUENTE

2.2.3.a Peana o Repisa

2.2.3.b Dintel, Cabecero o Umbral

2.2.3.c Contrapunteo o Travesaño

2.2.4 PIE DERECHO

2.2.4.a Columnas

2.2.4.b Cornijal

2.2.4.c Poste

2.2.4.e Horcón

2.2.4.f Horconadura

2.2.4.g Montante

2.2.5 DIAGONAL DE ARRIOSTRE O RIOSTRA

2.2.5.a Diagonal esquinera o Esquinal

2.2.5.b Cruz de San Andrés

2.2.5.c Arriostrado angular

2.2.5.d Arriostrado diagonal

2.2.5.e Arriostrado cortafuego

2.2.6 PÓRTICO

2.2.7 ENTREPAÑOS o CUARTELES

2.3 ESTRUCTURA AUXILIAR

2.3.1 MONTURA

2.3.2 OSAMENTA

2.4 RELLENO

2.4.1 Cuajado

2.5 REVESTIMIENTO

2.5.1 Forro

2.5.2 Revoque

3. ESTRUCTURAS MAESTRAS

3.1 ARMAZONES (abreviado Arm) código [E1]

3.1.1 «Armazones livianos» (Arm.l) código [E1.1]

3.1.2 «Armazones combinados livianos» (Arm*.l) código [E1.1']

- 3.1.3 «Armazones pesados» (Arm.p) código [E1.2]
- 3.1.4 «Armazones combinados pesados» (Arm*.p) código [E1.2']
- 3.2 ENTRAMADOS PESADOS (abreviado Ent.p) código [E2]
- 3.2.1 Entramados pesados «continuos» [con postes continuos] (Ent.p.c) código [E2.1]
- 3.2.2 Entramados pesados «continuos» combinados [con postes continuos] (Ent.p.c*) código [E2.1']
- 3.2.3 Entramados pesados «interrumpidos» [con postes interrumpidos en cada piso] (Ent.p.i) código [E2.2]
- 3.2.4 Entramados pesados «interrumpidos» combinados [con postes interrumpidos en cada piso] (Ent.p.i*) código [E2.2']
- 3.3 ENTRAMADOS LIVIANOS (abreviado Ent.l) código [E.3]
- 3.3.1 Entramado liviano global o integral (Ent.l.gl) código [E.3.1]
- 3.3.2 Entramado liviano global o integral combinado (Ent.l.gl*) código [E.3.1']
- 3.3.3 Entramado liviano plataforma (Ent.l.pl) código [E.3.2]
- 3.3.4 Entramado liviano plataforma combinado (Ent.l.pl*) código [E.3.2']
- 3.4 SISTEMAS «POSTE Y VIGA» (abreviado P&V) código [E4]
- 3.4.1 Postes continuos y Viga (P.c.&V) código [E4.1]
 - 3.4.1.a Poste doble continuo y Viga (PP.c.&V) código [E4.1.a]
 - 3.4.1.b Poste doble continuo y Viga «combinados» (PP.c.&V*) código [E4.1.a']
 - 3.4.1.c Poste continuo y Viga doble (P.c.&VV) código [E4.1.b]
 - 3.4.1.d Poste continuo y Viga doble «combinados» (P.c.&VV*) código [E4.1.b']
 - 3.4.1.e Poste continuo y Viga en travesaño (P.c.&V.t) código [E4.1.c]
 - 3.4.1.f Poste continuo y Viga en travesaño «combinados» (P.c.&Vt*) código [E4.1.c']
- 3.4.2 Postes interrumpidos por Viga [en cada piso] (P.i.&V) código [E.4.2]
 - 3.4.2.a Poste interrumpido y Viga simple (P.i.&Vs) cód. [E.4.2.a]
 - 3.4.2.b Poste interrumpido y Viga simple «combinados» (P.i.&Vs*) código [E.4.2.a']
 - 3.4.2.c Poste interrumpido con encaje de Viga (P.i.&Ve) código [E.4.2.b]
 - 3.4.2.d Poste interrumpido con encaje de Viga «combinados» (P.i.&Ve*) código [E.4.2.b']
- 3.5 SISTEMAS DE «PREFABRICADO» (abreviado Pre) código [E5]
- 3.5.1 Prefabricado de Paneles modulares (Pre.Pm) código [E.5.1]
- 3.5.2 Prefabricados combinados de paneles modulares (Pre.Pm*) código [E.5.1']
- 3.5.3 Prefabricado de Componentes pesados (Pre.Cp) código [E.5.2]
- 3.5.4 Prefabricado combinados de componentes pesados (Pre.Cp*) código [E.5.2']
- 3.5.5 Prefabricado de Unidades volumétricas (Pre.Uv) código [E.5.3]
- 3.5.6 Prefabricado combinado de unidades volumétricas (Pre.Uv*) código [E.5.3']
- 4. ESTRUCTURAS AUXILIARES
- 4.1 MATERIALES DE LAS ESTRUCTURAS AUXILIARES

SEGUNDA parte

4.1.1 Materiales de las osamentas

4.1.2 Materiales de las monturas

4.2 INFLUENCIA DEL DISEÑO DE LA ESTRUCTURA AUXILIAR

4.3 TIPOLOGIA DE LAS ESTRUCTURAS AUXILIARES

4.4 OSAMENTAS «ELEMENTALES» {Os1}

4.4.1 Osamentas elementales ralas {Os1.ral}

4.4.1.a Osamentas elementales ralas en escalones, simples o dobles {Os1.ral.H}

4.4.1.b Osamentas elementales ralas en zigzag {Os1.ral.Z}

4.4.1.c Osamentas elementales ralas dobles de largas tiras horizontales {Os1.ral.H-H}

4.4.1.d Osamentas elementales ralas de elementos verticales {Os1.ral.V}

4.4.2 Osamentas elementales estrechas {Os1.est}

4.4.2.a Osamentas elementales estrechas con listonería horizontal {Os1.est.H}

4.4.2.b Osamentas elementales estrechas con listonería diagonal {Os1.est.D}

4.4.2.c Osamentas elementales estrechas dobles con listonería horizontal {Os1.est.H-H}

4.4.2.d Osamentas elementales estrechas dobles con listonería diagonal {Os1.est.D-D}

4.4.3 Osamentas elementales tupidas {Os1.tup}

4.4.3.a Osamentas elementales tupidas de varas largas horizontales (simples o dobles) {Os1.tup.H} y {Os1.tup.H-H}

4.4.3.b Osamentas elementales tupidas de varas largas verticales {Os1.tup.V}

4.5 OSAMENTAS «ENREJADAS» {OS2}

4.6 OSAMENTAS «RETICULARES» {OS3}

4.6.1 Osamentas reticulares ralas (simples o dobles) {OS3.ral.HV} {OS3.ral.HV-HV}

4.6.2 Osamentas reticulares estrechas (simples o dobles) (dichas también «cuadrículadas») {OS3.est.HV} {OS3.est.HV-HV}

4.6.3 Osamentas reticulares estrechas «en mallas» {OS3.est.X}

4.7 OSAMENTAS «TEJIDAS» {OS4}

4.7.1 Osamentas tejidas estrechas con urdidura horizontal o vertical {OS4.est.Vh} o {OS4.est.Hv}

4.7.2 Osamentas tejidas estrechas con urdidura horizontal o vertical y trama doble diagonal {OS4.est.DvD} o {OS4.est.DhD}

4.7.3 Osamentas tejidas estrechas por entrelazamiento {OS4.est.X}

4.7.4 Osamentas tejidas «juntas» {OS4.jun}

4.7.4.a Osamentas tejidas juntas con urdimbres cercanos horizontales o verticales {OS4.jun.Hv} y {OS4.jun.Vh}

4.7.4.b Osamentas tejidas juntas con urdimbres alejados horizontales o verticales

4.8 OSAMENTAS «ESTERADAS» {OS5}

4.9 OSAMENTAS «LLENANTES» {OS6}

4.9.1 Osamentas llenantes de ramas agrupadas verticales u horizontales {OS6.tup.V} o {OS6.tup.H}

- 4.9.2 Osamentas llenantes de varas largas verticales {OS6.tup.hVh}
- 4.9.3 Osamentas llenantes axial al tresbolillo {OS6.tup.VhV}
- 4.10 OSAMENTAS «PRE-LLENADAS» {Os7}
- 4.11 UBICACION DE LA OSAMENTA RESPECTO A LA ESTRUCTURA MAESTRA
 - 4.11.1 osamenta simple
 - 4.11.2 osamenta doble
 - 4.11.3 osamenta interna
 - 4.11.3.a osamenta interna simple
 - 4.11.3.b osamenta interna doble
 - 4.11.3.c osamenta axial
 - 4.11.3.d osamenta descentrada hacia adentro
 - 4.11.3.e osamenta decentrada hacia afuera
 - 4.11.4 osamenta lateral
 - 4.11.4.a osamenta lateral simple
 - 4.11.4.b osamenta lateral interior
 - 4.11.4.c osamenta lateral exterior
 - 4.11.4.d osamenta lateral doble o bilateral
 - 4.11.5 osamenta bi-situada
 - 4.11.5.a osamenta bi-situada axial y lateral interior
 - 4.11.5.b osamenta bi-situada axial y lateral exterior
 - 4.11.5.c osamenta bi-situada axial y bilateral
 - 4.11.5.d osamenta bi-situada decentrada y lateral interior
 - 4.11.5.e osamenta bi-situada decentrada y lateral exterior
 - 4.11.5.f osamenta bi-situada decentrada y bilateral
- 4.12 UBICACION Y TIPOS DE OSAMENTAS SEGUN LOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS
 - 4.12.1 Ubicación y tipos de osamentas en los armazones [E1]
 - 4.12.2 Ubicación y tipos de osamentas en los Entramados pesados [E2]
 - 4.12.3 Ubicación y tipos de osamentas en los Entramados livianos [E3]
 - 4.12.4 Ubicación y tipos de osamentas en los sistemas Poste y Viga [E4]
 - 4.12.5 Ubicación y tipos de osamentas en los Prefabricados [E5]
 - 4.12.5.a Prefabricados de paneles modulares [E5.1] y [E5.1*]
 - 4.12.5.b Prefabricados de Componentes pesados [E5.2] y [E5.2*]
 - 4.12.5.c Prefabricados de Unidades volumétricas [E5.3] y [E5.3*]
- 4.13 UBICACION DE LAS OSAMENTAS SEGUN CRITERIOS ARQUITECTONICOS DE APARIENCIA DE LA ESTRUCTURA MAESTRA
 - 4.13.1 Todos los elementos de la estructura maestra quedan visibles de ambos lados de la pared
 - 4.13.2 Todos los elementos de la estructura maestra quedan visibles sobre un lado de la pared y solamente una parte de ellos (generalmente los elementos principales) quedan visibles

SEGUNDA parte

del otro lado

4.13.3 Todos los elementos de la estructura maestra o los elementos más importantes quedan visibles sobre un lado de la pared y escondidos del otro

4.13.4 Una parte de los elementos de la estructura maestra (generalmente los principales) quedan visibles de ambos lados de la pared

4.13.5 La estructura maestra queda escondida

4.14 UBICACION Y TIPOS DE OSAMENTA E INFLUENCIA SOBRE LA COLOCACION DEL RELLENO

4.14.1 Ubicación axial o decentrada - (muro lleno)

4.14.2 Ubicación externa lateral interior o exterior - (muro lleno)

4.14.3 Ubicación interna doble o lateral doble

4.14.3.a Ubicación lateral doble (muro lleno)

4.14.3.b Ubicación interna doble o lateral doble (muro semi-hueco o hueco)

5. LA MADERA

5.1 NOCIONES BÁSICAS

5.1.1 La madera: un material orientado

5.1.2 La madera: un material heterogéneo

5.1.3 La madera: un material anisótropico

5.1.4 La madera: un material higroscópico

5.2 CARACTERÍSTICAS

5.2.1 Densidad Básica

5.2.2 Alterabilidad por variación de temperatura (Expansión y Retracción)

5.2.3 Alterabilidad por variación de humedad (Expansión y Retracción)

5.2.3.a Valores medianos de los coeficientes de retracción por 1 % de variación de humedad

5.2.3.b Ejemplo de cálculo de variación de dimensión en un madero de pino debido a variación de la humedad

5.2.4 Resistencia

5.2.4.a Resistencia a la compresión paralela a las fibras
(o al grano)

5.2.4.b Resistencia a compresión perpendicular a las fibras (o al grano)

5.2.4.c Resistencia a tracción paralela a las fibras (o al grano)

5.2.4.d Resistencia a la tracción perpendicular a las fibras (o al grano)

5.2.4.e Resistencia al esfuerzo cortante paralelo a las fibras (o al grano)

5.2.4.f Resistencia a la flexión paralela a las fibras (o al grano)

5.2.5 Módulos de Elasticidad (E)

5.2.6 Dureza

5.2.7 Durabilidad natural

técnicas mixtas de
construcción con tierra

5.3 PROTECCIÓN CONTRA LA HUMEDAD

5.3.1 Agua de lluvia

5.3.1.a Aleros

5.3.1.b Forros

5.3.1.c Cepillado

5.3.1.d Posicionamiento

5.3.1.e Sobresalientes

5.3.1.f Antepechos

5.3.2 Condensación

5.3.3 Absorción capilar

5.3.3.a Protección con altos sobrecimientos

5.3.3.b Protección con membranas impermeables

5.4 PRESERVACIÓN DE LA MADERA

5.4.1 Productos de preservación

5.4.1.a Productos hidrosolubles

5.4.2.b Aceites

5.4.3 .c Soluciones orgánicas

5.4.2 Procedimientos para el tratamiento de la madera

5.4.2.a Reemplazado de la savia por el líquido de preservación

5.4.2.b Difusión de sales en la madera verde

5.4.2.c Impregnación profunda de la madera seca

5.4.2.d Impregnación superficial de la madera seca aserrada

6. BAMBÚ Y CAÑA

6.1 EL BAMBU

6.1.1 Tipos de bambúes empleados en la construcción

6.1.1.a Tipos de bambúes en el hemisferio oriental

6.1.1.b Tipos de bambúes en el hemisferio occidental

6.2 LAS CAÑAS

6.2.1 Tipos de cañas empleadas en la construcción

6.3 CARACTERÍSTICAS DE LOS BAMBÚES Y DE LAS CAÑAS

6.3.1 Dimensiones

6.3.2 Velocidad de crecimiento

6.3.3 Retracción

6.3.3.a Retracción función de la madurez

6.3.3.b Retracción función del tipo de bambúes

6.3.4 Época de corte

6.3.5 Peso específico y peso volumínico

6.3.6 Resistencia

SEGUNDA parte

- 6.3.6.a Módulo de elasticidad (E)
- 6.3.6.b Resistencia a la tracción (admisible)
- 6.3.6.c Resistencia a la compresión longitudinal en el sentido de la fibras
- 6.3.6.d Nudos y riesgo de resquebrajaduras

6.3.7. Vulnerabilidad

6.3.8 Durabilidad

6.4 ALGUNAS ESPECIES DE AMÉRICA DEL SUR Y AMÉRICA CENTRAL

6.4.1 GUADUA ANGUSTIFOLIA

- 6.4.1.a Nombre común
- 6.4.1.b Lugar
- 6.4.1.c Dimensiones
- 6.4.1.d Particularidades
- 6.4.1.e Utilización
- 6.4.1.f Durabilidad

6.4.2 CHUSQUEA SPP.

- 6.4.2.a Nombre común
- 6.4.2.b Lugar
- 6.4.2.c Dimensiones
- 6.4.2.d Particularidades
- 6.4.2.e Utilización
- 6.4.2.f Durabilidad
- 6.4.2.g Resistencia

6.4.3 GYNERIUM SAGITTATUM (CAÑA)

- 6.4.3.a Nombre común
- 6.4.3.b Lugar
- 6.4.3.c Dimensiones
- 6.4.3.d Particularidades
- 6.4.3.e Utilización

6.5 PROTECCIÓN DE LA CAÑA Y DEL BAMBÚ

6.5.1 Corte

6.5.2 Curado

- 6.5.2.a Curado en el campo
- 6.5.2.b Curado en el agua
- 6.5.2.c Curado por ahumado

6.5.3 Almacenamiento

6.5.4 Tratamiento preventivo contra insectos y putrefacción

- 6.5.4.a Inmersión en el agua
- 6.5.4.b Enjalbegado
- 6.5.4.c Impregnación por capilaridad

- 6.5.4.d Llenado de los tallos
- 6.5.4.e Procedimiento Boucherie
- 6.5.4.f Inmersión en baños alternadamente calientes (90°C) y fríos
- 6.5.4.g Impregnación bajo presión

6.5.5 Tratamiento Ignífugo

7. RELLENOS

7.1 LA TIERRA

7.1.1 Tipos de tierra

7.1.2 Granularidad

- 7.1.2.a Curva limite con partículas granulares más finas
- 7.1.2.b Curva limite con partículas granulares más gruesas

7.1.3 Plasticidad

7.1.4 Actividad

7.1.5 Ensayo al azul de metileno

- 7.1.5.a Descripción
- 7.1.5.b Interpretación

7.1.6 Pruebas de campo para reconocimiento de los suelos

- 7.1.6.a Ensayo de lavado de las manos
- 7.1.6.b Sedimentación simplificada
- 7.1.6.c Prueba del rollo

7.1.7 Suelos recomendables según la clasificación geotécnica USCS

- 7.1.7.a Procedimiento de identificación para suelos finos o fracciones finas de suelo en el campo (clasificación geotécnica USCS)
- 7.1.7.b Suelos preferenciales para técnicas mixtas sobre osamentas (clasificación geotécnica USCS)
- 7.1.7.c Suelos no recomendables para técnicas mixtas sobre osamentas (clasificación geotécnica USCS)

7.1.8 Aditivos para el relleno

- 7.1.8.a Cal viva para el relleno
- 7.1.8.b Cal aérea apagada para el relleno
- 7.1.8.c Productos orgánicos para el relleno

7.2 LAS FIBRAS PARA EL RELLENO

7.2.1 Tipo de fibras para el relleno

- 7.2.1.a Heno
- 7.2.1.b Paja de trigo
- 7.2.1.c Paja de cebada

7.2.2 Tamaño de las fibras

7.2.3 Proporción de fibras

7.3 PREPARACION DE LA MEZCLA DEL RELLENO

SEGUNDA parte

7.3.1 Amasado manual del relleno

7.3.2 Rendimientos de mezcla de relleno

7.3.3 Mezcla mecánica del relleno

7.4 COLOCACION DEL RELLENO

7.4.1 Colocación por trenado

7.4.2 Colocación a horcajadas

7.4.3 Colocación por «llenado»

7.4.4 Colocación por «embutido»

7.4.5 Colocación por «empaste»

7.4.6 Colocación por «proyección mecánica»

7.4.7 Colocación por «envoltura»

7.5. CARACTERISTICAS DEL RELLENO

7.5.1 Densidad

7.5.2 Resistencia

7.5.2.a Resistencia a la compresión

7.5.2.b Resistencia a la tracción

7.5.3 Modulo de Young

7.5.4 Elasticidad

7.5.5 Características Térmicas

7.5.6 Resistencia al fuego

8. REVESTIMIENTOS

8.1 REVOQUES

8.1.1 Preparación del relleno para los revoques

8.1.1.a Limpiado

8.1.1.b Mojado

8.1.1.c Escarificado

8.1.1.d Mallas metálicas

8.1.2 Revoques a base de tierra

8.1.2.a Tierra para revoque

8.1.2.b Fibras para revoque a base de tierra

8.1.2.c Estabilizantes para revoque a base de tierra

8.1.2.d Recetas de revoques a base de tierra (ejemplos)

8.1.3 Revoques a base de arena

8.1.3.a Arena para revoques

8.1.3.b Cal aérea para revoques a base de arena

- 8.1.3.c Fibras para revoques a base de arena
- 8.1.3.d Aditivos para revoques a base de arena y cal
- 8.1.3.e Procedimiento de realización de revoques a base de arena y cal sobre una estructura maestra «aparente»
- 8.1.3.f Recetas de revoques a base de arena (ejemplos)

8.2 FORROS

- 8.2.1 Flexibilidad
- 8.2.2 Porosidad o Ventilación

9. BAHAREQUE y PAU-A-PIQUE

9.1 BAHAREQUE (definición)

9.1.1 Bahareque macizo con Armazón liviano o pesado [Arm.l] - [Arm.p]

- 9.1.1.a Corte de la madera rolliza (horcones)
- 9.1.1.b Secado de la madera rolliza (horcones)
- 9.1.1.c Protección de la madera
- 9.1.1.d Ubicación
- 9.1.1.e Cimentación
- 9.1.1.f Horconadura
- 9.1.1.g Pisos
- 9.1.1.h Osamentas
- 9.1.1.i Rellenos

9.1.2 Bahareque en membrana

9.1.3 Bahareque tejido

9.1.4 Bahareque macizo con Entramado enrejado

9.2 BAHAREQUE ENREJADO o PAU-A-PIQUE

9.2.1 Pau-a-pique nativo (Taipa de mão, Taipa de sopapo, o Taipa de sebe).

9.2.2 Pau-a-pique encuadrado «Enquadramento de pau-a-pique»

- 9.2.2.a Columnas - los “esteios”
- 9.2.2.b Vigas
 - a) Vigas encima del suelo: los “baldrames”
 - b) Vigas encima de las columnas : los “frechais”
 - c) Vigas entre “baldrames” y “frechais” - las vigas “madres”
- 9.2.2.c Riostras
- 9.2.2.d Sistema constructivo de la estructura auxiliar : la “trama”
 - a) Montura
 - b) Osamenta {Os2. ral. HvH / ma}
- 9.2.2.e Relleno
- 9.2.2.f Revestimientos

9.3 PAU-A-PIQUE PREFABRICADO «Taipa em panéis modulados - Sistema DAM»

SEGUNDA parte

9.3.1 Estructura maestra : Paneles

9.3.2 Madera

9.3.3 Bastidores

9.3.4 Estructura auxiliar

9.3.4.a Montura

9.3.4.b Osamenta {Os2. ral. HvH / ma}

9.3.5 Base

9.3.5.a Cimentación corrida de albañilería

9.3.5.b Fundación sobre pilotines de albañilería

9.3.6 Colocación de los paneles sobre sobrecimientos de albañilería

9.3.7 Colocación de los paneles sobre soleras inferiores perimetrales (en caso de pilotines)

9.3.8 Fijación entre paneles

9.3.9 Colocación de la viga collar

9.3.10 Relleno de los paneles

9.3.11 Paredes «hidráulicas»

9.3.12 Instalaciones eléctricas

9.3.13 Techo - Protección contra las intemperies

10. QUINCHA (definición)

10.1 QUINCHA TRADICIONAL LEGITIMA

10.1.a Estructura maestra

10.1.b Osamenta

10.1.c Relleno

10.1.d Revestimiento

10.2 QUINCHA TRADICIONAL DEGENERATIVA (quincha hueca)

10.3 QUINCHA TRADICIONAL ATÍPICA (quincha hueca)

10.4 QUINCHA PREFABRICADA CON PANELES MODULARES

10.5 QUINCHA PREFABRICADA LLENA - SISTEMA ININVI

10.5.1 Preparación de los paneles : Bastidor / Montura

10.5.2 Tipos de paneles

10.5.3 Osamenta

10.5.4 Tiempos de fabricación

10.5.5 Cantidad de Madera y Cañas por panel standard de 1,20 x 2,40m

10.5.6 Cimientos

10.5.7 Columnas de madera

10.5.8 Montaje de los paneles

10.5.9 Colocación de «guías» de revoque.

10.5.10 Preparación de los elementos de madera que van a ser recubiertos por el revoque

- 10.5.11 Relleno a base tierra
 - 10.5.11.a Relleno de «Fondo» con tierra y paja
 - 10.5.11.b Relleno «sellador»
- 10.5.12 Revestimiento (revoque)
 - 10.5.12.a Lechada de Cemento
 - 10.5.12.b Estucado de Yeso
 - 10.5.12.c Estucado de Yeso-Cemento
 - 10.5.12.d Revoque de Yeso-Arena (Diablo-Fuerte)
- 10.5.13 Relleno de «Fondo» con Suelo Cemento
- 10.5.14 Revoque para Relleno de «Fondo» con suelo Cemento
- 10.5.15 Puntos de contacto entre revoque y estructura maestra
- 10.5.16 Fisuras en el revoque
- 10.5.17 Paredes «hidráulicas»
- 10.5.18 Revoque del sobrecimiento
- 10.5.19 Anclaje de aparatos sanitarios
- 10.5.20 Techo
- 10.5.21 Ventaja del sistema con paneles de 1" x 4" de escuadría
- 10.5.22 Coeficiente de transmitancia térmica
- 10.5.23 Resistencia antisísmica
- 10.6 QUINCHA PREFABRICADA HUECA - SISTEMA PUCP
 - 10.6.1 Cimentación
 - 10.6.2 Sobrecimiento
 - 10.6.3 Durmiente (solera inferior)
 - 10.6.4 Estructura maestra - Paneles
 - 10.6.4.a Bastidores
 - PC - Paneles convencionales
 - PS - Paneles «sísmicos»
 - 10.6.4.b Fabricación y colocación de los bastidores
 - 10.6.5 Solera superior (viga collar)
 - 10.6.6 Osamenta
 - 10.6.7 Preservación
 - 10.6.8 Puertas y Ventanas
 - 10.6.9 «Relleno»
 - 10.6.10 Revestimiento (revoque)
 - 10.6.11 Tabla de Incidencia Unitaria de Insumos para paredes y techo
 - 10.6.12 Instalación eléctrica
 - 10.6.13 Instalación sanitaria

SEGUNDA parte

10.6.14 Techo

11. TABIQUERÍA (definición)

11.1 TABIQUERÍA CON ENTRAMADO LIVIANO PLATAFORMA

11.1.1 Tabiquería llena con entramado liviano plataforma

11.1.1.a Estructura maestra

11.1.1.b Estructura auxiliar

11.1.1.c Ejemplo de escuadría para tabiquería llena con entramado liviano plataforma

11.1.1.d Relleno

11.1.2 Tabiquería hueca con entramado plataforma

11.2 TABIQUERÍA CON COMPONENTES LIVIANOS PREFABRICADOS

Referencias bibliográficas



