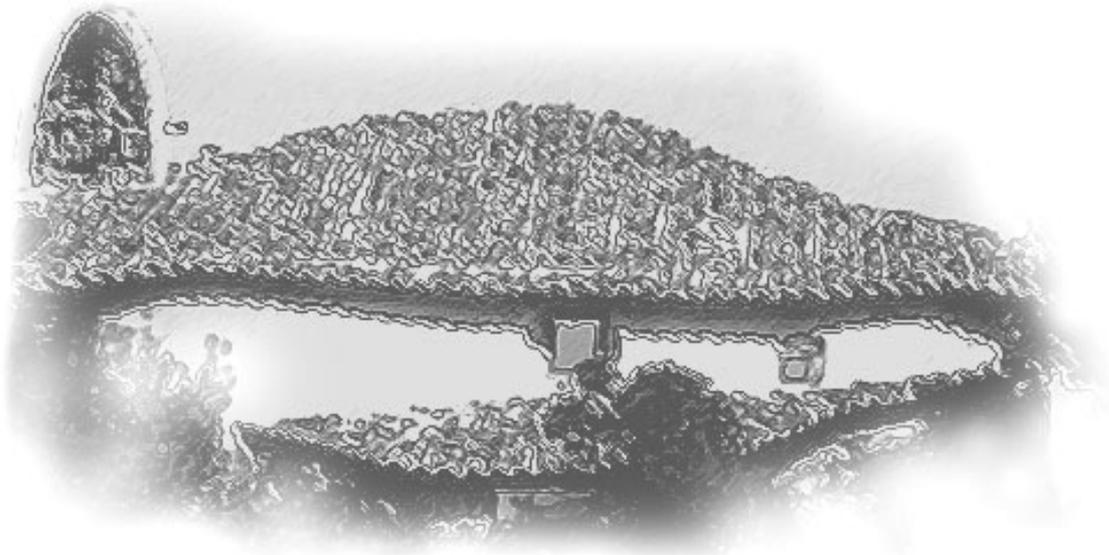


# **TOMOIII ANEXOS ANTECEDENTES.**

## **“ MEJORA DE LA TIERRA ESTABILIZADA EN EL DESARROLLO DE UNA ARQUITECTURA SOSTENIBLE HACIA EL SIGLO XXI ”**



TESIS DOCTORAL

**ETSAB. ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR D'ARQUITECTURA DE BARCELONA.**  
**UPC. POR EL ARQUITECTO GABRIEL BARBETA I SOLÀ**      **AÑO 2002**  
*Tutor. Ferran Gomà i Ginestà.*

## Antecedentes

A continuación se exponen todos los antecedentes de los cuales parte la Tesis, para llegar a sus conclusiones, tanto de Construcción con Tierra, ecobioconstrucción sostenible, y métodos y normas de interés científico.

### Antecedentes históricos de la Construcción con Tierra

Casi desde el inicio de la historia de las civilizaciones, el hombre ha utilizado la tierra arcillosa para construir. Es un principio inmediato, que fué adoptado en el momento que el hombre decidió asentarse permanentemente en un territorio. No siempre se disponía de madera, o de piedra de fácil trabajar para la construcción seca. He aquí la necesidad de utilizar un aglomerante que fuera capaz de unir piedras informes y de diversidad de tamaños, o de dar, de algún modo, mayor solidez y resistencia a las construcciones vegetales.

Para dar una idea aproximada de la importancia de este aglomerante, sólo cabe ver la ilustración adjunta de la distribución geográfica de las Construcciones en Tierra, o citar que hoy en día, **“un tercio aproximadamente de las viviendas que hay en pie en el planeta son de tierra”<sup>1</sup>**.

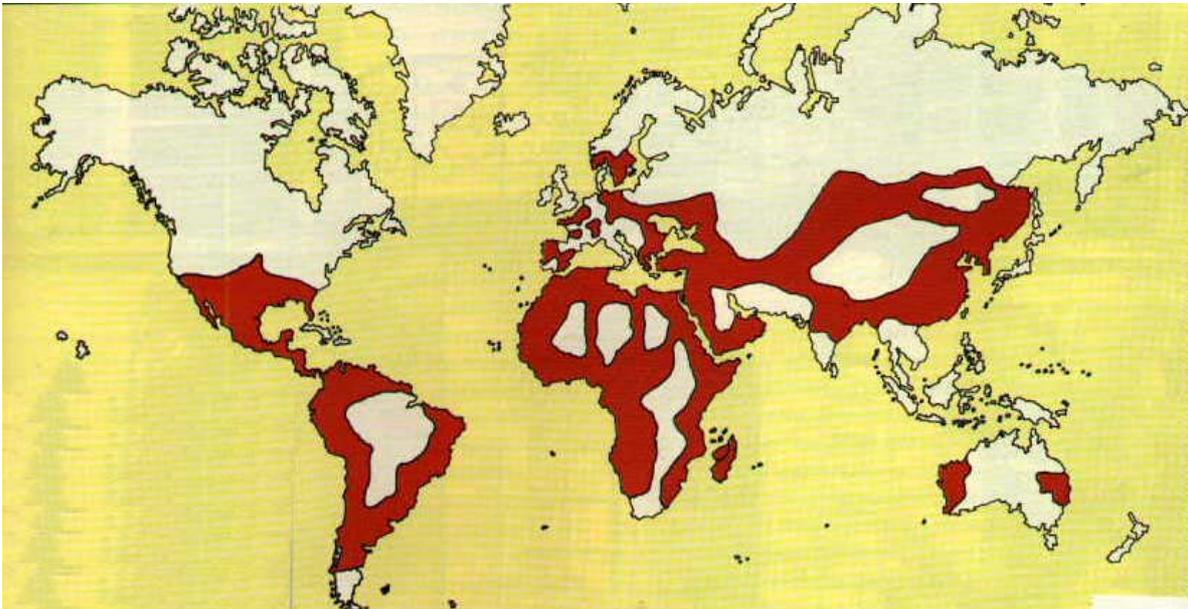


Fig 1 Mapa de Distribución Mundial de las Construcciones ejecutadas en Tierra

### Mesopotamia

Los primeros vestigios de construcción en tierra datan del Neolítico (6.000-10.000 años de antigüedad), y están situados en Mesopotamia entre el Tigris y el Eufrates. Según los estudios arqueológicos<sup>1</sup> se evolucionó hasta la construcción de edificios emblemáticos como la Torre de Babel, la Biblioteca de Alejandría, o muchos de los edificios de la propia Babilonia.

En el -3400 podemos encontrar restos de construcción en tierra, en una Arquitectura de bóvedas y cúpulas, en TepéYajjá (Persia), o en las murallas de Nínive (Siria), o en ciudades del prestigio en su época como Jericó, la ciudad más vieja del Mundo (-2000 -1800 a.C), de forma rectangular atravesada por una avenida de 26m. de ancho, en Irak con la gran torre de Tak-e-kesra del S.VI.a.C<sup>ii</sup>, con una bóveda de 26 m de luz. y una altura de 30m. respecto el suelo, construida sin ningún tipo de molde o cimbra.

Otras ciudades igualmente de gran importancia edificadas a partir de la tecnología de la tierra son: Catal Hayuk y las ciudades subterráneas de Turquía y los habitats troglodíticos de la Capadocia<sup>1</sup>, construidos por la civilización Hitita del 2000a.C para resistir las invasiones bárbaras, y en el Yemen ciudades que aún perduran como Tarim, Shibam y Sanaa, donde vale la pena detenerse en el análisis de las tecnologías que fueron empleadas en su construcción.

<sup>1</sup> Cappadoce.Berceau de l'Historie. Aut. Ömer Demir.2ªEdit. Derinkuyu 1985

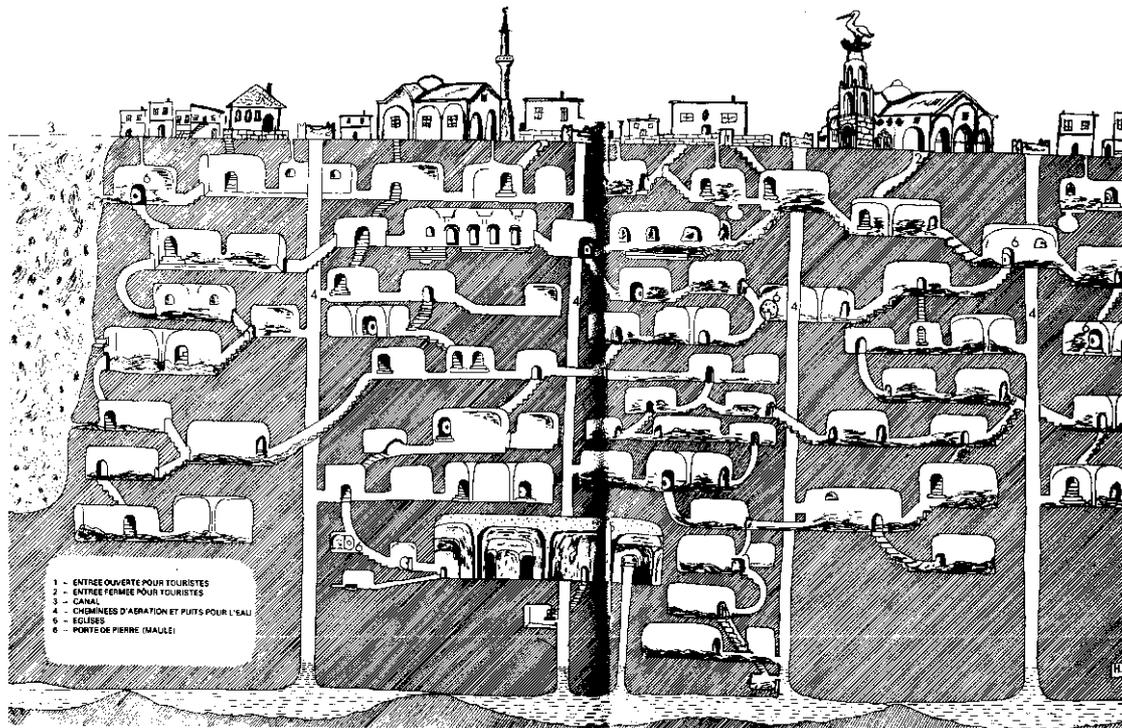
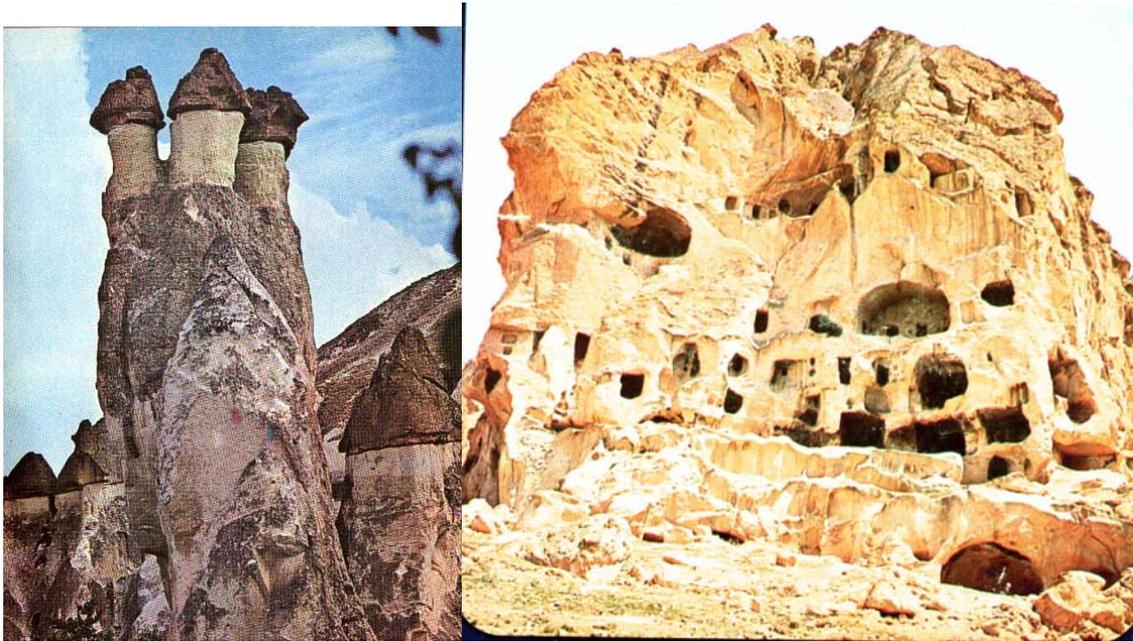


Fig 2 Ciudades Troglodíticas de la Capadoccia. a) Las chimeneas encantadas de la región de Zelve, sobre las que recae la inspiración de la casa Batlló de A.Gaudí b) Ciudadela de Uçhisar c) sección de Derinkuyu. Ciudad subterránea que llegó a albergar más de 10000 personas, en 18 pisos que llegaron a cubrir una superficie de 4 Km<sup>2</sup>, abandonada por los bizantinos tras el conflicto con los árabes.

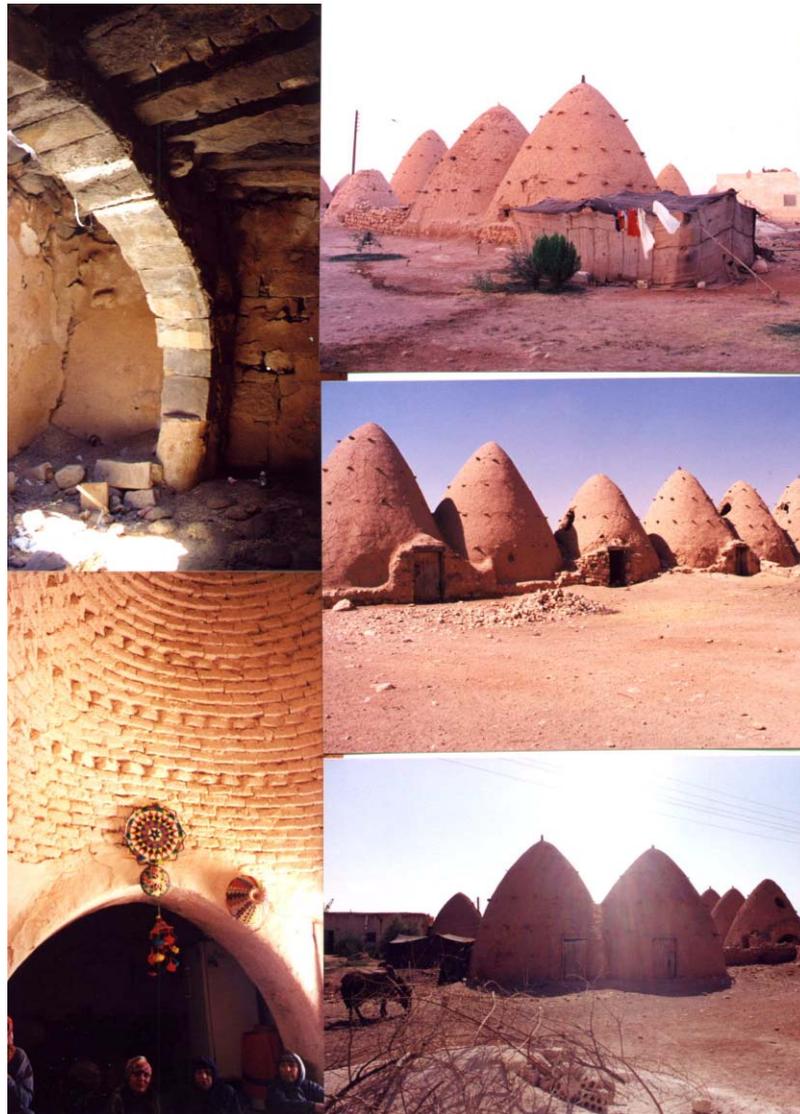


Fig 3 Estructura en cúpula ojival en construcciones sirias. Excavaciones arqueológicas en Tell Beydar dentro del Kurdistan Sirio, revelan pueblos en estructura circular, edificados en muros de 50 y contrafuertes de 75 cms de grosor, con adobe de 25x50x10 cms, hechos in situ, y cubiertas planas de 3m. de luz con rollizos de madera

## La Arquitectura del Yemen

En el Sur de la península arábiga perdura hoy en día, una de las regiones donde las construcciones en tierra han adquirido un papel predominante. Allí aún se mantiene ergido “el Manhattan del Desierto”, **Shibam**, una ciudad edificada sobre un montículo al estilo de las ciudades babilónicas o sumerias, donde sus edificios de tierra llegan a tener más de nueve plantas de altura. Ésta, ya desde el 671 a.C., ha resistido el embate de varias inundaciones, por la rotura del dique de tierra de Muza. Como consecuencia se han dado algunas patologías de cimentación y de humedades.



Fig 5 Sanaa

El crecimiento de estas ciudades estaba confinado por la estructura orográfica y de protección, lo cual no permitía ningún tipo de expansión horizontal únicamente en altura, sin perder suelo en patios interiores o construcciones dispersas.

En la totalidad del Yemen las habitaciones se construyen en 5 plantas como mínimo, hecho íntimamente ligado a la estructura socio-familiar y cultural. La mecánica constructiva consiste en elevar una planta por año. A medida que se eleva, varía la dimensión y nombre del adobe (garwí: 5x 50 x 30cm; abbadi: 5x45x30 cm), como la anchura del muro que pasa de dos metros en la base a 25-30 cm. en la coronación. A nivel medio se da una anchura de 60cms. En cada nivel se efectúa un refuerzo de madera de acacia, como si se tratara

de un zuncho.

Este proceso de crecimiento orgánico permite un secado óptimo de los muros (6 meses), y una entrada en carga progresiva. Algunas de las construcciones llegan a los 65m de altura, y tienen techos entre 3 y 6 metros, intercomunicadas por una escalera de planta cuadrada de cuatro tramos, apoyada sobre un pilar central y peldaños de 30cms de altura. La losa de escalera se elabora con troncos y ramaje, sobre los cuales la tierra es moldeada en forma de peldaños. Estos edificios incluyen complejas estructuras de arcos lobulados, herraduras reforzadas con madera para absorber los empujes horizontales, y forjados de bóvedas llamadas "ukuf", contruídas con unos adobes-madar más pequeños, fáciles de pegar y que evitan la utilización de encofrados en su ejecución. Igualmente se ejecutan cúpulas esféricas y elípticas, las "jamlul", construidas en forma espiral. Todo este tipo de estructuras se da principalmente en las primeras plantas, y comprenden radios entre 1.25 y 1.5 metros, lo cual obliga disponer de pilares en cruz o circulares en planta para poder diseñar salas de gran tamaño.

Las construcciones más tardías reflejan inclusive estilos coloniales o Neoclásicos, estando siempre ornamentadas por bajos relieves de yeso interiores y exteriores, y una magnífica carpintería artesonada de madera. Generalmente esta arquitectura era revocada con tierra y encalada "nurah", así como la cubierta es revestida por un mortero de arena y cal.

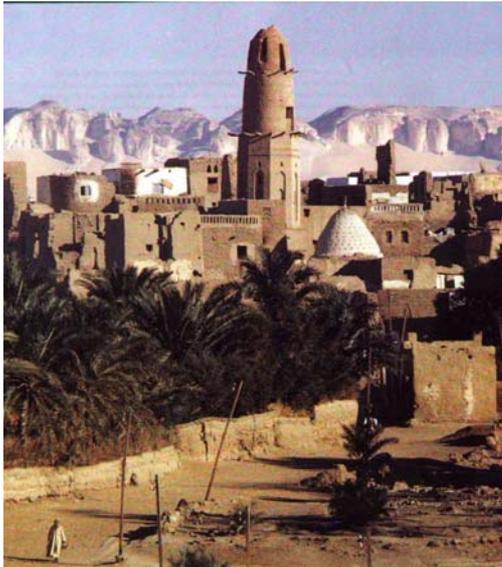


Fig 6 Sanaa

El tamaño de las ventanas varía con la altura, pequeñas en planta baja y de grandes dimensiones en la parte superior, resueltas en arco semicircular que llega a contener una vidriera. También se da la presencia en fachadas de un trazado de yeso blanco “goss”, que se destina a subrayar y encuadrar sus elementos constitutivos, que incluyen hornacinas y bajos relieves, e interiormente formas rizadas.

El gran valor y riqueza de la Arquitectura del Hadramut está en que la tradición constructiva ha perdurado hasta nuestros días, gracias a formar un desarrollo económico independiente y crear una gran escuela de artesanos de la tierra. Esto ha evitado, a diferencia de otros lugares, que la herencia cultural fuera desintegrada por las tecnologías modernas occidentales, inadecuados al clima y a las condiciones socioeconómicas.

En algunas ciudades como en Sanaa, las murallas estaban construidas con esta técnica más sencilla del rollo llamada “Zabour”, consistente en bolas de tierra sin moldear, que se iban apilando y presionando para formar el muro, de un tamaño suficiente como para permitir su manejo manual, e incluso su lanzamiento. Muchas de las viejas construcciones de la Arabia Saudita fueron construidas con tierra: la histórica Diriyah; la ciudadela de Al-Musmak y el viejo Ryad. En estos fueron utilizadas estructuras en arco y bóveda de bloques de tierra sin ningún refuerzo metálico, ejecutadas sin cimbras, moldes o cualquier molde temporal. Del mismo modo lo demuestran las construcciones de la vecina Iran como se puede ver en el ejemplo de la Fig 7.

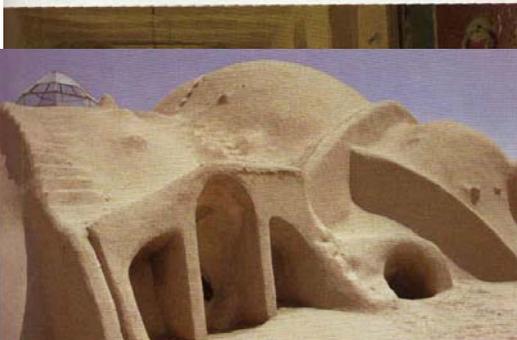


Fig 7 a) Estructuras cubrientes en bóveda correspondientes al bazar de Kashan, Iran y del de Séojane b) Interior de una vivienda libanesa de la región de Bekace. c) Habitación de una vivienda de Thula, Yémen del Norte.



Fig 8 Restauración de Bujara.Uzbekistan.AgaKahn 1996

## Distribución de la Arquitectura en Tierra en Asia

En Asia, cabe destacar "La Gran Muralla China" (-500 a. C.) de la época Ming, construida en entramado, tierra, adobe y piedra. Con 7.000 Km. de longitud es la única construcción del Mundo que puede ser vista desde la Luna. Otra muralla es la de la ciudad de Xian, de 14 km. de perímetro, con una altura de 12-14m., restaurada recientemente con la ayuda de 8000 voluntarios y el apoyo del gobierno. También cabe destacar los miles de viviendas excavadas, que aún perduran por toda la China, o las actuales viviendas rurales de tierra como en la región de Kunming<sup>2</sup> ( Yunnanfu) y los conjuntos circulares de viviendas unifamiliares, de hasta 5 plantas de altura, al norte del país<sup>2</sup>.

La antigua ciudad de Bujara<sup>3</sup>,Uzbekistan, hito en las rutas de la seda de Asia central, fundada hace 2500 años, posee más de 500 monumentos todavía en pie. Su restauración y rehabilitación fue premiada con el Aga Kahn de arquitectura en 1996.

Otro ejemplo lo constituyen las ciudades de Harapa Mohenjo-Daro (-700 a.C.), situada en el Pakistan, con una serie de recintos amurallados organizados para edificios públicos y vivienda, ejecutado de adobe doblado con ladrillo cocido y tierra batida.

También existen ciudades del VI milenio a.C. con poblaciones organizadas en el recinto de grandes murallas como en la ciudad de Srinagar, en la región del Kashemir de la India. En este país, en la actualidad, aún persisten unos 50 millones de casas construidas en tierra.

Los vestigios más antiguos encontrados por estudios arqueológicos datan de -7.000 a.C. en el Himalaya - Karakoram En la misma zona, en el Tibet destacan construcciones emblemáticas como el Palacio del

Dalai-Lama, ejecutado a partir de las técnicas del adobe y el tapial. También existe una amplia distribución de viviendas rurales en Nepal y Butan<sup>4</sup>, donde persiste actualmente la tradición de construir con tierra. Existen tres tipologías constructivas: estructuras mixtas de entramado de bambú relleno de barro, el Tapial y en menor medida el adobe, concentradas en el oeste del Butan ( Pard y Wangdiphodrang), combinadas artísticamente con el entramado, los artesonados y marcos de madera vistos, revocados o no, con barro, cemento, o sólo encalado, o los muros de piedra y mortero de tierra.

## De la Arquitectura Sudanesa, a la Egípcia y al Magreb

La Arquitectura sudanesa<sup>1</sup> va íntima ligada a los grandes imperios africanos de Mali, de los Songhay, de los Bobo, los Dogon, los Sénúfo y los Bozo, relacionados comercialmente e indirectamente culturalmente con las culturas mediterráneas, del Magreb y de los Faraones egipcios. Ello conlleva entre estas Arquitecturas similitudes tecnológicas como representa la forma de construcción de bóvedas y cúpulas sin cimbra. (ver 0)

Las formas que muestra esta Arquitectura identifican plenamente a una cultura que ha perdurado ante las influencias occidentales, gracias también a una intensa actividad de construcción, restauración y mantenimiento. Así lo demuestra la obra maestra de la mezquita de Djenné y de sus viviendas, que jugaron el papel de capital y base de difusión de este estilo particular a más de trescientas mezquitas de la región del Río Níger ( Kano en Níger, Mopti en Mali).

Estas no se mostraban tan macizas como la mezquita de Tombouctou, sino más bien estilizadas a través de sus minaretes, uno central flanqueado por dos secundarios dispuestos en la fachada principal

<sup>2</sup> Estudios de sismorresistencia en la arquitectura del norte de la China.. Alan Hays y Silvia Matuk. CRA Terre Latinoamérica. 1994

<sup>3</sup> Premios Aga Kahn. Revista Integral Barcelona 2/97

<sup>4</sup> Bouthan. Architecture Traditionnelle en Terre. Aut. Karma Tshering. Bullt. CRA Terre.Proj.Gaia.ICCROM. n°15 Enero 1995

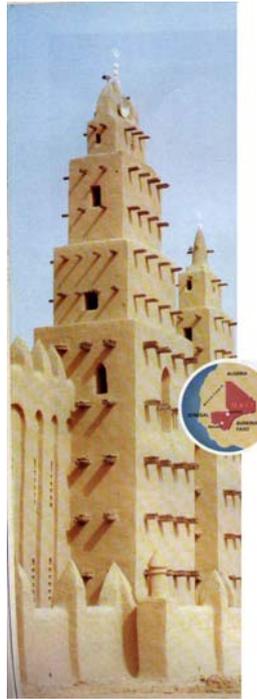
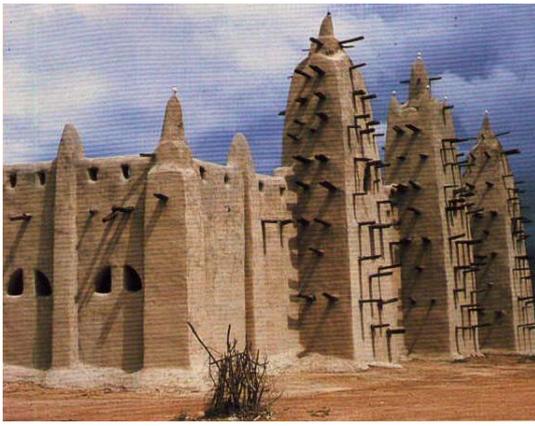
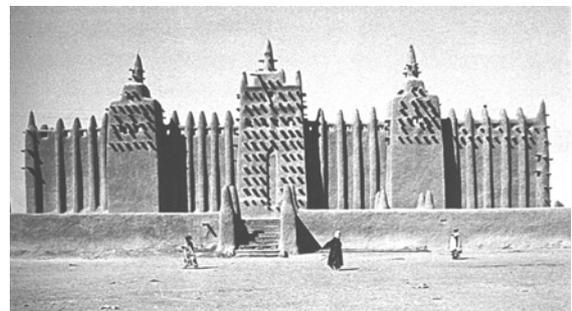


Fig 9 Mezquitas.Mali a) Gran Mezquita de Niono. Premio Aga Kahn de Arquitectura. 1996. Construida de adobe en 1973 por un maestro albañil y obreros de la misma población. b) Mezquita de Vendredi en San en Mali c) d) Bobo Doulasso en Alto Volta e)f)g) Mezquita de Djeneé, observense los tumultos que aparecen en la cubierta ventilada.



La técnica típica de la Arquitectura Sudanesa se denomina “banco” (ver” pag. 88 cap.0).



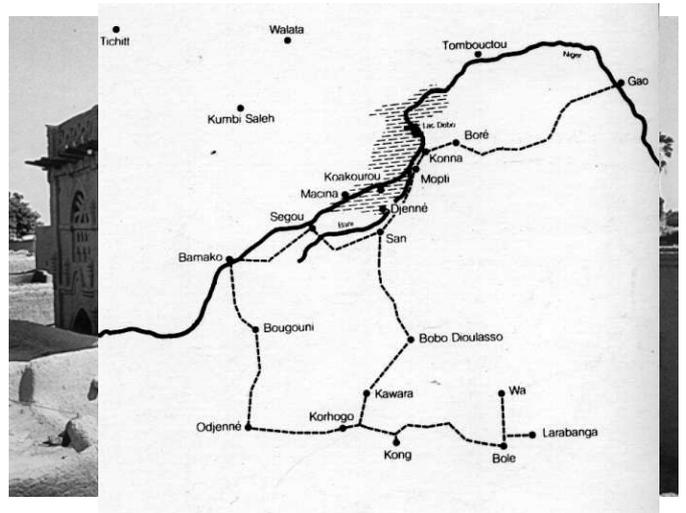
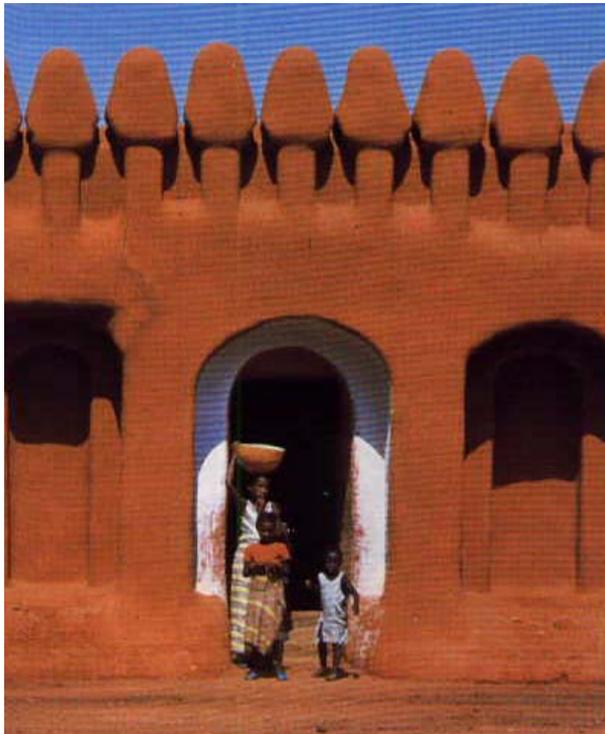


Fig 10 a) casa de Kadia b) Bakijón. Los “Saho”, viviendas construidas comunalmente principalmente para los jóvenes de Koakourou y de Kolenzé. Pertenecen a la Arquitectura de la cultura Bozo del Níger. Las fachadas están repletas de arcos, y decoraciones, de las cuales muchas son signos fálicos y rituales.c) Mapa de distribución de la arquitectura Sudanesa en Tierra <sup>100</sup>.d)Vivienda de tierra en el poblado de Ségou.Mali



Fig 11 b) Vista aérea de un "Tata", disposición defensiva y bioclimática de protección ante el "Harmattan", de los poblados en Mali, con muros fabricados en "banco" y armado de troncos de acacia.

*En Camerún, en Mali, en Alto Volta, y en Ghana, el hábitat rural se encuentra agrupado por concesiones encerradas en un muro que delimita un patio interior, "Tata". Cada choza tiene un uso específico e independiente. Cualquier modificación de la familia implica una remodelación de la Concesión y el modo de construcción en unidades independientes sin una forma rígida se adapta perfectamente a cualquier cambio. Las chozas son circulares, pequeñas, de 10 m<sup>2</sup> como máximo y una altura entre 2 y 3 metros. La construcción se hace con pasta de barro, amasada con los pies, y luego se moldean a mano bolas de 15 a 20cm. de diámetro, y de 3 a 4 kgr. Dos peones las lanzan al albañil, que las coloca una junto a otra formando un cordón con una inclinación de 45°. Se realizan varios cordones superpuestos hasta alcanzar una altura de 70 cm. Una vez acabada esta primera hilada, las superficies son retocadas, alisadas y pulidas con una piedra plana, dejándolo secar unos tres días antes de proseguir. Pueden trabajar varios equipos en la misma hilada. Se trabaja sobre el mismo muro sin andamios. Una vez terminados los muros se coloca un techo de paja. Se reviste con mortero de tierra estabilizado con jugo de plantas, siendo decorados con pinturas e incrustaciones de gran valor artístico.*

*Al otro lado del gran Sahara pasando por Tomboctou hasta Zagora, se mantiene aún, un gran patrimonio construido en Tierra, constituido principalmente por las Kasbahs distribuidas por los valles del Dadés (el Glaoui, Bou Taghrar, el Kabbaba, Dar Aichil, Dar Ait, Souss y la más bella Amerhidil), del Draa, del Ziz ( Ifri). Atravesando el Atlas desde Ouarzazate llegamos a MarraKech (Marruecos) y más al Norte Fez, sendas ciudades con murallas edificadas en tapial, tecnología que aún se emplea para las viviendas.*



Fig 12 Ait Benhaddou. Sur del atlas, Kashbah de Taorirt y otras.Marruecos.

Aparte del hábitat individual de pocos pisos, destacan en Marruecos las aldeas colectivas fortificadas-qsar o irherm (berebere), ejecutadas con tapial y con fachadas decoradas con adobes. Se cimientan a 50 cms. con un hormigón de piedras, cal y piedra y un sobrecimiento de 20 a 50 cms. Los muros generalmente se ejecutan con declive, pasando de los 80 cms. de la base a 60 cms a los 3 m. de altura.

Las dimensiones de la formaleta o tapiera varían entre 1,4 y 1,8 m. de longitud y entre 60 y 80 cms. de altura. La tapia la ejecutan entre tres obreros, a los cuales les lleva unos 40 minutos para su llenado y compactación, y unos 20 min. para la preparación del molde, lo cual representa de 6 a 8 bancadas por jornal.

Algunos raros vestigios encontrados en Marruecos, tales como la fortaleza de Tirhernt n'Imassine reflejan una concepción particular de la tapia pisada: los muros están constituidos por hiladas alternadas de bancadas en sogá y en tizón. La primera hilada está formada de tapias paralelas colocadas a tizón separadas 15 cms. entre sí. Sobre éstas a su vez se disponen en sogá tres series de bancadas paralelas e igualmente espaciadas. La tercera hilada a tizón cubre solamente dos de las tres bancadas precedentes. El conjunto forma una gruesa muralla escalonada, rematada en un único muro de tapial. Las dimensiones de estas tapias o bancadas eran de 0,90 a 1 m. de altura y un espesor entre 0,45 y 0,55 m.

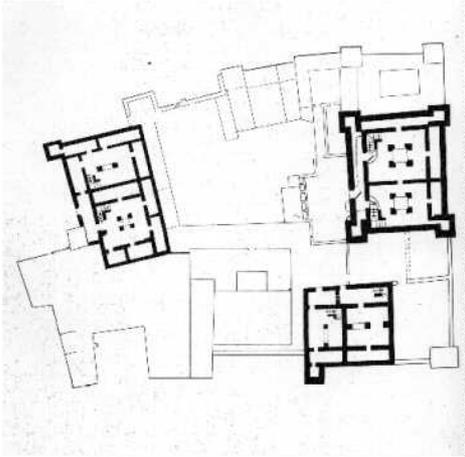


Fig 13 Plan básico de un Ksar, configurado por una ancha plaza central, con cuatro torres de 15 metros de altura. Las estructuras se repiten configurando las Kasbahs, ejecutadas en tapia, adobes de paja, y cubiertas de tierra con troncos de palmera como elemento de entramado.

En la zona de Túnez se da también, del mismo modo como se describía en la Capadocia, la construcción de tierra excavada. Este tipo de construcciones se encuentra en la región de Matmata<sup>5</sup>, donde aún perduran y son habitadas muchas viviendas enterradas. Éstas fueron excavadas en un terreno compuesto principalmente de margas (mezcla de arcillas y calcáreas), que presentaba muy buena cohesión y resistencia a la erosión. Las estructuras fueron excavadas en forma de bóvedas y arcos sin ningún tipo de refuerzo, a parte de una enlucida, algo lógico ante las buenas características mecánicas a compresión intrínsecas a la tierra.

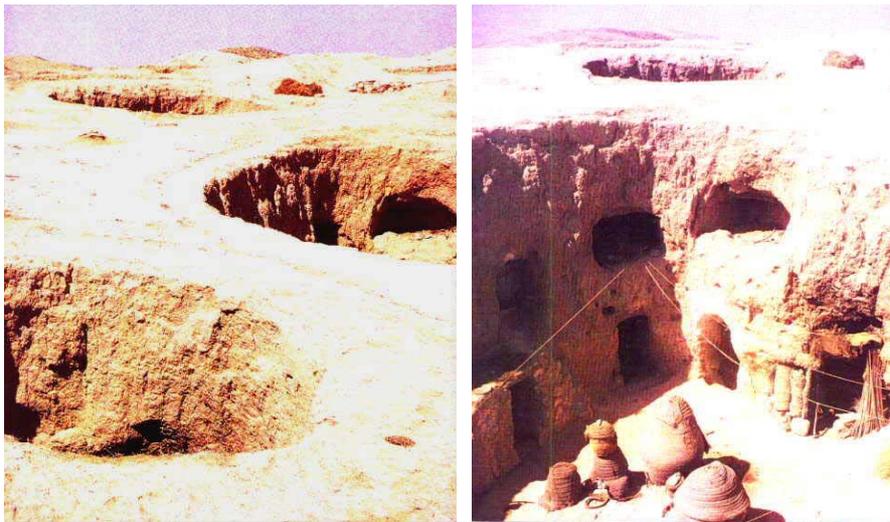


Fig 14 Casas excavadas en Tierra en Matmata, Túnez.

<sup>5</sup> "Arquitectura Popular Mediterránea", Myron Goldfinger. Editorial Gustavo Gili, S.A. 1993.

En 1941 el Arquitecto Hassan Fathy redescubre la arquitectura del alto Egipto. Queda impresionado por la villa de Gharb Aswan impregnada de una arquitectura autóctona digna y exquisitamente decorada. Igualmente ocurrió con el cementerio de Fatimit en Aswan, del S.X, enteramente construido en adobe donde las cúpulas y bóvedas son empleadas con un espléndido estilo y aplomo. Del mismo periodo y tecnología es el Monasterio de San Simeón, simbiosis del Cristianismo y el Islam, donde destaca la gran galería del refectorio solucionada con un ingenioso sistema de bóvedas, que además evidenciaba la gran durabilidad y resistencia de la construcción en tierra. De la misma manera destacan: la arquitectura del Aklet-Aton, en Gourná, o el templo de Ramses III -2.300a.C. hechos con bóvedas nubias sin cimbra y los graneros del Ramesseum de 3.400 años de antigüedad hechos también de adobe; en Tourná el Gebel hay bóvedas de 2.000 años de antigüedad, que soportan una excelente escalera; en Luxor el templo de Alejandro El Magno 1500a.C. con un pilar de adobe no habitual en las construcciones de tierra.



Fig 15 Bóveda Nubia perteneciente al templo de Ramses III, y torre tradicional de adobe en Gourná.Egipto

### La Arquitectura mediterránea

En la Europa mediterránea la Construcción con Tierra se distribuyó desde Occidente por la colonización árabe como ejemplifica Medina al- Zahra (Córdoba, España), y por Oriente nos la encontramos desde las costas del Egeo (entramado de adobe), en las fortificaciones micénicas (aparejo ciclópeo), en Khiro Kifia, o en el Palacio del rey Minos en Cnosos, del -2000 a.C., todas en Creta. También en culturas posteriores se continua utilizando, como en el templo de Hércules (palacio Halicarnaso, en Atenas), en Cartago (-820), en el hábitat popular de Roma e incluso más tarde, en la Galia romana, como Lugdunum (Lion, Francia).

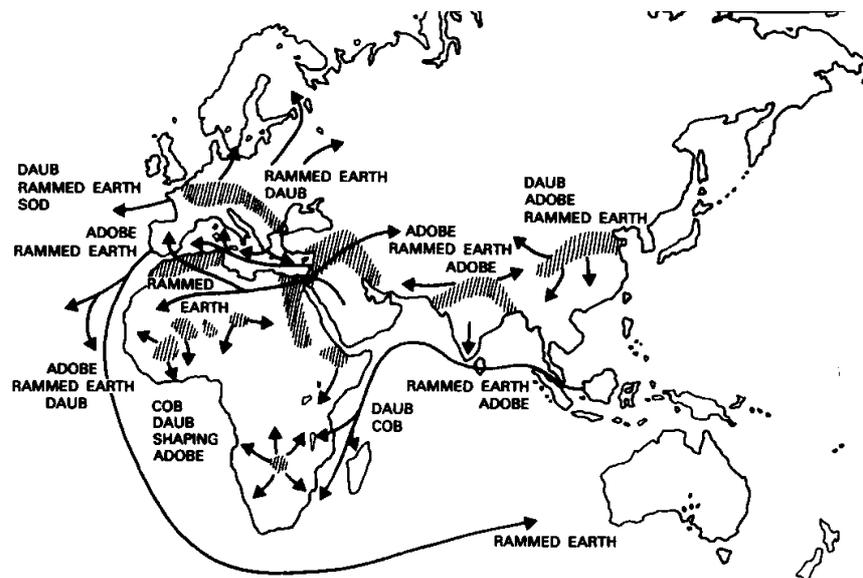


Fig 16 Migraciones tecnológicas de la Construcción con tierra. A Europa llega gran parte de las tecnologías a través del Magreb y el mundo árabe, y desde esta sale hacia Australia y América.

*En Italia, el uso del adobe como material constructivo queda limitado, en tiempos arcaicos a dos únicos fines: la defensa (muralla urbana) y la habitación (vivienda rural o urbana). Obras de defensa como la Agger Terreus, reconocidas en el Lacio y en Etruria meridional, son las formas más antiguas, pudiéndolas fechar entre los siglos VII y VI a.C. Formas más elaboradas, donde se han empleado grandes bloques de tierra secados al sol, aparecen en Grecia Magna (en Gela, Sicilia) hacia el siglo IV antes de Cristo y algo más tarde en Calabria (Colina de los Angeles, Cosenza). En ambos casos se conservan centenares de metros de muro hecho con bloques de tierra descubiertos en estos últimos años. Excavaciones arqueológicas han permitido descubrir que incluso las murallas etruscas de Arezzo (Toscana) habían sido construidas con grandes bloques de tierra roja, y sobre todo han permitido comprobar que buena parte de los edificios civiles etruscos estaban contruidos con el mismo sistema, en tanto que los templos eran de piedra, madera y barro cocido.*

*Señalemos que los arquitectos del pasado, no acostumbrados a prestar atención a materiales tan "pobres" destruyeron casi todos los testimonios. No hace mucho, la construcción etrusca de Roselle (baja Toscana) estuvo a punto de correr la misma suerte. Para las viviendas populares de antiguas ciudades romanas, el amasado de tierra y agua se hacía sobre zarzode cañas o sobre el "tramado" de una urdimbre de madera.*

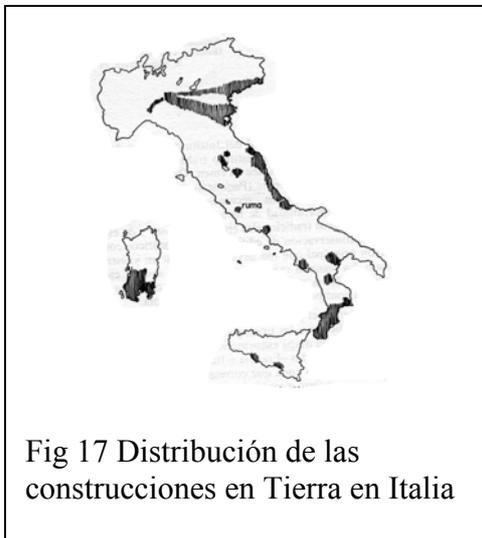


Fig 17 Distribución de las construcciones en Tierra en Italia

*Buena parte de las viviendas de la Antigua Roma eran de adobes y era practicada a gran escala la técnica de la Tapia sobre todo en muros de mampostería.*

*De la Edad Media se conservan escasos testimonios, sin embargo últimamente, en el centro de Roma, se ha descubierto una gran estructura circular hecha de pequeños y bien calibrados ladrillos de arcilla secados al sol, cuya función aún no se ha explicado claramente.*

*Entre los S.XV y XVII, por influencias externas no muy bien definidas, tanto por el este como por el oeste, hay un resurgir de antiguos métodos constructivos, ya conocidos pero abandonados o relegados a expresiones mínimas, pobres y provisionales, como son, los refugios para pastores. Empujados por la creciente presión otomana en los Balcanes, buen número de pueblos cristianos de Albania, Yugoslavia y Grecia se refugian en Italia (Marcas, Puglia, Calabria) llevando consigo el uso de la construcción con tierra, traída a su vez por los turcos a los países de ocupación.*

*Por el oeste llega a Cerdeña el largo dominio español. Fue notable el asentamiento de aragoneses en la zona de Cagliari en la vertiente oeste de la isla. Allí además de las nobles construcciones de piedra que desde hacía años se venían levantando con influencia española, la isla se cubre de construcciones de adobe. Estas se configuran de dos formas netamente diferenciadas: las del sur son de carácter urbano, y su construcción se adentra hasta mediados de nuestro siglo (Quartu Sant'Elena, por ejemplo, es una pequeña ciudad de casi 15.000 habitantes donde el 90% de las viviendas urbanas de dos a tres plantas están construidas con adobe); en la zona de Oristano en cambio, son de tipo rural pero con clarísima influencia tipológica castellana. En ambas zonas, la nomenclatura técnica es, aún hoy, la española: la cubierta es sa bòveda, el tabique es su tabicu, etc.*

*Otra área rica en construcción de tierra es la llanura de Marengo, en las cercanías de Alejandría (bajo Piamonte), cercada por tres ríos y especialmente lluviosa. Aún hoy, por lo menos el 75% de las casas, en 9 municipios de 4.000 a 1.000 habitantes están hechas de tierra prensada en encofrados.*

*Si hacemos referencia a otras presencias diseminadas en toda Italia, el curso oriental del Ticino, Emilia-Romaña, y especialmente el Abruzzo, en la vertiente oriental de la península, donde fueron censadas en 1933 unas 7000 pinciare o casa de adobe (10), llegamos a la conclusión que el fenómeno*

*de las casas de adobe también ofrece, en este país, un panorama satisfactorio, sostenido por una larguísima tradición y por la falta absoluta (al menos en las zonas de población más dispersas de Cerdeña y Piamonte) de ese sentimiento de vergüenza que constituye hoy el principal enemigo de las casas de adobe. También en Italia vuelve a despertar el interés por este tipo de construcción, buen auspicio para una inteligente y sistemática obra de conservación y, en lo posible, de difusión.*

Un ejemplo: se aconseja el uso de casas de adobe en las zonas sujetas a riesgos sísmicos dado el comportamiento favorable de este tipo de estructuras en Turquía y en Oriente Medio, etc.

## Europa

El propio peso cultural trajo a Europa esta tradición constructiva a través de los árabes y romanos (sobre todo, el entramado y el tapial), razón por la cual un porcentaje importante del patrimonio arquitectónico en este continente está ejecutado en Tierra, incluso en los Países Escandinavos como Suecia, Noruega, y Dinamarca (utilización del "sod"<sup>v</sup>, bloques de turba cortados). En Bélgica, Francia y Alemania poseen un 15% de su patrimonio hecho en Tierra, y en España más de un 30 %.

En el sudeste de Alemania hay actualmente 200.000 viviendas con paredes de tierra con funciones de carga.

Esta gran distribución por el Viejo continente lo ratifican su amplia difusión en tratados de construcción como el de Rondelet o en "Los diez libros de arquitectura" de Vitruvio<sup>ix</sup>.

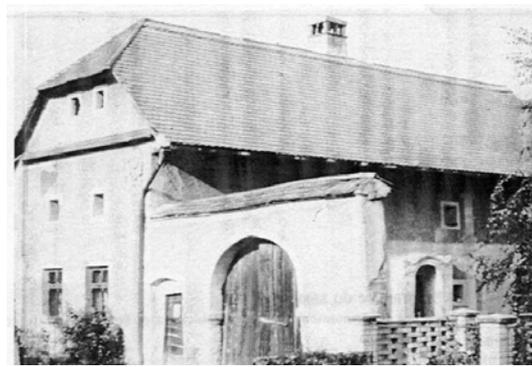


Fig 18 Viviendas de la República Checa. a) Villa de Sobotista. del año 1795 b) Casa-Museo de Rymice.



Fig 19 a) Escuelas y Atunamiento edificadas en Tierra del S.XIX en Biseul región francesa de la Champagne. b) Castillo de tapial del siglo XVIII de Saone en la región francesa de Ain

M.<sup>6</sup> Jovanovic en su análisis bioclimático sobre las construcciones de Voyvodina, Yugoslavia, describe la utilización tradicional de construcciones mixtas, con muros de tierra y heno de 65cms de ancho, revestidos de arcilla, que demuestran un magnífico comportamiento térmico. También describe las construcciones excavadas en el subsuelo arcilloso estratificado denominadas "lagumica" edificadas desde el neolítico, en el S.V en la época romana, hasta el tiempo de las invasiones turcas hacia el año 1699.

En Francia hay un importante patrimonio construido en tapial, tanto en medio rural como urbano localizado principalmente en las regiones Dauphiné y del Aubergne. Los suelos de origen glaciar o aluvial son los más propicios para la realización de excelentes tapias. Esta técnica fue practicada

<sup>6</sup> " Bioclimatic features of urban and building design concepts in Voyvodina."Aut. Milica Jovanovic Popovic y Milan Rakocevic.Facultad de Arquitectura.Univ. Environmental Friendly Cities, proceedings of Plea'98, Lisboa, Portugal, Junio 1998. Pág. 121-124 Edit. James & James Science Publishers Ltd. 1998.

hasta los años 50. El patrimonio arquitectónico hecho con esta técnica cubre varias tipologías: cercados y granjas, casas burguesas y castillos, iglesias, fábricas textiles y ciudades obreras, escuelas y ayuntamientos.

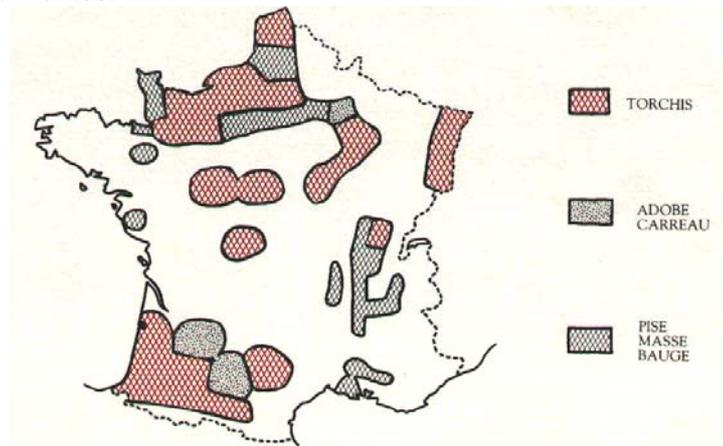


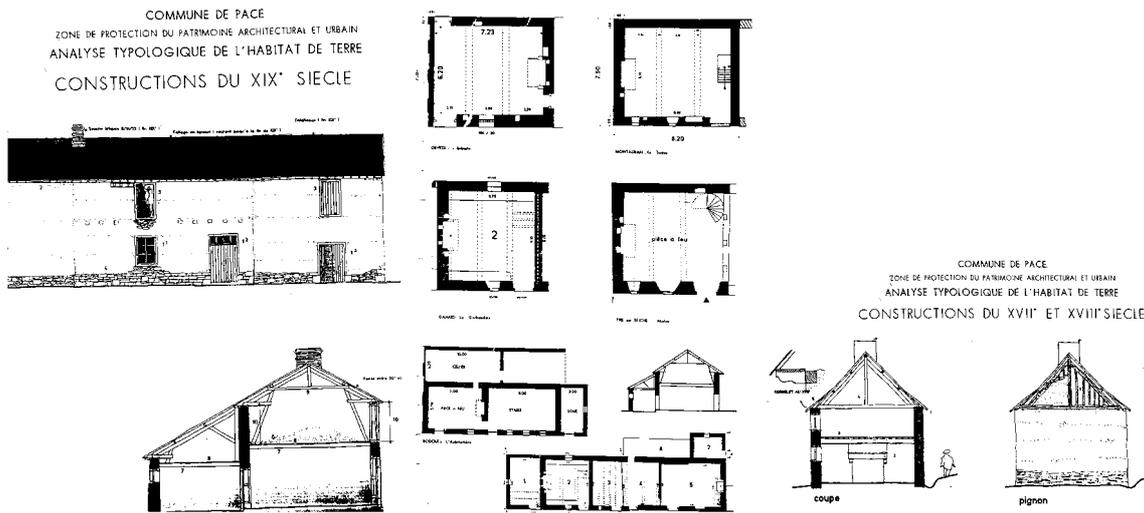
Fig 20 Distribución en Francia de las tres principales tecnologías de construcción en Tierra: el entramado (Torchis), el adobe y el Tapial (Pise, se incluye la variante de las utilizaciones en masa y del Bauge).

En el valle del Garona y en los territorios de Aquitania, se encuentra una arquitectura de adobe de calidad. En la región de la Champagne existe una variante original denominada “carreau de terre”. En las regiones con menos recursos se encuentra frecuentemente construcciones construidas a partir del entramado “le torchis”. Se localiza en Bresse, en los palomares de la Alsacia y en Landes. Y de forma más esporádica, en el hábitat rural, quedan algunos testimonios de la utilización de la técnica del “Bauge” o “Masse” (término regional en Cotetin), bola o adobe informe, también denominado en Inglaterra bajo el nombre de Cob. Esta tecnología fué abandonada en casi toda Europa. Es destacable la ruta, “tour de la terre”<sup>7</sup>, desde el ecomuseo Nord-Dauphiné para visitar antiguas villas construidas en tierra: Saint Savine le Rondeau; l’ecole de Salagnon, en tapia encalada con aberturas ovales; Olouise; Le Manoir du Peillet, vivienda burguesa del S.XVIII de tápia; y piedra calcaria de Crémieu; Le Château Coutton, en tapial; Corbelin con construcciones industriales en la segunda mitad del S. XIX; Ferme de Louisias, del 1806, declarado monumento histórico, y que posee tapias de proporciones impresionantes, 24,6m. de largo, 15,8m. de ancho y 13m. de altura; La Frette, con viviendas antiguas de tapial y sobrecimientos de piedra de río; St-Siméon-de-Bressieux, ciudad obrera edificada en 1882; Le Champ de Mars, varias construcciones de la segunda mitad del S. XIX bajo la influencia de François Cointeraux, arquitecto y agricultor, quién en 1791 introdujo en EE.UU. la construcción en tierra por medio de sus escritos. En la commune de la Pacé, en el Noroeste francés, declarada zona de protección del patrimonio urbano y arquitectónico, destaca el uso del “bauge” (tapial informe, ver [cap.0108](#)), desde el siglo XVII hasta 1930 en un gran número de construcciones<sup>8</sup>. Su uso se asociaba a construcciones humildes, ya que su costo era 65 veces inferior a la mampostería de granito y 17 veces inferior al ladrillo. Su distribución en esta zona de la Bretaña se explica por la ausencia de piedra, o bien su alto coste.

<sup>7</sup> “Tour de la Terre”. Aut. Ecomusee Nord-Dauphiné et CRA.Terre. Edt. Ministère de la culture. L’OPAC d’Isère. France 1990

<sup>8</sup> Etude du Patrimoine Architectural de la commune de Pacé. Aut. Marc Petit Jean.Arqto. Rennes. Bretagne





## Latinoamérica

En Latinoamérica, la tecnología andina precolombina, “pared de Mano”, o bollos de barro, se utilizaba para construir murallas en tongadas de 80 cm., muy parecida a la técnica del “Zabour” en Yemen, las dos eran estructuras piramidales, que a veces se mezclaban o encofraban con piedra. Como también podemos observar, se producen paralelismos en las técnicas utilizadas en diversos lugares del Planeta. Antes de la intrusión del tapial a través de la colonización, ya se había utilizado el adobe, que aparece entre el -500a.C y -600A.C, o la quincha, e incluso bajorelieves de tierra, que aún perduran en la ciudad andina más extensa (20Km<sup>2</sup>) con una trama urbana admirable (Chan Chan, la capital del reino Chimú, Trujillo, Perú).



Fig 21 La Pirámide del Sol. Trujillo Perú. Época Mochica 228 x 136 y 50metros de altura fabricado en adobe.

Otra estructura de tierra tradicional en Latinoamérica es el bajareque, postes de madera entramados con ramas, zunchados por dos vigas de madera, una superior y otra inferior, sobre un zócalo de piedra. El entramado está recubierto por una de las dos caras, de barro con fibras. Es una estructura ligera, y resistente con gran flexibilidad y capaz de soportar sismos, aunque debido a la colonización y a la deforestación ha caído actualmente en desuso.

*En Centroamérica aparecen los primeros asentamientos permanentes contruidos íntegramente en tierra., entre el 500 y 600 a C. Además existen referencias de las más grandes pirámides jamás construidas, la Vaca de Sol y la Vaca de Luna, con 65 metros de lado por 35 de alto, o en la Venta (México) del año 8.000 a.C. Aparte, en el mismo Teotihuacán, se encontraban construcciones de 63 metros de alto, donde la piedra rodeaba un núcleo de tierra de 2.000.000 de m<sup>3</sup> de tierra compactada. Al mismo tiempo, se ejecutaron canales de tierra apisonada y un sinfín de construcciones en adobe.*

En algunas construcciones de las comunidades indias (culturas de los “indios pueblos”, Anasazis, Hopis, Zunis...) como el caso de Mesa Verde, se advierten las plantas rectangulares de adobe; en Taos (Nuevo México), las viviendas superpuestas configuran formas piramidales, con cubiertas de rollizos y tierra compactada.



Fig 22 Taos.Nuevo México, y la planta circular de la Ciudad azteca de Mexcaltitlán. sobre la laguna costera de Nayarit. México

Tenemos conocimiento de este tipo de construcción tanto en el Caribe con las los Tainos. La técnica del Cocó o mampuestos, tapial con tierra muy caliza, llegó a (Cuba), cuyo ejemplo lo vemos en el fuerte de la Loma de Puerto Padre.

Especialmente en el nordeste del país de Argentina<sup>9</sup>, encontramos construcciones de tierra (Cachí), con clima continental, a 40° y algunas veces al año a 0°, contrucciones especialmente de adobe, con cubiertas de tierra y paja como en el Atlas.

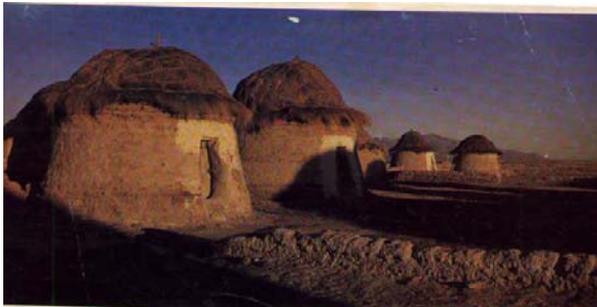


Fig 23 Algunas construcciones tradicionales bolivianas.

En Guatemala, en la ciudad de (Antigua) el 75% de las viviendas son de adobe y también tapial, destacamos el convento de S. Francisco del S. XVI.

El uso del tapial predominó en Sao Paulo (Brasil), durante tres siglos, pero esta ciudad fue demolida y reconstruida con ladrillos, excepto algunos monumentos que se conservan como patrimonio histórico, como la Iglesia de S. Antonio en Sao Roque. Actualmente se utiliza el suelo-cemento en tapial de 15-20 cm. de ancho.

En E.E.U.U. en 1791 se introdujo la construcción en tierra por escritos de un arquitecto y agricultor francés François Cointeraux en New York. Destacamos también la residencia de los Sres. Bradford en 1845. Algunas residencias con un diseño revival gótico, utilizando adobes y estucadas con cemento natural (tipo de cemento cocido a baja temperatura). anteriormente ya había una tradición de construir en tierra reflejada en las iglesias, conventos, algunas de 250 años. La "New Mexico State Historic Preservation Office"<sup>10</sup> ha hecho un importante trabajo de compilación de las

<sup>9</sup> "Arquitecturas de Tierra en Iberoamérica". Publicación de la Red XIV.A "Habiterrra" resultado de los trabajos del Objetivo XIV.A.1 (Recopilación de la arquitectura de construcción en tierra y catalogación de las técnicas respectivas), del que es responsable la arquitecta argentina Graciela María Viñuales. 1ª Edición en blanco y negro de 127 páginas (21x29,7cm) con ilustraciones, tablas y fichas informativas. La publicación incluye textos de reflexión sobre las técnicas analizadas, un catálogo evaluativo de las mismas, un listado de centros operativos en la materia, una recopilación bibliográfica y un glosario de términos sobre el tema.

<sup>10</sup> Selections in Earthen Technology, Aut. Ed Crocker. Edit. New Mexico Community Foundation. Sta.Fe EE.UU 1991

construcciones ejecutadas en Tierra en Sta. Fe. Como resultado se ubicaron más de 350 construcciones de adobe, levantadas casi todas entre el siglo XVIII y el XIX, las cuales consistían en Iglesias, parroquias, y misiones. A estas se añadían otras 500 capillas y panteones privados.

## La Península Ibérica

*Através de los árabes se introdujo en España, sea en adobe o tapial, pero anteriormente ya se había utilizado en asentamientos Neolíticos preibéricos, como lo demuestran los restos arqueológicos que hemos estudiado del Cabo de Gata, en Almería y el que se encontró en Sabadell, Barcelona, de más de 4.000 años de antigüedad, construcción en adobe-encañizado y pared de mano. Encontramos plazas de toros de tapial, palomares cuyos orígenes del S.XI, privilegio concedido a Señores y comunidades religiosas. Su tipología es variada, se presentan juntos o por separado y en modalidades distintas: circular, tipo torre, cuadrangular etc. También encontramos casillas, corrales, colmenas etc. Encontramos ejemplos por toda España. Excepto en el Cantábrico donde se usa más la piedra, aunque está sujeta con tierra y cal. Tenemos buenos ejemplos de palomares en Palencia. La Alhambra de Granada, en tapial calicastro. S. XII-XIV. Destacamos también las viviendas semienterradas en Guadix (Granada), al igual que las bodegas semienterradas de la Meseta y algún palacio. Algunas construcciones en entramado en Albarracín (Teruel).*



Fig 24 Alhambra de Granada, edificada a partir del S.XII, en la que aún se preservan en buen estado los muros árabes de tapial de las murallas.





Fig 25 Tres casos en Tierra de campos y las viviendas enterradas de Guadix, donde hoy en día se llevan a cabo rehabilitaciones con el bloque comprimido con la GEO-50 Cannanbrick, por la arquitecta alemana Monica K.

El barro crudo se usó en las construcciones tradicionales en las regiones de Castilla y León<sup>vi</sup> de las siguientes formas:

-Se empleó como mortero, para unir los cantos rodados o la mampostería de piedra. Este sistema se utilizó en toda la Tierra de Campos en los llamados “lizaes” y en la misma ciudad de Numancia.

-Mezclado con paja, como reboque de los muros de adobe o de las tapias de tierra, denominándose “Trullado”, por haberse extendido con una llana de madera (la trulla). También se denomina embarrado o enlodado. Éste tiene la función de preservar los muros de la humedad y de los rigurosos cambios climáticos (día-noche, e inviernos muy fríos y veranos muy calurosos). Se localiza desde Palencia hasta Soria y en toda la Tierra de Campos.

-Para reforzar los muros y tabiques con un esqueleto formado por barras o tiras de madera unidas a unos palos verticales cubiertos de barro y con un reboque externo de cal. En la región del Bierzo se nombra “ripión”, en el cual las barras van atadas con haces de paja trenzada y retorcida “bilortos”, y también se llama “lambrea”, con la diferencia que en éste las barras se entretrejen en forma de zig-zag. De esta manera también se ejecutan, en Soria, Burgos y Segovia, los pisos altos de las casas, los tabiques, y la parte interna de las muy nombradas chimeneas Pinariegas de forma cónica<sup>11</sup>. Generalmente las el entramado de cesta se forma por palos verticales, “colondas” entrelazados con cestería de ramas flexibles (bardas, bardones) de Enebro y Sabino.

-Los suelos solían ser de tierra apisonada, ya utilizado en las cabañas de los antiguos pobladores a las casas humildes de Tierra de Campos.

-Y las dos técnicas más utilizadas son el adobe y el tapial.

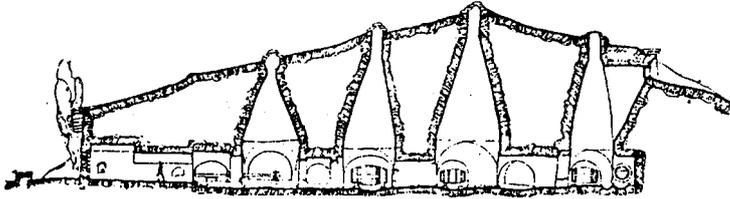
En el tercer milenio a. de C. podemos encontrar los primeros vestigios de la construcción con adobe en el Cerro de la Virgen de Orce, en Granada. En las excavaciones se descubrieron restos de cabañas circulares sobre zócalos de piedra y probable cierre en cúpula. Muy parecidas son las construcciones del poblado vallisoletano de Soto de Medinilla, S. VIII a. C.. Otros poblados de esta época dentro de Castilla y León donde aparecen vestigios de adobe son:

Zorita, en Valoria la Buena, en Valladolid; los castros leoneses de Valdera y Valencia de Don Juan. *Los moldes del adobe se llaman “gradillas” pero también se les denominaban “hormas” en León y “macales, amacales o bancales” en Tierra de Campos. También se fabricaban unas gradillas especiales más altas y anchas que en uno de los extremos daban figuras apropiadas para las construcciones cupuladas de los hornos, “adobe de horno”.*

El uso del tapial en torres y atalayas de remotísima antigüedad, es citado por Plinio<sup>12</sup>. En la Edad Media se utiliza en murallas, castillos y cercas (Tierra de Campos, Saelices de Mallorga, Monasterio de Vega, Castillo de Valencia de D. Juan, y el Palacio de Toral de los Guzmanes, joya de la arquitectura leonesa del barro.)

<sup>11</sup> *Arquitectura popular de Soria. Rev. Narria nº11. Aut. Jiménez Arqués M.I. 1978.*

<sup>12</sup> *Plinio Naturales Historia, XXXV, XLVIII*



Dibujo de Fernández Balbuena.

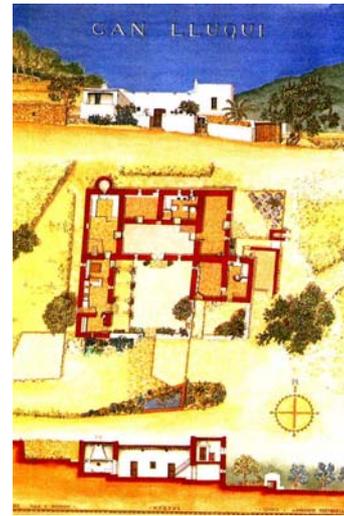


Fig 26 a) Sección de una bodega tipo, construidas a partir de la excavación dentro de la tierra. Excavadas a pico y pala se construyen cuando la arcilla está blanda dentro de montículos en línea recta o bien en zonas de planicies, a partir de hacer un pasillo descendente hasta buscar el nivel arcilloso para escavar. b) Planta tipo de una casa ibizenca. TEHP. extraído de los estudios del Taller de Estudio del Hábitat Pitiús.

En las islas Baleares también aún es presente una Arquitectura de tierra de tapial y cubiertas de arcilla con algas, sobre troncos de sabinas, que en casos como la Iglesia de santa Eulalia del Riu, todavía persuran después de varios siglos.

En la zona levantina, debido al paso de los árabes, se desarrolló una gran expansión de la técnica del tapial, sobre todo el calicastro. Destacamos algunos ejemplos de arquitectura monumental como las murallas de Nules o Mascarell, (Castellón), recientemente rehabilitadas. Otras construcciones destacables son el castillo de Onda, el castillo de Vilavella, la iglesia del Carmen, las murallas y la casa de l'Oli de Vilarreal, la cartuja de Vall de Crist. El estudio de F. Font establece que en Forcall y la Todolella el 70% de las viviendas populares han sido realizadas en muros de tapial. También en la comarca dels Ports en Ortells y la Mata se puede fijar en un 30%, en Palanques, Viltores y Sorita un 15-20%. En otras comarcas, como en el Alt Palància (Bejis, el Toro, Altura y Geldo) y l'Alt Millars, Maestrat, l'Alcalaten, y la Plana, la presencia del tapial es más reducida, o bien sólo quedan antiguos vestigios.

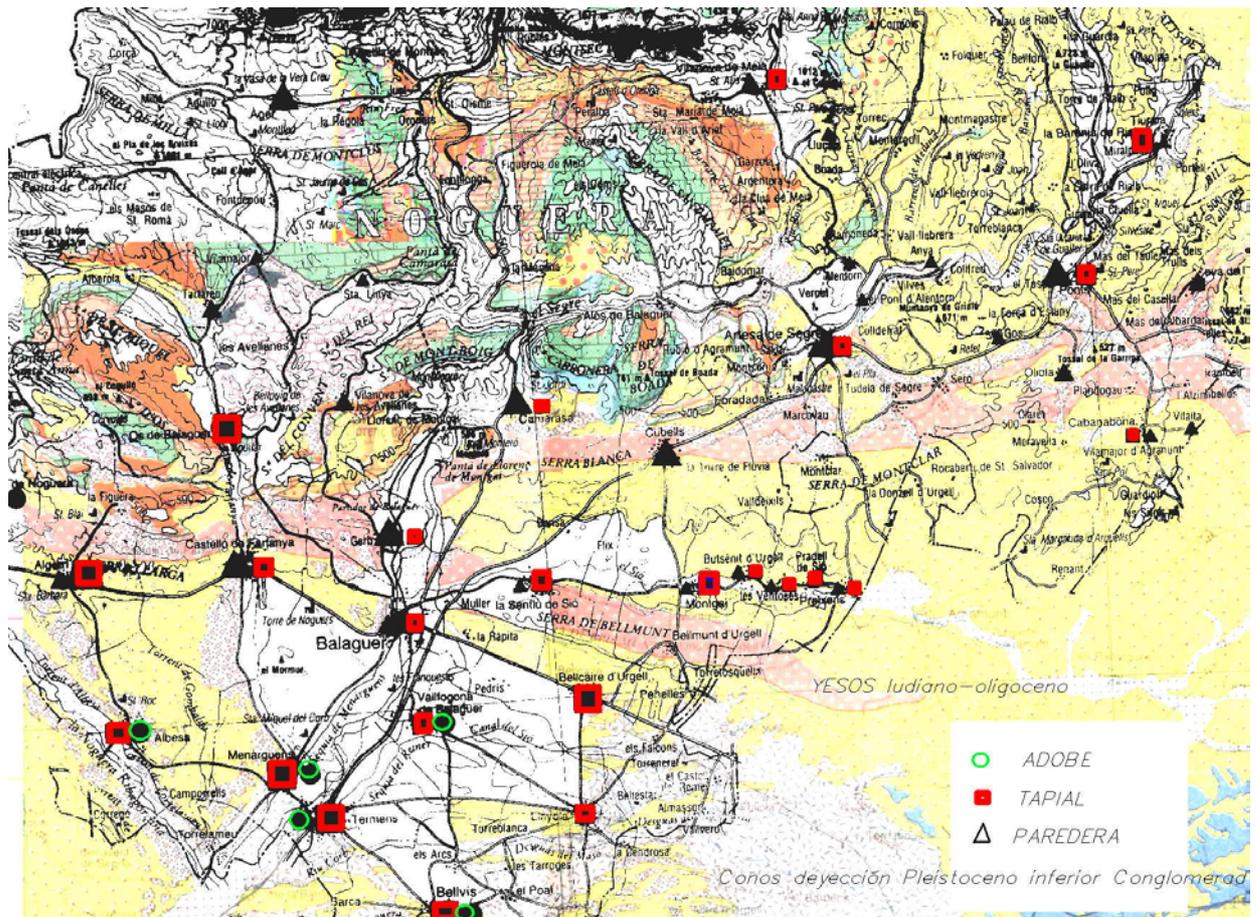


Fig 27 Caballerizas Guell de A.Gaudí. ejecutadas en Tapial calicastro mixto con albañilería y piedra en sobrecimientos

La arquitectura en tierra ha llegado a arquitectos de prestigio como Antonio Gaudí, del cual su obra de las Caballerizas Güell están construidas en tapial (1884-87), tongadas de tapial y ladrillo sobre cimiento, de planta rectangular, en el que los arcos parabólicos y bóvedas tabicadas, son los elementos arquitectónicos que le dan soporte.

En Catalunya, se han elaborado varios estudios sobre el Patrimonio Arquitectónico en Tierra. Uno, en el cual participé, fué realizado en la comarca de la Noguera (Lleida), donde se contrastaron los tipos de suelo con las diferentes técnicas: tapial, adobe, paredera (técnica mixta). En algunas construcciones en tapial, en su fachada observamos que se encontraba estucada con cal.

Las poblaciones donde se ha localizado una gran utilización del tapijal son: Algerri, Os de Balaguer, Menàrguens, Tèrmens, Bellvís y Belcaire d'Urgell.



Con una intensidad menor en : Alfarràs, Albesa, Castelló de Farfanya, Vallfogona, Balaguer, Linyola, La Sentiu de Sió, Montgai, Artesa de Segre, Vilanova de Meià, Ponts y Tiurana. Y sólo se han detectado indicios de su utilización en Cabanabona, Camarassa, Gerb, Butsenit d'Urgell, Les Ventoses, Pradell de Sió, Preixens, i Ibars de Noguera. Esta localización coincide con la disponibilidad de materiales disgregados sedimentarios de cuencas fluviales, donde abundan gravas arenas y arcillas.

La presencia de la técnica del adobe se reduce al sudoeste de la comarca, influenciada culturalmente por la provincia de Huesca, en la cual esta técnica está muy bien enraizada, y por supuesto por la presencia de un suelo más apto para su uso, con un tamaño máximo del árido reducido. A pesar de ello se han podido detectar adobes que contenían gravas superiores a los dos centímetros.

La otra técnica presente en esta comarca de la Noguera es la Paredera. Se localiza su utilización a lo largo del anticlinal gipsífero (franja de color rosado en el mapa geológico) que atraviesa la comarca en dirección E-O por los pueblos de Vilanova de l'Aguda, Ponts, Artesa de Segre, Oliola, Cubells, Camarassa, Gerb, Castelló de Farfanya y los pueblos de la Vall del Sió, y en menor intensidad, debido al abandono y despoblamiento: Vilalta, Cabana Bona, Algós, Anya, Alentorn, Pont d'Alentorn e Ibars de Noguera. Debido a la gran calidad y resistencia de la paredera, se extiende también su utilización a zonas no provistas de yeso como son: Tiurana, Vilanova de Meià, Àger, Tartareu, Vilanova de les Avellanés, y en menor cuantía en Vilamajor, Sta Linya i Lluçars.



Fig 28 a) Vivienda de tapial en Ponts (Lleida) b) Lluçars c) En las cercanías de Barcelona, en Capellades, encontramos una construcción singular, de tapial, el Museo del Papel. d) Edificación de pial con cal en Bellvís (Lleida).

También en Collbató, Piera, se utiliza la técnica del tapial mixto calicastroado o “crostat” de ladrillo plano. ( ver 0 pag.108 )

## Tendencias y escuelas actuales

*En este momento el interés por este material de construcción está in crescendo y se encuentra vivo en instituciones de prestigio mundial como el CRA, Terre-Universidad de Grenoble, el Centro Georges Pompidou, los institutos de Conservación ICCROM y Fundación Paul Getty, el Centro de Investigación Eduardo Torroja, Madrid, así como varios centros americanos de investigación (ININVI, California Univ, Santa Fe, Massachussets Univ, F.Gate. Germany, Lovaina Univ, Belgica, etc.).*

*Alain Hays( [tendencias ref.cruzada](#)) define a la nueva Arquitectura de tierra como “Geoarquitectura”, la cual considera en evolución mediante tres campos diferenciados:*

*- **Arquitectura geo-vernácula.** Con una tendencia a la recuperación del patrimonio popular vivo, tanto en el campo de la rehabilitación y restauración, como la proyectación de nuevo. Como ejemplos de autores podemos citar: Arqto. Carlos Mari Aguirre, Mérida, Venezuela; Arqto. Pedro Zeas-Habitierra, Ecuador; Arqto. Odile Perreau-Hamburger, Domaine de la terre Francia; Arqto. José Alberto Alegria, Portugal.*

- **Arquitectura geo-renaciente.** Tendencia geobiológica, y de evitar la "cultura del concreto", en la búsqueda de un camino humanizador que reivindica una arquitectura de calidad on tierra contemporánea. Son testimonio de ello: Arqto. Abderrahim Sijelmassi, Marruecos; Arqto. Alberto Imaz, Culiacán, México, Premio Nacional Vivienda Social 1993; Arqto. García Vélez, Geomorada, Zacatecas, México; Arqto. Amelia Gama, Pau-a-pique madera y tierra, Brasil

- **Arquitectura geo-modernista.** Tendencia hiperracionalista, preocupada por la fiabilidad y el mejoramiento de las características físicas de los geomateriales y de las estructuras edicables con tierra, racionalizando y mecanizando el sistema constructivo. Esta tendencia la representan: el programa CINVA de Colombia; el suelo-cemento iniciado en EE.UU; tapial con suelo-cemento, Ceped-Thaba en Brasil; los "tijolitos", pequeños BTC con formas especiales de enganche, creados por el Ing. Jo©o Batista Santos de Assís y producidos industrialmente por la empresa Andrade Gutierrez, Brasil, es el High-Tech en tierra.

## Egipto

*Hassan Faty, arquitecto egipcio, en el año 60 escribe "La arquitectura de los pobres", en el cual plasma con detalle este tipo de construcción con tierra como alternativa autóctona para la resolución de la problemática de la vivienda. Ello lo hace realidad en la nueva villa de New Gourná, para gente pobre desplazada de la presa de Assuan, construyendo mercados con bóveda nubia, escuelas, templos, viviendas.*





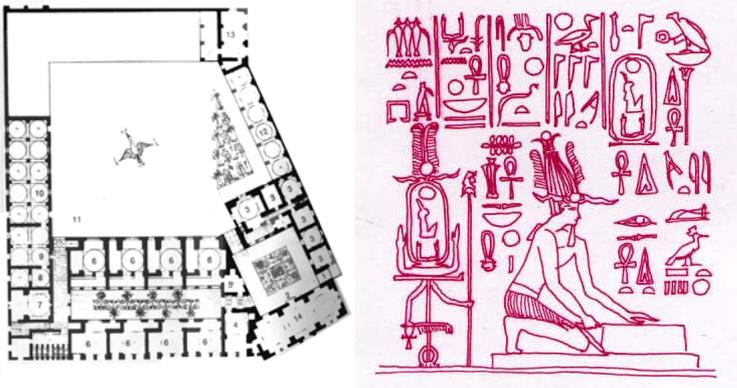


Fig 29 New Gourna de Hassan Fathy. a) Teatro b) Centro c) Mezquita d) Mercado e) Planta de una escuela f) Inscripción egipcia de la Reina Hatshepsup fabricando un adobe.

### India.

Desde hace varias décadas diferentes organismos están trabajando e investigando en la construcción con tierra: CBRI (Roorkee), ASTRA (Bangalore); Development Alternatives ( New Delhi); Mud Village Society (New Delhi), que tradujo el libro en la India de "Construire en terre"; y el Auroville Building Centre Error! Marcador no definido., que además está investigando en los tipos de suelo, y la mejora de la eficiencia de los equipos para producir bloques de alta calidad.

### África y Mundo Árabe

*En 1962, el ingeniero Alain Masson, edifica la ciudad de Daoudiat, cerca de Marrakech, 2.700 alojamientos económicos. Cerca de allí en Ouarzazate, junto con Jean Hensens, desarrollaban en 1967 una manzana de vivienda social concebida en tapial con un sistema de encofrado metálico, que servía de molde incluso para las bóvedas.*

*En 1971 un equipo franco-belga realiza en Zeralda, en Argelia un grupo experimental de viviendas rurales*

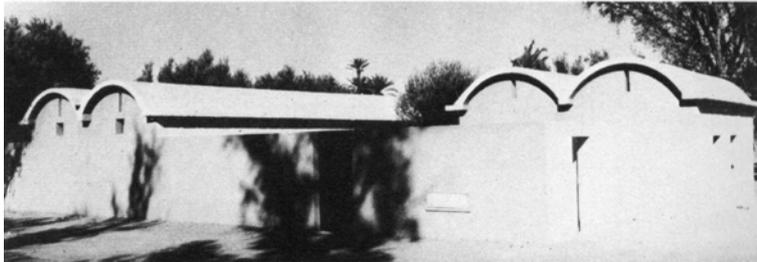
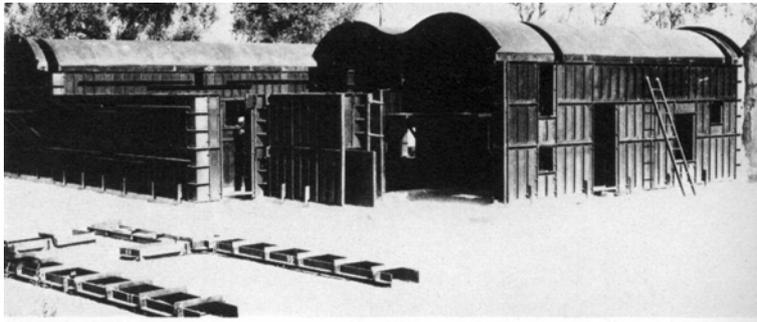


Fig 30 Habitat urbano experimental en Ouarzazate 1968.Marruecos

En 1973 un equipo francés participó en diversos proyectos en Côte D'Ivoire, bajo la dirección de J.Simonnet. En el mismo año, en Argelia, diversos cooperantes y expertos franceses participaban en el estudio y realización del programa denominado "Mille Villages Rouraux".

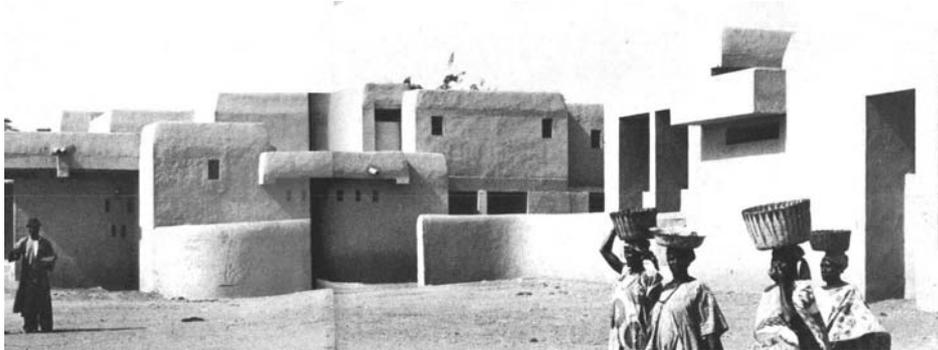


Fig 31 Hospital de Mopti. Mali 1976.

En 1976 se edificó el centro médico de Mopti, en Mali entre la gran mezquita, restaurada en 1935, y el río Níger. Fué diseñado por el arquitecto francés André Ravereau y el arqto. belga Philippe Lauwers. La ejecución fué llevada por el Ministerio de Planificación de Mali bajo la financiación del Fondo Europeo de Desarrollo y el gran impulso de su arquitecto consejero Marc Wolf. Éste intentaba que se aplicaran tecnologías medias que se adaptaran a la cultura, la sociedad y la técnica local. En 1980 como recompensa fué galardonado con el premio Agha Khan. En 1981 se edificó el Museo Nacional de Mali, en Bamako, del arquitecto francés Jean Claude Pivin

Con la misma tecnología en 1982 se construyó la ampliación del hospital de Kaedi en Mauritania diseñado por el arquitecto yugoeslavo Duson Stanimirovic del grupo francés "Ciet-Inter-G", también financiado por el FED.

Otro ejemplo es el hospital regional de Adraar en el Sáhara Argelino, realizado en 1942 por el arquitecto francés Michel Luyckx bajo la disciplina de Auguste Perret.

Con una estructura cilíndrica, con techado vegetal, se destaca el Hotel "Salt Lick Game Lodge" edificado en Kenia dentro del Parque Nacional de Tsavo, a 150 km. de Mombassa.

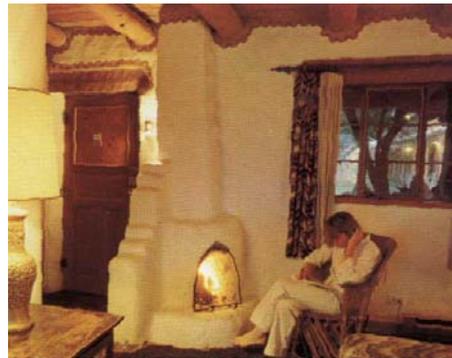
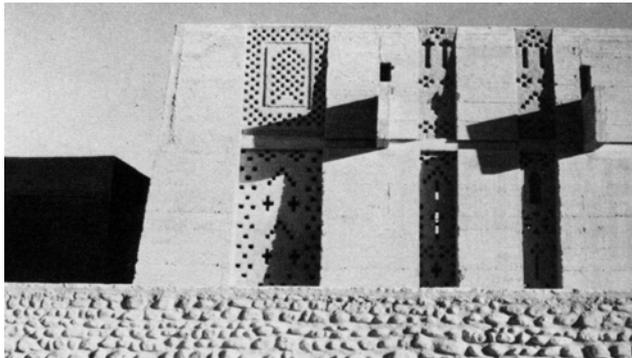


Fig 32 a) Fachada del centro Artesanal Regional de Er Rachidia en Marruecos, del Arqto. Francés Jean Paul Ichter. 1979. b) Hotel del Oasis Rojo, edificado en el centro de la nueva ciudad de Timimoun, Sahara, Argelia. 1930. c) Hotel Salt Lick Game Lodge. Kenia. d) Hotel residencial Realizado en BTC por Altech Internacional 1995

En 1979, bajo la dirección del arquitecto francés Serge Theunynck miembro del ADAUA (Atelier pour le Développement d'une Architecture et d'une Urbanisme Africains), se desarrolló un taller de formación de hábitat popular en adobe basado en autoconstrucción utilizando bóvedas y cúpulas. De características similares es el centro de formación agrícola de Nianing, en el Senegal, del arquitecto belga Oswald Dellicour. Edificado en 1977 bajo el auspicio de la Unesco.

En 1988 se construyó el Centro de Exposiciones de la Comisión Real de Janadriyah, en la Arabia Saudita, con la colaboración del CRATerre-Univ.de Grenoble y el gobierno Francés, los



cuales facilitaron el análisis de las tierras y la maquinaria. Se construyó en Tierra en un intento de plasmar el valor de la herencia cultural, con el precedente de edificios de gran prestigio como la residencia real de Ryad. Para ello se utilizaron unos 40.000 bloques de tierra comprimida, con el consiguiente esfuerzo de

actualizar esta técnica milenaria con

Fig 33 Centro de Exposiciones de Janadriyah. Arabia Saudita. 1988

los últimos avances tecnológicos. La construcción se cimentó, y, también fue zunchada la estructura, con hormigón armado. Para cubrir, se utilizaron bóvedas, cúpulas y forjados de viguetas con entrebigado de bloques de tierra.

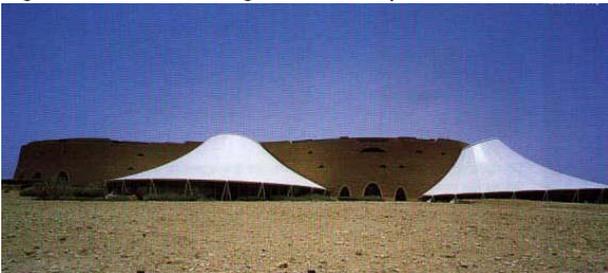
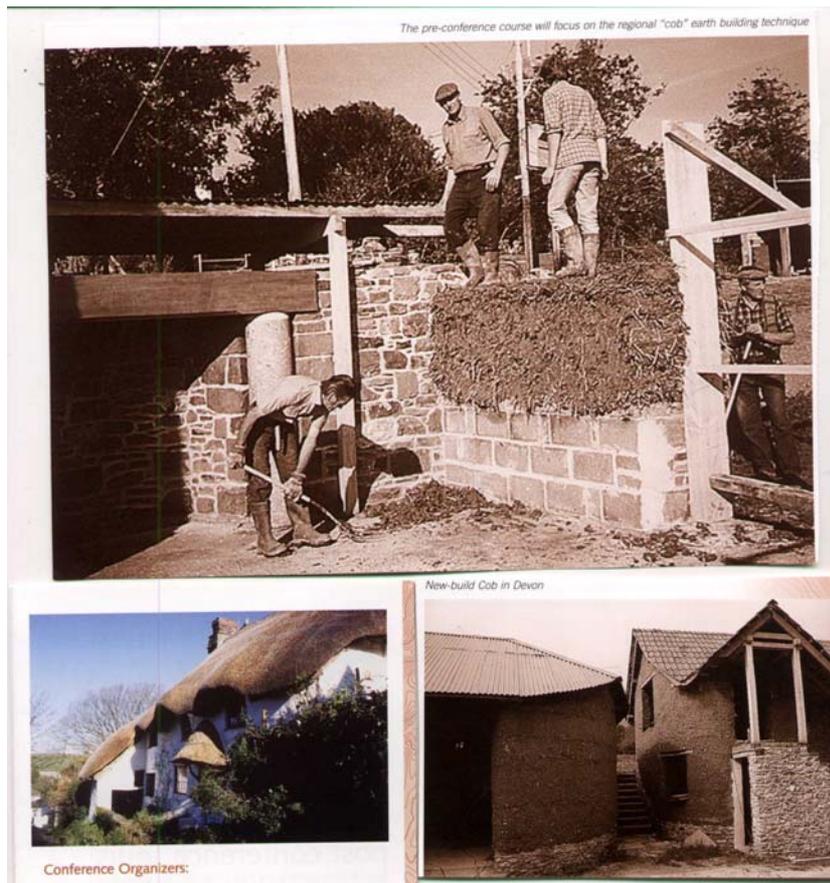


Fig 34 Los últimos premios Aga Kahn 1998 de Arquitectura islámica destacan obras en tierra como el Palacio Tuwaig, en Ryad, Arabia Saudita, donde participó con sus estructuras tensada Frei Otto, y el Complejo de las Artes de Alhamra, Pakistán.

<http://www.aka98.org/>

## Inglaterra

Tradicionalmente se utilizaba la técnica del cob, parecida a la terre-paille. Actualmente se está efectuando una fuerte labor de recuperación de la técnica, de lo cual deriva el último Congreso Internacional sobre Construcción y Restauración en Tierra, en la Universidad de Plymouth.



## Francia

La historia nos recuerda a arquitectos tan conocidos como Le Corbusier, que en los años 40 creó un proyecto para gente sin recursos y damnificados por la guerra. Una tipología de viviendas tipo refugio denominadas "Les Villes Murondins". En estas se utilizaron tres técnicas constructivas, sin mano de obra especializada: adobe, tapial y bloque comprimido. La vivienda se solucionaba a dos aguas con muros de carga de tierra y vigas de madera. También diseñó los interiores con mobiliario de obra incluido. Posteriormente en 1947 elaboraba los planos de una ciudad completa, para edificar en tapial, en Sainte-Beaume cerca de Marsella. El proyecto no llegó a edificarse.

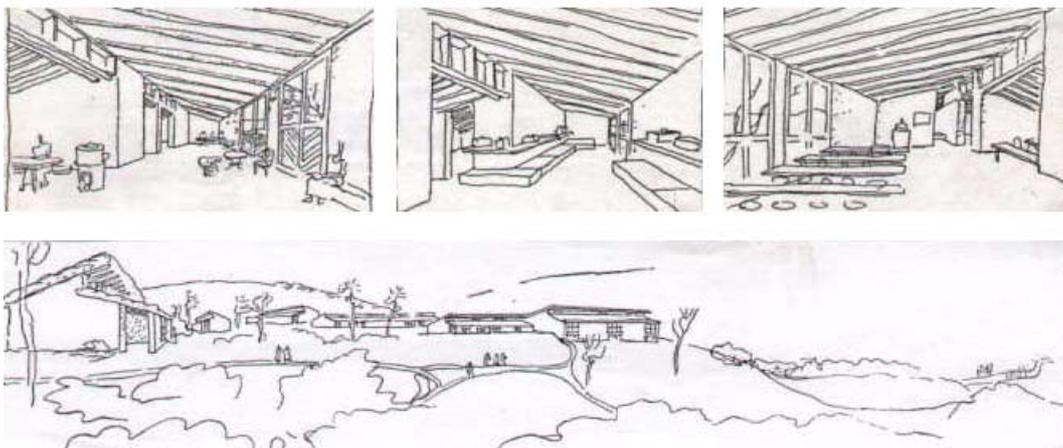


Fig 35 Proyecto de Le Corbusier "Les Murondines"

En 1942, bajo la iniciativa de los urbanistas Cassan y Edmond Humeau, bajo la dirección de George-Henry Rivière y Pierre-Louis Ducharte realizan en Francia el primer inventario de las tradiciones populares de hábitat rural.

En 1946, cerca de Amiens, el arquitecto Paul Dufournet, desarrolla un proyecto experimental de varias construcciones agrícolas en tapial.

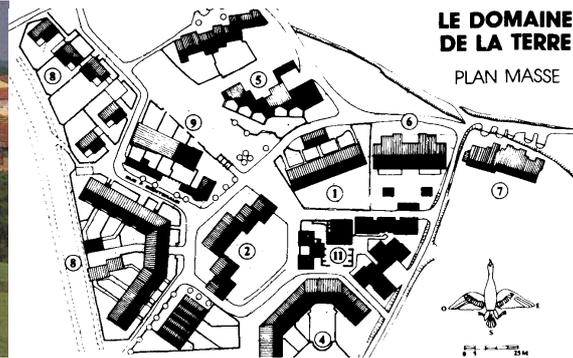
En 1948, Hoquet experimenta el uso del hormigón de tierra para la reconstrucción de la ciudad de Tergnier.

En 1972 el ingeniero Henri Vidal puso en práctica su sistema de "tierra armada" que en adelante se utilizó en todo el mundo para la realización de terraplenes y principalmente para subbases de carreteras y autopistas.

En Francia, en el año 76, el Cra Terre junto con el Ministerio de Obras Públicas, el centro George Pompidou y la Universidad de Grenoble se construye, "Le domaine de la Terre", en la localidad de L'Isle d'Abeau, cerca de Grenoble. Allí se contruyeron 65 viviendas, de 3 a 5 plantas, para 300 habitantes, en 11 manzanas concebidas por 10 equipos de arquitectos. Cinco manzanas se efectuaron con tapial, 5 de bloque comprimido, y 1 de tierra-paja, unidas a un diseño bioclimático y recuperador de la tradición local.

La tierra de origen local se obtuvo de la misma Isle d'Abeau, Beaurepaire y Morestel. En este último fue donde se elaboraron los bloques de tierra por PERRIN S.A.

Arquitectura y ecología se han unido en este proyecto con un resultado técnico y económico, modelo ejemplar en Europa.



7. Architecte : Dominique GORSE (groupe « Ersol »).  
Cinq logements en bande, édifiés en blocs de terre vibro-compactée et stabilisée.

8. Architectes : François GALARD, Laurence GUIBERT (atelier « 85 »).  
Quinze logements en blocs de terre vibro-compactée et stabilisée, répartis en maisons individuelles mitoyennes.

9. Architectes : Odile PÉRREAU-HAMBURGER, Jean-Michel SAVIGNAT, M. MONTEAUX.  
Cinq logements en Pisé traditionnel répartis en deux bâtiments dont une maison individuelle.

10. Architectes : André RAVEREAU, Michel CHARMONT.  
Quatre logements en Pisé non stabilisé, répartis en bande.

11. Architecte : Jean-Vincent BERLOTTIER.  
Cinq logements en blocs de terre vibro-compactée et stabilisée, dominés par une tour « pigeonnier » de cinq étages en Pisé non stabilisé.

## DOMAINE DE LA TERRE

1. Architectes : Serge JAURE, François CONFINO, Jean-Pierre DUVAL.  
Quatre logements en Pisé non stabilisé, répartis en bande.

2. Architectes : Nicolas WIDMER, Paul WAGNER (atelier « 4 »), Serge THEUNINCK (atelier « climats »).  
Six logements en « terre-paille », groupés en bande et décalés.

3. Architectes : Françoise JOURDA, Gilles PERAUDIN.  
Quatre logements en Pisé non stabilisé, répartis en deux maisons mitoyennes de trois niveaux.

4. Architectes : Jean-Jacques GAUCHER (groupe « Aura »).  
Six logements en blocs de terre vibro-compactée et stabilisée, groupés sur trame octogonale.

5. Architectes : Uriel MOCH, Georges CHAVANNE, Patrice CARLE.  
Cinq logements mitoyens en blocs de terre vibro-compactée stabilisée.

6. Architecte : Jean-Vincent BERLOTTIER.  
Quatre logements en bande construits en Pisé non stabilisé.





En 1984 el CRA TERRE, DDE, SIMKO, con el Centro Nacional de Estudios Espaciales realizan la construcción de alojamientos experimentales en Kourou, en la Guayana Francesa. Entre los últimos proyectos construidos en tierra en Francia, destacamos el centro de la Terre Vivante de Claude Aubert, donde se aplicó el BTC en la realización de bóvedas. También destacamos el centro de la Terre de Lavalette en Toulouse, donde el arquitecto Josep Colzani ha desarrollado una muy actual y personal arquitectura en BTC, tal como podemos ver en la [Fig 36](#).

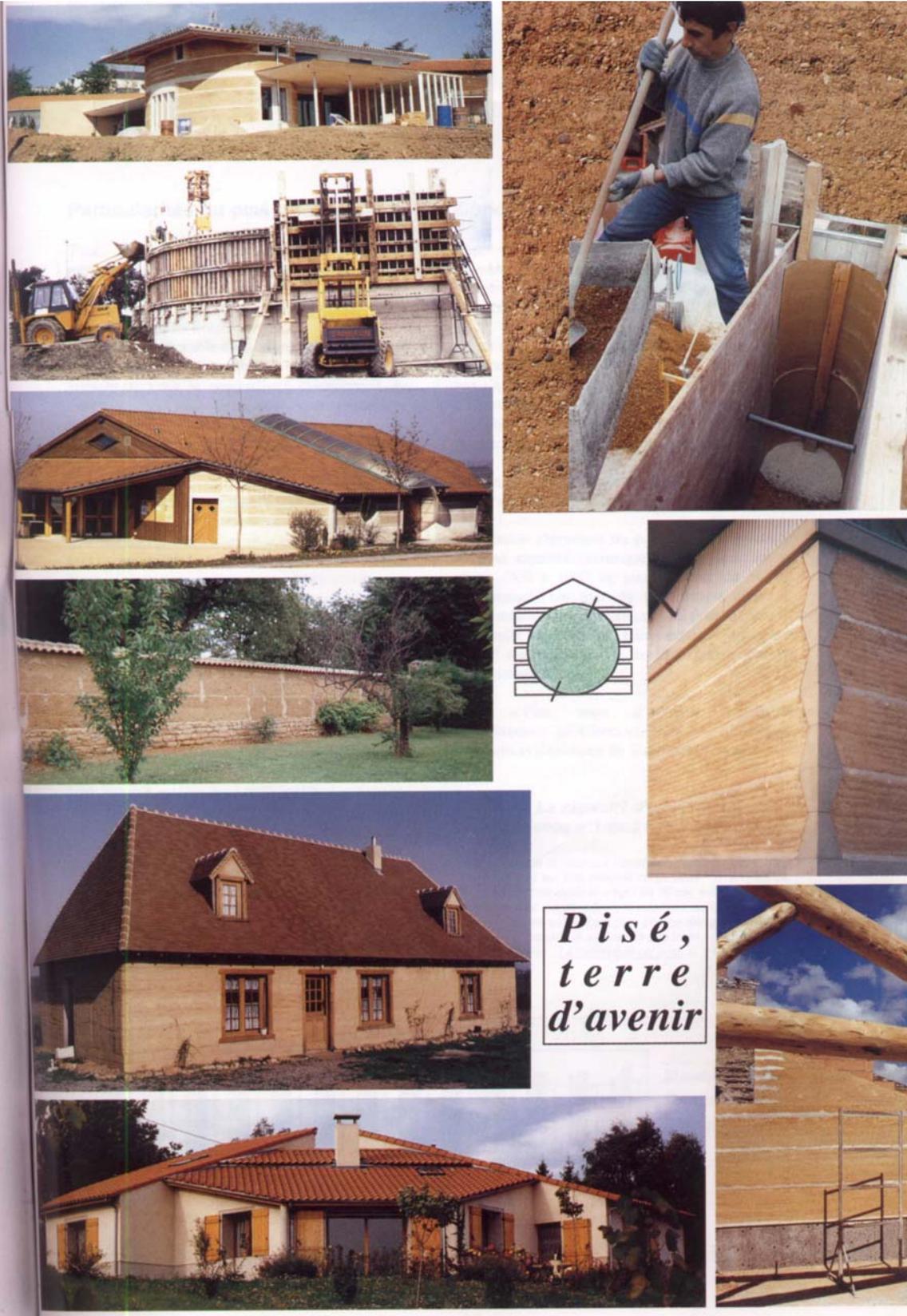


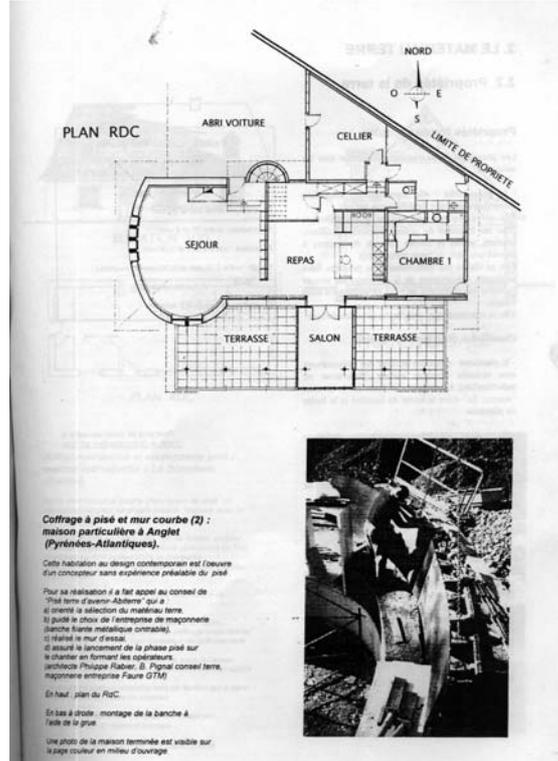
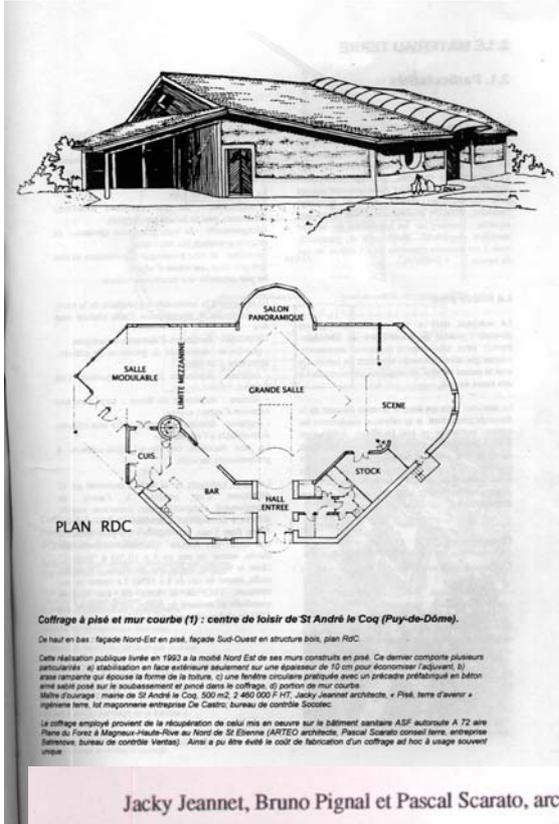




*Fig 36 Construcciones del Centro tecnologico de Construcción con tierra de Lavalette. Toulouse. Francia.*

En Francia también es destacable la labor de los arquitectos Jacky Jenet, Bruno Pignal, Pascal Scarato, Philippe Rabier y Alain Boizier, asociados para la construcción en tierra a través de “Pisé, terre d’avenir”, y que se encuentran construyendo actualmente viviendas en la región de l’Auvergne, Toulouse, Ain y Haute Vienne, bajo el control y seguridad de “Veritas”.

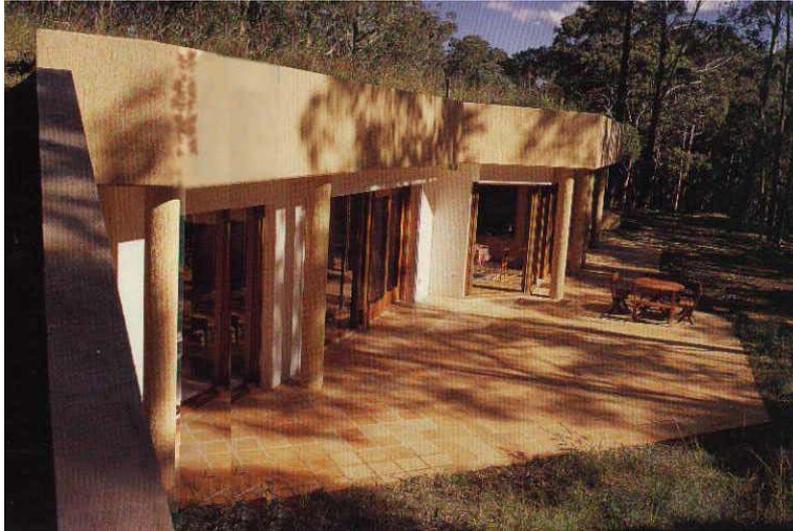




Jacky Jeanneret, Bruno Pignal et Pascal Scarato, architectes dplg

**réalisation**





### Australia

Ramrock, Perth. (ref. Tapial Internet). Construcción con tapial de 300x0.3x0.25, encofrado con moldes metálicos sujetos con agujas de acero roscadas con "nueces". Reservas para ventanas con premarcos extraíbles.

### Latinoamérica

-Colombia

A partir de 1940 el arquitecto suizo Victor Schmid <sup>vii</sup> rescató la construcción con tierra en Colombia. Recuperó de la arquitectura rural el concepto espacial y técnico del "rancho", para construir más de 30 proyectos <sup>13</sup> en tierra, la mayoría en tapia pisada y algunos en adobe o bahareque rebozado con mortero de cemento. Para lograr mayor variedad de texturas, empleó en la masa otros materiales como piedra, trozos de ladrillo, cascajo, permitiendo obtener un material de excelente calidad, a pesar de ejecutar un apisonado manual en capas excesivamente gruesas, mayores de 30 cm.

El bahareque, utilizado en los segundos pisos de las casas. Consistía en la aplicación de mortero de cemento sobre esterilla de guadua (bambú), para formar muros huecos, muy livianos. La estructura de madera aparecía a la vista.

ARIT, Arquitectura e Investigación en Tierra. Carrera 3 A n°30 Bogotá Colombia.

Este organismo construyó en 1985 el proyecto de vivienda rural experimental Tabio-Cundinamarca, con bloques de tierra prensada. Para ello se rescató la prensa Cinvaram, dándole un uso diferente para hacer el material más competitivo.

Se utilizaron cúpulas y bóvedas ejecutadas en BTC, un nuevo sistema de bovedillas construidas con el mismo bloque, piezas de pavimento prensadas de tierra, e incluso se ejecutó el mobiliario con el mismo material. Después de un análisis de costos se concluyó que era más económico no estabilizar los bloques y revestirlos con un rebozado. Los cimientos se ejecutaron de concreto ciclopeo (piedra zonga 60% y hormigón 40%), con una viga de amarre

---

*13 Rancho Klotz, casa Hoeck (1941) Casa Luis en Cota (Cundinamarca), y la casa Boita, remodelación totalmente de adobe, en la sabana de Bogotá. Entre los proyectos de mayor envergadura : colegio Helvetia- Bogotá 1952-54; plan piloto de escuelas de desarrollo progresivo- Cundinamarca; Pueblo de Suinza - sabana de Bogotá, proyecto de la urbanización areneras de Bogotá*

(riestra) de 15x20 cm.. El sobrecimiento se hizo de mampostería tomada con mortero hidrofugado hasta 30 cm.. Los muros portantes se hicieron de BTC de un espesor de 30 cm. y los muros divisorios de 15 cm., con un zuncho superior de hormigón armado de 15x20 cm.. Los revestimientos exteriores se hicieron en dos capas. La primera de 1,5 cm. de mortero de cal y de arena 1/6, y la segunda más delgada, llevaba incorporada polvo de ladrillo a proporción 1/1/5

-Bolivia

Durante los últimos diez años se ha realizado el proyecto Laka-Uta de viviendas bioclimáticas de adobe, en Lahuachaca, en la altiplanicie Boliviana. éste ha sido llevado a cabo por arquitectos de ONGS Danesas, utilizando materiales autóctonos y recuperando el saber popular de las chozas cónicas de adobe (ver.Fig 37)



Fig 37 Presente y pasado de las Laka-Uta.



### -Chile

*Destacamos la realización de dos edificios públicos realizados a base de adobe y cerchas de maderas, en los que ha participado el arquitecto Hugo Pereira destaca el hecho de ser espacios con luces y alturas propias de construcciones públicas y el buen comportamiento que presentaron ante el último gran sismo en Chile en 1985.*



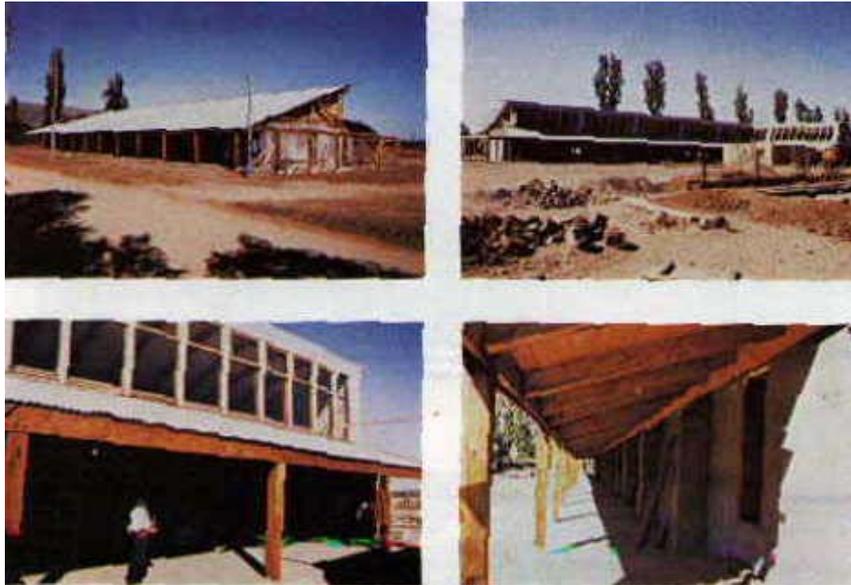
Alzado Este.



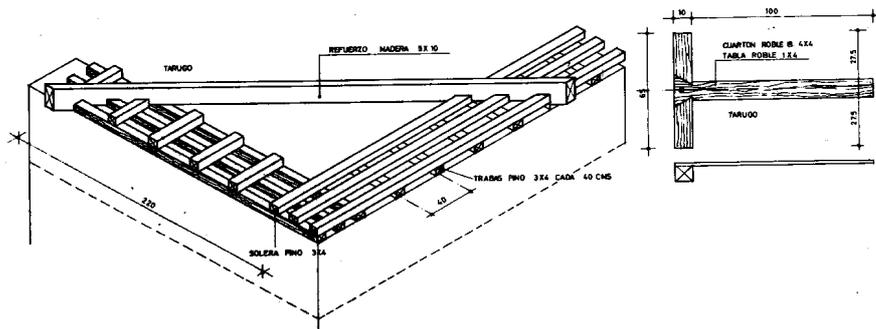
Alzado Sur.



Los muros de adobe, de 10x30 cm. 10x30x58 cm, presentaban una resistencia a la compresión de 16 kp/cm<sup>2</sup>. Para la confección de estos se utilizó tierra de construcciones de adobe aledañas al sector de la obra lo que mejoró la resistencia del adobe al haber mayor presencia de fibras. Igualmente se añadió 5 kg/m<sup>3</sup> de paja de trigo.



Por último cabe destacar como referencia a la actual difusión de la tecnología : "Habiterrra. Exposición Iberoamericana de Construcciones de Tierra" Publicación de la Red Habiterrra que compila en una cuidada edición los trabajos que componen la Exposición Habiterrra, itinerante alrededor del mundo, de cuya coordinación es responsable el arquitecto chileno Hugo Pereira.



## E.E.U.U

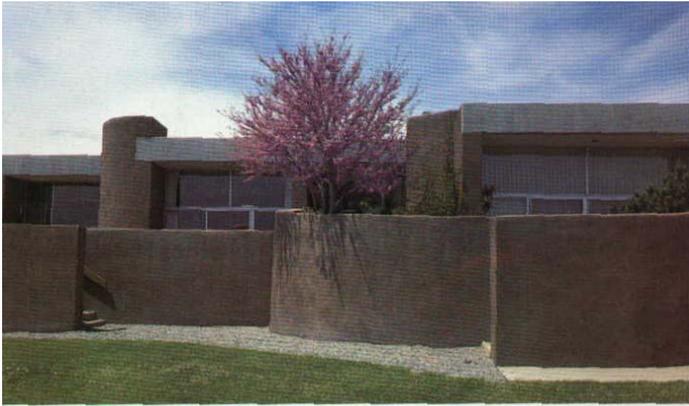
*Tanto Frank Lloyd Wright como Schindler elaboraron proyectos para ser construidos en adobe (1915-1945), residencias y viviendas en Taos, El Paso-Texas.*

*Al Oeste de E.E.U.U., en New Mexico, después de la crisis de los 70, aparecen los actuales pioneros de la construcción en tierra, para viviendas de gran lujo y más tarde aparecerán en California. Tener una vivienda de adobe se convierte en un signo de alto standing. Así lo demuestran los proyectos de:*

grupo de 100 viviendas, denominadas "La Luz", viviendas de lujo diseñadas por el arquitecto **Antoine Predock** en 1975, con ellas se demuestra que la arquitectura en tierra puede adaptarse tanto a las arquitecturas tradicionales como modernas. Su gran valor como ejemplo de reutilización de la tierra como material actual, lo ha llevado a su clasificación en el "Registro Nacional de Sitios Históricos". se construyó en adobe revestido, y forjados de hormigón. (ver.Fig 38. Fig 39)



- **Adrien Dewint**,residencia solar-pasiva Harisson.
- **Georgine y John Mac Gowan**,vivienda bioclimática en tierra semi-enterrada en Sta. Fe 1980.



-**William Lumpkins**, destacado revitalizador de las tradiciones regionales de la arquitectura de tierra, residencia Balcomb, Sta. Fe 1978.

- **David Wright** el pionero de la arquitectura bioclimática, casa Karen Terry vivienda bioclimática en Sta. Fe 1975.

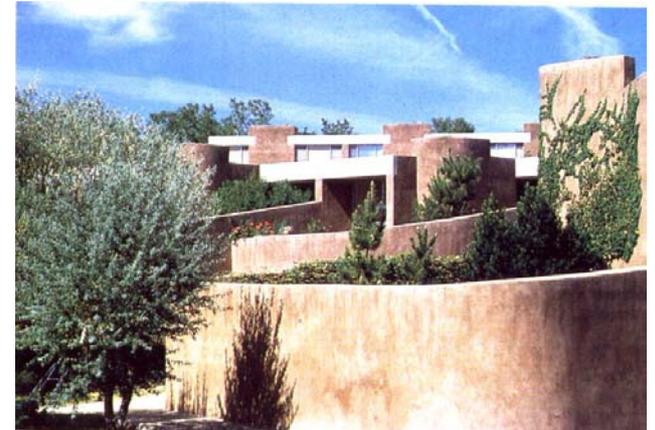
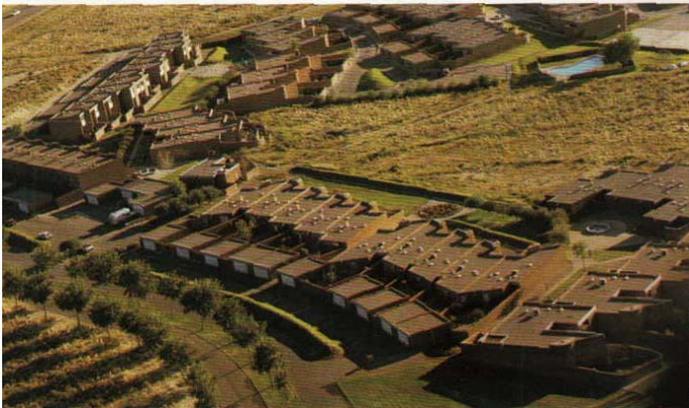


Fig 38 Conjunto suburbano “La Luz” en Albuquerque N. México. Antoine Predock 1975

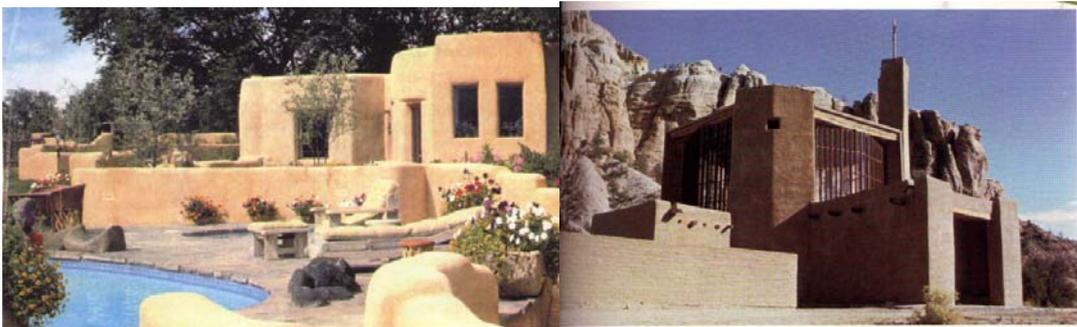
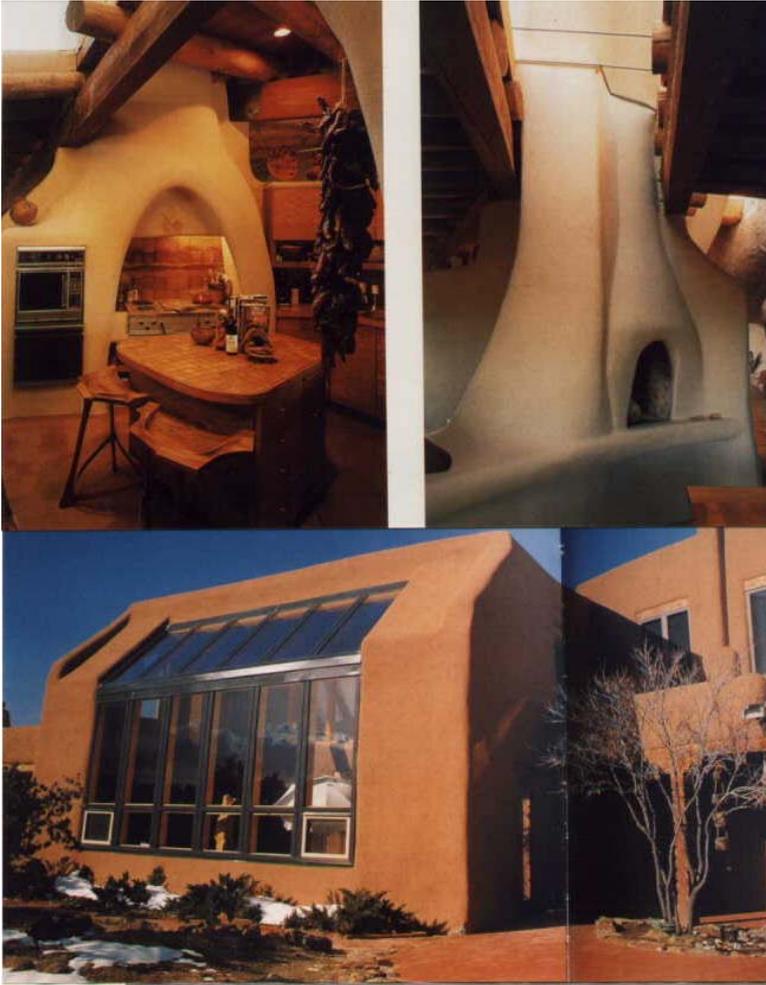


Fig 39 a ) Conjunto suburbano “La Luz” en Albuquerque N. México. Conjunto de 100 viviendas de lujo por el arquitecto americano Antoine Predock. b) Casa de lujo construida en tierra en 1980 en Taos N. México EE.UU. por el arquitecto William Lumpkins c)Capilla en Pueblo Nambe.New Mexico EE.UU 1979.

*En 1976 se edificó el proyecto de George Yakashima del Monasterio de New Mexico. Éste es un arquetipo heredado de construcción tradicional pero con una expresión plástica contemporánea. Precesor de éste fué la Iglesia de Cristo Rey, de 1940 en Sta. Fe del arquitecto americano John Gaw Meem. Éste proyecto representa el edificio moderno de mayor dimensiones, construido en tierra en EE.UU.. Se necesitaron 180.000 adobes, fabricados in situ para construirlo. De la misma tipología y situación está la capilla de Pueblo Nambe de 1979*



*El Proyecto "Zacatecas", en México, ofreció la posibilidad de hacer realidad unas obras de construcción moderna en tierra y adaptada a unas necesidades. Zacatecas es un estado pobre y el ingreso es bajo. La posibilidad de adquirir una vivienda es muy limitada, el proyecto que se diseñó tenía que ser el menor coste posible, teniendo en cuenta que la gente está acostumbrada a una vivienda amplia. Por lo que se consiguió crear una doble espacio interior 65 m<sup>2</sup>. Proyecto de 1.000 viviendas. Tienen el mismo tipo de fachada con alguna variación, se intentó el máximo de muros comunes para rebajar costes, muros de adobe con color para contrastar. La gente ha resaltado mucho que tanto los muros como las bóvedas crean un microclima agradable y los muros al ser de 20cm. crean un aislamiento importante. Las bóvedas son de tierra armada con zunchos de hormigón y tirantes metálicos y los adobes son comprimidos.*

## **PROJECT GAIA CRA-TERRE / ICROMM**

*La Red "Habiterra"(postmaster@cyted.org.ar), es una red que tiene por finalidad la sistematización del uso de la tierra en vivienda social.*

*Esta Red Temática pertenece al CYTED, (Ciencia y Tecnología para el Desarrollo), Programa de cooperación que ha sido constituido por los gobiernos de la península ibérica y los 19 países iberoamericanos.*

*Dentro del Subprograma XIV "Tecnologías para Viviendas de interés social", se enmarca la **Red Temática XIV.a. Habiterra.***

*En la actualidad el Coordinador del Subprograma XIV es el Dr. Arq. Luis Silvio Rios, del Paraguay.*

*La IV Asamblea marcó un punto de inflexión en cuanto a lo que se refiere a orientaciones generales del trabajo de la Red. Fueron temas de proyección:La concreción de una presencia propia en Internet que sirva a la vez como medio de comunicación interno, rápido y barato; la presencia en la Conferencia Mundial Hábitat II a donde se acordó desplazar la Exposición y apoyar la concurrencia de sus miembros al Foro que se desarrollará en paralelo;Concretar una política editorial que permita llevar adelante las publicaciones de la Red con garantías de distribución y protección de derechos autorales;Profundizar el aspecto de difusión a través de la participación en los programas de educación por televisión;La preocupación por el tema conservación del patrimonio en tierra; Propuestas concretas de aplicación material del condimento de la Red en proyectos de construcción de viviendas en Colombia y Cuba.*

## **Relación con otras áreas del conocimiento**

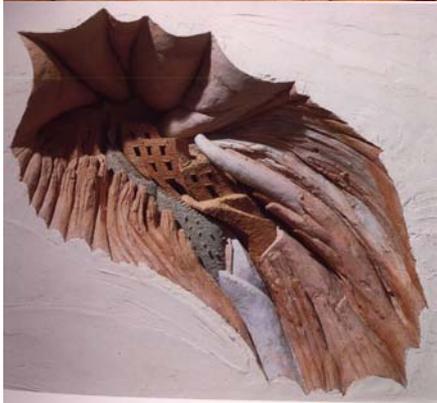
### **Geología**

### **Edafología**

### **Química**

En los anexos puede leerse un breve resumen de los siguientes artículos que aportan información científica de aspectos muy concretos que se abordan en la Tesis.

### Escultura



## Arqueología y Restauración

### La utilización de huesos en la reparación de adobes.

En la ponencia de Ed Crocker <sup>10</sup> expone el sistema que se empleó en la Iglesia de Pajarito (New Mexico), abandonada entre 1938 y 1991, en que fue restaurada. La obra se encontraba erosionada en sus dos tercios, y muchos de los adobes dañados se habían ido sustituyendo por ladrillos, de manera incorrecta y alarmante. Recurriendo a una ancestral técnica, las mujeres del lugar recopilaban y seleccionaban huesos secos por tamaño y grosor. El muro se consolidó con una lechada de cal al 3% de cal hidratada tipo S, con cierto grado dolomítico (favorece la reactividad con los silicatos). Con la misma lechada se amasó el barro para proceder a la reparación de los huecos y zonas erosionadas. Cuando estos eran grandes, se procedía a embeber en el barro un hueso, previamente sumergidos en la lechada de cal. Los huesos ejercían a la vez la función de puente o grapa entre los viejos adobes. El éxito del resultado fue absoluto, ni una fisura. La explicación de ello según Crocker se debe a la homogeneización del trabajo con cal, y la composición del barro. Según él, en el muro saturado con el hidróxido cálcico de la lechada, al entrar en contacto con el barro, se producía un fenómeno de recarbonatación. A parte la tierra tenía un contenido del 80% en silicatos, y cabía contar con el medio favorable dado por el fosfato cálcico de los huesos.

El mismo sistema se quiso aplicar en la zona de Río Grande, pero la alcalinidad del suelo Ph 8.4-9 dada por el alto contenido de carbonato cálcico, hizo superfluo la adición de al en el barro.

## Antecedentes tecnológicos

### Reciclaje de materiales

Es indispensable que los principales desechos de la construcción vuelvan a ser reutilizados como materia prima, introduciéndolos de nuevo en el ciclo productivo. De este modo se reducen los vertidos, pudiéndose ahorrar cierto grado de energía en el transporte y obtención de materias primas. A pesar de ello cabe citar <sup>14</sup> que la energía de ejecución de un edificio (6 GJ/m<sup>2</sup>) sólo representa entre un 15-35% (zona continental-zona mediterránea) de la energía total de funcionamiento en la vida útil (de 40 a 14 GJ/m<sup>2</sup> en 50 años) de un edificio, mientras el mantenimiento material (6.5 GJ/m<sup>2</sup>) puede llegar a igualar los costes iniciales.

La construcción siempre ha tenido la obligación de ser resuelta desde el punto de vista de economía de medios, principalmente debido a su evidente masividad. La adopción de criterios consumistas y de deshechabilidad han sido tan recientes que su peso en la historia de la construcción, en cuanto se contemple el tema con un poco de perspectiva, cabría considerarlo mínimo.

---

<sup>14</sup> "Energy cost of Building Materials and Life-Cycle Assessment. Aut. G. Gulisano, Luigi Marletta y Vincenzo Sapienza. Inst. Fisica.D.Arquitectura Catania, Italia.Environmental Friendly Cities, proceedings of Plea'98, Lisboa, Portugal, Junio 1998. Pág. 521-524. Edit. James & James Science Publishers Ltd. 1998.

Para desesperación de los arqueólogos, si Europa no está llena de ruinas romanas es porque los elementos con que fueron construidos aquellos edificios se convirtieron en materiales de construcción de los edificios carolingios, románicos o árabes. La construcción doméstica siempre ha usado como cantera, además de los materiales que obtenía en el propio solar, el edificio antiguo, obsoleto, más próximo al que podía acceder. El puro economicismo implicó la tendencia natural a la reciclabilidad y esta es una propiedad que ha poseído la construcción desde siempre. Es un valor añadido que no ha tenido ninguna otra industria de creación reciente y que la hace especialmente apta.

Los materiales excedentes (los sobrantes de una cierta civilización) han sido la materia prima idónea para ser usados en la construcción, porque por definición eran los más baratos y además estorbaba su acumulación. La arcilla, la piedra y la madera han sido los grandes materiales primarios de la construcción, pero también lo fueron la piel, en las civilizaciones trashumantes o los huesos de mamut o de ballena en algunos poblados siberianos o de los esquimales. Esta reutilización de los productos de deshecho, aunque fuera por causas puramente economicistas, hoy constituyen la envidia de ecologistas y recuperadores, ya que aquellas civilizaciones "trabajaban a residuo nulo".

El muro de gran grueso conseguido a partir de materiales de derribo (ladrillo, piedra, tejas,...) y un ligante a base de arcilla y cal ha sido un método de construcción que ha satisfecho un amplio periodo de la historia de la construcción y que únicamente se abandonó cuando el ladrillo permitió realizar, con mucho menos esfuerzo, paredes de igual resistencia que aquellas. Por ejemplo, a mediados del siglo XIX, en el barrio del Raval de Barcelona, se construyeron edificios de 6 plantas de altura con paredes de ladrillo de 0,14 m. de espesor, que son, con mucha diferencia, las estructuras domésticas más osadas construidas en la Europa de su tiempo. Mucho más reciente, ya en la época industrial (pero no consumista), se registran "tics" interesantes de ahorro en el transporte (cuando tenía que hacerse a partir de considerables esfuerzos humanos y equinos) que se caracterizan por la minimización de los residuos de las obras. La reutilización de los materiales de construcción, como siempre, estaban a la orden del día. Los ladrillos de la construcción anterior eran recuperados, también las vigas, las barandillas y por supuesto todos los materiales metálicos. Lo que iba al vertedero era muy poco.

Un ejemplo interesante de aplicación de estos criterios fue la demolición de las construcciones de la Exposición de 1888. Estas construcciones, realizadas con los materiales más convencionales de su momento tenían que ser eliminadas una vez concluida la Exposición ya que se encontraban en solares que el Municipio había arbitrado como de uso "a precario". Con los sobrantes que se generaron en la demolición se construyeron numerosos edificios en el ensanche de Barcelona. Quizá los más característicos fueron los que conformaron la Plaza Urquinaona. Curiosamente, algunos de ellos han subsistido como han podido, hasta nuestros días, por los problemas endémicos que les ocasionó el haberse contaminado con termitas procedentes de los suelos donde se ubicó la exposición.

## El reciclaje de los residuos en la propia construcción.

La posibilidad de la utilización de los derribos como estabilizantes o coadyuvante a la fabricación de estructuras encofradas de tierra estabilizada pasaría por un previo conocimiento del comportamiento de los diferentes elementos de derribo o subproductos<sup>15</sup> industriales y sus reacciones con la tierra base o los posibles revocos.

Respecto a la presencia de sulfatos (entre un 0,2 a un 0,56%) sería determinante a la hora de utilizar cementos con contenido de aluminatos tricálcicos. (problemas de expansividad-Sales de Candlot), aunque cabe la posibilidad de que determinadas tierras plásticas pudieran absorber las reacciones, ayudando a un mejor endurecimiento.

En cuanto al contenido de madera (0,13 a 0,3%) sería compatible (analogía antigua paja en adobes), con la capacidad de estabilización mecánica de las arcillas expansivas, a la vez de mejorar sensiblemente la capacidad de aislamiento térmico de los paramentos.

El alto contenido, que se ha observado en los derribos, de carbonato cálcico (20%) como de hormigones remoltrados abriría las puertas a una reutilización de ambos como aglomerantes activos dentro de la tierra estabilizada.

Los estudios granulométricos de las máquinas trituradoras de escombros ofrecen una gama de granos comprendida principalmente alrededor de los 20mm, esto limita su utilización directamente, pero complementa perfectamente a tierras con excesos de arcillas y granulometrías con demasiados finos (<60%)



### Hormigones de Reciclaje.

Durante los últimos años se han dado un gran número de estudios<sup>¡Error! Marcador no definido. ¡Error! Marcador no definido.</sup> sobre Hormigones de reciclados, para buscar una vía de salida a los millones de Toneladas de escombros que origina el sector de la Construcción. De momento la única salida que tienen estos residuos es su utilización como subbase de carreteras y autopistas (proyecto. Subbases de las rondas de Barcelona 1992/ empresa Tecnirunas, Granollers 1999). Seguramente esto se basa en que la incorporación de residuos en un hormigón convencional de

cemento portland perjudica substancialmente su resistencia característica, con lo cual hay pocos incentivos para substituir los áridos de cantera por residuos machacados.

Así los estudios referenciados de la Universidad de Oporto<sup>¡Error! Marcador no definido.</sup> obtuvieron en 1997 las siguientes conclusiones en sus trabajos de laboratorio:

<sup>15</sup> "Introducción de Subproductos de otras industrias, materiales reciclados, materiales reciclables, el Mercado de la Segunda mano" Aut.Xavier Elias y castells. Borsa de Subproductes. Ponencias I Jornadas de Construcción y Desarrollo Sostenible. Barcelona Mayo 1996 pag.45-47 Edit. CO.Arqtos.Técnicos de Barcelona

Valorización de subproductos:  
Barros de papeleras para ladrillo ligero-ETSArquitectura del Vallés.UPC; Barros de industrias de acabados de superficies para fibras aislantes- UB.Geológicas; Escórias de RS.Urbanos -UdGirona; Taladrines para árido expandido - UPC.Ingenieros de Caminos; Barros de depuradoras EDAR para bloque aislante térmico ECOBRICK -ETSAV. Arquitectura del Vallés; Arenas de Fundición para panel aislante acústico-UB.Geológicas.

Excesiva porosidad de los granos > 5% (EH 91). Esto repercute en la durabilidad del hormigón y requiere un exceso de agua en el proceso de fabricación, que a la larga conlleva una bajada del 15 % en las resistencias de compresión y flexión, del módulo de elasticidad y una gran retracción y fisuración. En el caso de que se utilicen solo las arenas de reciclaje esto puede llegar hasta el 20%.

En este estudio aconsejan no utilizar arena de reciclaje ya que tiene más de un 7% de absorción de agua. Además se recomienda la fracción entre 7 y 12 mm. Otra recomendación para poder utilizar los áridos de reciclaje sería su regado previo, para evitar demandas excesivas de agua o la absorción del agua propia de la hidratación del cemento. esto repercute en la adherencia árido –cemento, con las consecuentes bajadas de resistencias.

La utilización de un aditivo plastificante permite disminuir la cantidad de agua, aumentar la trabajabilidad, ya que se obtiene la misma consistencia con la mitad de agua.

Cabe citar los resultados obtenidos en la Tesis doctoral de Marilda Barra<sup>16</sup> donde se determina un consumo mayor de cemento, aproximado al 7.2%, para poder obtener resistencias de 40Mpa. Asimismo se produjo una reducción del 20% en el módulo elástico. Y se comprobó que un contenido de hasta un 40% de ladrillo triturado era bueno para la mejora a los ensayos de gelifración.

---

<sup>16</sup> "Estudio de la durabilidad del hormigón de árido reciclado en su aplicación como hormigón armado" Aut. Marilda Barra de Oliveira. Dtor.Enric Vázquez.UPC.



## Bioconstrucción-Baubiologie, Bioclimatismo y Permacultura

En la última década ha crecido notablemente una mayor conciencia arquitectónica en los países Germánicos Escandinavos. Este movimiento se denomina Baubiologie o Biología de la construcción, el cual combina una construcción más saludable con una sensibilidad medioambiental.

John Bower, David Pearson<sup>[Error! Marcador no definido.]</sup>, Mariano Bueno, los arquitectos Josep Bonfill (COAC.Vallés) y Myriam Goluboff (Univ.La Coruña, miembro de la Comisión Edificios saludables de la UIA), Luís de Garrido (Univ.la Salle. Barcelona), Pierre Sabady<sup>17</sup>, y otros más, han realizado un gran esfuerzo para promocionar el concepto de casa saludable.

Actualmente la mayoría de Colegios Profesionales y Universidades se han volcado en el tema, a través de la realización de Masters, exposiciones y publicaciones:

- I Exposición de Arquitectura Medioambiental Española. (seleccionada una obra del autor)

[www.arquindex.es/arquitecturamedioambiental](http://www.arquindex.es/arquitecturamedioambiental)

- Master en Edificios Inteligentes. Simbiosis entre Arquitectura, Tecnología y Medio Ambiente. Barcelona, COA.Malaga y Valencia. [www.salleURL.edu](http://www.salleURL.edu)

- Convenio del 3 de Octubre de 1999 entre el Consejo Superior de los Colegios de Arquitectos de España y el Fondo Mundial para la Naturaleza WWF/Adena para la Promoción de una Arquitectura Respetuosa con el Medio Ambiente.

- Cabe destacar también los estudios entorno el impacto ambiental de la edificación expuestos en las "I Jornadas de Construcción y Desarrollo Sostenible"<sup>18</sup>, Barcelona 1996 COATB como : " La vivienda de Bajo impacto ambiental" aut.J.Miró R.Vilalta Inst.del Medio Ambiente y las Ciencias Sociales.S.A; "El Proyecto Hiades".Aut. J.Lluís Rovira Instituto Cerdà; "Deconstrucción versus derribos masivos". Aut.Caterina Ramis.Dr.Gral.Arquitectura.Generalitat de Catalunya;" El ACV una herramienta básica para la Gestión Ambiental" Aut. J.Rieradevall P.Fullana. AEIC; "El ACV aplicado a los materiales y a las soluciones constructivas".Aut. Fructuós Mañà.ITEC.

- Oficina para la Sostenibilidad del Ayuntamiento de Barcelona. C/Nil Fabra 20.

En América del Norte está teniendo lugar un movimiento similar, inspirado por el deseo de combatir la contaminación química y el deterioro del ambiente. Destacan pioneros como Debra, Dadd-Redalia, que desde ya hace tiempo está llevando a cabo campañas por un estilo de vida moderno "no tóxico, natural y respetuoso con el planeta. También el arquitecto y constructor estadounidense Paul Bierman-Lytle cuenta con muchos edificios saludables en su curriculum y un próspero negocio en la venta de suministros para la construcción respetuosos con el medio ambiente.También se desarrolla paralelamente el estudio psico-sociológico del hábitat como entorno curativo y educativo.

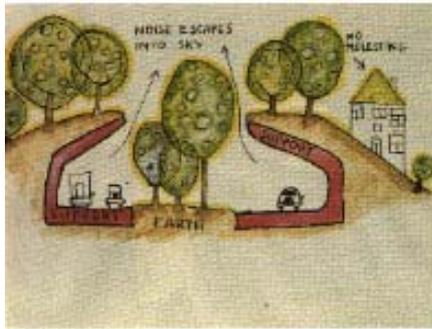
Es el caso de Carol Venolia, arquitecta californiana que conecta la salud ambiental con un bienestar más profundo. También la Antroposofía, originada en la filosofía de Goethe por Rudolph Steiner 1861-1925, afirma que la forma tiene un efecto profundo sobre el comportamiento y los sentimientos. Es principalmente por nuestros movimientos corporales que experimentamos la arquitectura. Hoy en día los arquitectos antroposóficos están convencidos que los edificios orgánicos contribuyen a que sus habitantes experimenten una nueva creatividad y personalidad en

<sup>17</sup> Edificación Solar Biológica. Aut. Pierre Sabady

<sup>18</sup> "I Jornadas de Construcción y Desarrollo Sostenible", Barcelona 1996 COATB. " La vivienda de Bajo impacto ambiental" aut.J.Miró R.Vilalta Inst.del Medio Ambiente y las Ciencias Sociales.S.A; "El Proyecto Hiades".Aut. J.Lluís Rovira Instituto Cerdà; "Deconstrucción versus derribos masivos". Aut.Caterina Ramis.Dr.Gral.Arquitectura.Generalitat de Catalunya;" El ACV una herramienta básica para la Gestión Ambiental" Aut. J.Rieradevall P.Fullana. AEIC; "El ACV aplicado a los materiales y a las soluciones constructivas".Aut. Fructuós Mañà.ITEC.

su vida y trabajo conjuntamente a la sensación de bienestar. Se cree que los edificios rectangulares, o aquellos contruidos en forma de cubos, hacen que la gente actue y piense de una forma racional, fría, lógica, materialista y probablemente masculina, para crear, como lo denomina el arquitecto holandés Ton Alberts, "un mundo cúbico". Éste proyectó el Banco Internacional Netherlands Group de Amsterdam, con una multitud de ángulos y formas consiguiendo un lugar agradable para estar y trabajar y que consigue a la vez una mayor eficiencia energética. De manera similar proyecta en Alemania el Arquitecto Marcel Kalberer ([www.sanftestrukturen.de](http://www.sanftestrukturen.de)). Esta arquitectura Verde y organicista tiene algunos exponentes actuales en Arthur Quarmby, con sus construcciones enterradas en Inglaterra, o las similares en Suiza por Peter Vetsch, o las del austriaco Hunterwässer.

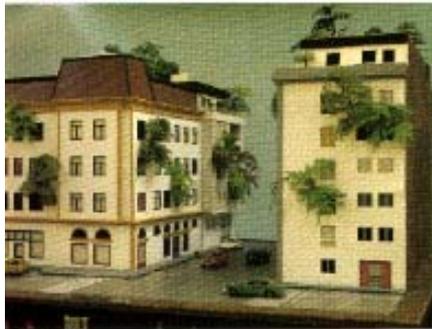




Plan for green architecture



Terrace model



Green model



Model for green architecture



Green model



Green model

## ARCHITEKTUR-MODELLE

Modelle von der Architektur des 20. Jahrhunderts  
im Jahr 1974. 200 Seiten, 120 Abbildungen

Ilustración 1 La arquitectura de Hinterwässer



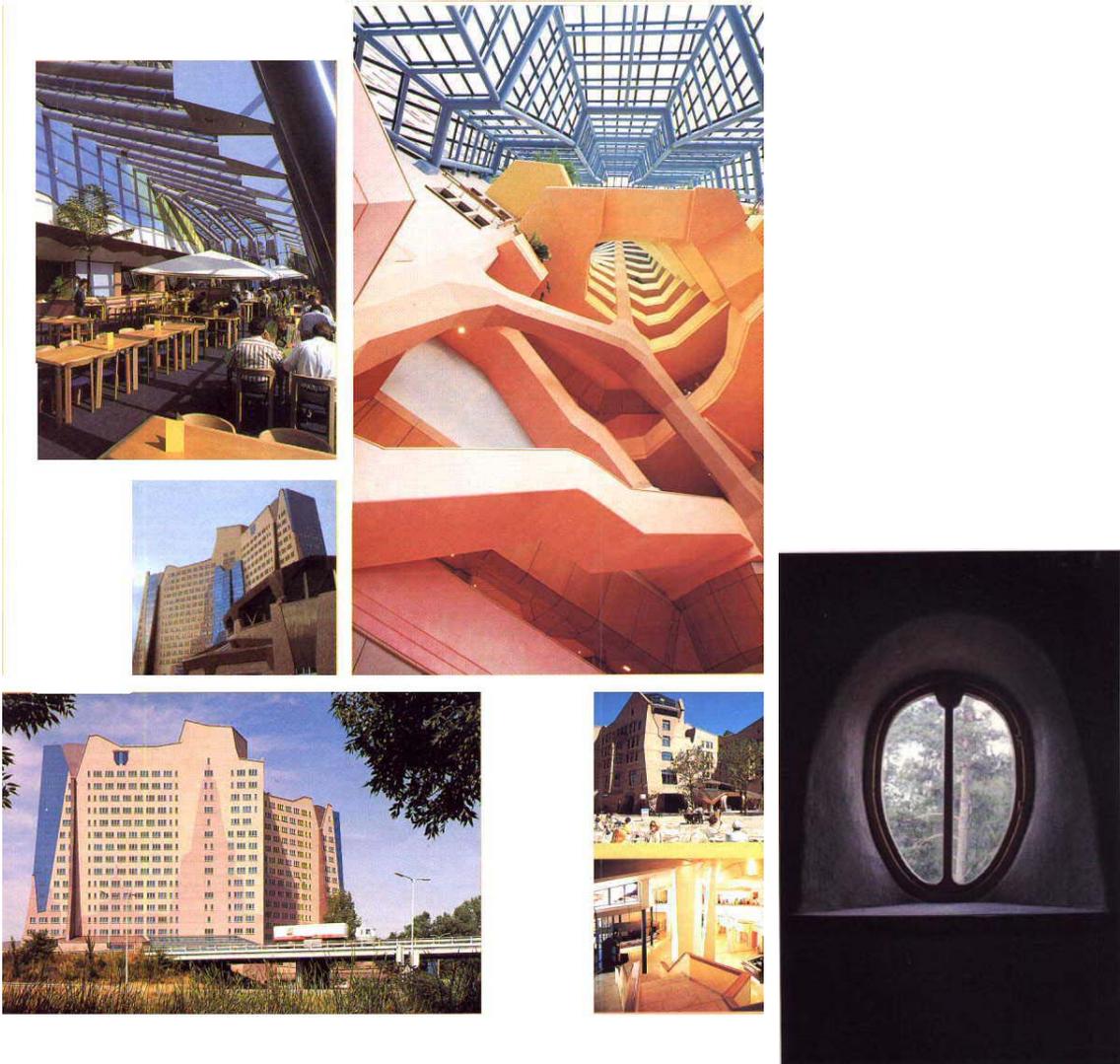


Fig 40 A) Oficina central del Banco del ING. Amsterdam. Ton Alberts y M.Van Huut. Es el mayor proyecto de arquitectura orgánica antroposófica con 10 torres de oficinas. B) Escuela Nibble, Järna, Suecia. Prisma Architecs. Se ejecutaron tres casas de tierra curvadas iluminadas mediante ventanas con formas que siguen los principios antroposóficos.

En esta línea también trabaja el arquitecto Christopher Day, que ha realizado varios proyectos de autoconstrucción de bajo coste en Gales, desde guarderías estilo Steiner a viviendas de piedra con cubierta ajardinada.

En América del Norte y en Europa hay numerosas escuelas y guarderías Steiner y Waldorf en este estilo antroposófico de utilización del color, los materiales y las formas asimétricas. En Suecia, el Seminariet de Järna, de Erik Asmussen, es uno de los edificios más representativos, con varias Husets o casas dedicadas a la música, la danza o Eurythmy, combinadas con las clases, los alojamientos, la Vidarclinic, y la escuela Orjan, en un entorno de extensos jardines biodinámicos y estanques biológicos.

Asmussen también se inspira en el concepto de metamorfosis de Goethe y Steiner. Goethe afirmaba que se podría afirmar una planta como la metamorfosis de la hoja arquetípica. La semilla, el capullo, la hoja, la flor y la fruta no son sino transformaciones y, sin embargo, forman parte de todo un proceso orgánico. De una forma similar, un edificio orgánico y vivo crece a partir de la idea original. Cada forma, espacio, textura y color desarrolla esta idea y la transforma, no solamente para hacer posibles diferentes actividades, sino sobretodo para inspirar y alimentar espiritualmente a la persona. Al ofrecer diferentes elecciones, las formas del edificio ayudan a fortalecer al individuo, lo que refuerza el proceso de autocuración.

## La Organicidad de la Arquitectura

*Una de las ramas más interesantes y profundamente filosóficas del diseño curativo es la arquitectura orgánica. Con una raíz en la cultura tradicional vernácula y el entorno natural, toma una mayor importancia cultural en los movimientos prerrafaelistas, en el de Arts & Crafts, en el Art Nouveau, en el Jugendstil europeo y en el equivalente catalán del movimiento modernista. De este último es indispensable citar al arquitecto mundialmente conocido Antonio Gaudí, que basaba sus diseños en formas estructurales de la propia naturaleza.*

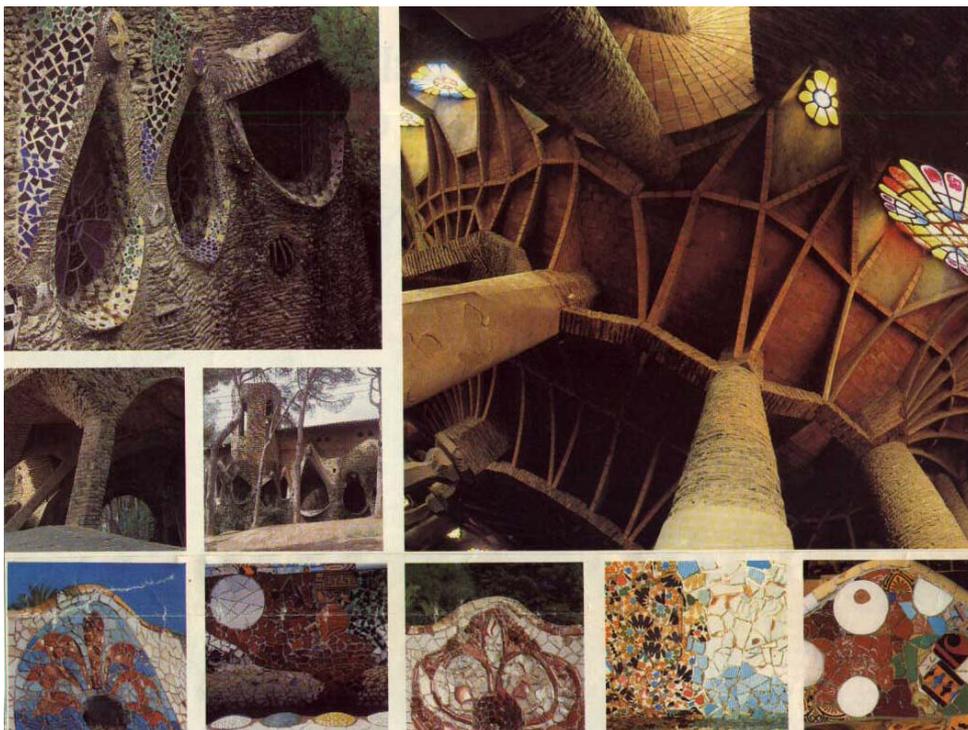


Fig 41 Bodegas Guell, parque Güell y detalles de la Colonia Güell, del Arquitecto Antonio Gaudí.

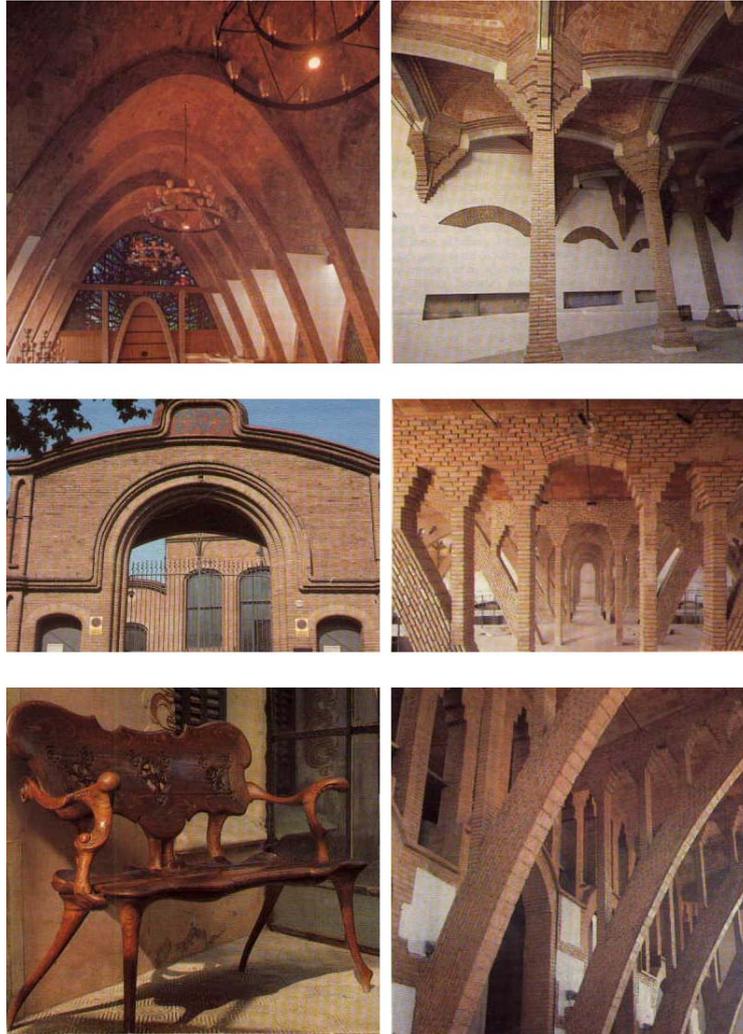


Fig 42 Algunas obras de la Arquitectura modernista catalana, desde las cavas Codorniu de Domenech i Muntaner, el diseño del Banco de Gaudí, y la bodega del sindicat agrícola de Gandesa, Tarragona, del arquitecto César Martibell Brunet. La mayoría de bóvedas se hicieron de cascarón, distribuidas a distintas alturas para dejar entrar la luz.. Posteriormente en EE.UU. Frank Lloyd Wright, conjuntamente con H.H. Richardson (1870) y Louise Sullivan, maestro del primero, inician esta tendencia con formas decorativas. Wright lo adopta además como modelo de diseño, obteniendo edificios con una estrecha relación con la naturaleza y que literalmente amaga el suelo sobre el que eran construidos. Con el mismo punto de vista que Thoreau, afirmaba que el hombre únicamente es un residente temporal en la naturaleza, la cual además no es simétrica. Por tanto el edificio debía ser un digno reflejo de lo orgánico y lo vivo, en un equilibrio dinámico de formas y espacios opuestos y complementarios (soleado-oscurο, abierto-cerrado).

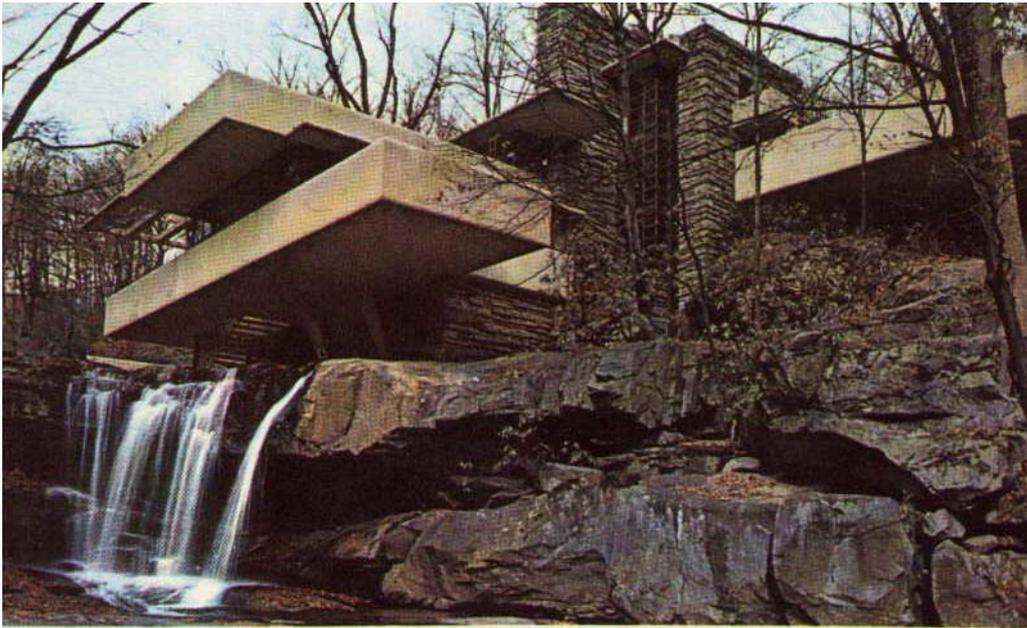
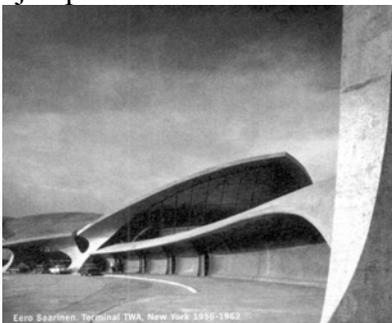
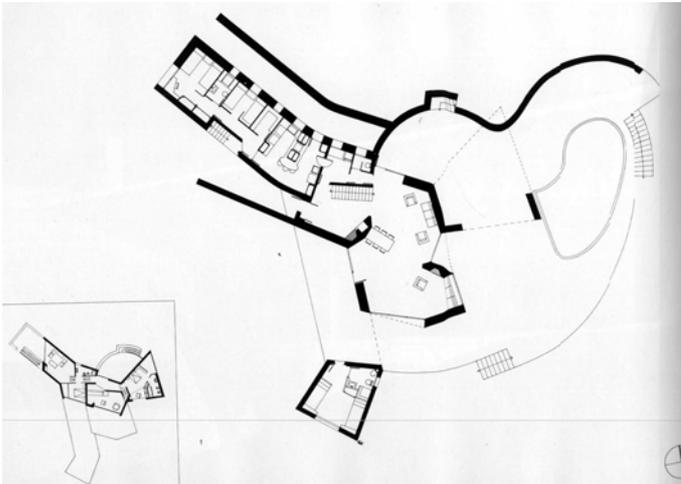


Fig 43 The Fallingwater.Frank Lloyd Wright 1936. Una integración paisajística soberbia a través de un núcleo central de piedra sobre el que se deslizan las losas de los forjados, en una estructura casi estratigráfica.

Fig 44 La organicidad de la Arquitectura no es algo exclusivo de Wright o de las últimas tendencias, Le Corbusier con Ronchamp, Mendelsohn y Eero Saarinen son ejemplo de ello.





Escalera representativa en el vestíbulo del edificio de oficinas «L'Œuf», en Marsella. Proyecto: Centro de estudios «l'Œuf». La escalera usa la planta de entrada que se venía del primer piso. — Estructura: La escalera consta del núcleo central acromiario, que se compone de 24 peldaños formados cada uno por diez laminas encajadas de madera, y de la barandilla horizontal exterior, formada igualmente con laminas de madera encajadas.

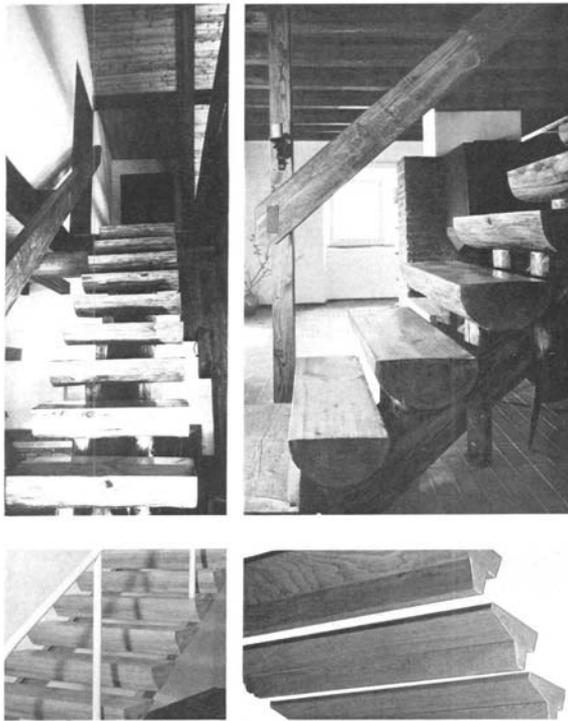


Fig 45 a) Casa Ugalde 19 del Arquitecto J.A Coderch, ejemplo de l'estructuración orgánica mediterránea, fruto sobretodo de la integración topográfica y solar. b) Escaleras de madera laminada centro l'Oeuf, Marsella c) Escaleras de madera<sup>20</sup>.

<sup>19</sup> J.A Coderch de Sentmenat 1913-1984. Edit. Gustavo Gili y Carles Fochs Barcelona 1989.

<sup>20</sup> Detalles Arquitectónicos Modernos. Edit. Gustavo Gili, S.A Barcelona 1975



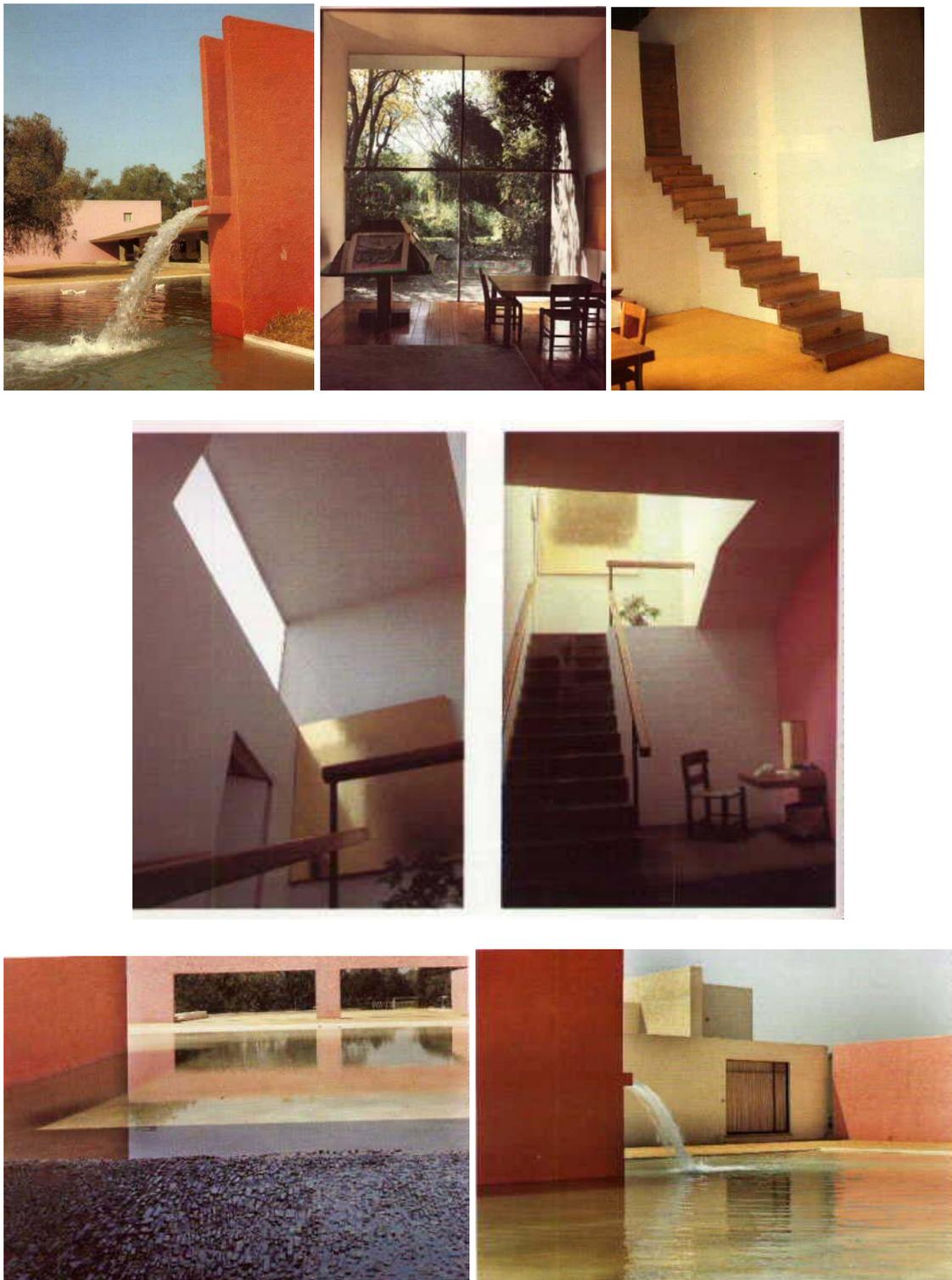


Fig 46 a-f-g) La arquitectura de Luís Barragán conlleva una gran riqueza fruto de la evolución de la cultura autóctona mexicana. Casa Egerstrom 1967/68. Cuadra San Cristobal. b-c-d-e) Casa-estudio Luís Barragán, Tacubaya. México.D.F 1947<sup>21</sup>

<sup>21</sup> Luís Barragán, *Obra Construida 1902-1988* Edit. Junta de Andalucía. C.Obras Publicas. 1989

Arthur Dyson es un arquitecto con una preparación profesional profundamente arraigada a la “Arquitectura Orgánica“, discípulo y aprendiz de Wright, Bruce Goff y Purcell & Elmslie, este último también aprendiz de Louis Sullivan. Define su trabajo más como “reflexivo”, que no como orgánico,



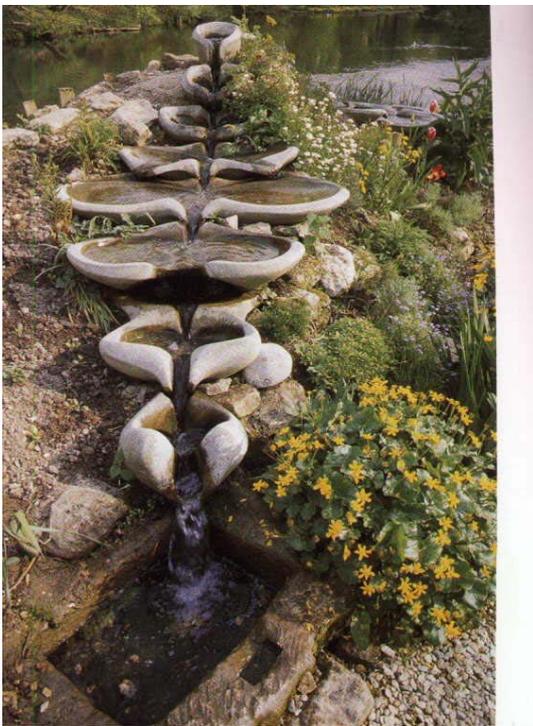
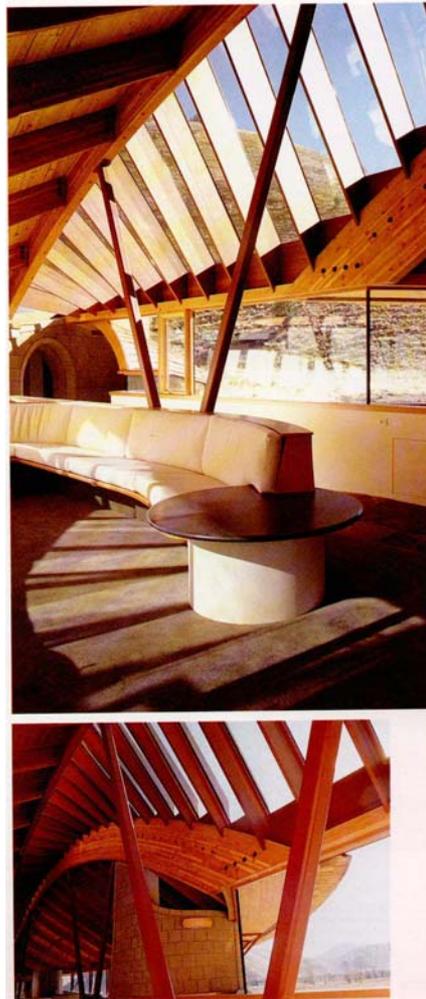
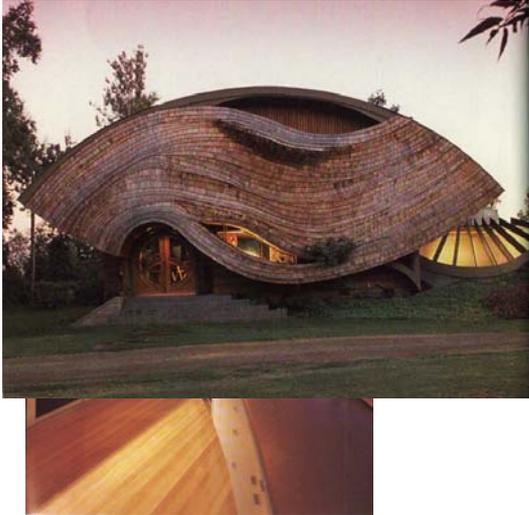


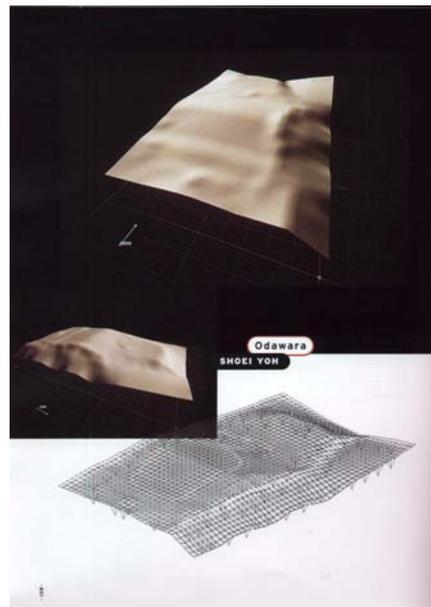
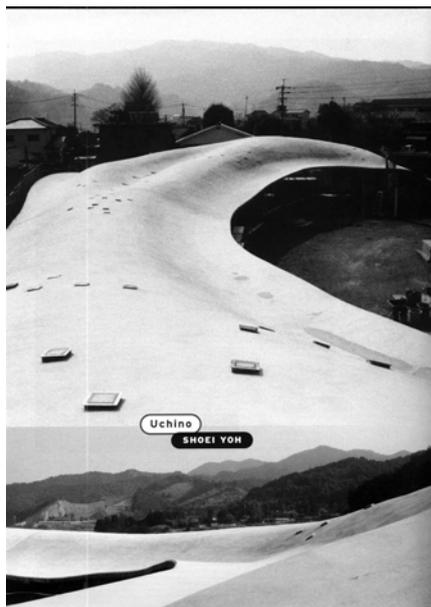
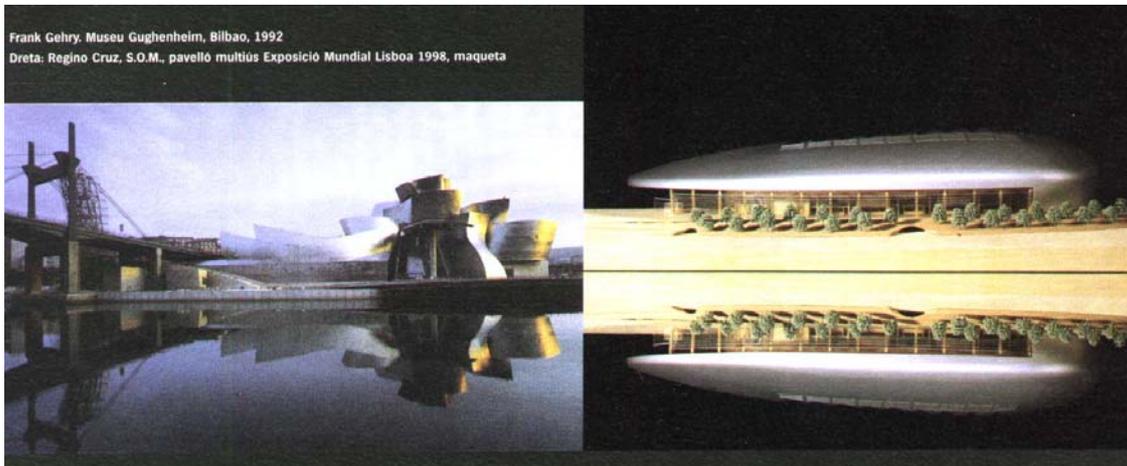
Fig 47 Otro arquitecto americano con una similar forma de proyectar es Bart L. Shier, quien adquiere una diláctica total con las formas y el paisaje. Vivienda Unifamiliar en Idaho EE.UU.

Fig 48 Escultura de John Wilkes, el cual, de forma inconsciente, consiguió que su amplia variedad de movimientos del agua contribuyen a su oxigenación y benefician la vida acuática.

En Hungría destacan los arquitectos Imre Makovecz (Iglesias de Paks y Siófok) y Gyorgy Cset (Iglesia del Sol), que toman como punto de partida de su arquitectura orgánica, a la tradición, la antroposofía y a Wright.

Makovecz, actualmente figura de renombre internacional, basa su lenguaje de diseño en una combinación de espiritualidad, romanticismo y el uso de formas y materiales naturales. Así lo demuestran sus cúpulas, galerías arqueadas techos de pizarra el uso de árboles enteros, sus paredes de cal lechada, y sus interiores de madera en forma de ballena.

A finales de nuestro siglo esta tendencia arquitectónica, más rica en formas y curvas, ha ido adquiriendo un papel más vivo, sobretodo en lo que refiere a edificios públicos. De una forma lenta ha ido desapareciendo la rigidez conceptual de las Vanguardias soviéticas, del Neoplasticismo o de la propia Bauhaus, beneradas todavía en las Escuelas de Arquitectura. Aunque en lo referente a los materiales y tecnologías se esté lejos de una verdadera Ecobioconstrucción, sí destacamos aquí su organicidad, como primer factor representativo de un lento avance hacia nuevas formas de trabajar e integrarse con el medio.



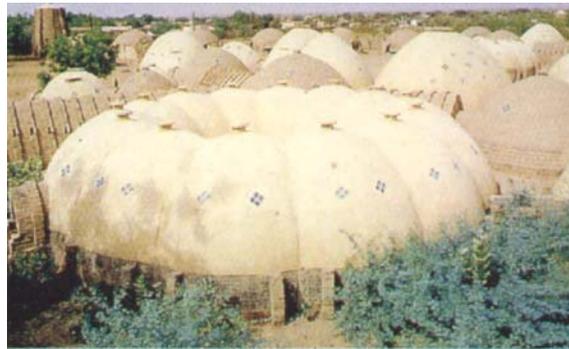
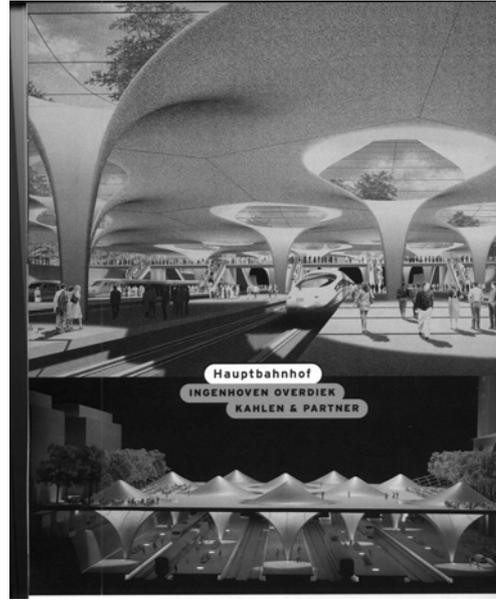


Fig 49 premio Aga Kahn 1997

### La Autosuficiencia del Habitat

Arne Naess, filósofo noruego creador del concepto de ecosofía, distingue entre la ecología profunda y la superficial. Mientras esta última se preocupa más por frenar la contaminación y el agotamiento de los recursos del planeta, la ecología profunda se centra en cambiar el modo de las personas, en base a una mayor autosuficiencia, autonomía, diversidad creativa con una conciencia global. El enfoque de la ecología social no puede evitar un mayor crecimiento, el distanciamiento entre ricos y pobres y la priorización de las tecnologías duras por encima de las blandas.

Otras fuentes de esta nueva conciencia se encuentran en la hipótesis Gaia de James Lovelock, las filosofías orientales y las tradiciones culturales de los pueblos étnicos. Es clave considerar la naturaleza como un sistema de ecosistemas entrelazados, continuos autorregulados, regenerativos y sostenibles, de la cual el hombre también forma parte. Así cualquier edificio aunque sea sólo un ocupante temporal y transitorio del espacio y del ecosistema, puede causar grandes males mientras se encuentre allí.

Algunas personas han intentado romper con este modelo parasitario de asentamiento humano sobre la tierra mediante la vía de la autosuficiencia<sup>22</sup>. Los ejemplos pioneros van desde la “casa urbana integral” de Berkeley, en California, hasta la visionaria ciudad del desierto de Arcosanti, de Paolo Soleri.

Una de las formas más radicales de autonomía son los proyectos de “barco terrestre” del arquitecto Mike Reynolds. Estas construcciones enterradas por tres de sus lados no necesitan de calefacción ni de refrigeración adicional. Están ejecutadas con neumáticos de coche reciclados y rellenos de tierra, arcos ligeros y bóvedas enlucidas sobre una capa de barro. Hasta el momento se han construido unas naves terrestres en Nuevo México y Colorado. Otro proyecto parecido son las “arcas y biosferas oceánicas”, de Jack y Nancy Todd en el New Alchemy Institute en Massachussetts. Aunque el más ambicioso es el de Biosfera 2, un ecosistema totalmente aislado dentro de una estructura de acero y cristal en el desierto de Arizona, cerca de Tucson.



Fig 50 a) Los barcos de Mike Reynolds, hechos con muros de 0.9m. de espesor con neumáticos rellenos de tierra, y tabiquería de latas de aluminio recicladas, tomadas con cemento y revestidas de tierra.. A la izquierda el proyecto Weaber en Taos, Nuevo México, y a la derecha el proyecto Habicht.

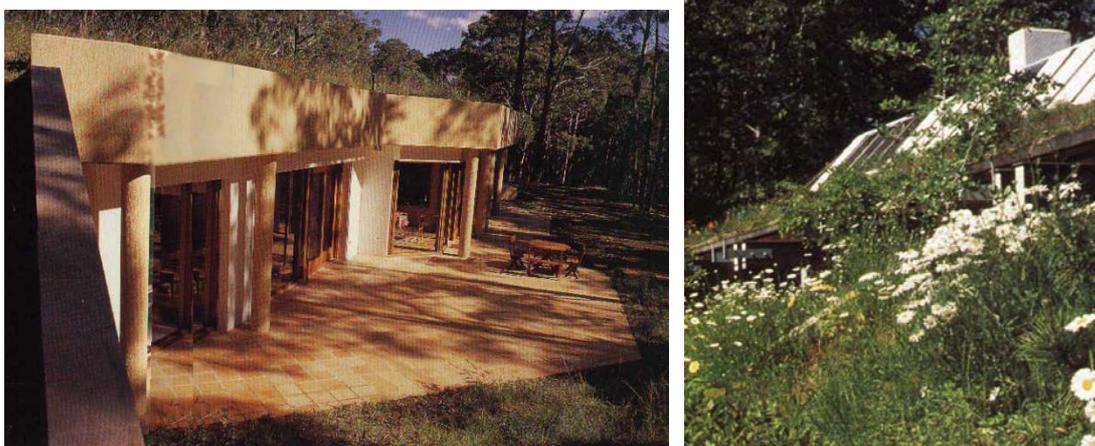


Fig 51 a) Ecospace 3. Nueva gales del Sur. Australia. Arqto. Sidney Baggs. Conocido promotor de edificios de tierra. Casa semienterrada, con cristalerías sur selectivas, acabados interiores antialérgicos y naturales. b) Casa enterrada en Brewster Massachussetts, arquitecto Malcom Wells. También utiliza ventilación natural, iluminación solar, tratamiento de los residuos, calefacción, y aire acondicionado naturales.

Otra línea actual de diseño armonioso con la naturaleza es la **Permacultura**, desarrollada por los australianos Bill Mollison<sup>23</sup> y David Holmgren. En la práctica supone la planificación de un sistema desarrollado, que asocia estructuras de diversidad de especies productivas animales y vegetales, vivaces o aptas para asegurar su propagación útiles al hombre y, al propio tiempo,

<sup>22</sup> La casa autónoma Aut. Brenda y Robert Vale edit. Gustavo Gili Barcelona 1981.

<sup>23</sup> Permaculture One, Permaculture Two. Bill Mollison. Universidad de Hobart. Tasmania -Australia.1972/74

establecer un sistema energético completo, racional, válido, seguro, estable, autoregulado y de mínimo mantenimiento, en simbiosis con las actividades humanas. Es la fusión permanente de Agricultura, Silvicultura, Arquitectura, Ingeniería, Sociología, Psicología, Economía, Antropología, Biología, Geología y Edafología. Su objetivo principal es la creación de sistemas y microclimas autónomos y sostenibles, que a partir de la creación de masas vegetales y masas de agua proporcionen un entorno habitable, cubriendo las necesidades materiales e inmateriales de sus pobladores. Las masas vegetales dan: abonos orgánicos, alimento, medicina, forrajes, materias primas, fibras, tintes, energía. Y las masas de agua ayudan a crear el microclima, tener reservas de agua para riego y consumo, ejercer una reflexión solar y regulación climática, y poder obtener policultivos acuáticos. Para diseñar un buen edificio hace falta en primer lugar, que cada ecosistema local funcione correctamente.

Con estas tendencias también destaca en Noruega el Grupo GAIA, que diseña edificios basados totalmente en un cambio constante acorde con los ciclos naturales, denominándolos la "casa ecociclo". Los desechos de una parte de la casa se convierten en energía para otra parte. Los materiales higroscópicos como la madera, la tierra, el yeso y las fibras naturales de plantas, ayudan a regular la humedad gracias a sus propiedades naturales y sus estructuras celulares. El aislamiento dinámico del armazón del edificio utiliza las mismas propiedades porosas para proporcionar una ventilación controlada en toda la estructura y así evitar la condensación. La calefacción y la refrigeración se basan en las fuerzas termodinámicas autorreguladoras y reducen al mínimo los complejos, aparatos eléctricos tales como radiadores y ventiladores. Los procesos biológicos de las plantas se utilizan para ayudar a refrescar el aire interior y limpiar y reciclar las aguas residuales. El hecho de utilizar en la construcción materiales locales resistentes, como la tierra, la madera o los ladrillos reciclados, permiten un mantenimiento sencillo y una larga duración. Todos los componentes de madera se airean para que sean desmontables y así evitar los pegamentos y adhesivos. De esta manera utilizando clavijas de madera y pernos de metal se asegura una estructura reutilizable y reciclable. También aquí la casa forma parte de un sistema de permacultura que incluye el reciclaje de agua, de los residuos y el cultivo de las tierras.

Otro grupo de reconocido prestigio es Gerica Internacional, invitado en 1992 a hablar sobre arquitectura ecológica en la conferencia de la Unión Nacional de Arquitectos que se celebró en Estocolmo y Helsinki. Este organismo se declara a favor del equilibrio y la integración de la construcción con los ecosistemas para lograr un modo sostenible de vida para todas las especies de este planeta.

En 1982 ya el ingeniero húngaro Stephan Bartha, fundó la Association for Ecological Design, conjuntamente con el profesor sueco Bertram Broberg. A raíz de esto en 1990 se fundó la EDA en Inglaterra y la SEDA (Scottich Ecological Design Association).

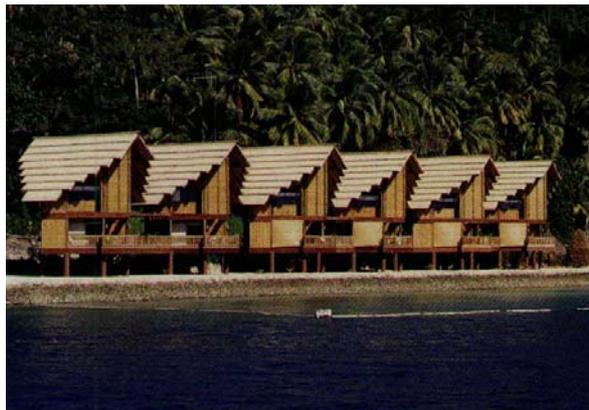


Fig 52 En respuesta al expolio de los bosques tropicales de las Filipinas, el arquitecto Francisco Mañosa considera al bambú como la única planta que puede crecer suficientemente rápido para hacer frente la creciente demanda de viviendas. Alojamientos al sur de las Filipinas, diseñados de forma respetuosa con la belleza de la zona y utilizando el bambú de una manera muy actual.



Fig 53 a) Hotel Bay Island, Islas Andaman 1982. Charles Correa. Serie de pabellones con amplios tejados en voladizo, alrededor de patios y con amplios pasos de viandantes, aprovechando ingeniosamente las brisas y la luz del lugar. b) Las casas de Belapur, en Nueva Bombay, India 1986. Agrupación de viviendas de poca altura autoconstruídas y con posibilidad de futuras ampliaciones, ejecutadas alrededor de pequeños espacios comunitarios y servicios públicos.

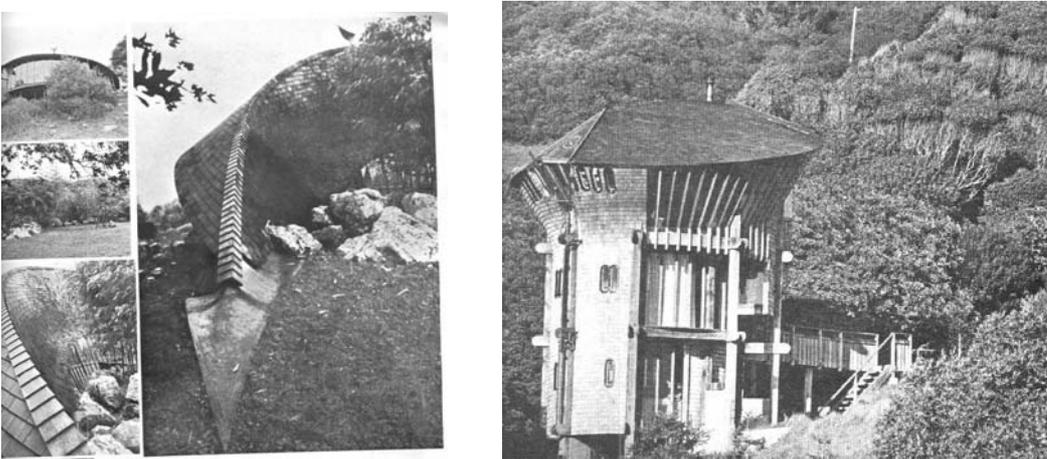


Fig 54 Proyectos de Val Agnoli, arquitecto y maestro constructor, su casa y un proyecto que sigue la forma de los árboles.

### Ecohábitats y ecoaldeas

Muchas ciudades y pueblos tienen buenos ejemplos individuales de alternativas verdes, como lo representan la multitud de ecoaldeas escandinavas, alemanas, americanas y danesas, y actuaciones como:

- **Bamberton**, Canadá. Es el pueblo de reciente construcción más habitada y ecológicamente responsable de América del Norte. Ubicado en la ensenada de Saanich, cerca de Victoria en la Columbia Británica, engloba una superficie de 630 hectáreas, la cual podrá llegar a albergar a 12.000 habitantes. El promotor es la South Island Developement Cooperative, que cuenta con la subvención de cuatro grandes sindicatos de la zona. Los principios tecnológicos empleados son la reducción de los residuos y su reciclaje, la utilización de materiales de construcción no perjudiciales para el ambiente, diseños ergonómicos, y un sistema de transporte que represente un ahorro energético.

- **Cristal Waters**, Australia. Es la primera aldea permacultural del país. Se ubica en una zona de 260 ha. cerca del Parque Nacional de Conondale Range. Esta aldea para 300 personas, ubicadas en 80 parcelas, fue diseñada por los permacultores Max



Lindegger y Robert Tap, Geoff Young y Barry Goodha. Se utilizaron técnicas de silvicultura y repoblación y de horticultura intensiva. El pueblo armoniza con el paisaje con plantaciones multifuncionales que no sólo proporcionan sombra, cobijo, color y belleza, sino también alimentos, hierbas, forraje y semillas.

- **Urban Ecology**, EE.UU. en 1975, tras la experiencia de Arcosanti, Richard Register fundó la organización de Urban Ecology, en un intento de orientar la ciudad de Berkeley, en California, hacia un desarrollo ecológico. En 1990 organizaron la primera conferencia internacional sobre ciudades ecológicas, con unos 800 asistentes. La segunda "Ecocity II", tuvo lugar en Adelaida, Australia, en 1991, y "Ecurbs", 1992, se celebró en Brasil justo antes de la conferencia de la Naciones Unidas sobre Desarrollo y Medio Ambiente.

- **Ecoaldea del Parque Nacional de Abel Tasman y Golden Bay**, donde residen unas 20 familias. En el proyecto rigen los principios de la permacultura, la biología, la bioarmonía y la ecología. destaca la labor del arquitecto Reinhard Kanuka-Fuchs, director del Building Biology & Ecology Institute de Nueva Zelanda.

- **Centro de Amsterdam**. Sin tráfico rodado.

- **Zona residencial de Milton Keynes**, en Inglaterra donde se han creado técnicas de reciclaje muy avanzadas.

- **Pueblo Ecológico del Aguilar**, en la Alta Ribagorza, Aragón, España compuesto por 15 bioconstrucciones, de la Arquitecta Petra Jebens.

- *El Municipio Rehabilitado de Amayuelas, en Tierra de Campos, Palencia.*

- *Ecoaldea de Valdepiélagos, Madrid*

- *Kreuzberg en Berlín. Ecorestauración de viejos bloques de apartamentos.*

- *Ecoaldea Davis, California.*

- *Ecoaldea Ithaca, Nueva York.*

- **Ecoaldea de Cobbhill. EEUU.** "New buildings are proposed to be built with concrete foundations and wood framed walls, floors and roofs. They will be covered with a combination of clapboard, shingle, or vertical shiplap siding and will have standing seam metal roofs. They are designed to be compact and very energy efficient, and will be very well insulated.

The site plan has been configured in such a way that the buildings break down into 3 pods, each sharing a common heating system, consisting of an efficient gasifying wood boiler, and radiant distribution loop. All systems will be designed for add on solar water heating. All roofs will be designed to accommodate Photovoltaic installations as well. The buildings will all have composting toilets, and water conservation features. Grey water will be collected and treated through a leach field at the foot of the hill to the south of the parking shed in a play field area".

<http://www.coopsports.com/cobbhill/genprojdesc.htm>

- **Botucatu**. Ciudad Brasileña, donde su desarrollo viene regido por la Antroposofía.

- Centro de Tecnología Alternativa (CAT), Gales. Centro de investigación y de divulgación.

*En él viven y trabajan más de 30 técnicos, entre los que hay arquitectos, ingenieros, constructores, profesores, horticultores, biólogos, etc. Se pretende conseguir la autosuficiencia. El centro no está conectado a la red eléctrica y produce la energía que necesita por medio del sol, el viento y el agua.*

- En Dinamarca unos 15 proyectos están ya construidos o en fase avanzada. Destaca la ecoaldea de **Sol og Vind**, casi autosuficiente con energías renovables. La Ecoaldea de

**Torup**, de los arquitectos de Jens Aaberg y Mathies Jensen. aunque el proyecto más ambicioso es **Egejerggard**, con 48 urbanizaciones.

**SOLPLETTEN**

Traditional half-timbered farmhouse with a modern active and passive solar design (as row houses the original straw roof was not permitted).

They have heat storage under the floor and possibly a warm, heavy stone- or brick-core with a mass stove in the middle of the house save fuel energy for heating.

The greenhouses have insulated windows. The heavy walls and the roofs are insulated on the outside with compacted mineral wool and have weatherproof surfaces.

Architect: Flemming Abrahamsson.



Farewell ritual for the first international workcamp.

**GUIDED TOURS:**

From May until October there are guided tours on Saturdays at 3 pm (in winter only in even weeks).

There will be extra tours on Wednesdays at 7 pm June, July & Aug.

The fee is 20 kr pr. adult and the tour takes 1 - 2 hours.

Group tours at other times can be arranged for a fee of 600 kr.

The office is open on weekdays from 10 am to 2 pm.

The café is open on Saturdays from 2 pm to 5 pm.



## Ecological Village Community

Økologisk Landsbysamfund K/s,  
Dyssekildegård,  
Hågendrupvej 6, Torup,  
DK-3390 Hundested.

Tel: (+45) 4798 7026 and

(+45) 4792 4568

Fax: (+45) 4792 4581

Giro: 8 62 20 00



**THE DOME GROUP**

There are both aesthetic and practical reasons to choose the dome shape. Aesthetically, the round space feels closer to nature. Practically, heat loss is reduced by as much as 30 % (and extreme cases up to 70 %). The bigger and the more flat the dome is - the better. The domes have passive solar heating with electric heating supply or Finnish mass stove.



The earthsheltered solarage house.

**OVERVIEW**

The idea of combining co-housing with eco-village design was formulated in 1982. The wish to realize wholeness in our divided lifestyle through integration of settlement, self-sufficiency and local trades has been foremost in creating the base of the common vision.

In 88 the community of EV bought a big farm (Dysekildegård) with 13 hectares of land including 5 ha of building zone. An untraditional and flexible district plan with 5 co-housing groups (80-100 houses) was accepted.

During 89 and 90, the development budget had to be reduced to about 15 % of the original budget in order to get started. By then, only 65 members of EV (out of 110) continued with the plan. The first 14 houses were erected.

Later, in 92, the first three co-housing groups gradually settled, and the first section of the fourth group was ready as apartments for lease-holders. In 94, the second section was also ready.

A broad spectrum concerning age, trades and social status is represented. Membership is open!



**WATER, ENERGY, RESOURCES**

A water treatment design has been built and approved according to the Camphill design from England. Both grey and black water is filtered vertically. In a few houses compost toilets will be installed.

Until now active and passive solar energy design has been installed as the main source of heating in the houses - also passive annual heat storage is being tested. Some houses have Finnish mass stoves.

In 94, a 450 kW windmill was erected on the land and later there may be 1 or 2 more. There will also be 3 autonomous houses with 12 Volt systems installed - partly as a demonstration program.

Recycling of resources has already been done on a regional basis: Glass and bottles, paper, clothes, batteries, metal and certain plastics. Most organic material (food waste) is given to the animals.



**ARCHITECTURE**

The 4 different groups (a 5th one is still open for new members) have their own individual character and manage their own areas.

**HØJAGER:**

row-house apartments with passive solar design for lease-holders. Extra insulation (also insulated windows), solar heated water, greenhouses are standards, but the rent is still in an average range.

Architects: Jens Aaberg Jørgensen, Mathies Jensen.



**DYSAGER:**

was originally called the Experimental House Group, and was started in 87. It includes very different owner-builder houses with individual designs for building systems and energy technologies.

Many houses are built with recycled materials: bricks, tile, timber, boards, glass and even paperinsulation. Four of the ownerbuilders have consulted architects.

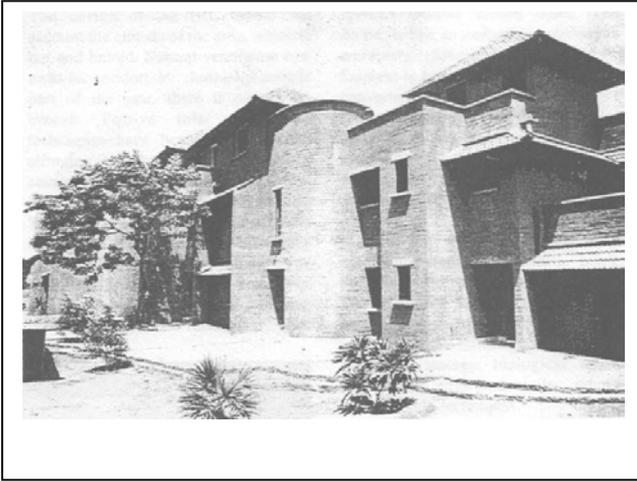
**-Auroville Building Centre. ¡Error! Marcador no definido.**

Auroville es un asentamiento localizado cerca de Pondicherry, en el área costera de Tamil Nadu, un estado en el sur de la India, fundado en 1968. Treinta años más tarde, lo que era un desolado paisaje, se ha convertido en una jungla gracias al esfuerzo de repoblación de sus pobladores.

El centro científico de investigación CSR de Auroville, desarrolla, transfiere y promueve desarrollo sostenible a través de energías renovables, reciclaje de residuos y aguas, reforestación y tecnologías de construcción apropiada y de bajo coste.

Debido a una baja calidad de los ladrillos cocidos de la zona, y la tradición constructiva de la tierra, provocó el desarrollo de la tecnología de la tierra comprimida. Para mejorar el coste y la eficiencia del proceso se diseñó una prensa autóctona capaz de fabricar 850 bloques diarios, denominada "AURAM PRESS 3.000".

Los techos estan construidos de ferro-cemento y de cúpulas segmentadas en las habitaciones. Columnas, arcos, pilares y muros son construidos con CEB (Compressed Earth Blocks) estabilizados con un 4-5 % de cemento. Las cúpulas son terminadas con tejas delgadas de tierra comprimida, de 5 cm. de espesor, y manufacturadas con la prensa AURAM. Estas cúpulas se construyen sin ningún tipo de encofrado, y se les da una sección de esfera.



Los proyectos se adaptan al clima local, cálido y húmedo, utilizando las ventilaciones cruzadas para obtener mayor confort. En la época del año en que no hay brisas se utilizan técnicas de ventilación solar pasiva, como las chimeneas solares que provocan un ascenso rápido del aire caliente. También destaca el uso de la cocina solar diseñada por Suhasini Ayer Guigan, que genera vapor. Este es un gran ejemplo de eficiencia energética ya que con ella se cocinan tres comidas diarias para 1.000 personas, y además se usa el vapor para procesos

alimenticios y el servicio de lavandería. El vapor se genera en una esfera acristalada y recubierta con espejos adheridos, de 18,65 m. de diámetro seccionado a 60° con una caldera suspendida de un brazo en el centro. Está construida con piezas prefabricadas de ferrocemento y muros y pilares de CEB.

Auroville como un experimento para realizar la unidad humana, ha de encontrar nuevos principios de acción en su organización, funcionamiento y planificación para una población de 50.000 personas. El desarrollo medioambiental y arquitectónico en Auroville será una búsqueda constante de respuestas a este reto. Desde el Matrimandir, la base espiritual en el centro, la población está dividida en cuatro zonas principales, creciendo en forma espiral: cultural, industrial, internacional y residencial. En la Zona Residencial, Auroville manifestará su alma grupal en el entorno físico, con una diversidad de formas arquitectónicas y con una constante búsqueda de la mejor integración de los edificios con la naturaleza. La Zona Cultural, cuyas actividades estarán enfocadas en la búsqueda de una nueva forma de vivir, una nueva cultura y un nuevo proceso de aprendizaje, consistirá en laboratorios, academias de música, arte y teatro, un auditorium, bibliotecas, un estadio para deportes y el Instituto Internacional Sri Aurobindo de Investigación en la Educación (SAIIE). La Zona Internacional incluirá los pabellones nacionales de diferentes

países, y también alojará las sedes de varias organizaciones internacionales. Auroville intenta llegar a ser auto-suficiente, y con esta perspectiva, la Zona Industrial tendrá Industrias y talleres de pequeña y media escala, y centros de aprendizaje para diferentes oficios, incluyendo la alta tecnología. Las industrias serán no contaminantes, y en armonía con los ideales de Auroville. Situada a medio camino entre el centro y los límites exteriores de la ciudad, la Corona, la avenida principal, pretende ser un circuito de interacción y comunicación, el pulso de Auroville. Rodeando el área de la ciudad habrá un cinturón verde circular de bosques, parques, viveros y un jardín botánico. Con más de una docena de poblaciones en las cercanías, con unos 30.000 habitantes aproximadamente, habrá que poner especial atención al desarrollo de los poblados. Como parte del amplio programa que se contempla para mejorar y desarrollar estos poblados vecinos, existe el proyecto de poner en marcha un modelo de poblado experimental en el que se utilizarán nuevas técnicas de construcción de bajo coste, y que irán acompañadas por fuentes de energía renovables. También se instalarán sistemas de purificación de agua sanitaria, vertidos residuales, etc.

-El pueblo de **LLabería** en la Ribera d'Ebre(Catalunya) tiene instalada la instalación solar autónoma mayor de España con 18Kwp. para 47 viviendas.

- En Alemania está la importante **Lebensgarten**, donde residen 130 personas.

- En Escocia se encuentra **Findhorn**, que se ha convertido en uno de los modelos más estudiado de todo el Mundo. La comunidad cuenta con una fábrica propia de paneles solares, un centro de medicina holística, librería, escuela, y una línea de productos naturales.

- En Italia también existen más de una docena de ecoaldeas. **Bagni di Lucca** es la más conocida.

-Incluso en África se ha conformado la **Ecoaldea de Yoff**, como forma de supervivencia del subgrupo Lebou de la etnia Walof ante el crecimiento descomunal de Dakar.<sup>24</sup>

-Urbanización Schafbruhl, Tübingen Alemania.1982, construida con criterios de Ecobioconstrucción para crear ambientes sanos y agradables a partir de: considerar el sol, las vistas y la topografía; utilizar materiales saludables; zócalos radiantes a baja temperatura; cimentaciones con cal; aislamiento con lana de roca celulosa y papel; utilización de invernaderos y hiedras perennes (norte) y caducas(sur) en las fachadas; enlucidos exteriores con mortero de cal y pinturas minerales; instalación eléctrica en estructura de árbol, con bioswitch de desconexión nocturna; etc.

- Sistema Sabana -Camagüey<sup>25</sup>, zona de desarrollo turístico regida por las siguientes pautas de desarrollo sostenible:

Aprovechamiento y reciclaje del agua; evitar la construcción en manglares y lagunas; utilizar sistemas constructivos preferentemente manuales; utilizar energía solar; evitar los terraplenes y hacer los caminos y calles sinuosos; evitar las instalaciones en playas, ya que rompen el perfil natural y crean problemas de regeneración, también por ello hay que evitar la incidencia en las dunas; utilizar pivotes sobre el terreno; evitar la extracción de materias primas; repoblar con especies autóctonas las cubiertas ajardinadas; utilizar ordenamiento urbanístico dispersos; construir con colores claros, ventilación cruzada, poca compartimentación interior, cubiertas inclinadas, iluminación natural y protección solar.

-El plan estratégico de desarrollo sostenible para la Mancomunidad de **Beturia**<sup>26</sup>, Huelva, España, contempla : la ejecución de proyectos bioclimáticos; con materiales autóctonos naturales y renovables, no contaminantes, reciclados y reciclables; utilizando energías renovables de forma eficiente integrándolas con formas de cogeneración; diseño a partir del ciclo integral del agua, con reciclaje, bajo consumo, y depuración.

Cabe destacar el interés en este tipo de desarrollo urbano que ha motivado eventos como:

- Congreso de Ciudades Ecológicas organizado por la UNAM. Universidad Nacional Autónoma de México.1993

- Congreso Plea 98 " Environmentally Friendly Cities", celebrado en Lisboa, Portugal, en Junio de 1998.

Asímismo, un arquitecto de gran prestigio mundial como Richard Rogers ha dirigido el informe "Towards an Urban Renaissance", base para la rehabilitación urbana de las ciudades inglesas con una clara óptica de mejora del medio ambiente.

[www.regeneration.detr.gov.uk/utf/renals](http://www.regeneration.detr.gov.uk/utf/renals)

*Para Rogers la ciudad sostenible del futuro debe ser policéntrica, compacta, con diversidad de actividades, conectividad, ecologismo, inclusión social, buen diseño y poder económico.*

---

<sup>24</sup> "Ciutats". Cuadernos de Educación Ambiental UNESCO. 1993

<sup>25</sup> Habiterre 98. Holguín Cuba. Congreso sobre construcción ecológica con tierra. UNAICC

<sup>26</sup> " Two Urban projects within Mancomunidad Beturia ( Sur-Andévalo, Huelva) strategic plan for sustainable development" Aut. José Pérez de Lama y José M.Cabeza E.V. Arquitectura, Urbanismo y medio Ambiente.Univ. de Sevilla. Environmental Friendly Cities, proceedings of Plea '98, Lisboa, Portugal, Junio 1998. Pág. 115-118 Edit. James & James Science Publishers Ltd. 1998.

<sup>26</sup> Cobjo "Shelter". Edit. Blume Madrid 1979

## Bioclimatismo.

Desde los primeros asentamientos neolíticos, el hombre ha aplicado el sentido común para obtener unas mejores condiciones de confortabilidad en su entorno más inmediato, su habitat. De este modo para el diseño de éstos ha sido básico el conocimiento y adaptación a los factores climáticos locales, lo que posteriormente se denominaría bioclimática. Como ejemplo de ahorro energético basado en el aprovechamiento de la energía solar (con el ritmo de estaciones y de cultivos habituales en el Mediterráneo) lo constituye la casa rural catalana (la masía, derivada de la palabra tardoromana "mansus"). Este tipo de edificio estaba acabado superiormente con una cubierta fuertemente ventilada. En la última planta (las "golfes" o buhardilla), situada bajo la cubierta de teja árabe, se cuidaba especialmente que no faltara un volumen importante de paja que actuaba como aislamiento. El consumo de los forrajes durante la estabulación estacional de los animales iba eliminando esta capa y cuando se llegaba al verano había desaparecido la mayor parte de este "aislamiento" y se permitía la libre ventilación de la cubierta.

A pesar de que la bioclimática, como técnica, es algo inherente al saber popular y una forma lógica de hacer lugares más confortables con el menor consumo energético, ésta pasó desapercibida en la mayoría de historias de la Arquitectura, que generalmente destacaron, en mayor medida, los valores estéticos y formales de la época.

Es, sino, a partir de las crisis energéticas de los 70 y la problemática de la sostenibilidad de los 90, cuando despierta una nueva visión sobre la Arquitectura. Es así como numerosos autores empiezan a desvelar en sus estudios<sup>27 28</sup> como los grandes Arquitectos de nuestro siglo, ya habían utilizado anteriormente parámetros bioclimáticos para sus proyectos. Desde Le Corbusier ( brise soleil y cubiertas ajardinadas), a Frank Lloyd Wright, Tony Garnier, Walter Gropius, Marcel Breuer, Hugo Haring, Richard Neutra, y hasta el mismo Alvar Aalto, para los cuales considerar la radiación y la protección solar eran factores ineludibles para un buen diseño arquitectónico<sup>29</sup>.

Entre los proyectos más actuales de ahorro energético y diseño bioclimático son los que engloban el proyecto Remma. En la ponencia de los miembros del ICIST<sup>30</sup>. Se destaca el proyecto de Chelas en Lisboa, en el cual se establece un ahorro energético cercano al 65%(93,610 kw. h/año), gracias a la utilización de materiales como la termoarcilla y sistemas activos como las ventanas SAV, lo cual representa una reducción de emisión de CO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub> del orden de 19 ton. y 15,8 kilos respectivamente por año.

Destacamos otro proyecto de rehabilitación de un edificio de oficinas en Bélgica<sup>31</sup>, en el cual se procuró reducir la energía consumida al menos de 100Kw/h/m<sup>2</sup> año, através de

---

<sup>27</sup> " Le Courbusier's Chandighar from an environmental point of view" Aut. Zainab Faruqui Ali. Univ. Dhaka, Bangladesh. *Environmental Friendly Cities, proceedings of Plea'98, Lisboa, Portugal, Junio 1998.* Pág. 183-186 Edit. James & James Science Publishers Ltd. 1998.

<sup>28</sup> " The friendly city, the sun and Le Courbusier Form, function and bioclimatic response" Aut. J. Martin y Silvia De Shiller. Univ. Buenos Aires *Environmental Friendly Cities, proceedings of Plea'98, Lisboa, Portugal, Junio 1998.* Pág. 221- Edit. James & James Science Publishers Ltd. 1998.

<sup>29</sup> " Who was the first solar architect?" Aut. Donald Watson, Faiaa. *Environmental Friendly Cities, proceedings of Plea'98, Lisboa, Portugal, Junio 1998.* Pág. 213-215 Edit. James & James Science Publishers Ltd. 1998.

<sup>30</sup> "Energy conscious building desing". Aut. M. Gamboa *Environmental Friendly Cities, proceedings of Plea'98, Lisboa, Portugal, Junio 1998.* Pág. 233 Edit. James & James Science Publishers Ltd. 1998.

<sup>31</sup> "CCB-VKB : Refurbishment of and existing office building designed to reduce its energy consumption below send kWh/m<sup>2</sup> por year". Aut. P. Samyn, P. Wouters, S. Martin y J.F. Roger France. Univ. Bruselas - CSTC. *Environmental Friendly Cities, proceedings of Plea'98, Lisboa, Portugal, Junio 1998.* Pág. 299 Edit. James & James Science Publishers Ltd. 1998.

protecciones solares, chimeneas térmicas ventilación refrigerante nocturna, precalentamiento del aire por colector solar y la utilización de materiales no polucionantes. Otro caso de cubierta solar para calentamiento del aire, es la pequeña ciudad de Plan Les Ouates<sup>32</sup>, en un suburbio de Ginebra. Aquí se han construido 10.000 m<sup>2</sup> de edificios plurifamiliares y zona comercial y administrativa, en los cuales se han instalado 1400m<sup>2</sup> de colectores solares y 100m<sup>3</sup> de acumuladores, satisfaciendo al 80% de la demanda energética.

Entre las últimas publicaciones cabe citar las "Trobades Científiques de la Mediterrània"<sup>33</sup> que se realizaron en Maó, en la Isla de Menorca en el año 1990, en las cuales se expuso la necesidad de utilizar sistemas bioclimáticos para frenar el creciente cambio climático. Entre éstos el Proyecto de los Molinos....

En varios estudios<sup>34</sup> se destaca la necesidad de separar la industria de las zonas habitadas, para preservar la calidad del aire, así como eliminar el concepto de "plazas duras". Para contrarrestarlo se deben crear microclimas reguladores del ambiente através de espacios con agua (-1.5°C en pavimentos)<sup>35</sup> y vegetación, la cual obstruye, absorbe y refleja un gran porcentaje de radiación solar, directamente relacionado con la proporción de los espacios que lo contienen<sup>36</sup>.

Cabe considerar que para la calidad ambiental del clima mediterráneo urbano los estudios de la Universidad de Valencia<sup>37</sup>. Se establece que la absorción de radiación por la vegetación y su bajo albedo es del orden del 85-90%. También se retienen contaminantes sobretodo por especies arbóreas como el pino alepensis o el olivo.

Un experimento sobre Atenas de M.Santamouris<sup>38</sup> verifica la formación de islas calientes en la ciudad, donde se agravia con los aires acondicionados, en los cuales se da un descenso de su eficiencia del 25%. Nuevamente se ve la necesidad de dotar a las urbes de espacios verdes, otros materiales de menor albedo, y estudiar el funcionamiento de las ventilaciones naturales. Sobre éste último punto son de interés los estudios de P.Cadima<sup>39</sup> de los patios de Lisboa ( la vegetación puede llegar a provocar descensos de 4°, los umbráculos de 3°, y la utilización de cortinas invernales la fluctuación térmica es de sólo 1°C) o el de J.Pérez

---

<sup>32</sup> "A low energy building with and integrated undcovered solar collector roof in the suburb of Geneva" Aut. G. Branco, P.Gallinelli.Cuepe Environmental Friendly Cities, proceedings of Plea'98, Lisboa, Portugal, Junio 1998. Pág. 369- Edit. James & James Science Publishers Ltd. 1998.

<sup>33</sup> *Energia, Medi Ambient y Edificació.* Aut. J.A.Cusidó, Albert Mitjà, M.R.Soler, Edit. Inst.Estudis Catalans, CIRIT.Generalitat de Catalunya 1990.Colecc.Actes

<sup>34</sup> "The urban occupation in rigorous climate cities" Aut. Denise Helena. "Environmental criteria and design principles for a new community in Brasilia" Aut.Marcio Villas Boas. Environmental Friendly Cities, proceedings of Plea'98, Lisboa, Portugal, Junio 1998. Pág. 133-140 Edit. James & James Science Publishers Ltd. 1998.

<sup>35</sup> "Outdoor cooling by sprinkling processed waste water over pavement"Aut. Hiroaki Wakabayashi. Japan. Environmental Friendly Cities, proceedings of Plea'98, Lisboa, Portugal, Junio 1998. Pág. 175-178 Edit. James & James Science Publishers Ltd. 1998.

<sup>36</sup> "Microclimatic analysis of some urban scenarios" Aut. J.Manuel Ochoa de la Torre y Rafael Serra. UPC ETSAB Dep. Construcciones Arquitectónicas I. Environmental Friendly Cities, proceedings of Plea'98, Lisboa, Portugal, Junio 1998. Pág. 159-162 Edit. James & James Science Publishers Ltd. 1998.

<sup>37</sup> *The Green zones in bioclimatic studies of the Mediterranean city"* F. Gomez, E. Dominguez y P. Salvador. Escuela de arquitectura de Valencia. Environmental Friendly Cities, proceedings of Plea'98, Lisboa, Portugal, Junio 1998. Pág. 208 Edit. James & James Science Publishers Ltd. 1998.

<sup>38</sup> "The Athens urban climate experiment"Aut. Matheos Santamouris. Dept. Física Univ.Atenas Environmental Friendly Cities, proceedings of Plea'98, Lisboa, Portugal, Junio 1998. Pág. 147-152 Edit. James & James Science Publishers Ltd. 1998.

<sup>39</sup> "The effect of design parameters on environmental performance of the urban patio: a case study in Lisbon"Aut. Paula Cadima. Environment & Energy Studies Programme, London. Environmental Friendly Cities, proceedings of Plea'98, Lisboa, Portugal, Junio 1998. Pág. 171-174 Edit. James & James Science Publishers Ltd. 1998.

<sup>40</sup> sobre el funcionamiento del patio mediterráneo, el cual puede llegar a provocar un ahorro energético del 24% para mantener condiciones de confort. La proporción del patio estimada óptima es de 15/31 sup.desarrollo/ sup.planta.

### Bioclimatismo con tierra

La combinación entre bioclimatismo y tecnologías alternativas puede dar como resultado proyectos de bajo impacto ambiental y de muy baja energía de mantenimiento. En el caso de los Prototipos de vivienda de Civano<sup>41</sup>, Arizona, ejecutadas de tierra y paja, el ahorro puede llegar a representar hasta un 65% en energía en comparación a la construcción convencional, 227 MJ/ año m<sup>2</sup> frente a 681 MJ/ año m<sup>2</sup>, solamente con un incremento de costes de construcción del 10%.

En la ponencia de Z.Faruqui<sup>42</sup>, también en Plea 98, destaca la calidad ambiental de las viviendas ejecutadas en bambú y barro, del pueblo de Gurukula, en la India.

Para el concurso Internacional de viviendas bioclimáticas<sup>43</sup> para el centro de Investigación ITER de la Isla de Tenerife, se empleó como recurso constructivo bioclimático la tierra procedente del mismo lugar de la obra, aunque no hay que olvidar otros proyectos bioclimáticos de interés como “La chimenea fría y el Hivernadero frío”( Succión aire tubo enterrado por chimenea solar con aerogenerador) de Amilcar Dos, Frank Le Bail y J.Franç Perretant.

La tierra de composición volcánica, de baja densidad y con un gran contenido de sílice amorfo, era potencialmente un gran aislante y una buena materia prima para ser mezclada con cal.

A continuación podemos ver los paneles de algunos de los proyectos seleccionados.

---

<sup>40</sup> “ A holistic approach to the Mediterranean patio”.Aut. José Pérez de Lama y José Ma. Cabeza E.V. *Arquitectura, Urbanismo y medio Ambiente*.Univ. de Sevilla.. *Environmental Friendly Cities, proceedings of Plea '98, Lisboa, Portugal, Junio 1998*. Pág. 167-170 Edit. James & James Science Publishers Ltd. 1998.

<sup>41</sup> “ Energy performance and traditional neighbourhood design”.Aut. Gonzalo Mosquera. Univ.Arizona. *Environmental Friendly Cities, proceedings of Plea '98, Lisboa, Portugal, Junio 1998*. Pág. 93-98 Edit. James & James Science Publishers Ltd. 1998.

<sup>42</sup> “ Gurukula at Nadia, India: An environment friendly Vedic village”.Aut.Zainab Faruqui Ali and Fuad H. Mallick. *Environmental Friendly Cities, proceedings of Plea '98, Lisboa, Portugal, Junio 1998*. Pág. 141-143 Edit. James & James Science Publishers Ltd. 1998.

<sup>43</sup> 25 Viviendas bioclimáticas para la Isla de Tenerife.Edit. ITER Sta. Cruz de Tenerife 1996.



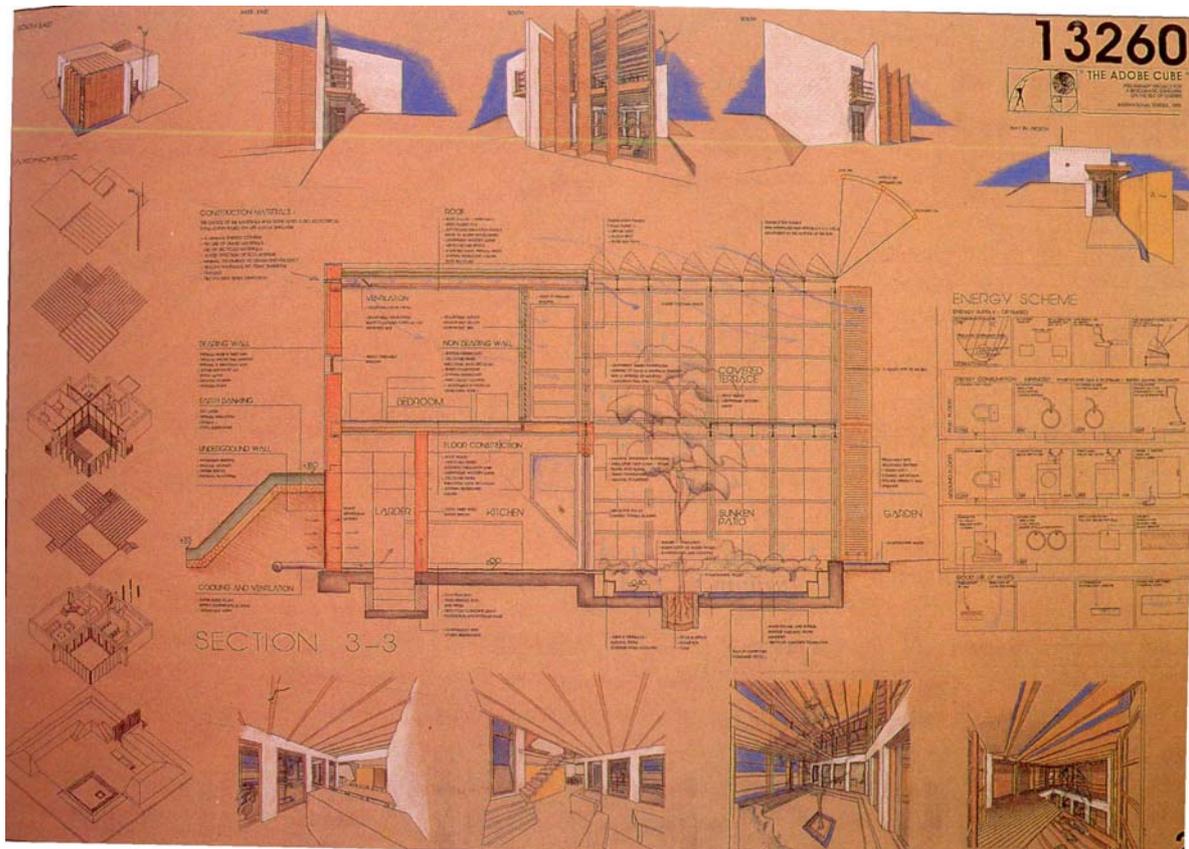


Ilustración 2 The Adobe Cube. Cubo de Adobe de Luc E.G Eeckhout y Jean Pierre Van de Brocke Concurso ITER. 3er Premio. Proyecto organizado en dos plantas día/noche, con un patio climatizador con estanque en un extremo del cubo, protegido del sol exterior por lamas. Alta inercia térmica conseguida por semienterramiento y los muros estructurales de adobe.



evaporación de la cubierta húmeda. También es destacable la chimenea húmeda que encierra en su interior los paneles y colectores solares.

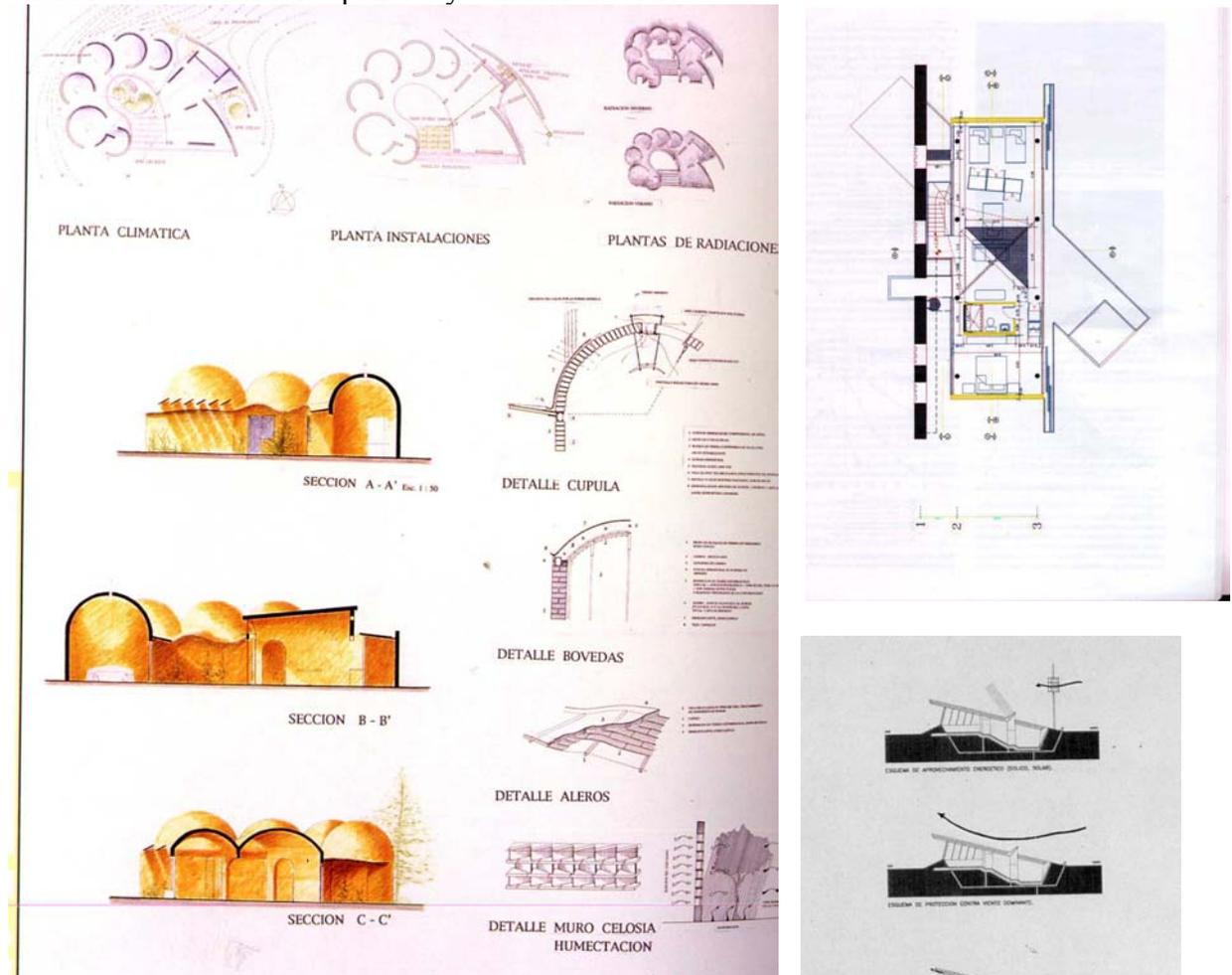
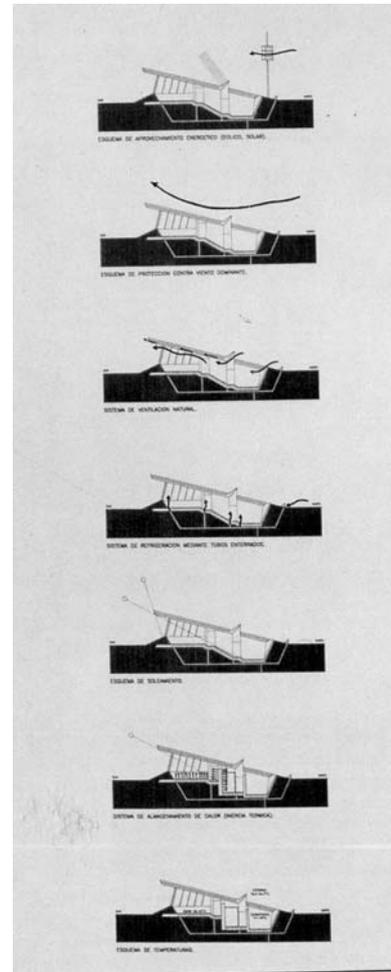


Ilustración 4 Proyectos seleccionados a) El Muro Tapial. Casa semienterrada; Eduardo Vadillo y Joaquín López. ( materiales naturales) y Equipo de Fernando de Retesy Miguel A.Valverde. Utiliza un muro de tapial, ejecutado a partir del proceso constructivo tradicional en las Islas Canarias del siglo XVI al XIX. Tiene una longitud de 19m, un espesor de 0.6m y una altura de 6.5m, (esbeltez 1/10). Consta de piedra basáltica, tierra compactada y cal muerta, con adición de puzolanas y cemento. En el se integran todas las instalaciones solares<sup>44</sup>.

Cabe destacar que el 3er. Premio La casa Protegida con Tierra utilizaba también las propiedades térmicas de la tierra del mismo modo. Aut.Marta Puig y Sergi Serra.

b) Cúpulas de BTC. Proyecto seleccionados Autor G.Barbeta. Sistema de cúpulas nubias de BTC, estabilizado con cal, alrededor de un patio con pergola, en la cual se integran las instalaciones solares.



<sup>44</sup> Informes de la Construcción. Vol 50 n°460, marzo Abril 1999.

## Tipologías constructivas en Tierra

Existen tres sistemas generales de transformar la tierra en elementos de construcción:

1 - Fabricar pequeños elementos individuales (ladrillos, bloques o similares), que se unen con mortero para realizar una obra de fábrica.

2 - Trabajar la tierra en masa, y moldear muros de una pieza, dando lugar a una construcción monolítica.

3 - Recubrir o rellenar de tierra una estructura de un material diferente. En este caso, la tierra no es portante y la solidez del edificio depende principalmente de la estructura portante.

A partir de éstos, se diversifica enormemente, según en que grado de humectación tenga la tierra que se elabore. Este factor determina el proceso óptimo de fabricación pudiendo ser: **manual, por corte o vaciado in situ, por mezclado y relleno, por extrusión, por revoco, por gunitado, por compresión manual, por compresión en máquina por palanca, por compresión hidráulica, por vibrocompresión, por compactación dinámica**

Esto a densidad

A continuación se muestran dos sistemas de clasificación de las tecnologías de construcción con tierra, basadas en estos factores.

La [Fig 55](#) del Cra Terre se basa en el sistema de fabricación y ejecución, organizado según los tres grupos que hemos visto al principio del capítulo.

La segunda [Fig 56](#) muestra el sistema de Hays-Matuk que clasifica en función del tipo de estructura resultante. Ésta complementa a la primera con una amplia clasificación de las tecnologías mixtas que analizaremos a continuación.

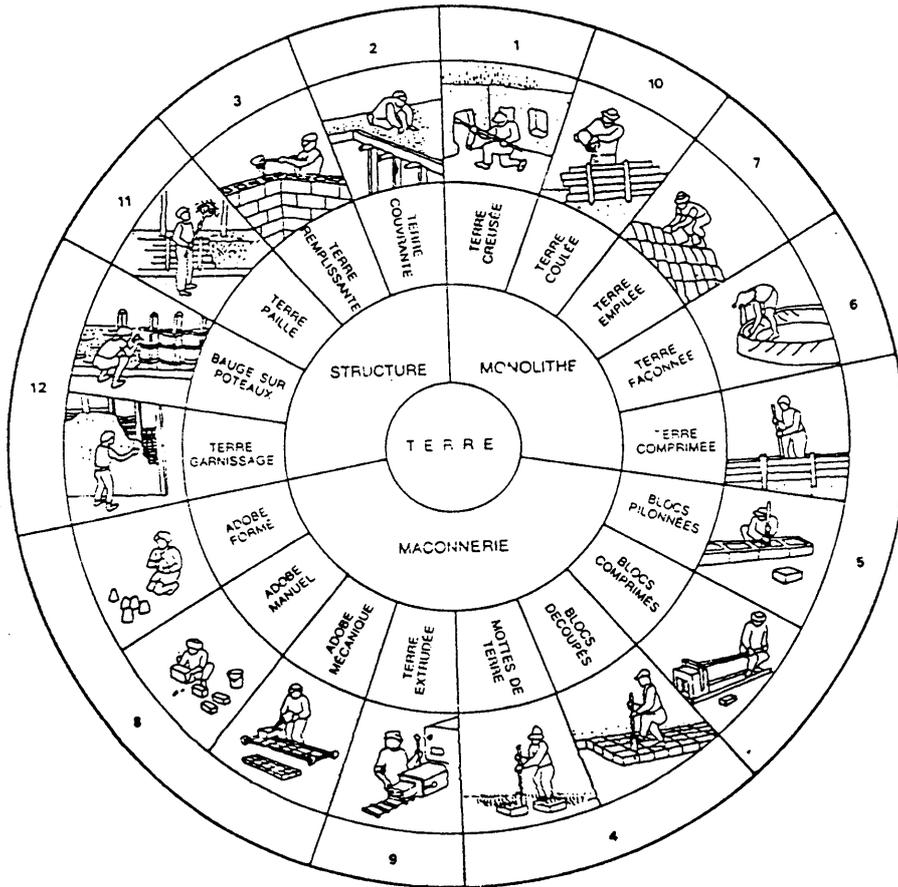
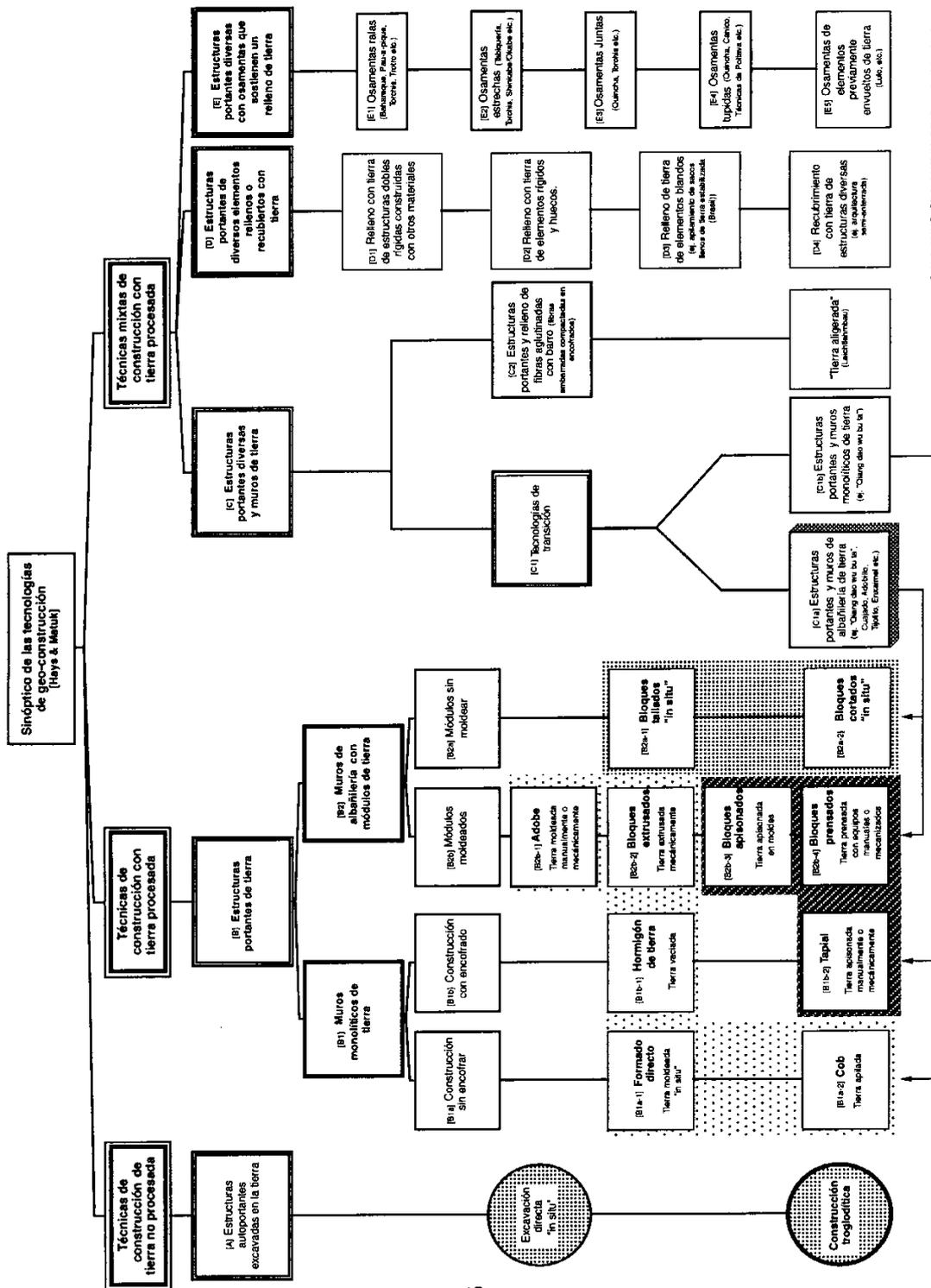


Fig 55 Tipologías constructivas en tierra en función de su uso estructural. CRATerre.



© Alain HAYS, SILVIA MATUK, CRATerre América Latina

Fig 56 Cuadro de las tecnologías constructivas en función del tipo de estructura conformada. Alain Hays y Silvia Matuk.

## Tecnologías mixtas

Tradicionalmente existen multitud de tecnologías mixtas, desde la “quincha”(Perú), “el bajareque”(latinoamérica), “el entramado pinariego”(Castilla-León), “l’encanyisat”de tierra y yeso (Catalunya) y en Francia el llamado “pan -de- bois”, utilizado en las casas típicas normandas, muy parecido al “Leichenbau” alemán. El material de relleno es una mezcla de tierra y fibras vegetales o bien pelos de animales, aplicado en un estado plástico sobre un entramado de pequeñas llatas de madera. En general esta mezcla no recubre la carpintería, sólo los espacios intermedios, creando una construcción muy ligera.

Se trata de unos pilares de madera que se clavan al terreno, y que quedan embebidos en el muro de tierra, que dispone de una base de piedras. La tierra que se utiliza para hacerlo esta mezclada con paja en una proporción de uno a uno, y en estado plástico se van colocando dentro de un encofrado similar al utilizado para hacer tapial. Cada x metros se colocan embebidas algunas llatas de madera horizontalmente, que mejoran la resistencia del muro a la flexión y a la retracción diferencial de secado.

Esta tecnología sería el precedente a lo que denominamos “Hormigones ligeros de tierra estabilizada”.



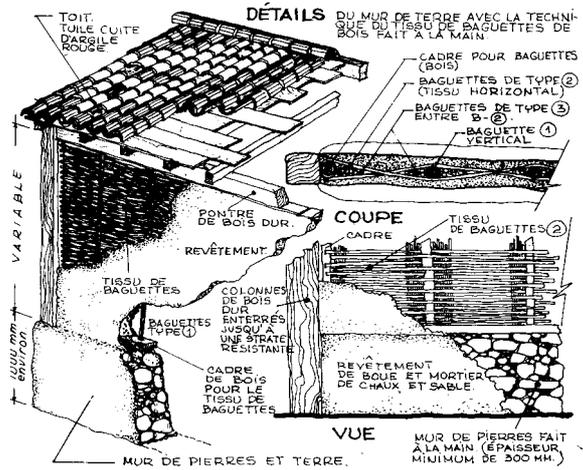


Fig 57 a) Comunidad de Xkesta. Suecia. Técnica del pan de arcilla- Leichtlehm.  
 b) Técnicas de entramado mostradas por Hugo Pereira, Chile. c) Tecnología de entramado en Cuba, donde la madera de Maruba, muestra una gran durabilidad.



### El Bajareque

La edificación de tierra más extendida en todos los lugares de Iberoamérica fue la del Bajareque, y utilizado aún hoy en día. Jiménez de la Espada<sup>45</sup> escribía en 1582:

" La forma de las casas donde viven los indios del distrito de mi corregimiento son unos buios redondos cubiertos de paja".

Estas construcciones, redondas, cuadradas o rectangulares, según las zonas, son de bajareque. este consiste en una estructura de postes de madera clavadas en el suelo o sobre una base de piedra, unidos por una viga superior y otra inferior, y cruzados por un trenzado de ramas recubierto en una oambas caras por un relleno de barro con fibra. La cubierta es también ligera de estructura de madera con vigas radiales soportadas por la pared exterior y a veces con algún soporte interior. El techo es habitualmente de paja. La ligereza, alta resistencia y flexibilidad de este sistema constructivo, le dan una gran seguridad antisísmica.

El artículo de F.Marussi<sup>47</sup> asocia el nombre de bajareque en Colombia a la quincha.

### **El entramado.**<sup>46</sup>

Dentro de las variantes de estas tipologías mixtas destacamos el ejemplo de la [Fig 57 de la ciudad de Santiago de Cuba](#), un entramado de postes de madera y un trenzado de varillas más finas, revestido de tierra. El estudio destaca la resistencia de esta estructura durante más de cuatro siglos a los temblores de tierra.

### **La quincha.**<sup>47</sup>

Vocablo proviniente del quechua, se aplica en Perú tanto a la pared rústica de barro y caña o troncos delgados en las construcciones rurales, como un sistema constructivo formado por armazón de madera, sobre el cual se trenza una membrana continua de caña, sobre la cual se extiende un revoque de barro o yeso.

Las cañas se unian a la estructura de madera a través de muescas o huecos, mediante clavos y "huascas" (tiras de cuero de vaca o carnero frescas y humedecidas, que al secarse se tensaban).

En la arquitectura monumental, esta tecnología se aplicaba en la ejecución de bóvedas. Éstas se construyen estructurando en primer término un armazón o esqueleto de madera (arco fajón, conformado por diversas tablas llamadas camones).

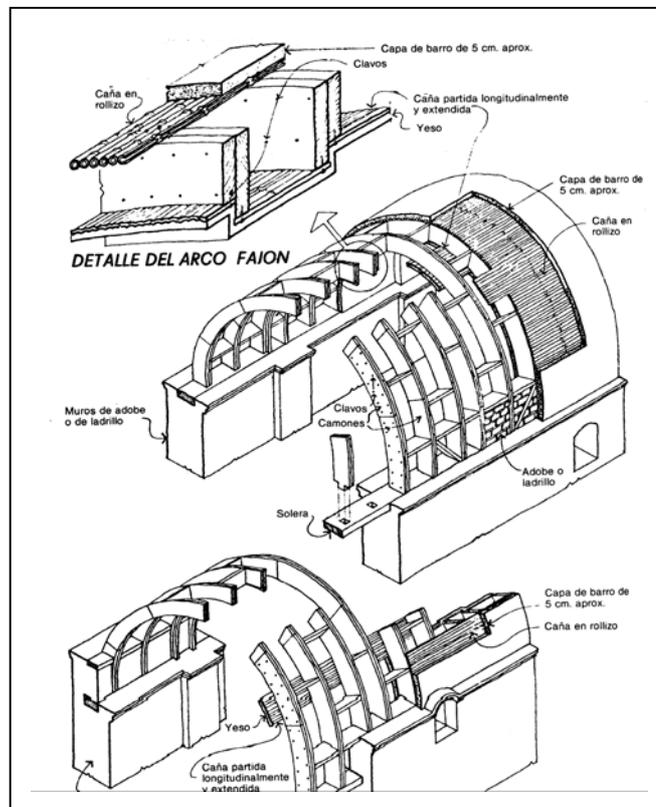
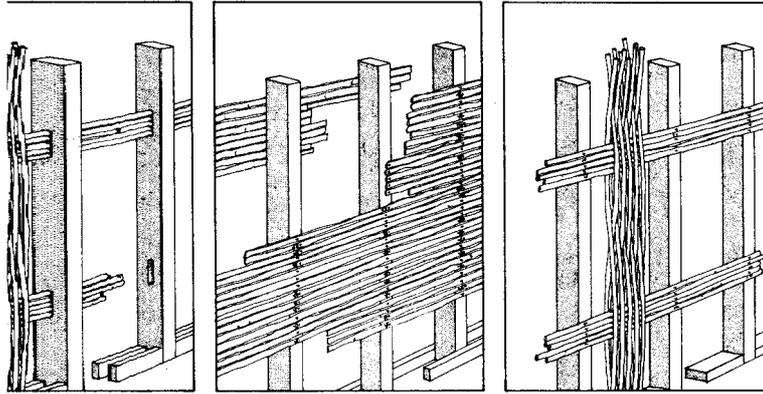
Los extremos de estos arcos o cerchas se fijaban mediante ensambles a caja y espiga a las soleras o zunchos. De esta forma se evitaba cualquier desplazamiento. En el sentido longitudinal de la bóveda se colocaban tablas o cuarterones entre los 60 y 120 cms. El arranque de la bóveda se hacía con adobes o ladrillos debidamente asentados, el resto iba recubierto con caña en rollizo clavada, sobre la cual se extendía una capa de barro de 5 cms, el cual contenía trozos de paja seca o pequeñas astillas de caña, aunque a veces también se incorporaba cal y arena.

---

<sup>45</sup> Estrategia Mundial de la Vivienda hasta el año 2000. ONU 1988

<sup>46</sup> Santiago de Cuba: Son Architecture de Terre. Aut. Nacer V. Salvador Arqto. OPRCM. Bulletin d'information CRATerre-EAG n°13 pag.27

<sup>47</sup> Bóvedas a base de quincha en las construcciones monumentales del Virreinato del Perú. Tesi doctoral aut. Ferruccio Marussi Castellan. Edit. Informes de la construcción n° 377 IETec CSIC Madrid 1986.



## Adobe

La palabra adobe proviene del egipcio "thobe", traducido en árabe como "ottob". Una prueba de su extensión por todo el mundo es que tanto en francés como en inglés, conservan la misma grafía que en castellano.

Vitrubio, en su tratado<sup>15</sup> del 700 después de Cristo, habla del didorom o lidio (2 palmos de largo) y que los griegos ya habían utilizado el pentadorom y el tetradorom en particulares.

La definición más simple es la de ladrillo de arcilla o barro, de forma y dimensiones variables, moldeado o modelado y secado al sol o al aire.

Los adobes pueden producirse a partir de tierras líquidas o plásticas, con o sin molde, e incluso por extrusión (en este caso, la granulometría debe ser mucho más fina).

No se utilizan tierras con grava y pedruscos, ya que aparte de ser más pesadas, con las lluvias se resquebrajan y la paja no traba con la tierra (tierra blancuzca gredosa, o de almagre, o de marga consistente).(\* Vitrubio). Según CRA Terre<sup>16</sup> se pueden alcanzar dosificaciones del 30% de arcilla y un contenido relativo del 15 al 30% de agua para alcanzar una pasta plástica.

Una vez preparada la mezcla de tierra, (Hay que tapar la tierra húmeda para que no se nos seque mientras trabajamos), y estabilizada si es necesario, se rellena un molde húmedo, haciendo presión contra las esquinas y sobre una superficie lisa y no adherente; a



continuación eliminamos el sobrante con una paleta. Retiramos el molde verticalmente, dejando reposar la pieza durante 24 horas en esta posición. Pasado este tiempo, se colocan alternativamente apoyados sobre la testa, para facilitar el secado. El apilamiento máximo admisible está alrededor de 1m.

Los adobes estabilizados con cal serán utilizables a los 7 días. (Vitrubio hablaba de utilizarlos a los dos años como forma de obtener un buen secado interno y permitir la buena adherencia de los revestimientos). Hay que tener en cuenta que determinadas cales son aéreas y secarán en contacto con el aire, y no en el interior de una masa. Cementos y cales hidráulicas podrán secar en condiciones de humedad. Hay que evitar el secado muy rápido porque puede provocar fisuras por retracción.

Como en el caso del tapial puede ser necesario estabilizar la tierra para mejorar sus propiedades. En el caso de los adobes, el principal problema es la retracción por secado, dada la mayor proporción de arcillas que contiene. La solución tradicional consiste en la adición de fibras vegetales, como la paja de algunos cereales o la cáscara de arroz durante el proceso de amasado y mezcla. Pueden también emplearse las virutas de



5 cm, la tierra es correcta; si se rompe antes de los 5 cm, hay que añadir arcilla; si se rompe después de los 15 cm. habrá que añadir arena para contrarrestar el exceso de arcilla.

Los elementos para fabricar adobes son más sencillos que en el caso del tapial; aunque la construcción de las adoberas o gradillas es muy delicada: todas las caras deben ser perfectamente paralelas para facilitar la extracción del molde. Si la adobera es de madera, se debe impregnar de aceite (o melamina), o sumergir en agua el día anterior. Las planchas metálicas soldadas son una buena solución. Una variación peruana es el molde con fondo y arena, que se trabaja sobre mesa y luego se vuelca en el suelo.

Actualmente el alto coste de la mano de obra en los países más industrializados ha supuesto la introducción de maquinaria. Así en E.E.U.U se han llegado a producciones de 10.000 piezas por día, utilizando grandes extensiones de terreno para su ejecución y secado<sup>48</sup>.

madera.

-Preamasado en invierno. Rotura de los terrones por la humedad y el frío.

-Tamizado: tamaño máximo 5 mm.

-Amasado: 1 o 2 días antes ya se puede poner la cal. (Puede ser apagada, pero cuesta de endurecer en el interior).

Una sencilla prueba de la conveniencia de una tierra para hacer adobes consiste en formar un cilindro con la tierra humedecida, que no se pegue en las manos: si se rompe entre 15 y

<sup>48</sup> "Adobe and Rammed Earth Buildings, design and construction" Aut. P.Graham Mc Henry, New York, 1984

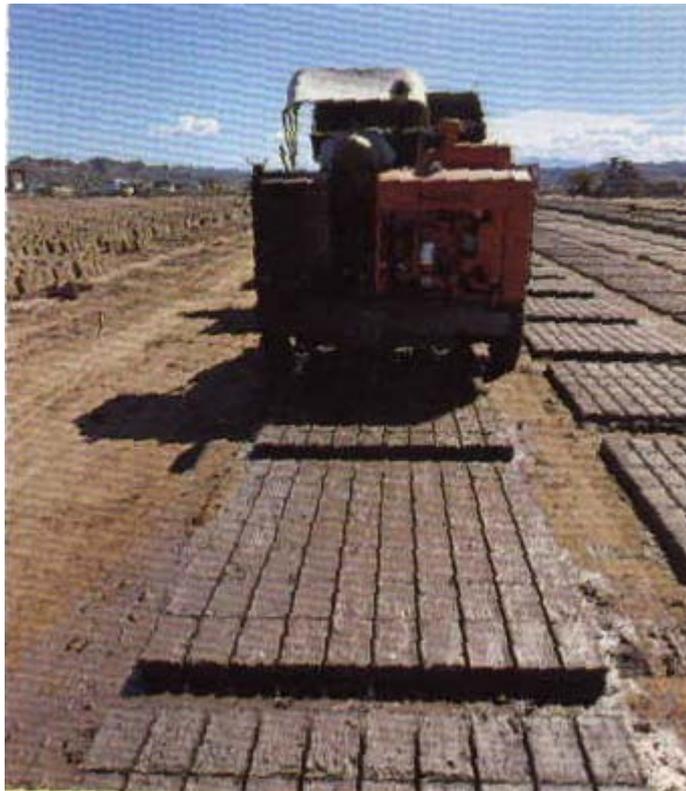


Fig 59 Serie semiindustrial de adobes estabilizados de una pequeña unidad de producción en nuevo México.E.E.U.U 1981

En contraste con otras técnicas, el adobe después de su moldeo es un producto frágil y maleable, dada su plasticidad; por ello, necesita grandes áreas de secado y almacenaje para secarse antes de su puesta en obra. Este tiempo de secado, muy variable según las regiones, es el principal condicionante en la técnica del adobe. Los griegos y romanos los dejaban dos años antes de su utilización, ya que si no, la humedad interior provocaría un desprendimiento del revoque.

En el proyecto de Greenough <sup>1911</sup> con un equipo de 5 personas se llegaron a fabricar 700 adobes/día, estabilizados con arena y asfalto (bitumil). Dos mezclaban, uno transportaba y dos rellenaban los moldes.

- Puesta en obra

Coincide prácticamente en todos los puntos con la obra de fábrica tradicional de ladrillos cocidos. Únicamente debemos tener presente que la composición del mortero debe ser la misma que la de los adobes y que los muros de grandes dimensiones deben estar arriostrados por los muros perpendiculares o por encadenados armados en su parte superior.

Hay que prestar atención a la retracción de las juntas: buscar la mezcla adecuada (prueba de juntas o emparedados con varias composiciones de tierra con arena o paja para evitar una fisuración). Para probar si tenemos la cantidad adecuada de arcilla en la tierra, se pueden hacer seis bolas de 2 cm. de diámetro y romperlas a las 48 horas.No se deben romper con la presión de dos dedos.

En las técnicas mixtas de construcción con adobe y madera hay que tener en cuenta principalmente las uniones entre los dos materiales.

-Primero, hay que colocar el adobe sin mortero para comprobar si encaja, rebajando el adobe, si es necesario.

Rebajes a efectuar para la correcta inserción de los de los adobes de madera.

No poner el mortero en las juntas con la  
madera para evitar retracción.

**La sencillez de este método constructivo permite la participación de personal no cualificado, incluso la autoconstrucción familiar, tan arraigada en Países del Sur.**

**ANGELITA. ¡ Sí! cuando tu estabas limpiando los adobes, la niña paraba los adobes hechos.**

**El se puso a hacer adobes pero no alcanzó a hacerlos todos porque luego se enfermó de tanto batir el lodo.**

**El hizo casi novecientos adobes con otro muchacho. Desde su accidente, es de sofocarse, le da calenturas.**

**ANDRÉS. Me enfermé y los últimos adobes los terminó el muchacho.**

**Como los otros, quería trabajar por mi cuenta pue!**

**Ya les dije: si nosotros no lo hacemos, quien hará adobes por ochenta colones el ciento ?**

**-Nadie.**

**Entonces, teníamos que hacerlo nosotros mismos.**

**Porque allá en Jiquilisco, están pagando dos colones por adobe, con eso estábamos fregados.**

**Si nosotros no lo hacíamos, nos íbamos a quedar sin casa.**

## - Variantes tecnológicas

### - Arquitectura Mejicana.

Se utilizan en la fábrica de adobes juntas anchas rellenas con piedra, tal como se ilustra en la Fig. inferior.



### - La Arquitectura Yemenita

Esta tecnología aún es empleada, para la construcción en toda la zona del **Wadi Hadramut<sup>5</sup> del Yemen**, se basa en bloques hechos de barro, moldeados en un marco de madera. Estos adobes (mudar-mud-brick 19x19x8cms<sup>5</sup>), tierra arcillosa, arena, paja de cereales y agua se elaboran a partir de la tierra de los palmerales, una tierra fangosa con raíces, llamada "Jurub" (mud-silt rich), mezclada con paja comprimida (tibil) y desechos. La densidad de la tierra está entre 1,4 y 1,6 T/m<sup>3</sup>. Estos se dejan secar al sol y se ensamblan cuando están secos utilizando barro como pasta cementante.



Fig 60.Reconstrucción del templo Sanā de Saba de la Luna y proceso de elaboración del “madar”



Fig 61 Utilización de la técnica del adobe informe o banco en la Restauración de una mezquita en Mali.

-El adobe informe

Otra tecnología que se elabora una especie de gran rollo de lodo, llamado Zabour, parecida la técnica incaica de la bola de mano o la empleada en la arquitectura Sudanesa, que se denomina “banco” consistente en una pasta obtenida por la mezcla de agua y arcilla prelavada o del fondo del mar, y mezclada con algunos otros componentes estabilizadores como la paja de Mijo. Los bloques de banco son trabajados a mano dandoles una forma muy característica ovalada redondeada, dejandoles posteriormente secar al sol.

*Para su fabricación se emplea tierra arcillosa mezclada con arena, paja y cascarilla de cereales, y se añade agua hasta obtener una buena plasticidad. Se pisa con los pies para su mezcla y se deja reposar dos días para permitir que la paja se embeba de agua, y el material se vuelva más homogéneo. Cuando la base de cementoación está bastante seca se levantan los muros. Los operarios van haciendo bolas entre 15-20cms. de diámetro que lanzan, semicompactadas, al albañil, quien de pie sobre el muro da forma a la nueva hilada del rollo de tierra, compactándolo con sus puños para formar una masa homogénea, formando un ángulo de 45°. Una vez terminada cada hilada, incluyendo los muros divisorios, el albañil la pisa fuertemente al cabo de unas horas y alisa su superficie exterior, después de los cual la deja secar por lo menos durante dos días. Se dejan las aberturas para los vanos de puertas y ventanas interrumpiendo simplemente las hiladas que sea necesario según las alturas. Únicamente se recortan en el muro aún húmedo, con una azada las pequeñas aberturas o aspilleras. Esto permite realizar muros sin encofrado en el Yemen con alturas de 18m.*



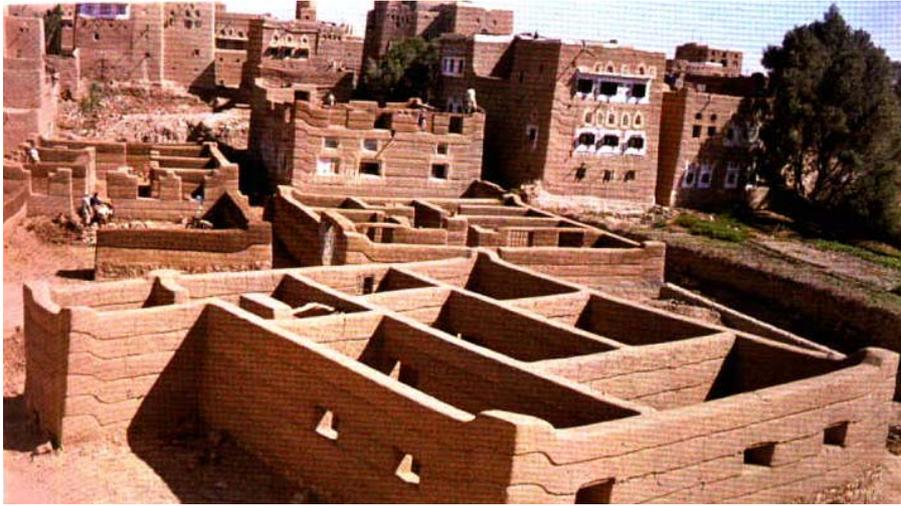


Fig 62 a) Edificios en construcción con la técnica del Zabour. Destacan las sobreelevaciones de las hiladas de las esquinas.

- Variantes europeas.

En Europa hay tecnologías de características muy similares, **el Cob y el Bauge**, esta última aunque sea un sistema informe de trabajar la tierra, lo trataremos como un proceso poco evolucionado de tapial.

El Cob se desarrolló en las islas Británicas, en Escòcia, Cornualles. Se utilizaba una tierra arenosa semigrasa, mezclada con fibras o vainas de cereales que le proporcionen una mayor flexibilidad y resistencia a la retracción de la propia arcilla para así evitar las fisuras, además de proporcionar un mejor aislamiento térmico al muro.

Es parecido a la técnica de la **turba** usada por los Indios Omaha y Pawnee y que adoptaron los colonos mormones en Nebraska EE.UU en 1846.

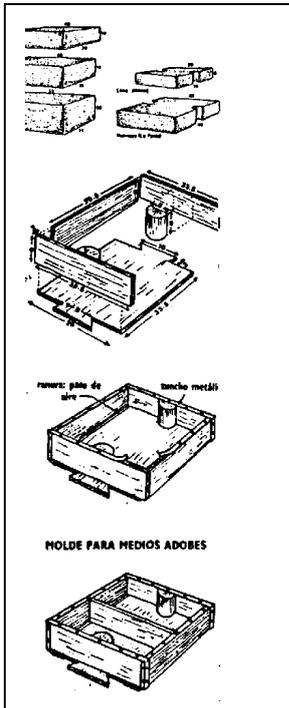
La puesta en obra era bastante sencilla. Primero se ejecutaba la pasta, mezclando todos los elementos, y entonces se dejaba secar durante un día antes de utilizarla. A continuación se hacía una base de piedras o de ladrillo recubierta de un material impermeable. Encima de esta se colocaba la pasta que se dejaba que sobresaliera unos 5 o 10 cm por los laterales de la base, para después poderlo rebajar. Se hacen tongadas de 0.6 hasta 1 m de altura, que se dejan secar durante 1 o 2 semanas.

Cuando se hace el rebaje del paramento, se van clavando trozos de ladrillo que tengan aproximadamente 1 cm de grosor. En los puntos conflictivos como pueden ser las ventanas, se pone madera para que tenga una mayor resistencia. Debido a que tardan mucho en secarse se acostumbraba a empezar la casa en primavera para que antes del invierno se pudiera colocar la cubierta. Generalmente sólo tenían una sola planta, pero si se querían más se podía llegar hasta 3 aumentando el grosor del muro.

Otra variante son las piezas cilíndricas de barro usadas en esta vivienda alemana que se describe en la ilustración inferior.



Fig 63 Vivienda bioconstructiva ejecutada con piezas cilíndricas alargadas de barro, encajadas en una estructura de madera octogonal. Arqto. Gernot Minke Kassel. Alemania



### - Adobe con fondo y arena

La técnica del molde con fondo y arena permite trabajar sobre una mesa.

Los adobes moldeados se llevan con el molde al lugar donde deben secarse. El molde tiene un fondo de madera un poco menos ancho que el marco en dos lados.

Así quedan dos ranuras por donde entra el aire en el momento de desmoldear.

La preparación de la tierra es la parte más difícil de esta técnica. Hay que amasar un montón de tierra por lo menos un día antes de moldear, hasta que el barro esté bien compacto y uniforme. El montón de tierra debe estar cubierto hasta empezar el moldeo para que no se seque.

Los adobes que se moldean con esta técnica son más uniformes, más resistentes y tienen un mejor acabado. También secan más rápido porque contienen menos agua que el adobe tradicional. El Ministerio de Vivienda peruano ha utilizado esta técnica para fabricar adobes estabilizados con asfalto, que resisten al agua perfectamente.

En el proceso del moldeo se realizan estos pasos:

- Mojar el interior del molde y echarle arena fina.
- Cortar con los dedos suficiente tierra para llenar el molde.
- Hacer con la masa cortada una bola y rodarla sobre el suelo donde se echa un poco de arena.
- Tirar la bola al centro del molde (es mejor que sobre tierra a que falte).
- Aplastar bien la tierra en las esquinas.
- Eliminar el exceso de tierra; con una regla mojada de madera nivelar el adobe y con la mano mojada alisar la cara. Llevar el molde hasta el lugar del secado, ponerlo de canto y de un golpe voltearlo en el suelo. Desmoldearlo con suaves sacudidas verticales. Igualar ligeramente con la base del molde el adobe.

### -Adobe armado.

Esta variante es fruto de los estudios<sup>49</sup> de mejora del comportamiento antisísmico. Este sistema constructivo permite la inclusión en las juntas horizontales y verticales de refuerzos, generalmente de acero ( 6.5mm, cubierto con mortero c.p)<sup>50</sup>, caña brava, de bambú, de eucaliptus o varas de maderas arbustivas. Se colocan un par cada 4 hiladas, amarrando los verticales con los horizontales. Estos también se fijan en los sobrecimientos, en cada esquina y a cada 1.5 m de distancia



Fig 65 Adobe Armado. Sistema del ININVI. Peru, adaptado y difundido por CRATerre América Latina. Seminario de aprendizaje de su puesta en obra, sistema llamado " DominoTerre", Lima 1992

### **La técnica tradicional del Tapial**

La acepción más simple de la palabra tapia es "cada uno de los trozos de pared que de una sola vez se hacen con tierra pastada y apisonada". Esta palabra está tan asimilada en el lenguaje popular que es sinónimo de muro y de pared, aunque no se haya utilizado esta técnica en su construcción.

La definición de Miquel Fullana<sup>51</sup> nos explica el principio de construcción tradicional: "Pared hecha de tierra húmeda repastada y apisonada dentro de un molde (formado por

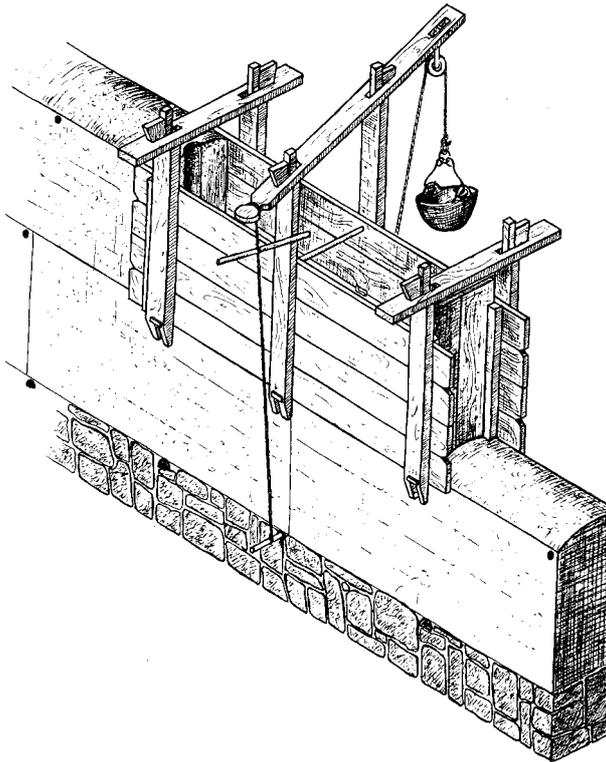
<sup>49</sup> " Construire pour la Paix" Aut. Alain Hays y silvia matuk. CraTerre America Latina. Eit. UNESCO.Paris 1995

<sup>50</sup> "COBE : Adobe estabilizado". Informe Técnico OIN-ININVI Lima 1977.

unas partes de madera llamadas tapieras) que, al secarse, adquiere cierta consistencia, sobre todo si a la tierra se le añade lechada de cal..."

El material de ejecución era generalmente tierra, aunque aparecían refuerzos de mortero de cal y yeso, mampostería o ladrillo cocido. Éste se conformaba por apisonado dentro de un único molde, que se apoyaba sobre el mismo muro en ejecución, el cual servía a la vez como único soporte de las actividades de montaje del encofrado, moldeo, desencofrado y traslado del molde hacia la siguiente posición de carga.

El vocablo "tapia" proviene del árabe "tabiya", que define el encofrado que se utiliza en la ejecución de los muros aunque, por extensión, se denomina tapial a la técnica en que se basa la ejecución y también a la obra ejecutada con este sistema.



"Si los muros en tapial están bien hechos, forman una sola pieza, y si están revestidos con un buen enlucido, pueden durar siglos". Esta cita de Rondelet disipa todas nuestras dudas sobre la durabilidad del tapial.

Lo que condiciona la manera de construir con tierra es la forma en que podemos disponer del material. En el caso del tapial, utilizaremos la tierra en estado húmedo, estabilizada o no, un elemento de encofrado, y un elemento de compactación.

Una buena tierra para hacer tapias deberá contener cierta cantidad de arcilla, que es el material que le da cohesión. Sin embargo, un exceso de arcilla provocará problemas de retracción al secarse, con la consiguiente aparición de fisuras y

deformaciones y, por otro lado, una excesiva adherencia a los tablonés de encofrado, con el peligro de desprendimiento de las capas más exteriores.<sup>51</sup>

<sup>51</sup> "Rammed Earth Development", Specifications for mass earth walls, Tucson, 1997.



Fig 66 tapial ejecutado con los medios auxiliares tradicionales y a la derecha muro ejecutado con encofrado metálico.

### **Proceso de ejecución**

#### **Preparación**

A efectos de reducción de coste así como de mejora de la organización de la obra, es importante la proximidad de la tierra a la obra. El cálculo de la cantidad necesaria debe hacerse teniendo en cuenta la importante reducción que experimenta la tierra al ser apisonada (alrededor de un 40 %), así como la cantidad perdida o desechada en el proceso de selección y mezcla.

- Desechar piedras mayores que un puño.
- Es aconsejable un premasado.
- Desechar la tierra vegetal.
- Es necesario mantener la tierra húmeda para que llegue a su puesta en obra con el grado óptimo de humedad. Los viejos tapiadores recomiendan comprobarlo comprimiendo un puñado de tierra en la mano, sin que se pegue a ésta y que mantenga la forma al abrir el puño. Demasiada agua dará poca resistencia, menos durabilidad y será fácilmente atacable por la abrasión. El punto óptimo está en un 12% TEO (11.4% proyecto Vigneau 1976 <sup>III</sup>), según el ensayo Proctor.

Para evitar una humedad excesiva, y para facilitar el secado por evaporación de los elementos construidos en tierra, es preferible realizarlos durante los meses veraniegos, así como contemplar en el proceso de la obra un plan de protección contra la lluvia de los elementos construidos. Así, no empezaremos la construcción, hasta que la humedad natural de la tierra permita despreciar el riesgo de heladas. Si hay poca agua dificultará la compactación; el material no quedará homogéneo, al faltar lubricante.

### **Estabilización**

Cuando se hace necesaria, el proceso puede complicarse tanto como la técnica del hormigón, mezclado por hormigonera o mezcladora para homogeneizar la tierra y el estabilizante.

### **Encofrado**

La concepción del encofrado, elemento fundamental, debe ser estudiada con detalle, ya que de su diseño y acabado depende la buena ejecución en el aspecto constructivo y económico. Las modernas técnicas de construcción en hormigón han puesto a nuestro alcance todo tipo de mejoras: encofrados metálicos, integrales, modulares, etc.

En el encofrado tradicional existían numerosas limitaciones en la movilidad y seguridad de los operarios que la ejecutaban debido a la escasa superficie de soporte que ofrecía el propio muro que se estaba construyendo. Las dimensiones de la tapia tradicional, sus proporciones, el número óptimo de aros o cárceles precisos para afirmarla, la conformación de los tapiales, sus movimientos sobre el muro, los giros y encuentros y las propias trazas de los muros, son cuestiones todas ellas relacionadas con su racionalización y su influencia en la fábrica construida.

Un buen encofrado deberá reunir las siguientes características:

- Solidez, para evitar que los grandes esfuerzos a que será sometido provoquen deformaciones o desplomes. Para ello es necesario que los elementos tengan la sección suficiente y vayan provistos de un potente sistema rigidizador.

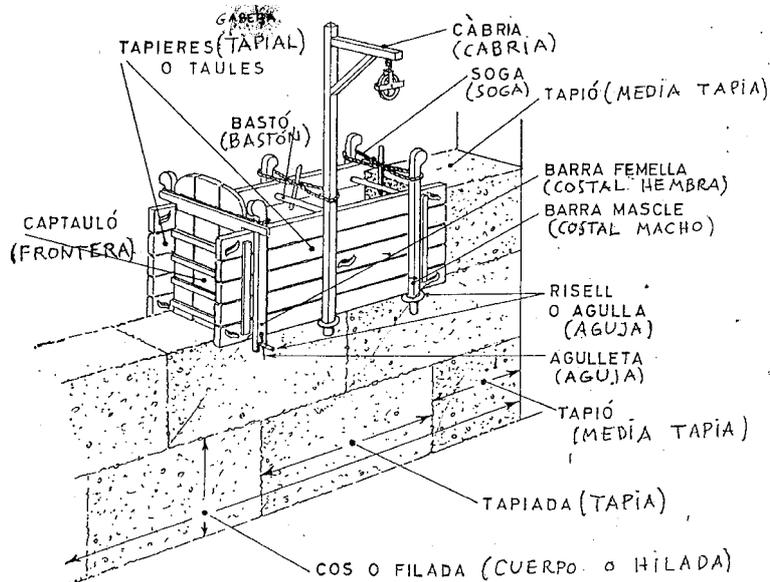
-Manejabilidad, ya que las operaciones de montaje y desmontaje se realizan muchas veces en una misma obra. Un encofrado demasiado grande será poco manejable por su excesivo peso; mientras que si es demasiado pequeño aumentará el número de ciclos, con la consiguiente repercusión en forma de horas de trabajo y reducción de la vida útil. El tamaño óptimo está alrededor de 2.00 x 0.8 m, si bien alguna variante regional utiliza encofrados perdidos a una o dos caras. Éste debe minimizar el número de operaciones, de gestos y de elementos precisos para ejecutar las fábricas, sin que por ello se haga menoscabo de las calidades del muro construido.

-Inalterabilidad. Si el encofrado es de madera, las tabla que lo componen deben estar separadas unos milímetros para permitir la expansión provocada por la humedad. Debemos tener también la precaución de no dejar montado el encofrado de un día para otro.

Componentes del tapial tradicional

Las tapieras o costales, o también tapiales, son el elemento más delicado ya que cualquier defecto en su construcción se manifestará en la superficie del muro. La composición tradicional es de cuatro tablones de madera de 20 x 220 cm y 2,5 de grueso, separadas por una junta de dilatación de 2 ó 3 mm. y unidas por el canto por unas grapas metálicas. El hecho de que sean reversibles, aumenta considerablemente su durabilidad. Un poste grueso de madera une los cuatro tablones en sentido transversal y sirve para hacer de tope al cabezal o frontera. Rondelet y Villanueva, así como la mayoría de autores, coinciden en describir estos montantes y en situarlos en el exterior del tapial para evitar su intromisión en el interior del muro y evitar que deje su impronta en el grueso del muro

La frontera, de la anchura del muro, nos da el final de una tapiada. Está formada por varios tablones del mismo grosor de las tapieras y un listón en sentido transversal que hace de tope contra los travesaños y permite un fácil traslado. Generalmente, sólo se emplea la frontera en uno de los extremos, ya que el otro entrega contra la última tapiada ejecutada. La solución habitual para la primera tapiada consiste en acabar en rampa el extremo opuesto a la frontera. Para completar la hilada, bastará con girar los costales y colocar la frontera en el otro extremo.



Las agujas. En un principio se utilizaban las de madera, pero las de hierro ofrecen mayor duración. La función de las agujas es servir de soporte a los travesaños para sujetar el encofrado por la parte inferior. En la primera hilada debemos practicar una regata transversal sobre el zócalo y untarla con grasa o un producto similar para facilitar su extracción. Estas dejan una marca o agujero característico en el muro denominado “aro”.

Los bastones, piezas cilíndricas de madera que sirven para mantener la separación adecuada entre los tapiales durante la compactación. En la última tongada, quedarán embebidos en el espesor del muro para servir de reserva a las agujas.

Los travesaños, piezas de madera de unos 5x10 cm. de escuadría que encajan sobre las agujas, gracias a un rebaje en la parte inferior. Por la parte superior se encajan los brochales que quedarán bien sujetos con cuñas. Los travesaños mantienen y rigidizan las tapieras en su lugar.

Los brochales, cuya misión es enlazar los travesaños y sujetar el encofrado por su parte alta. En algunos lugares se sustituye por cuerdas tensadas, pero tienden a ceder durante la compactación de la tierra.

El pisón, instrumento básico para la compactación en esta técnica. Suele estar formado por un mango de madera, de superficie lisa, de unos 3 cm de diámetro y de una longitud entre 1 m. y 1,5 m. Para la base de golpeo se solía utilizar una madera más dura, como la de roble o carrasca.

El elemento más pesado que interviene en el proceso de ejecución de las tapias son los tapiales<sup>54</sup>. El control de su peso será decisivo por cuanto de su ligereza dependen los movimientos que debe efectuar a lo largo de la construcción del muro: desencofrado, avanzar en la hilada, girar en las esquinas, levantarse a la hilada superior y los propios de entestadas con otros muros.

Controlar el peso de los tapiales quiere decir limitar sus dimensiones: altura, longitud y grueso. Un tapial ligero, y por tanto de pequeñas dimensiones, facilitará a los tapiadores los movimientos que deben efectuar con él pero, a su vez, implicará poca superficie de muro ejecutado en cada tapia y, por ende, poco rendimiento de las operaciones de desplazamiento y fijación de los tapiales. Será preciso por tanto que las dimensiones de los tapiales sean las máximas posibles, pero sin superar un peso mucho mayor de 25 Kg, considerando éste como el peso que permite manipular el tapial a un solo operario, sujetándolo con un solo brazo y ejecutando movimientos sencillos aplicados en el centro de gravedad del encofrado.

La altura de los tapiales tiene una limitación a su dimensión máxima: en el momento de verter y apisonar las tierras los tapiales definen físicamente el ámbito donde se producen los movimientos de los tapiadores. Para el compactado de las tierras con el pisón, el tapiador ejecuta un movimiento con sus brazos que requiere un espacio superior al grueso del muro. Sobre todo en las primeras tongadas, una altura de tapiales superior a los 75-85 cms. ocasionaría una intromisión de éstos en el ámbito preciso para los movimientos del tapiador en una operación tan delicada en la definición de la calidad del material final como es la compactación. No existiría, en principio, una limitación a la dimensión mínima de la altura de los tapiales.

La longitud de los tapiales es subsidiaria de una limitación semejante: el número de cárceles o aros que sujetan los tapiales en su posición. De cara al rendimiento del proceso, interesa que la longitud de los tapiales sea la máxima posible. Ahora bien, ese aumento de longitud implica o un aumento del número de aros o cárceles que sostienen los tapiales sobre el muro o un aumento en el grueso de los tapiales para resistir las tensiones ocasionadas por el vertido y compactación de las tierras. Lo uno atenta contra la minimización de elementos y operaciones del proceso y lo otro aumenta el peso de los tapiales. La longitud óptima de los tapiales será aquélla que permita un número mínimo de aros con una separación mínima entre ellos. La separación mínima entre aros tiene una limitación similar a la comentada para la altura de los tapiales respecto a los movimientos de los operarios: unos 75-85 cms., al que correspondería el grueso mínimo de tapiales.

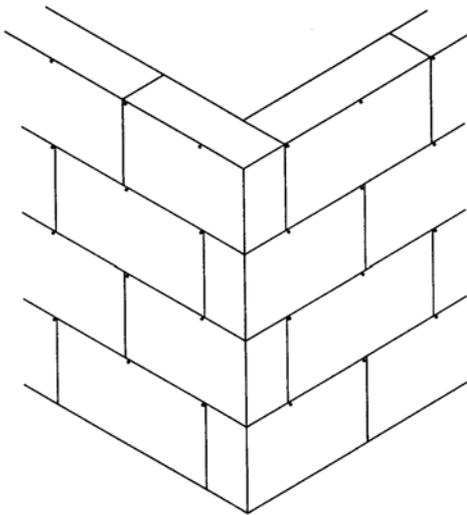
El modo tradicional de sujección de los tapiales en su posición de servicio, en el momento de verter y compactar las tierras, consiste en el apoyo sobre las agujas, que atraviesan el grueso del muro en las tapias de la hilada inferior, y el contrafuerte lateral aportado por los



costales fijados, dos a dos, por el garrote de cuerda superior y el codal que, de tapial a tapial, impide su vuelco hacia el interior y marca el grueso del muro.

La utilización de agujas metálicas, corriente ya durante el s.XVIII, proporciona una pequeña ventaja respecto al uso de agujas de madera. Si para colocar la aguja de madera es preciso excavar una caja en la tapia inferior, la coincidencia de diámetro entre la aguja metálica y el codal que contrarresta la tensión del garrote entre costales permite aprovechar el agujero dejado por el codal para insertar la aguja que sostendrá los tapias de la tapia correspondiente de la hilada superior sin otras operaciones complementarias. Naturalmente ello obliga a mantener el codal en su lugar hasta el final de la operación de llenado del encofrado, lo que ocasiona ciertas molestias al tapiador, que acostumbra a retirar el codal cuando el volumen de tierras vertido y apisonado es suficiente para contrarrestar la tensión del garrote.

En principio, la adquisición de esa pequeña ventaja puede resultar insignificante si valoramos tan solo el trabajo de abrir las cajas para asentar las agujas. Pero el resultado que este cambio ocasiona en la técnica es excepcional. Establece una relación entre las tapias de las diferentes hiladas que genera una trama ortogonal de ordenación que regula todo el aparejo de las tapias. La trama resultante permitirá el máximo aprovechamiento del encofrado regulando, además, la relación entre el tamaño de las tapias y la dimensión real del muro, así como mecanismos adicionales para asegurar la posición del encofrado en el muro, de forma que se establecen unas condiciones mínimas de horizontalidad de las hiladas y verticalidad y planeidad del muro.



En definitiva permite el desarrollo de toda una estructura de control de la fábrica, imbricada dentro de las operaciones propias de la ejecución de la tapia, sin necesidad de mantener permanentemente instrucciones adicionales que aseguren el cumplimiento de las exigencias de la fábrica.

Esta trama definida por los agujeros de las agujas obliga a establecer, en primer lugar una relación entre tapias contiguas y los agujeros que ocupan. Con el mínimo de dos aros de sujección de los tapias, y teniendo en cuenta que deben mantenerse contrapeadas las juntas entre hiladas consecutivas, las posibles soluciones que pueden

encontrarse (dos agujeros por tapia o uno compartido con el precedente) producen ineficiencias o bien en el grueso de los tapias o en la superficie efectiva de tapia respecto a la superficie del tapial. En ambos casos se ocasionaran, además, problemas en la resolución de giros de esquinas o el soporte de los tapias al desplazar el encofrado, como luego veremos.

La utilización de tres aros de sujección de los tapias, con la junta entre tapias coincidiendo con uno de ellos, resulta el más eficiente. El contrapeado de juntas se obtiene en hiladas contiguas desplazando un módulo de la trama (espacio entre agujeros) una hilada respecto a otra, los tapias pueden afirmarse contra la tapia precedente gracias al aro común que comparten, la superficie efectiva de la tapia respecto a los tapias es máxima y,

como analizaremos más adelante, permite resolver giros y desplazamientos de forma óptima.

Si ajustamos la distancia entre aros a los 75-85 cms. comentados como distancia mínima, resultará una longitud efectiva de 150-170 cms. que, sumándole las longitudes precisas para solapes con las tapias precedentes, conduce a longitudes totales cercanas a los 2 metros.

Así, con una altura de 75-85 cms. y una longitud de unos 2 mts., el grosor que se deduce, para mantener el límite de 25 Kg. de peso es del orden de 2,5 cms. Mientras la altura y la longitud pueden ser comprobadas midiendo las dimensiones de las tapias en edificios existentes, el grueso sólo puede verificarse con la observación directa de los tapias, cosa difícil en lugares donde la tradición de construir en tapial hace tiempo que haya desaparecido. Rondelet da la cifra de 2,7 cms., Villanueva<sup>510</sup> entre 2,5 y 3,3 cms., y otros autores actuales, como Fermín Font<sup>4</sup> describiendo los tapias tradicionales de la comarca de Els Ports en Castellón, dan un orden de magnitud similar. El encofrado tradicional de Vigneau<sup>111 111</sup> con 200x 118.5cms de longitud y altura, y tres aros es muy similar. En cambio hay encofrados de longitud variable como la Formaleta tradicional australiana de G.F.Middleton<sup>111 111</sup>.

Es preciso advertir que las limitaciones aportadas son aproximadas. No existen unas dimensiones fijas o estables. Pero sí puede comprobarse que ese entorno de dimensiones, así como los tres aros de sujeción del encofrado, son constantes en la tradición constructiva del tapial de agujas metálicas y, como se ha tratado de demostrar, responden a una optimización del proceso, no dependiendo más que en menor grado de costumbres locales o de decisiones arbitrarias.

En el momento de verter la tierra dentro del encofrado, ésta dispone de un mínimo de humedad que permite su moldeo. Parte de este contenido de humedad debe ser expulsado por el apisonado para proceder al desencofrado inmediato una vez lleno el molde. El agua expulsada moja constantemente la madera de los tapias por la cara que ofrece al interior, y ello ocasiona su deformación. Para paliar este problema, el tapial tradicional dispone de un doble mecanismo.

En primer lugar, las tablas que lo conforman se encuentran separadas entre ellas por una distancia del orden de 3 mm que permiten tanto independizar la deformación de cada tabla como, y sobre todo, permitir la salida del agua expulsada por el apisonado, evitando así al máximo su absorción por la madera.

En segundo lugar, el tapial se conforma de manera que pueda disponerse indistintamente ofreciendo cualquiera de sus dos caras al interior del encofrado. Ello permite que, periódicamente, el tapial se voltee y se cambie la cara ofrecida a la tierra, consiguiéndose tanto un humectado similar en ambos lados de la madera como unos periodos de secado de cada superficie, reduciendo de ese modo la deformación de los tapias.

La colocación de los montantes en la cara exterior de los tapias pierde así su sentido: no existe tal cara exterior pues ambas lo son a lo largo de la ejecución del muro. Los tapias tradicionales disponen dos únicos montantes a ambos extremos del encofrado, uno en cada cara.

Esta disposición obliga a tener los montantes fuera de la superficie útil del tapial, la que realmente actúa de encofrado, para evitar que afecte la forma de la tapia. El montante posterior, el más próximo a la tapia precedente, debe quedar dispuesto en el exterior del encofrado. El montante anterior será el que quede en la cara interior del encofrado, pero debe quedar fuera de la superficie útil del tapial. Ello produce un aumento en la longitud total del tapial pero permite introducir un nuevo elemento del encofrado de gran importancia en la técnica: el cabecero.

### **Ejecución y diseño.**

#### **Elementos a controlar**

1. Un correcto relleno del encofrado se deberá hacer en tongadas de 10 cm/ 7cms<sup>mu</sup> (antes de haberla pisado). Hemos de tener en cuenta que demasiada tierra quedará mal compactada.

Un antiguo dicho de los albañiles que trabajaban el tapial era "Lateral pisón centro talón".

2. La compactación se puede hacer con medios mecánicos (martillo neumático) o con medios manuales. (pisón-mazo 15x15cm). El trabajo de apisonado es muy duro y a la vez muy delicado, ya que puede provocar diferencias en la ejecución debido al cansancio del trabajador. Los martillos neumáticos de potencia media (presión estática de 0.45Kgr/cm<sup>2</sup>) y diámetro 15cms alivian esta tarea, a la vez que proporcionan una mayor uniformidad en el compactado.

3. Es conveniente cruzar las tapias,, contrapear y hacer juntas laberínticas, cuidar el aparejo y redondear las esquinas, trabarlas mutuamente con encajes de forma y hacerlo superiormente con viga cadena o zuncho:

Sistemas de viga cadena:

- 2 troncos de eucalipto de 12 cm de diámetro.
- 2 listones de 5 X 10 cm, 34 - 40 cm por encima del muro.
- zuncho de hormigón de 4 Ø10 mm. Estribos cada 25 cm.

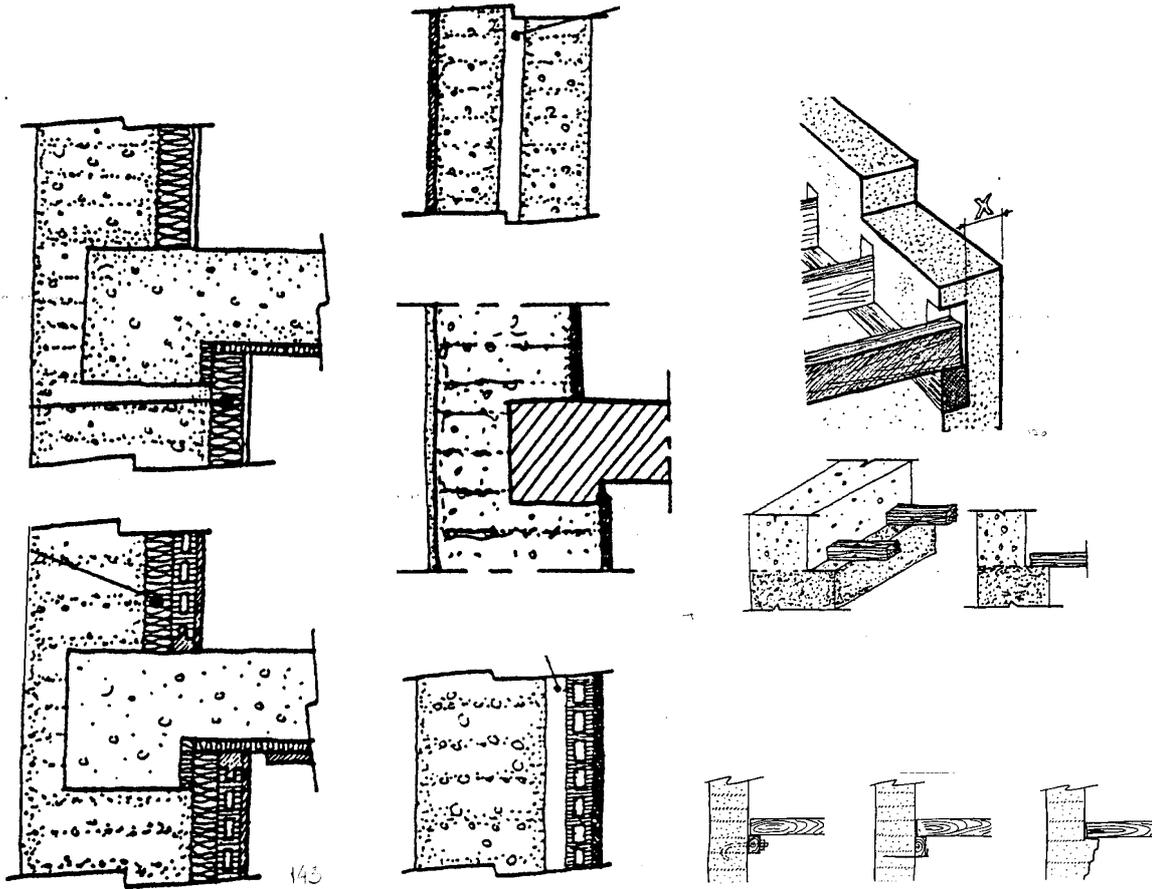


Fig 67 Detalles de aislamientos con placas y cámara para el tapial. A la derecha sistemas de apoyo de biguetas de madera sobre muro.

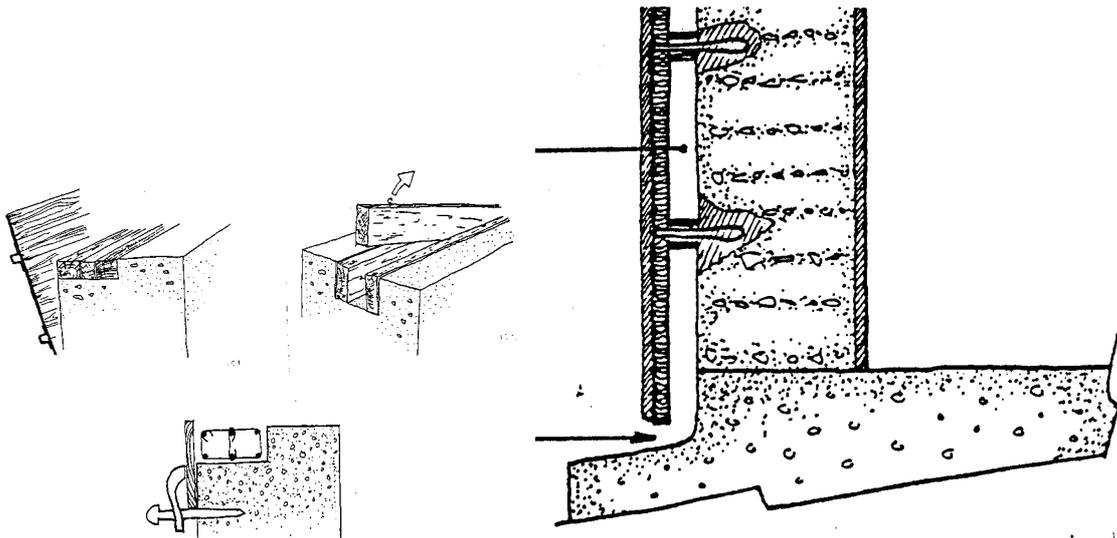


Fig 68 detalle ejecución zuncho embebido en tapial y a la derecha detalle tabique pluvial ventilado.

4. Reforzar esquinas y juntas horizontales o verticales para aumentar la rigidez y trabazón de los elementos. Soluciones:

-Utilización del mortero de yeso o la cal para hacer brencas de refuerzo. También sirve para el revoco (corteza interior al encofrado).

-Piedras o ladrillos, en aparejo normal o entremezcladas con la argamasa del tapial. (No es aconsejable en zonas sísmicas \*). En las esquinas, puertas, ventanas, se llaman machones.

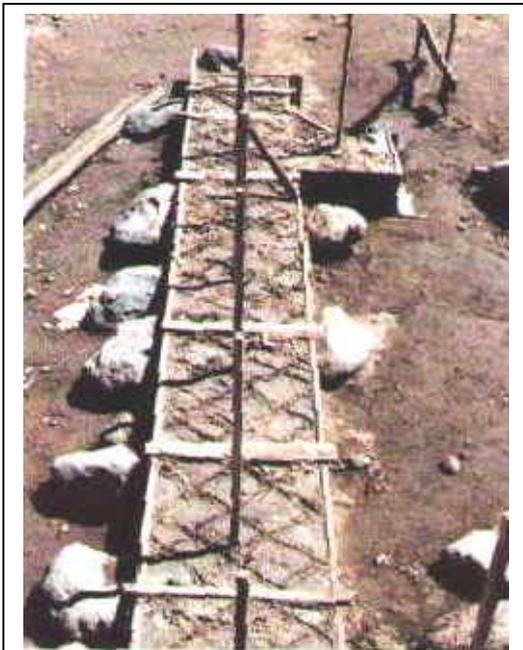
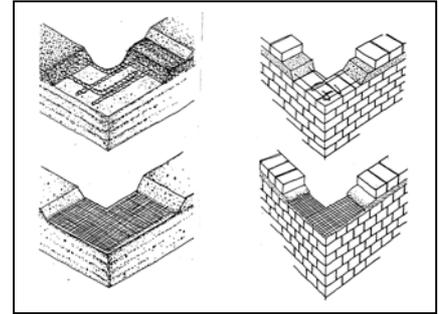
-Refuerzo con escuadras de madera doble 8 x 4 cm, cada 40 cm en canales hechos en las esquinas.

-Rallar las superficies para tener mejor adherencia.

-Achaflanar las esquinas y cantos.

- No transmitir momentos flectores a los muros.

-Construir las esquinas con tapietas en forma de T L, mejor trabazón, sobre todo antiseísmos [¡Error! Marcador no definido.](#)



#### 5. Sistemas tradicionales de cementoación:

a) Mampuestos de piedra como material básico. Asentada sobre barro o sobre mortero de cal y arena.

b) Mortero de cal y arena y aveces de barro.

c) Zócalo de piedra, con el mismo grosor que el muro.

d) Mampostería con cemento portland o cal y arena.

e) Tierra con protección de piedra o impermeabilizante

f) Terrocemento, tierra mezclada con un 5% de portland, tierra compactada, o llamados también monolíticos de mezclas de suelo-cemento Tipo I por la [¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. pág.¡Error! Marcador no definido.](#)

g) Capas de piedra alternadas con otras de terrocemento o hormigón ciclópeo Tipo II expresado en la [¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. pág.¡Error! Marcador no definido.](#)

h) Hormigón en masa o armado.

Estos sistemas se completan con soluciones para asegurar la simultaneidad de deformaciones y movimientos de cimientos y paredes:

1. Barras de madera, barras de hierro o cañas, que enlacen cimiento y paredes y que pueden llegar hasta la segunda hilada de adobones<sup>52</sup>, tal como se ve en la figura anexa.

2. Junta anticortante machiembreda en la unión pared-cimiento que impida posibles deslizamientos.

En todos ellos habrá que aplicar una lámina impermeabilizante para cortar la ascensión capilar así como drenar exteriormente las aguas pluviales mediante tubos drenantes o aceras.

y) Bloques y ladrillos de suelo-cemento. Tipo III y IV citado por la norma **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** pág. **¡Error! Marcador no definido.**

### **Puesta en obra**

Problemas de puesta en obra:

Los forjados constituyen un obstáculo para el avance normal del encofrado de los muros. Por tanto, hay que prever un sistema de piezas especiales o de apuntalamiento de los costales.

Los forjados son lugares propicios para la acumulación de agua durante la construcción. Para ello hay que prever un sistema de protección: colocar sólo las vigas de soporte para acabar posteriormente el forjado o bien construirlo después de terminar la cubierta.

Para la puesta en obra del tapial hay que tener en cuenta:

- El curado. Este vendrá determinado por:

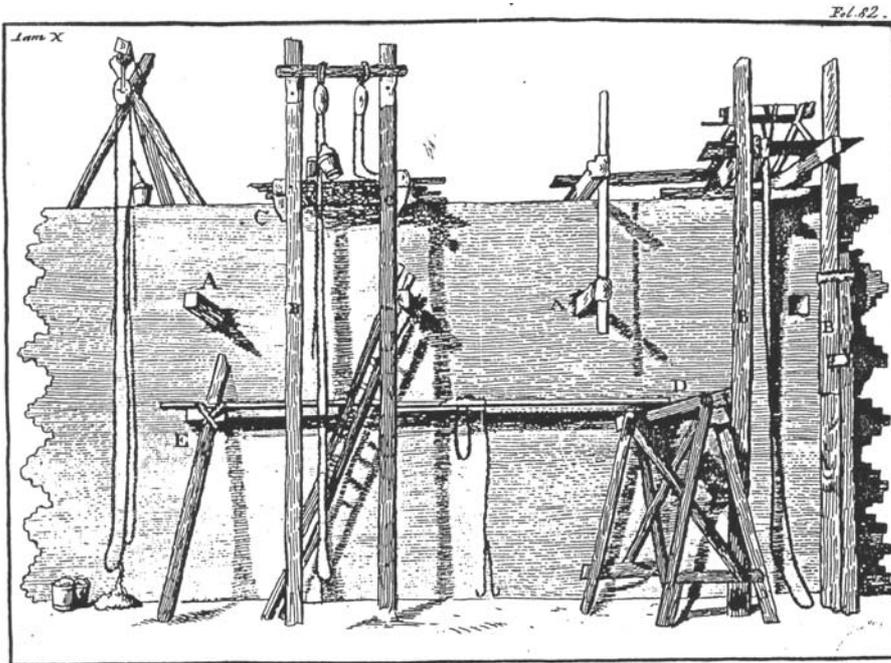
- Temperatura: Aumenta la reactividad; hay que proteger los tapias y adobes del sol y de las heladas.

- Humedad: Habrá que regar la obra en tiempo caluroso, y protegerlo ante lluvias y heladas.

- La compactación. Para conseguir una máxima compactación, sinónimo de durabilidad, interesará: el preamasado de la tierra (en Castilla se roturaba la tierra en invierno para hacer los adobes durante primavera y que se secan para ser utilizados durante el verano; en otros lugares se premasa 24 horas antes); el grado de presión ejercido sobre la masa en caso de tapias (peso del pisón, presión del martillo...); la presión de compactación en bloques (40-50Kg/cm<sup>2</sup>), o la buena puesta en obra de los adobes vigilando la ausencia de coqueras. Nunca hay que abusar del agua en los tres casos, ello implica retracciones innecesarias. Hay que estudiar con detalle la granulometría.

- El transporte. Hay que vigilar que no se produzca un secado o un fraguado antes de tiempo y controlar los vertidos para que no se produzca una desagregación de la mezcla, alterando la granulometría preestablecida.

- Proceso de relleno y movimiento de las tapieras o tapiales<sup>510</sup>



Después de excavar el cimiento, se debe llenar de mampostería u otra materia; y si no lleva cemento, y se colocan las tapias al haz de tierra, como cuando se hacen simples paredes o cercas de un terreno, se igualará el sitio que debe ocupar la tapia dejándole a nivel lo más posible, y perfectamente

llano. Las agujas deben tener sus agujeros y clavos en ellos: se colocarán atravesadas a lo ancho de la tapia, y se pondrán los clavos en los agujeros a tal distancia que quitado el grueso de los costales y el de los tableros o tapiales, dejan el vacío correspondiente al grueso que se quiera dar a la tapia. Colóquense después sobre las agujas por un lado y otro los tapiales de canto, y a plomo, y metiendo las cabeceras en los gargoles, para que determinen el largo y gruesos del cajón, pónganse los costales, y méntanse por su extremo inferior en las agujas de abajo, y quedarán firmes, sin poder escapar hacia fuera por la sujeción de los clavos. Atense por arriba en la misma forma con las otras agujas, sujetando y obligando a los costales, por medio de un garrote dado con una lia u otra cuerda en la parte superior, a que se ajusten y aprieten los tapiales, según al grueso de la pared; y descúbranse los agujeros de las agujas superiores, donde se colocarán sus clavijas o clavos, que los mantengan en tanto que se trabaje y macice la tapia.

Colocados los tapiales de la manera explicada, comenzarán los peones a echar dentro espuestas de la tierra que se tendrá preparada: esta tierra se debe escoger, si es posible, que sea fuerte, gredosa, unida, sin cantos, y con poco casajo y arena. Conforme se va cavando, si está seca, se rocía un poco; y deshaciendo los terrones, recorriéndola y desmenuzándola, se amontona para que conserve el jugo: se ha de cuidar de que no esté muy húmeda, porque si lo estuviese, encogerían mucho las tapias, y formarían rendijas y aberturas entre una y otra. En esta disposición se va echando dentro de los tapiales a tongadas o capas de poco más de medio pie de alto; entonces el oficial o peón inteligente, que debe estar dentro del cajón, pisa, aprieta y maciza esta tierra con un pisón algo pesado, que tiene su plano inferior puntiagudo. El pisón y los pies del trabajador van macizando la tongada por un lado, y sobre la que ya queda apretada y maciza, los demás peones echan otra tongada nueva de la misma altura, continuando el que está dentro de los tapiales en macizarla como la primera; y así sucesivamente se va llenando el cajón hasta completar la altura de los tapiales. Llenos éstos y enrasados, se sueltan los garrotes, se sacarán los clavos, se desharán los tapiales, y

se colocarán más adelante para formar otra tapia como la rematada. Entonces se excusa el uno de los tableros cabezales, porque los dos extremos de los tapiales se arriman y ajustan a la tapia ya concluida, y en lo demás se obra como en la antecedente; advirtiéndose que en la cabeza y grueso de la tapia acabada, y donde se le ha de unir la que se va a hacer, se debe abrir de arriba abajo con la piquetilla una caja, como señala la fig. A lám. IV, para que la tierra de la nueva tapia se entrelace con la de la ya hecha. En lo demás se sigue como la anterior, y se continúa toda la línea hasta el cabo.

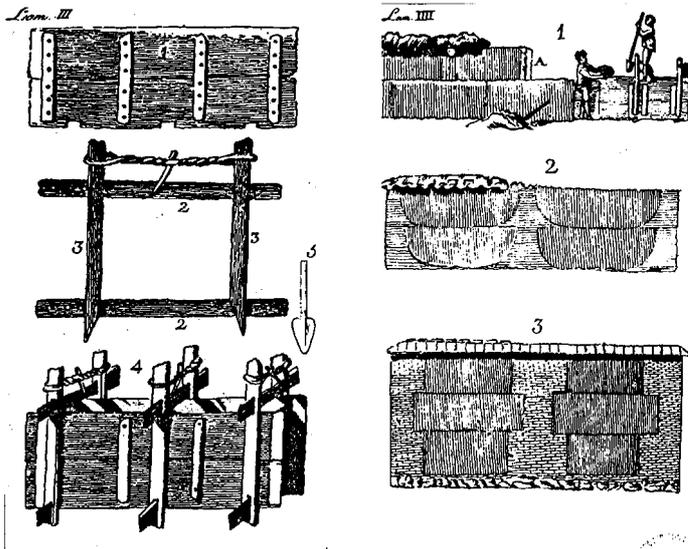


Fig 69 Ejecución del tapial por Juan de Villanueva

Si se ofreciese formar algún ángulo, colóquense los tapiales contra el extremo de la tapia ya formada, con la dirección del ángulo que se debe formar, excusando uno de los cabezales, y conteniendo los tapiales con unos codalillos atravesados de largo por el grueso de la tapia, los que se van quitando conforme se maciza el cajón.

Acabada la primera hilada de tapias, se hace la segunda en la misma conformidad, colocando las agujas bajas sobre el grueso de las tapias hechas; teniendo presente que el medio de la tapia de arriba debe caer sobre la junta de dos tapias de abajo,

y lo mismo se debe hacer con los ángulos, porque de este modo las paredes quedan con mucha más fortaleza, y no forman aberturas tan fácilmente.

Cuando los cajones o tapias de tierra se hacen entre machos o rafas de cascote, piedra o ladrillo, yeso o cal, se obra de la misma suerte; entonces los machos forman las cabeceras y ángulos, y sirven de gobierno y trabazón a la pared. Ajústanse y sujétanse los tapiales fuertemente contra ellos con los garrotes que se les dan, y en lo restante no hay diferencia de lo ya dicho.

Si las tapias han de servir solamente para formar un cercado, se cubren por encima para defenderlas de las lluvias y nieve con su albardilla. Suele ser ésta de ramas, paja, retama, &c. o de teja y ladrillo. Dejemos el cubierto de teja y ladrillo para cuando hablemos del uso de estos materiales, y digamos ahora el modo de cubrir las tapias con ramas, paja o retama. Búscase la retama, ramas o paja, tan largo que atravesase todo el grueso de la pared, y se coloca en acecitos sobre ella, de modo que los troncos entren en el macizo de la tapia y que sus puntas salgan y vuelen cuanto baste para apartar las aguas del paramento, y pie de la pared. Colocados en este modo hacia un lado, y otros hacia el otro, forman dos aleros que escurren el agua; y para que no se los lleve el viento, ni los venza y derribe el peso del agua, se les echa un colmo de céspedes cortados en pradera o de tierra sobre el macizo de la tapia, y como la tierra por su propio peso forma dos declivios encontrados, éstos contribuyen a defender de las lluvias el corazón de la tapia; y creciendo hierbas en ellos, atan y aseguran con sus raíces la albardilla por muchos años.

Cuando se quiere que las paredes de tapias o cajones de tierra resistan mejor a las aguas y hielos, se hacen aceradas, y se trabajan con cal, en esta forma. Echase dentro del cajón una tongada de mezcla de cal y arena no muy batida con el agua, pero bien cortada y



humedecida, y como se dirá más adelante; se extiende con la paleta por todos los lados, particularmente hacia los tableros, de modo que forme allí una corteza de seis u ocho dedos de alta, dejando en medio una especie de cajón, en donde se echa la tongada de tierra: pisada y macizada ésta, se tiende sobre ella otra de cal mezclada, y se forma nuevo cajón como el antecedente, continuando la misma obra hasta enrasar los tableros, que después se desarman, y queda la tapia formada con solidez y de gran resistencia contra las aguas.

### **El control de la posición de los tapiales tradicionales al ejecutar una Tapia.<sup>xiiii</sup>**

De las seis caras que definen cada tapia, dos son delimitadas por superficies de tapias precedentes, dos lo son por los tapiales, la superior no precisa encofrado y la sexta, la testa anterior de la tapia, puede conformarse en talud, como hacen muchas tradiciones de tapial, o delimitarse por un último elemento de encofrado, el cabecero, que cierra el volumen a tapiar.

El cabecero, conformado por tablas verticales unidas por travesaños horizontales, se dispone entre los tapiales verticalmente, utilizando, como elementos que definen su posición, los montantes interiores de los tapiales, de forma que éstos quedan al exterior del encofrado y, a su vez, impiden que el cabecero sea expulsado hacia adelante al verter y compactar las tierras.

El cabecero, cuya anchura coincide exactamente con el grueso del muro que se ejecuta, permite obviar el codal del aro más avanzado puesto que compensa la tensión del garrote. Pero además cumple otras funciones más importantes. Los tapiales solapan un tanto con la tapia precedente pues, entre otras cosas, comparte un aro con ella. Este aro, con su presión sobre el encofrado, asegura la coplaneidad del solape y, por tanto, una primera guía para el mantenimiento de la planeidad y verticalidad del paramento ejecutado en la tapia que se va a ejecutar. El cabecero, ajustado a los tapiales por el aro más avanzado del encofrado, que en su forma reproduce la sección de la tapia es el otro elemento extremo que asegura el mantenimiento de esas condiciones de buena ejecución de la fábrica.

Efectivamente, aunque el uso de la plomada al disponer los tapiales siempre es beneficioso, de hecho el ajuste del cabecero con los tapiales, gracias también a los montantes anteriores de los encofrados, es el elemento decisivo en el ajuste de la verticalidad y coplaneidad de la nueva tapia, hasta el punto que la plomada es más un elemento de verificación que de guía, por cuanto si no se han ajustado bien los tapiales no queda más remedio que desliar los garrotes y repetir la operación.

La horizontalidad de las hiladas depende, con el uso de las agujas metálicas, de la adecuada disposición de los codales de la hilada inferior que sirvan de contramolde para el paso de las agujas. En realidad de uno de los dos codales que se montan en cada tapia.

Al soportarse los tapiales sobre tres agujas puede producirse la situación que el central quede más elevado que los extremos ocasionando giros sobre este punto. Además, al contrapear las juntas, resulta que los tapiales de la hilada superior se apoyarán sobre los codales intermedios de las tapias. Así, el recurso es controlar adecuadamente la posición del codal central, mediante una galga respecto a la arista superior de los tapiales, por ejemplo, y mantener siempre en un nivel inferior el codal más próximo a la tapia anterior. Ello permite mantener, con esta simple operación de galgar el codal intermedio, una envidiable horizontalidad de la hilada sin que sea menester el auxilio de hilos o niveles.

La fábrica se levanta por hiladas. Es preciso concluir una hilada antes de empezar la superior. Los tapiales avanzan siempre en el mismo sentido dentro de una hilada, excepto algunos puntos muy concretos, por adición de sucesivas tapias. Así resulta que el movimiento básico del encofrado es la traslación horizontal en el sentido de avance de la hilada.

Para efectuar esta traslación una vez llena la tapia hay que desmontar los aros. Los tapiales, una vez libres pueden moverse para colocarse en su nueva posición. Dado que es el elemento más pesado, es preciso que su movimiento sea el más corto posible y con el mínimo número de movimientos. Lo más óptimo es que el tapial se mueva tan sólo de su posición de partida hasta la nueva sin estadios intermedios y con el mínimo trabajo posible.

La distancia más corta posible es la línea recta y el mínimo trabajo posible para desplazarlo de una posición a otra es seguir esa distancia más corta. Los tapiales se desplazan, pues, hacia su nueva posición trasladándose horizontalmente sobre las agujas, sin ningún otro movimiento complementario, sea de abatimiento, sea traslación vertical.



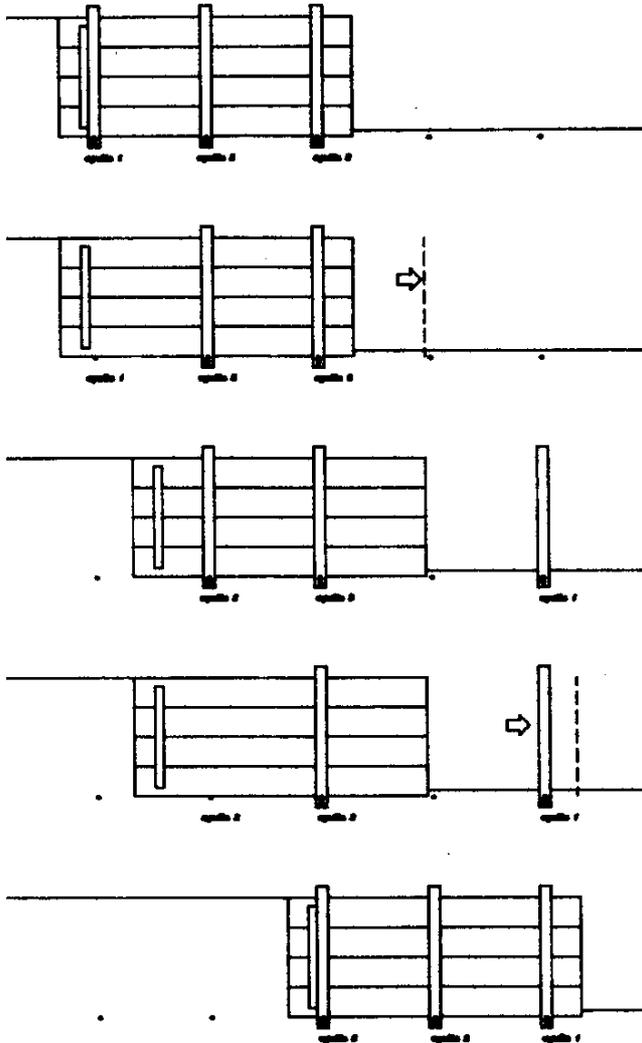
Fig 70 Ejecución del teatro de Balaguer en tapial estabilizado en masa.

Las agujas, de sección circular, actúan como auténticos rodetes que ofrecen una mínima fricción en el apoyo de los tapiales permitiendo, además, que en ningún momento de la operación sea preciso, por parte de los tapiadores, soportar el peso de los encofrados. Para efectuar este movimiento es preciso, no obstante, liberar los tapiales de los aros y que existan apoyos para ellos tanto en la posición de salida como en la de llegada.

Para conseguirlo, el desmonte de los aros no es ni total ni arbitrario. Los tapiales se sustentan sobre las agujas pero deben su estabilidad a los aros que los fijan. Desmontar todos los aros implica tener momentos en los que debe evitarse el vuelco de los tapiales por otros medios, por ejemplo en el instante de trasladarlos. El aro común entre tapias contiguas no se desmonta, sólo se afloja el garrote y se mantiene en su

posición tanto para evitar el vuelco de los tapiales como para indicar el fin de la traslación: sus costales actúan de topes contra los que quedarán frenados los montantes posteriores de los tapiales que, recordemos, quedan por el exterior del encofrado.

La aguja del aro más avanzado queda, pues, en su posición y sirve de apoyo avanzado de la posición inicial del tapial y de apoyo retrasado de la posición final. Para no tener que disponer de agujas suplementarias, una de las otras dos agujas que soportan el tapial debe colocarse en la nueva posición antes de efectuar el movimiento. Puede parecer que lo idóneo sea trasladar la aguja intermedia hacia el agujero más avanzado de la nueva posición, pero ello produciría, al efectuar el movimiento del tapial, que el encofrado se apoyaría sólo en la aguja del aro común, con un desfavorable brazo de palanca para el operario que, de pie sobre la hilada inferior, estira hacia sí los tapiales. Para evitarlo, los tapiales se desplazan, una vez retirados los aros posteriores y aflojado el aro común, hasta que apoye únicamente sobre las dos agujas más avanzadas. Se traslada entonces la aguja más atrasada hacia la posición más avanzada de la nueva posición y se mueven los tapiales hacia ella.



Una vez colocados los tapiales, se monta el aro más avanzado con la ayuda del cabecero, se afirma de nuevo el aro común y se monta el aro intermedio.

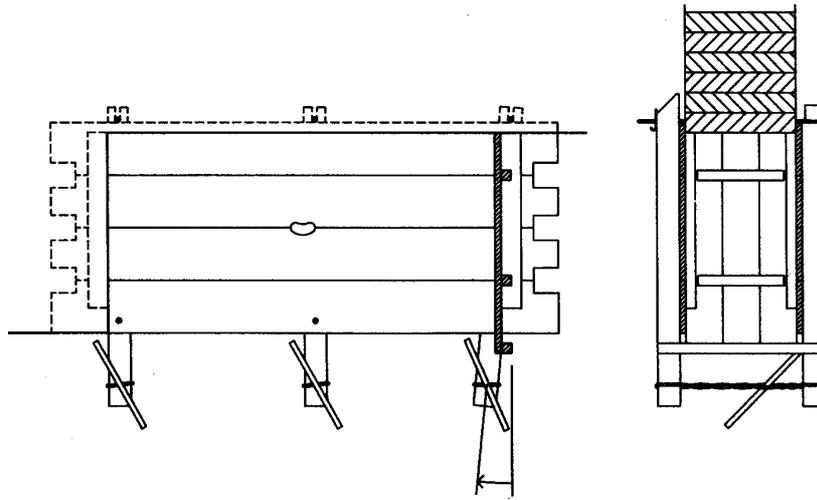
El giro de la hilada en un ángulo del muro es uno de los momentos críticos por cuanto las condiciones de movilidad de los elementos se extreman y se marcan las condiciones esenciales para mantener las cualidades de la fábrica.

En primer lugar, cuando la hilada llega a una esquina y debe girar es preciso que la tapia que lo hace sea la que cabalga en el muro que define el cambio de dirección. En caso contrario, serían precisos dos cabeceros para realizar la primera tapia después del giro y salvar un considerable desfase entre los dos tapiales del encofrado. Así, el paramento lateral de la última tapia previa al giro sirve de apoyo a la posterior.

Como las hiladas consecutivas se realizan en sentidos de desplazamiento opuestos, el giro de la manera explicada garantiza el solape de las tapias de las diferentes

hiladas. Al cabalgar sobre el muro que define el cambio de dirección, la tapia de esquina tiene una longitud equivalente a la mitad de una tapia normal más el grueso del muro. La tapia de esquina de la hilada superior cabalgará sobre ella y permitirá a la siguiente tapia, de longitud normal, avanzar contrapeada con ella.

El soporte de los tapias en la tapia de esquina presenta particularidades importantes. En primer lugar se soporta en dos aros, pues no dispone del aro más avanzado al no existir tapias debajo. Además, desde el último aro, y a una distancia igual al grueso del muro, el tapial de la cara exterior al giro vuela sin soporte alguno complementario. En cambio, el tapial de la cara interior se soporta sobre el grueso del muro inferior, en el cual debe ser formada una regata para ajustar la altura de ese tapial al nivel de apoyo de las dos agujas posteriores, recibiendo así un apoyo suplementario. El cabecero, que para ello dispone de una altura superior a la de los tapias, cierra la testa de la tapia sin apoyo inferior quedando trabado por los montantes de los tapias contra las tapias inferiores, y colgado de las orejas o asas que permiten su habitual desencofrado vertical. Una lía con la cuerda sobrante del garrote ahorrado permite asegurar el tapial exterior con el interior al giro y al cabecero.



El desencofrado de la tapia de esquina ocasiona el momento, junto con la última tapia de una hilada, en que el tapial debe liberarse y alzarse de su alineación para ser dispuesto sobre la directriz del muro después del giro. Para ello dispone generalmente de encajes que permiten introducir la mano para su elevación, frecuentemente un único agujero central que permite a un operario levantarla con una sola mano suspendiendo un sólo hombre todo el peso del tapial desde su centro de gravedad y haciendo evidente la necesidad de limitar su peso. Es también el momento de voltear los tapias y permitir el secado de la cara humedecida dejándola a partir de ese momento en el exterior.

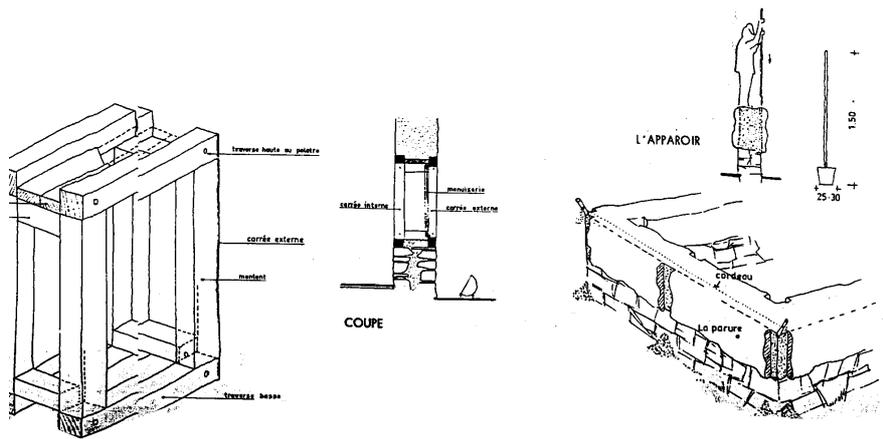
### Tipos de tapial

Podemos diferenciar diversas variantes en función del tipo de encofrado y por el material constitutivo del muro, el cual a parte de la tierra, puede tratarse de otros materiales constructivos de refuerzo.

**-La Bauge o tapial informe.** La tierra, adicionada con agua y amasada hasta conseguir una buena plasticidad, mezcla de pajas, de hierbas o de finas ramas a veces, es modelada en pequeños paquetes, terrones, o bolas irregulares que son sucesivamente apiladas y ligeramente amontonadas en “niveles” de barro de poca altura (40 a 60 cm, 100cms en la Bretaña Francesa 0 ) hasta constituir espesos muros monolíticos, los cuales son portantes, o muros arriostrantes con menor espesor. La parte que sobresalía de la verticalidad del

sobrecimiento de piedra, era cortado y alisado, quedando listo para ser pintado o revocado

8



**-Tapia de tierra.** También nombrada tapia ordinaria, es la que está compuesta sólo de tierra. Es el tipo más simple y el que requiere menos preparación del material, ya que la tierra se amasa dentro los tapiales sin más operación previa que dotar la del grado de humedad imprescindible y suficiente para conseguir una correcta compactación. Esta tapial no tendrá en la mayoría de los casos cap revestimiento posterior, y para esto la misma tierra compactada tendrá que hacer frente a las inclemencias del tiempo. Por tanto una buena elección del material así como una buena compactación son fundamentales para conseguir la máxima durabilidad y solidez del muro.

Son pocas las construcciones que se conservan realizadas de esta manera, pero todavía se pueden encontrar algunos restos, sobretodo de construccions de carácter auxiliar, como pajares y corrales.

Como subvariantes podemos considerar:

**-Tapia estratificada,** consistente en diferentes capas alternas de tierras de diferentes tonalidades, con un resultado plástico muy interesante.

**-Tapia estabilizada en masa,** la cual no lleva ningún tipo de revestimiento y lleva en la mezcla aglomerantes hidráulicos como el cemento portland o la cal hidráulica.



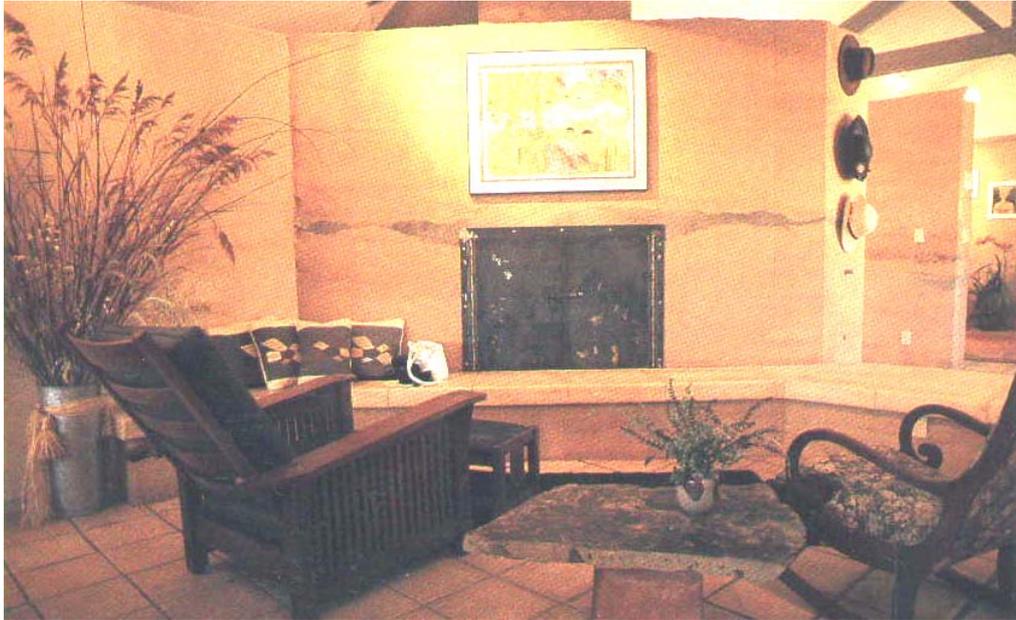
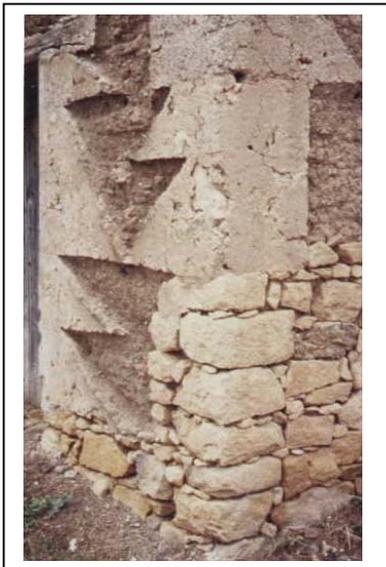


Fig 71 a) Tapia de tierra y cal, con brenchas de refuerzo en esquinas y juntas. Ille d'Abeau France. b) Tapia estabilizada con cemento. Barcelona c) Tapia estratificada. Se han alternado tierras de diferentes tonos rojos y marrones. Las paredes de tierra son de 60cm. de espesor estabilizadas con un 10% de cemento, no necesitando ni calefacción ni aire acondicionado. Interior de la casa museo de la energia, NAPA EE.UU, del diseñador y constructor David Easton, la interiorista Cynthia Wright y la empresa Rammed Hearth Works de California, los cuales han mejorado las técnicas tradicionales para construir casa que resistan los fuertes terremotos californianos y aumenten el ahorro energético.

**-Tapial de tierra y cal.** Otra variedad es la que denominamos de tierra y cal. La tierra se amasa dentro los tapias exactamente igual que en el tapial ordinario, solo que en este caso la unión entre tapias, tanto en las juntas verticales como en las horizontales, se fa hace con una capa de mortero de cal y arena, y en ocasiones gravilla, con una dosificación de tres partes arena y una de cal. El mortero así colocado reforzará la unión entre las tapiadas. Normalmente, también se colocan en las esquinas del muro así como en los brancales de los huecos de fachada como elemento de refuerzo y protección.



**- Tápia de tierra y yeso (term.catalan guix-algep)**

Hay otra variante del tapial de tierra propia de las comarcas ubicadas en cuencas sedimentarias con presencia de sulfatos como el yeso. Se trata de un tapial realizado con tierra y yeso muy frecuente en las tierras de Teruel, Lérida, y Aragón. En este caso las tapiadas van unidas vertical como horizontalmente por una capa de mortero de yeso, que al llegar a las esquinas de la edificación y a los brancales de los huecos, conforman unas líneas curvas que se manifiestan en el paramento exterior, y sirvan para el refuerzo de estos elementos.

El aspecto exterior de esta tapial es muy atrayente, debido al fuerte contraste que hay entre la textura y el color de los dos materials.

**- Tapial de tierra crostada.** Este tipo de tapial, también llamado revocado, es posiblemente el más representativo del País Valenciano, y más abundante. Se ha utilizado tanto para levantar viviendas como construcciones auxiliares. Para realizar un muro de tapial crostada, se siguen los siguientes pasos: Sobre las tapieras del encofrado se extendía una capa de mortero de cal de una altura suficiente para que se pudiera amasar la primera tongada de tierra. Esta capa de mortero era a veces casi un hormigón, ya que la arena era de un tamaño parecido al de la gravilla. El grueso de estos revestimientos es variable, dependiendo sobretodo de los condicionamientos económicos existentes en el momento de hacerse la tapia. Se han podido observar gruesos desde un duro, expresión que utilizaban antiguos tapiadores, hasta los 15cms.

Una vez extendido el mortero contra los tablones, se tiraba la tierra de la primera tongada y se amasaba convenientemente, después se volvía a colocar otra capa de mortero sobre el encofrado, y así varias veces, hasta completar todo el tapial.

En las viviendas populares solo se acostumbraba a crostar la part exterior, ya que la parte interior ya quedava protegida de las inclemencias atmosfericas, a pesar de ello se extendía una capa de yeso o mortero de cal.

En este tipo de tapial también se ha encontrado una variante :

**- Tapial crostado con juntas de mortero de cal.** El tapial se hacía siguiendo los mismos pasos, solo que sobre cada tongada recién amasada se extendía una capa de mortero de cal en toda la superficie, de esta manera los muros mejoraban sus características físicas. Este tipo de muro es más costoso y por tanto no se suele encontrar en la arquitectura popular.

Los muros de tapial crostada presentan un acabado exterior bien enlucido, que si ha estado correctamente ejecutado y protegido, mejora con el paso del tiempo, a medida que el mortero de cal va endureciendo en contacto con el CO<sub>2</sub> del aire. La crosta ofrece una buena protección al paramento frontal ante los agentes exteriores, como lo demuestran los tapiales con más de 800 años que todavía se conservan en un aceptable estado, en el País Valenciano.

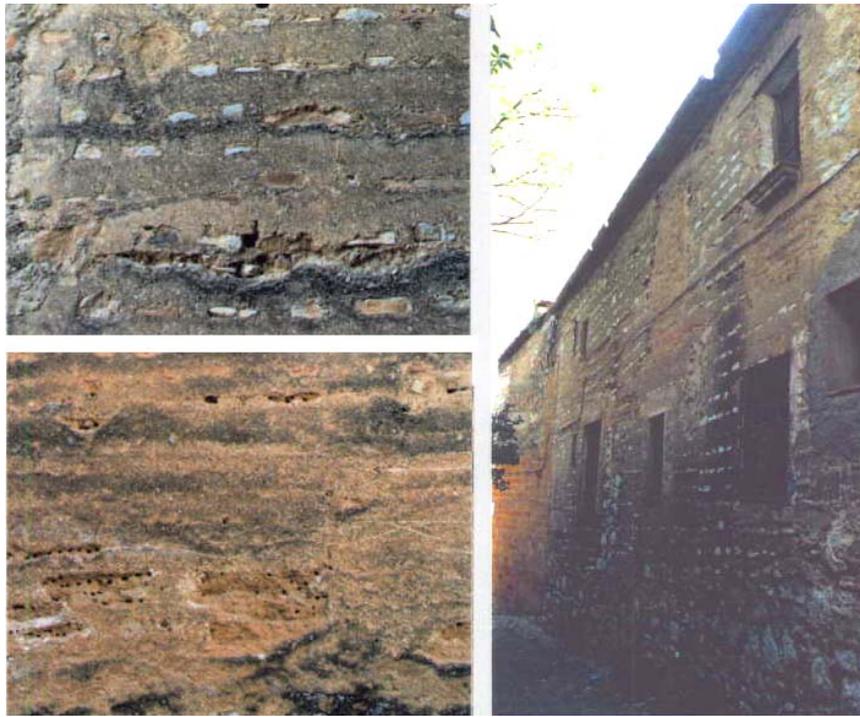


Fig 73 Tapias costradas de cal. Calle del Camí al Castell, Collbató y Esparreguera, Barcelona.

**-Tápia mixta.** Se denominan tapias mixtas a aquellos que presentan en los paramentos, verdugadas de ladrillo cerámica cocido o piedras, y tierra amasada en el interior del muro. Para construir estos tapias se siguen los siguientes pasos : contra las tapias del encofrado se colocaba una hilada de ladrillos normalmente aparejados en sogas, a lo largo, o en el caso de hacerlo con piedras, estas se asentaban con mortero o hormigón de cal, poniendo especial atención a que las piedras estuvieran bien estampadas contra los tabloneros. Después de haber preparado la primera hilada, se vertía en el interior la tierra y se procedía a amasarla. Cuando la tierra enrasaba con la piedra, se volvía a colocar otra hilada y así sucesivamente. En el caso que las hiladas fueran de ladrillo, se dejaba que la tierra enrasara con las piezas cerámicas; se extendía una capa de mortero de cal contra los tabloneros y se amasaba la tierra que se vertía hasta que se volvía a colocar otra hilada. El reconocimiento de este tipo de tapial no suele ser difícil porque tanto ladrillos como piedras suelen estar un poco retiradas del plomo final del muro.

La arquitectura popular, pero, no ha hecho demasiado uso de este tipo de muro, aunque sí se ha utilizado en construcciones defensivas o edificios monumentales.

Podemos diferenciar dos subclases en función de si las esquinas, brechas o machos, y refuerzos también están ejecutados con ladrillo cerámico o piedra. Así podemos diferenciar:

**-Tapial mixto cerámico**

**-Tapial mixto de piedra,** el cual podrá ser diferenciado por el tipo de cantería utilizado.

**- Tapial de piedra.** Aunque tradicionalmente el nombre de tapial ha estado reservado a la tierra amasada, este tipo de muro, conocido como mampostería encajonada, podemos considerarlo también tapial, por el hecho que su sistema de ejecución es parecido al de los otros tipos de tapial. Únicamente que la cara exterior es totalmente de piedra.

Este tipo de tapial, al igual que el anterior, no se utilizaba para hacer viviendas populares. Si se utilizaba en cambio para edificios monumentales o de carácter defensivo.

Tanto las tapias mixtas de piedra, como las de piedra, pueden diferenciarse en función del grado de elaboración de la piedra en : “tosca, ciclópea (no colocable con medios



manuales), careada, concertada ( cuando se labra el lecho de apoyo), de cantos rectos o ya sillería.<sup>53</sup>

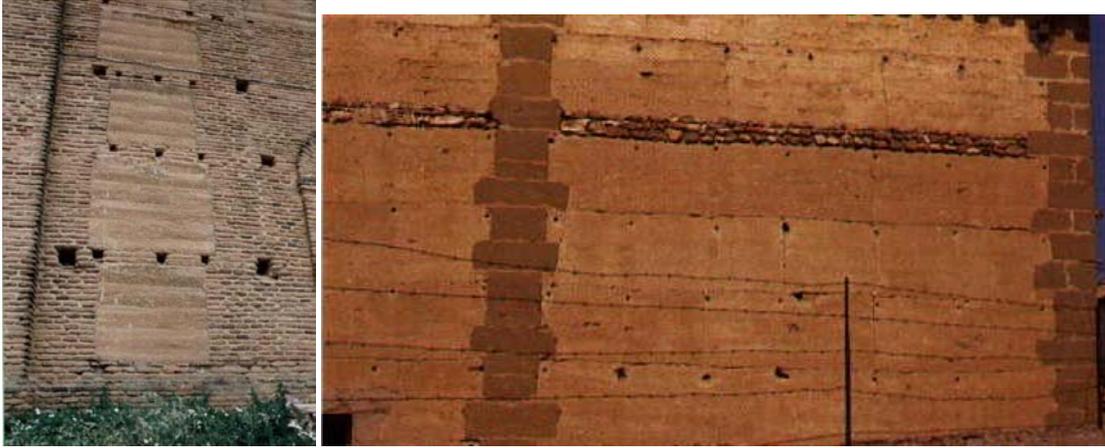


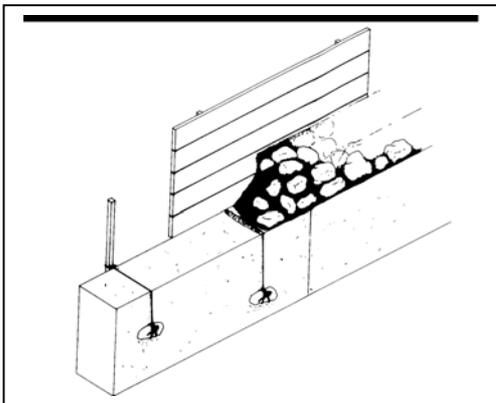
Fig 74 a) Tapial mixto con fábrica de ladrillo cerámico. Iglesia de la Trinidad de Sahagún. b) Tapial mixto con cantería. Somontano.España

Fig 75 Detalle del paramento de Tapias mixtas cruzadas cerámica y de piedra.



**La paredera.** Esta es una técnica mixta entre la mampostería y el tapial.

Las herramientas necesarias para hacerla es muy reducida: dos o tres listones de madera de 1,6 m. con cuerda y contrapeso, una madera de encofrar de 2x1m. formada por cuatro o cinco tablones de madera de unos 20 cm., a la cual se denomina paredera. Esta técnica no necesita andamiaje igual que el tapial, ya que está especialmente concebida para trabajar sobre el mismo muro.



El proceso de ejecución empieza con la colocación en el exterior del muro y sobre el zócalo de piedra, de los listones de madera que se encuentran contrapeados desde el interior con una cuerda protegida con arena para poderla extraer al finalizar. Contra estos listones apoyamos la paredera verticalmente y se empiezan a colocar las piedras con mortero de yeso, guiándose interiormente con un cordel. El espacio que queda entre las piedras y la paredera se rellena con el mismo mortero de tres partes de yeso (gez por una de arena). Se puede aumentar ligeramente la

proporción de arena para retardar el efecto de adormecido del yeso para hacer mas paredera en menos tiempo.

<sup>53</sup> Norma UNE 24032 24031 Obra de fábrica de piedra natural.

El acabado exterior de estas es parecido al de las tapias, aunque las juntas acostumbran a ser más ordenadas y las piedras se manifiestan exteriormente, ya que generalmente no llevan revestimiento.

### **BTC. Bloque de tierra comprimido**

Constituye una de las técnicas de construcción con tierra más prometedoras. La posibilidad de escalonar la fabricación durante un largo periodo, la disminución de fisuras del muro, ya que la retracción se ha producido durante el secado de la pieza, antes de colocarla, una mayor flexibilidad tanto en la puesta en obra como en la concepción arquitectónica. Como mejora podemos citar, la posibilidad de un almacenaje inmediato, una superficie de fabricación y secado mucho más reducida, y por tanto que puede ser cubierta, posibilidad de hacerlos con formas especiales, una mejor resistencia a la compresión, y un mejor acabado; en contra tenemos que la fabricación es más lenta y un incremento en el coste debido a la maquinaria que suele ser bastante cara.

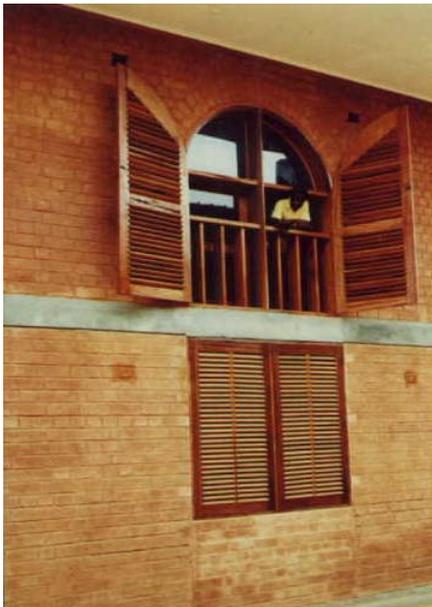
Las posibilidades de construcción son iguales a las de los ladrillos cocidos: pueden construirse muros, cúpulas, bóvedas, y arcos (arcos cada 80cms, para paliar la falta de vigas, con una luz de unos 6m, proyecto "los Trenes" Holguin Cuba 1998).

Antes que apareciesen las máquinas que comprimen los bloques, se había hecho a mano, tal y como si se tratara de una tápia, pero de reducidas dimensiones, pero debido a su lentitud comparada con la tápia no se hacía servir demasiado.

#### **Puesta en obra**

El principio de fabricación de los bloques comprimidos es similar al de la fabricación de ladrillos tradicionales (exceptuando la cocción), producidos por compactado. Es una técnica no muy corriente en nuestros días, pero cuya maquinaria necesaria continúa siendo fabricada por industriales experimentados en la fabricación de bloques de mortero de cemento.

La producción de bloques puede llevarse a cabo en la misma obra, con prensas manuales o en unidades de producción automatizadas, con rendimientos muy altos que permiten el uso de estas técnicas a precios competitivos.



La **consistencia de la tierra** debe ser húmeda y la granulometría fina. El estabilizante más apropiado es el cemento, lo que le confiere una resistencia e impermeabilidad apreciables, aunque se ha utilizado ampliamente la cal en suelos de tipo lateríticos o los que tienen altos índices de sílice y alúmina.

El principio de fabricación no puede ser más simple: la tierra mezclada se vierte en un cajón con la forma del bloque; una palanca hace presión sobre la tapa superior comprimiendo la tierra contra el molde. Al retirar la palanca, un mecanismo de abertura libera el bloque, que queda listo para ser utilizado. En la base del molde, a veces se pone una plancha de contrachapado.

El número de personal normal para trabajar, es de 5 personas para excavar, tamizar y mezclar la tierra, así como curándola y apilonándola el día previo a su utilización. También se necesitan al menos 3 personas para rellenar el molde, accionar la prensa y quitar el bloque una vez hecho en el área de trabajo.

Teniendo en cuenta que las máquinas operan manualmente, necesitan que la persona que aprieta la palanca, ejerciendo una gran fuerza, lo haga hasta dos veces por minuto. Es claro que la producción y la calidad de los bloques irá disminuyendo de la misma manera que disminuyen las fuerzas del operario. Por ello, por poco que lo permitan los recursos, se debe escoger una máquina motorizada.

Si se escoge una máquina motorizada, sería bueno que también se pudiera utilizar manualmente en el caso de que se produjera un corte de energía o avería del motor. También deberíamos dar una atención especial a la seguridad. Hay que: eliminar las partes móviles que sobresalen; diseñar las operaciones manuales de manera que las manos no puedan quedar atrapadas al mover las piezas; marcar con claridad y/o protegiendo las zonas donde exista peligro; incorporar fusibles térmicos y un interruptor de parada de emergencia accesible.

Para la prensa manual del CRATerre se describe la utilización de tierra cribada <10mm. Para moldear, se amontona tierra en la mesa de la prensa para que haya siempre tierra a mano. En el fondo del molde se coloca una planchita de contrachapado y se llena el molde con tierra húmeda. Se cierra la tapa y se baja la palanca con fuerza. La presión de 10 a 20 Kg/cm<sup>2</sup>, reduce a la mitad el volumen de tierra.

Al aflojar la presión, se abre la tapa por sí sola. Se sigue bajando la palanca y sale el bloque del molde.

Por último se pone el bloque con la planchita en la segunda mesa, de donde se lleva al lugar de secado.

Con este sistema se pueden producir 120 bloques de 28x18x9 cm, cada hora. El bloque de tierra prensada está duro al salir de la prensa que se puede coger sin problemas. Se pone de canto y se recupera la planchita de contrachapado para el siguiente bloque.

La **relación de compresión** es la altura que debe tener el molde respecto a la forma final del bloque, al producirse una disminución considerable del volumen de tierra al compactar. Se estima que para máquinas manuales es alrededor de 1.65 y para hidráulicas de casi 2, que raramente se consigue con la compactación mecánica. Por ello en algunos casos se utilizan procesos de precompresión. Las máquinas en que la relación de compresión se puede modificar según el suelo, puede ser especialmente útil.

La rapidez del **proceso de compresión** es muy importante según el tipo de producción, pero hay que destacar los ciclos de compresión inferiores a 2 segundos y de 10 cm de grueso porque corren el riesgo de laminación. Por esto el proceso de compresión no puede tardar más de 1-2 segundos para evitar laminaciones superficiales.

La tierra puede ser comprimida de forma estática, por el acercamiento de dos superficies, o dinámicamente por el apisonamiento en un molde, con un control más dificultoso. Se aconseja utilizar bloques de 10cms de ancho para compresión simple estática y bajas presiones, pudiéndose trabajar con grosores de 20/25cms para máquinas de doble compactación por ambas caras o altas presiones.

La **calidad del bloque** mejora proporcionalmente con el aumento de la presión de moldeamiento. Existe un único punto crítico, que está entre 4 y 10 N/mm<sup>2</sup> (depende del tipo de suelo) en que se puede producir una laminación, especialmente cuando el proceso se aplica con demasiada rapidez.

Existe una diferencia entre la presión real que actúa sobre el bloque y la presión teórica que no tiene en cuenta las pérdidas por rozamiento y inercia. La diferencia puede estar sobre el 50% del valor teórico.

La compactación a dos caras, por arriba y por abajo, produce productos más homogéneos y más durables, que no con la compresión a una cara. La compresión y expulsión del bloque puede hacerse tanto en dirección vertical como horizontal. Los bloques, cuando se construyen, se deben colocar de forma que los esfuerzos estructurales se distribuyan en la misma dirección que la fuerza de compresión durante el compactado. También se debe tener en cuenta que el lado que quede al exterior sea el más liso, para así tener una mayor durabilidad.

Aunque la fuerza de compresión para hacer los bloques, en muchos casos, no ha de ser muy alta- la calidad de la Cinva-Ram en este género es bastante correcta estructuralmente- es importante anotar que los bloques insuficientemente compactados, son porosos y fácilmente absorben la humedad. La superficie áspera, es difícil de mantener limpia y se puede desgastar con facilidad, con el tiempo las fisuras y agujeros se convertirán probablemente en nidos para los insectos. Estas superficies necesitan menudo una capa de protección, que naturalmente supone un coste adicional.

Los bloques más densos, que han estado compactados con presiones altas de 3,4 N/mm<sup>2</sup> pueden quedarse sin tratar, porque no ofrecen ninguna posibilidad de refugio a los insectos y se pueden hacer, solo, con pequeñas cantidades de estabilizado (cemento o cal).

Alternativamente en el caso de una compactación a baja presión, un aditivo químico, con base asfáltica puede dar la resistencia necesaria a la humedad. De todas maneras estos aditivos no aumentan la resistencia a compresión del bloque y habrían de recordar también que estos han de ser exportados y, por tanto, encarecen el producto.

La calidad de la tierra es más importante que la calidad de la prensa, en otras palabras, un suelo bueno con una prensa mala puede dar mejores resultados que un suelo malo en una buena prensa.

#### **Dimensiones del bloque**

Los tamaños pequeños necesitan un número mayor de bloques por metro cúbico que los de tamaño mayor, por tanto, el esfuerzo que se necesita para producir bloques pequeños es mayor que el que se necesita para hacer bloques de dimensiones superiores. A más a la hora de construir con bloques pequeños, se necesita más mortero, desde que la proporción de juntas es superior. Por tanto, el mejor formato para el bloque está determinado por el tamaño y peso máximo con el cual puede fácilmente manejar por una persona utilizando una sola mano. Las dimensiones más comunes son 29x14x9cm (lxbxh)

Cuando la presión se aplica solo a un lado, la altura del bloque se limita a 10 cm ya que la cara opuesta queda débilmente comprimida.

Es útil poder producir bloques huecos de diferentes tipos, parcial o totalmente huecos de un lado al otro. El volumen total de agujeros se limita a un 30% para los procesos con mejores resultados.

Algunas prensas pueden producir una completa gama de productos (bloques de diferentes tamaños, piezas para pavimentos, tejas, etc.) que es una gran ventaja, pero un inconveniente, porque el precio sube mucho.

#### **Productividad de la máquina**

Bajo condiciones teóricas, en un ciclo de 15 segundos por ejemplo, se pueden hacer 2000 ciclos de producción en un día de 8 horas hábiles. Si hay un incremento de la complejidad de la acción de compresión (doble compresión, compresión en dos etapas, compactación dinámica) el ciclo se alarga. En estas condiciones los constructores preparan la máquina para producir varios bloques por ciclo.

El rendimiento de la máquina frecuentemente se indica, en el ciclo de producción teórica. La productividad real en el campo, es diferente y depende de un número de factores que son totalmente independientes de la competencia teórica de la máquina. Algunos pueden ser: el tiempo que puede estar averiada; la organización del personal; la conservación; la infraestructura de transporte disponible; la disponibilidad de suficiente superficie de trabajo. La productividad real queda a menudo alrededor o por debajo del 50% del ciclo de producción teórico.

Los ciclos de producción teórica de las presas manuales más eficientes están entre 30 y 60 segundos. Así en la presas manuales, se construyen a una presión de 10 a 20 Kg/cm<sup>2</sup>, y se producen 120 bloques en una hora, entre dos o tres personas.

Respecto a las presas motorizadas que necesitan la intervención del hombre, es difícil ejecutar un ciclo completo en menos de 15 segundos.

La producción automática de unidades puede, en el mejor de los casos, completar este mismo ciclo en 4 o 5 segundos.

### Tipologías de bloques

**-Bloques cemento**, dosificaciones<sup>54</sup>, adecuado para suelos arenosos < 10%:

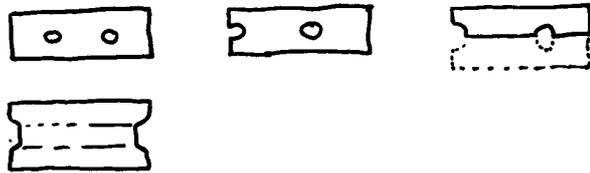
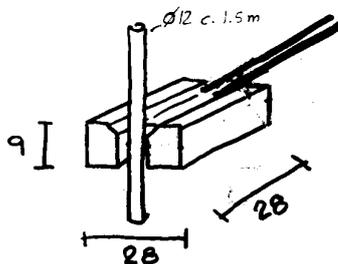
1/10 (para sobrecimientos y baños) 1/15 1/20

**-Bloques de cal**, dosificaciones adecuado para suelos arcillosos >20%, en algunas zonas rurales de Zimbabwe, si el suelo no tiene una proporción suficiente de arcilla, añaden tierra de hormigueros:

1/6

**-Bloques de cal y cemento**, dosificaciones para suelos entre 10-20%:

1/2/24



**-Bloque armado.**

**-Bloque hueco.**

La ventaja de este sistema sobre el adobe, por ejemplo es que su compacidad y resistencia es mucho más elevada y por lo tanto es más adecuado para trabajar en zonas sísmicas. El problema está en que debe diseñarse el bloque en función de los elementos de trabado que se requieran. También, para juntas horizontales, a veces se aumenta el grosor a 2-3 cm. para que pase la "caña brava" de refuerzo o el bambú. Generalmente son de 1,5 cm.

El mortero de agarre puede ser de la misma composición, pero se recurre a morteros de cemento, debido a la fuerte densidad del material.

Posibles morteros:

-1/5 de cemento + arena o tierra arenosa.

-1/1/8 de cemento + cal + arena o tierra arenosa.

### **-Bloques machihembrados.**

Sistema utilizado por Sanchez mora en México, no requiriendo de mortero de unión. Las fuentes indican un buen comportamiento antisísmico, debido al factor de disipación energética que ofrecen todas las juntas.



Fig 76 Construcción armada de BTC. México

### **Maquinaria para bloques comprimidos**

*Debido a que las construcciones con un sistema de compactación manual (tapia) no eran del todo satisfactorias, se empezó a buscar algún sistema, que permitiera llegar a un grado más alto de compactación. Esto llevó a crear una serie de maquinas que permitieran comprimir la tierra en forma de bloque, las cuales con el tiempo han ido evolucionando.*

*Las prensas eran de madera, más tarde se utilizó el hierro y finalmente el acero. La primera prensa para hacer bloques comprimidos de la cual se tiene constancia es francesa y data del año 1789.*

*Las primeras prensas funcionaban, en su mayoría, con un dispositivo apisonador de compactación dinámica de gran peso (30Kg) que cerraban por debajo con mucha fuerza, desplazando el exceso de tierra. Desde principios del siglo XX, se han ido fabricando prensas manuales y motorizadas, que tenían como base para su funcionamiento la utilización de fuerza estática.*

*Una de las primeras máquinas fue la MADELON, que todavía hoy en día, como caso atípico, se fabrica en Bélgica, aún habiéndose modificado y cambiado varias veces de nombre.*

*El principal problema que tenían estas maquinas es que eran muy grandes y pesadas y, además, tenían un coste muy elevado si se hacía un uso limitado. Lo que se necesitaba era una máquina pequeña, que hiciera un bloque pequeño y manejable y el coste de la cual fuese bajo, para que se pudieran beneficiar los países del tercer mundo.*

*Haciendo caso a estos requisitos, el ingeniero chileno, Raúl Ramírez, desarrolló una máquina en 1956, que se llamó **CINVA-RAM**. Cinva era el centro donde él trabajaba (Centro Inter-Americano de Vivienda en Bogotá) y RAM no se sabe bien de donde proviene, se dice que puede ser una abreviación del su apellido o una palabra inglesa con la cual se conoce un dispositivo de compactación.*

*La **CINVA-RAM** es para muchos la mejor máquina, al menos es la prensa de bloques comprimidos más utilizada en todo del mundo. Hay numerosas variantes por el hecho de que se fabrica en muchos países. Por ello se pueden encontrar diferentes precios en función de las mejoras introducidas de rendimiento y manejabilidad. Pero en su forma original continua siendo la más ligera y económica de las disponibles.*

# PRODUCT INFORMATION: Soil Block Presses

**Manual Block Presses Produced in Latin America** 1

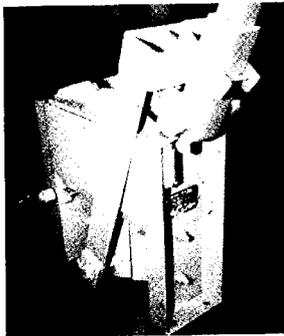
**Manufacturer**  
**METALIBEC S.A.**  
 Apartado 11 798  
 Carrera 68B no. 18-30  
 Bogotá, D.E.  
 Colombia  
 Tel. 261 32 77, 261 13 15  
 Tlx. 43 247

## CINVA - Ram

### Description

The CINVA-Ram, which was designed by Raúl Ramirez at the Inter-American Housing Center (CINVA) in 1956, is the oldest, truly low-cost, portable soil block press, and numerous manual presses produced in different parts of the world are based on the design and working principle of this machine.

The press, made entirely of steel, basically consists of a mould box with a cover, onto which a toggle lever is rolled. This is connected via a yoke to a piston below the mould box, which has a moveable base plate fixed to the piston. When the lever is pressed down, the piston moves upwards between two adjustable angles. The whole unit is mounted on a heavy wooden base board (about 300 x 20 x 5 cm) to provide stability during operation.



For the production of bricks and tiles, which have the same dimensions as the blocks but less thickness, inserts are provided to reduce the height. These are usually wooden blocks with a metal face and can have various shapes (so-called "frogs") to produce bricks with recesses, grooves, cavities, etc. for special uses.

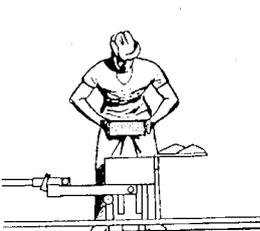
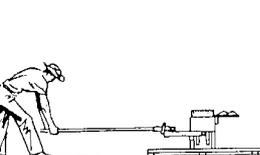
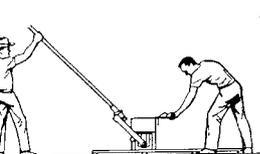
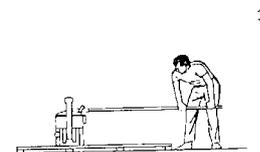
*The CINVA-Ram is also distributed by:*  
 Schrader-Bellows Inc.  
 200 W Exchange Street  
 Akron, Ohio 44309, U.S.A.

### Operating the CINVA-Ram

In the vertical position, the lever arm is fixed to the yoke by means of a latch. These are pulled back together and the mould cover swung open. After greasing the sides of the mould, the soil mix is filled in, making sure that the corners are properly filled and slightly compressed by hand. When swinging back the mould cover, the surplus soil is removed.

The lever is brought back to the vertical position and the latch released. The lever arm is then pulled down on the side opposite to its previous position, to compress the block. When the block is fully compacted, the lever arm is swung back over the mould to its position during filling.

The mould cover is opened and the lever arm depressed further until the block is completely ejected and held in this position until it is removed from the press and placed on edge at the curing site.



### Technical Details

Size of machine (length x width x height)	41 x 25 x 51 cm (16 x 10 x 20 in)
Weight of machine	58 kg
Size of crate for shipment	29 x 70 x 49 cm (12 x 28 x 19 in)
Weight of packed machine	67 kg
Standard block size (single mould)	a. 29 x 14 x 9 cm (11.5 x 5.5 x 3.5 in) b. 29 x 14 x 3.8 cm (11.5 x 5.5 x 1.5 in)
Maximum nominal compaction force	18 tonnes
Nominal compaction pressure	4.4 N/mm <sup>2</sup> (630 p.s.i.)
Compression ratio	1.7 : 1
Energy input/transmission	manual/mechanical
No. of blocks per cycle/output rate	a. 1 / 37 blocks per hour b. 1 / 60 blocks per hour
Labour force required (incl. excavation and mixing)	4 men
Price (ex works) valid January 1988	CINVA-Ram ..... 35500 Col.\$ ..... (approx. 230 US\$) (Discount of 30 US\$ per unit for purchases of 10 units or more. Shipping cost for export are at buyer's expense.)
Col.\$ =	Spare parts, replacements and technical advice available on request.)
Colombian Dollars	

## PRESS 1 CINVA-RAM

En los años 50 y 60 el interés por la construcción con tierra fue de baja. En los 70 pero, se empezaron a hacer trabajos de investigación y a utilizar la tecnología del suelo para proyectos de desarrollo, que fueron aumentando, a cuenta de la crisis global de energía. En el curso de estos años salió a la luz una nueva generación de prensas para bloques comprimidos con unidades sobre ruedas. El equipo generalmente requiere una prensa, un tamiz, una mezcladora y una cuchara medidora para cargar la máquina. A menudo ésta es substituida por operaciones manuales que mezclan las proporciones necesarias para llenar la máquina.

Las nuevas maquinas parcial o totalmente automáticas, realizan todo éste trabajo rápidamente, consiguiendo así rendimientos muy altos, uniformes y de calidad superior.

### Tipos de prensa



Podemos diferenciar los tipos de prensa por su fuente de energía:

- **manual**: Las operaciones de humectación y compactación son hechas por la máquina, que se acciona manualmente.

- **mecánico**: Las operaciones de humectación y compactación son hechas por la máquina que funciona con energía. El apisonamiento de la tierra se hace por un sistema de palanca o de pistón accionado mecánicamente por un motor a gasolina, diesel o eléctrico. Los sistemas mecánicos son normalmente simples, pero relativamente pesados, a menos que se utilicen aleaciones especiales, que entonces complican las reparaciones.

- **mecánico-hidráulico**: combinan vibración a alta frecuencia y baja amplitud (1.5-2mm) y baja presión hidráulica 0.2-1 Mpa ( ciclo entero 40s), pudiendose regular en función del tipo de suelo. El rendimiento es inferior que en las de bloque de cemento, unos 1000-1500 bloques huecos/día a 2000-2500 bloques macizos/día de 20x20x40o 50cms.

- **hidráulico**: la energía del motor se transmite a la bandeja de compactación por un sistema de presión hidráulica. Hay algunas que funcionan por doble compactación.

Existen algunas centrales industriales como “Latorex”(Dinamarca), “Krupp”(Alemania) y “Tecmor”(Brasil), que utilizan procesos basados en estabilización con cal, y hiperpresiones de compactación del orden de 10 a 40 Mpa ( 400Kp/cm<sup>2</sup>). Los sistemas hidráulicos son sensibles al polvo a la arena y al calor, con estas condiciones el fluido hidráulico se ha de cambiar una vez al mes, por lo que la conservación se convierte en difícil y costosa. Los sistemas se diseñan, normalmente, para trabajar a temperaturas alrededor de los 70°C, pero bajo condiciones de climas tropicales las temperaturas pueden llegar a 120°C, necesitando después sistemas de enfriamiento y piezas de recambio especiales resistentes al calor.

- **neumático**: la energía del motor se transmite al pistón por un sistema neumático. La compactación dinámica provoca un efecto de compactación un 20% superior a la estática.

Las prensas pequeñas son, sin duda, accionadas manualmente, mientras las prensas mayores, normalmente se motorizan, mediante motor eléctrico, diesel o gasolina. El rendimiento de las prensas manuales depende del peso, la fortaleza y la motivación del operador, mientras en las prensas mecánicas se superan estos problemas y los de uniformidad del producto.

Para llegar a obtener un éxito absoluto en una obra de bloque comprimido es básica la elección de la máquina adecuada a los recursos económicos, humanos, y técnicos disponibles, siempre teniendo en cuenta un plan de obra perfecto que coordine la extracción de la tierra, la trituración y cribado, transporte y almacenaje.

Existen diferentes tipos de máquinas para hacer bloques comprimidos. las referencias de las más conocidas són las siguientes:

Referencias de máquinas de fabricación de bloques:

-CINVA-RAM 1950 (Colombia por Raul Ramírez).

-CETARAM (Bélgica).

-Máquina ponedora (Sudáfrica).

-Tractor (EUA).

-ALTECH

-TEK BLOCK

-ELLSON BLOCKMASTER

-MMH 2000

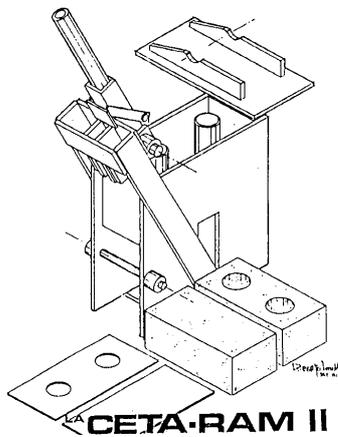
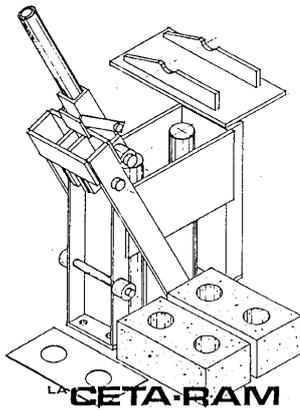
# PRODUCT INFORMATION: Soil Block Presses

**Manual Block Presses Produced in Latin America** **2**

## CETA - Ram

**Manufacturer**  
 CETA  
 Centro de Experimentación  
 en Tecnología Apropriada  
 Apartado 66-F  
 Guatemala C.A.

*5*  
 15 Ave. 14-6  
 Zona 10.  
 Guatemala City.  
 GUATEMALA



### Description

The CETA-Ram Block Press was developed by Roberto Lou Ma, CETA, soon after the Guatemala earthquake of 1976. The CETA-Ram is a modified CINVA-Ram for the production of hollow soil-cement blocks, intended for use in steel reinforced masonry for earthquake-proof low-cost housing.

The design is essentially the same as that of the CINVA-Ram, but the piston of the CETA-Ram has two bushings, which slide along two vertical cylindrical columns (Ø 6 cm), which are fixed to the base of the machine. These columns also serve as inserts to form the holes in the blocks. An important feature of the CETA-Ram is that the piston guiding mechanism never needs adjustment.

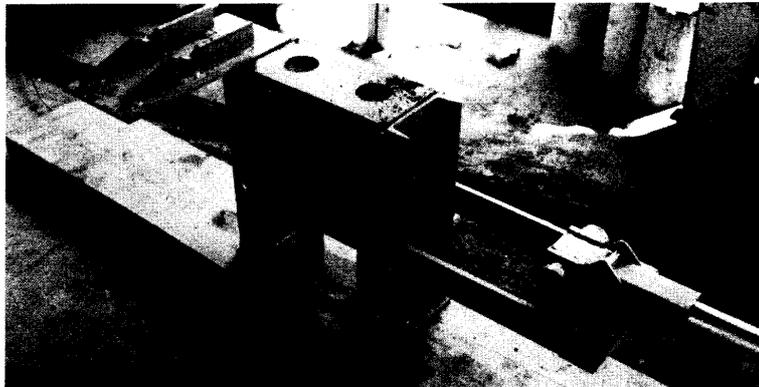
An alternative model of the machine has also been developed to produce both hollow and solid blocks. The piston of the CETA-Ram II is guided independently of the cylindrical inserts that form the cavities in the blocks. Thus the inserts can be removed to make solid

blocks. A special insert with dividing plate for making two half-blocks at a time has also been developed, as well as inserts for semi-hollow (frogged), channeled and rabbeted blocks.

The CETA-Ram has three main components:  
 - mould with cover plate  
 - piston  
 - yoke and lever device,  
 which are extremely easy to assemble or dismantle (for inspection, cleaning, lubricating or repairing) by fixing or removing a few cotter pins.

### Operating the CETA-Ram

The CETA-Ram is operated in the same way as the CINVA-Ram with only one minor difference. Before filling in the soil, a steel pallet is laid at the bottom of the mould, and after the compacted block is ejected, a second pallet is placed on top of it. The block is then hand-carried between the two pallets and carefully laid on its side on the ground, thereby freeing the pallets for immediate reuse.



### Technical Details

Size of machine (length x width x height)	40 x 25 x 70 cm (16 x 10 x 28 in)
Weight of machine	.86 kg
Size of crate for shipment	50 x 30 x 80 cm (20 x 12 x 32 in)
Weight of packed machine	.110 kg
Standard block size (single mould)	32.3 x 15.7 x 11.5 cm (12.7 x 6.2 x 4.5 in)
Nominal compaction force	10 tonnes
Nominal compaction pressure	.2 N/mm <sup>2</sup> (290 p.s.i.)
Compression ratio	1.6 : 1
Energy input/transmission	manual/mechanical
No. of blocks per cycle/output rate	1 / 60 blocks per hour
Labour force required (incl. excavation and mixing)	.4 men
Price (ex works) valid May 1988	CETA-Ram .....1250 Q .....(approx. 500 US\$)
	Block carrying pallets (2 required) .....75 Q .....(approx. 30 US\$)
	Q = Quetzales

### The CETA-Ram Block

The dimensions of the block are 32.3 x 15.7 x 11.5 cm, with two holes of 6 cm diameter running through its full height. In properly constructed masonry walls, the holes are aligned through the full height of the wall, so that steel reinforcing rods can be inserted at suitable intervals and cement mortar grout poured in from the top, to achieve earthquake resistance.

The block dimensions have been especially conceived for modular coordination on the basis of 50 or 100 centimeters: the lengths of three blocks, including the respective joints, add up to exactly 1 meter, and 24 blocks, including the respective horizontal and vertical joints, make up exactly 1 m<sup>2</sup> of masonry wall.

PRESS 2 CETARAM



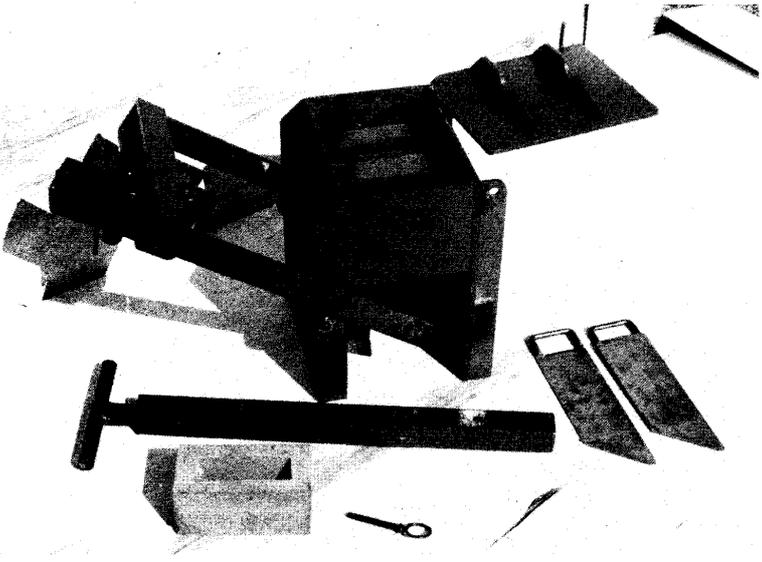
PRESS 3 TERSTARAM

# PRODUCT INFORMATION: Soil Block Presses

**Manual Block Presses Produced in Latin America** **3**

## CTA Triple - Block Press

**Manufacturer**  
 Universidad Católica  
 "Nuestra Señora de la Asunción"  
 Centro de Tecnología Apropiada  
 Casilla de Correos 1718  
 Asunción  
 Paraguay  
 Tel. 312 74



**Description**

The CTA Triple-Block Press is a modified version of the CINVA-Ram, designed to produce three soil blocks per cycle. It was developed in 1982 by Thomas Gieth and Jorge Abatte of the Centre for Appropriate Technology, Asunción.

The principal features of the CTA Block Press are the same as those of the CINVA-Ram, except that the mould box is much larger and divided into three sections by means of two steel plate dividers. By using the full mould space and special inserts, a great variety of components, such as large sized blocks, hollow

or specially shaped blocks for earthquake resistant constructions, floor tiles and even roof tiles, can be produced.

The telescope-type lever arm consists of a 1 metre long casing of square cross-section, with a circular section pipe that can be pulled out as required, up to about 50 cm, depending on the height of the operator. The round inner component was chosen to avoid excessive friction or jamming due to earth falling between the sliding surfaces. All lever operations are carried out on one side of the press.

Technical Details	
Size of machine (length x width x height)	36 x 48 x 56 cm (14.2 x 18.9 x 22 in)
Weight of machine	121 kg
Size of crate for shipment	46 x 60 x 66 cm (18 x 24 x 26 in)
Weight of packed machine	140 kg
Standard block size (triple mould), each	24 x 11.5 x 11.3 cm (9.5 x 4.5 x 4.4 in)
Maximum nominal compaction force	11.6 tonnes
Nominal compaction pressure	1.4 N/mm <sup>2</sup> (200 p.s.i.)
Compression ratio	1.81 : 1
Energy input/transmission	manual/mechanical
No. of blocks per cycle/output rate	3 / 130 - 170 blocks per hour
Labour force required (incl. excavation and mixing)	4 - 6 men
Price (ex works) valid June 1988	CTA Triple-Block Press .....400000 ₡ .....(approx. 500 US\$)
₡ = Guaraní	

**Operating the CTA Triple-Block Press**

The procedure of blockmaking is the same as with the CINVA-Ram, except that prior to filling the mould, the two plate dividers have to be inserted in the slits.

Apart from producing three blocks per cycle, the use of the dividers has the additional advantage that the piston and base plate can only move up to the lower edges of the dividers, thus producing blocks of identical dimensions. This serves as an in-built quality control. Furthermore, straight and faultless edges are achieved by pulling out the dividers before opening the cover to eject the compacted blocks.

Another quality factor is the use of frogs, which penetrate more than half the height of the blocks, thus compacting them from within. This way bricks of relatively uniform density are obtained, approaching the quality of doubly compacted bricks.



PRESS 4 CTA

# PRODUCT INFORMATION: Soil Block Presses

**Manual Block Presses Produced in Latin America** **4**

## CRATerre AMERICA LATINA Press

**Manufacturer**  
 CRATerre AMERICA LATINA  
 Apartado Postal 5603  
 Correo Central  
 Lima 1  
 Peru  
 Tel. 14 40 60 27  
 Tlx. 25 201 pe pb hboli

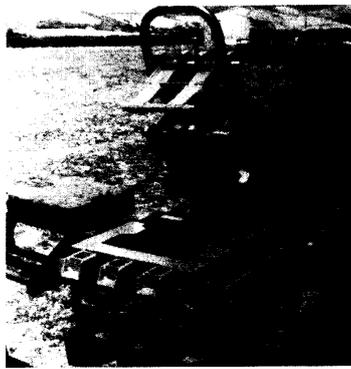
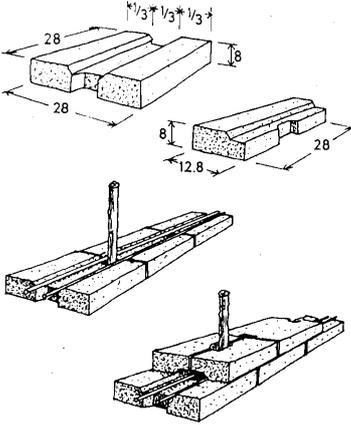
*of*  
*Aptdo. 399*  
*Huanayo*  
*Peru*

**Description**

The CRATerre AMERICA LATINA press was developed in 1982 by Silvia Matuk, François Vitoux and Alain Hays of the non-profit Peruvian organization so named. It was produced only for use in the organization's own projects, and is not yet available for sale.

The machine was especially designed to produce large-sized earth blocks, similar to traditional adobe blocks, but which are more uniform and specially shaped for earthquake resistant construction (by providing horizontal and vertical grooves and cavities, into which steel and wood reinforcements are placed).

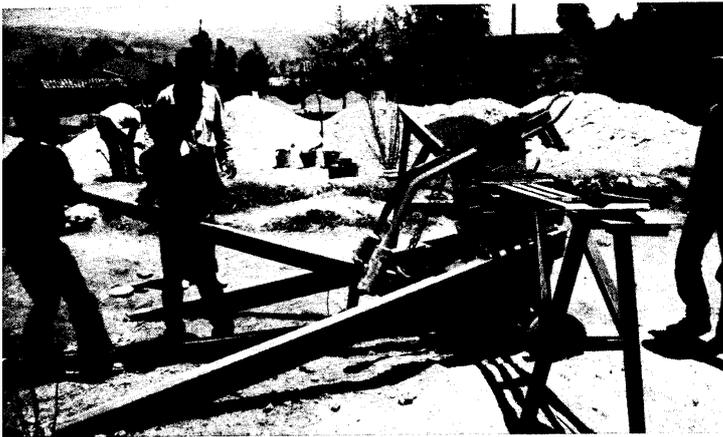
Two wheels are provided to facilitate movement of the machine around the site, and special rollers are placed on either side of the mould, in order to provide a continuous supply of earth and another to place the finished blocks on before they are removed for drying.



**Operating the CRATerre A.L. Press**

Four people are needed to operate the machine, while two to three more are required for excavation and preparation of the earth, which is continuously loaded onto the sloped table, ready for moulding.

A worker standing in front of the press scrapes the soil from the table into the mould. The lid, which is held open by means of counterweights at the back, is pulled down forcefully to pre-compact the soil. Two workers are necessary to push down the lever arm to compress the soil sufficiently, after which the lid is unclamped and allowed to open. By pushing the lever arm further down, the block is ejected and placed aside by the worker in front of the press. While another worker takes away the block for drying, the mould is filled again without delay, to repeat the production cycle in quick succession.



**Note:** The technical details were provided by the producer. GATE is not in a position to verify these data and therefore cannot accept the responsibility for any inaccuracies. As the prices and exchange rates are subject to change, they are only meant to serve as guidelines.

**Technical Details**

Size of machine (length x width x height)	.....	230 x 280 x 124 cm (90 x 110 x 49 in)
Weight of machine	.....	280 kg
Size and weight of packed machine	.....	not applicable
Standard block size (double mould), each	..... a.	28 x 12.8 x 8 cm (11 x 5 x 3.2 in)
Standard block size (single mould)	..... b.	28 x 28 x 8 cm (11 x 11 x 3.2 in)
Maximum nominal compaction force	.....	16 tonnes
Nominal compaction pressure	.....	2 N/mm <sup>2</sup> (290 p.s.i.)
Compression ratio	.....	1.67 : 1
Energy input/transmission	.....	manual/mechanical
No. of blocks per cycle/output rate	..... a.	2 / 240 blocks per hour
No. of blocks per cycle/output rate	..... b.	1 / 120 blocks per hour
Labour force required (incl. excavation and mixing)	.....	5 - 7 men
Price	.....	Machine not for sale; produced only for use in projects of CRATerre A.L.

**Published by**

German Appropriate Technology Exchange  
 Dag-Hammarskjöld-Weg 1  
 Postfach 51 80  
 D-6236 Eschborn 1  
 Federal Republic of Germany  
 Tel. (06196) 79-0  
 Tlx. 407 501-0 gtz-d

Prepared by K. Mukerji and CRATerre (1988)

## PRESS 5 CRATERRE PERU

**ALTECH  
EQUIPEMENT**

**PRESSE HYDRAULIQUE  
GEO 1000**

Les briques de terre compressée produites avec les équipements ALTECH permettent de construire des bâtiments dont la durabilité n'est plus à démontrer, qui allient une grande qualité architecturale à un confort étonnant.

Avec les équipements ALTECH, la qualité des briques est encore très sensiblement améliorée et les chantiers sont plus productifs. La construction en terre crue devient extrêmement performante et très économique.

Une qualité haut de gamme grâce à la double compression:

Une amélioration incontestée dans la qualité des blocs produits par une presse à double compactage.

Un seul vérin hydraulique :

Pour assurer la régularité du compactage sans compliquer l'automatisme.  
La GEO 1000 assure avec un seul vérin la double compression et l'éjection des briques.  
De plus cet unique vérin est placé en partie haute de la presse et sa position le protège du contact avec la terre et le sable.

Conçue pour produire 2.500 briques par jour avec 3 ouvriers,

ou 1.800 avec 2 ouvriers, incluant les opérations de dosage, malaxage, compression, éjection et stockage.

La Géo 1000 est adaptée aux conditions de chantiers aux normes européennes qui exigent l'alliance de la rentabilité de la sécurité et de la performance.

Des moules interchangeables:

pour répondre aux diverses demandes des architectures de la brique 40 x 20 x 10 cm à la 23 x 11 x 7 cm (2 briques à chaque fois).  
20 minutes suffisent pour changer la taille des briques produites.

Mobile pour accéder à tous les chantiers:

Montée sur châssis routier, d'un poids de 1800 kg avec malaxeur, Altech propose une réponse à la diversité des chantiers.

**5 avantages pour une nouvelle génération de presses hydrauliques**

- 1. Un véritable double compactage.**
- 2. Un seul vérin pour rester simple.**
- 3. 2 ou 3 opérateurs.**
- 4. Moules Interchangeables.**
- 5. Mobilité.**

ALTECH International - PARC D'ENTRAIGUES - 05200 EMBRUN - FRANCE  
Tél.: (33) 92.43.21.90 Fax: (33) 92.43.02.05

DESIGNATIONS	UNITÉS	DONNEES	COMMENTAIRES
Caractéristiques des blocs dimensions (L.A.lxh)	cm	29,5 x 14 x 9	1 brique/compactage
	cm	29,5 x 20 x 9	
	cm	40 x 20 x 10	2 briques/compactage
	cm	20 x 20 x 9	
	cm	22 x 10,5 x 7	
Densité	kg/dm <sup>3</sup>	1,9 à 2,2	Dépend de la qualité de la terre utilisée
Résistance à sec	kg/cm <sup>2</sup>	60 à 150	et du % de stabilisant.
<b>Caractéristiques de la Presse GEO 1000</b>			
Force de compression maxi	tonnes	30	Réglable
Pression	bars	35 à 70	Dépend de la taille de la brique
Hauteur maxi des briques	mm	100	
Hauteur maximum des moules	mm	180	
Taux de compression maximum.		2	
<b>Rendement de la presse GEO 1000.</b>			
Cycle de production	secondes	10 à 12	Réglable
<b>Production de briques</b>			
production théorique	bloes/h	360	
production réelle	bloes/h	320	
Production de briques	m <sup>3</sup> / 8h	9 / 20	Dépend de la taille de la brique
Approv. en terre foisonnée	m <sup>3</sup> / 8h	18 / 40	
<b>Main d'oeuvre:</b>			
Ouvrier qualifié	homme	1 à 2	Conduite machine, dosage, remplissage évacuation, palettisation
Ouvrier	homme	1 à 2	

**ALTECH fabrique aussi pour la construction économique:**

- Presse manuelle GEO50.
- Broyeur projecteur.
- Malaxeurs 250 Litres.
- Mini-briqueterie.
- Broyeur Tamiseur.
- Malaxeurs 320 Litres.
- Tuilerie en fibro-mortier.
- Tuilerie en micro-beton.

**ALTECH assure la formation et l'assistance technique auprès des briquetiers des maçons et des tuiliers.**

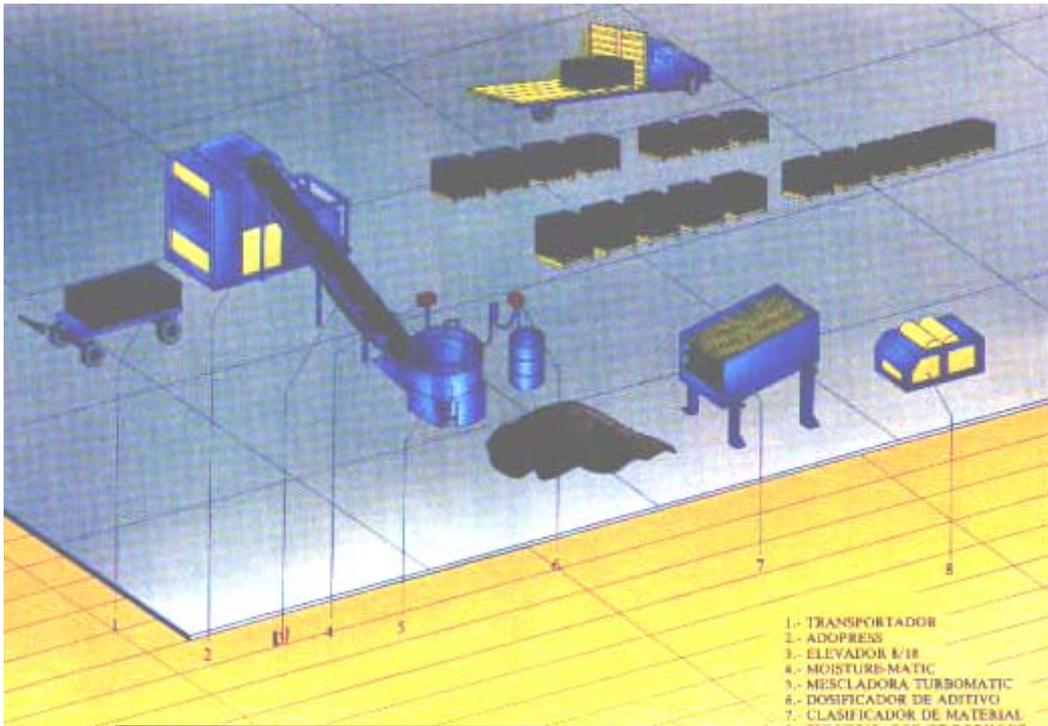
ALTECH International - PARC D'ENTRAIGUES - 05200 EMBRUN - FRANCE  
Tél.: (33) 92.43.21.90 Fax: (33) 92.43.02.05







PRESS 7 GEO 50



### ALGUNOS USOS DEL ADOBLOQUE



DATA: ITAVU Ing. Enrique Varón Chávez



DATA: CRATER Ing. Hugo Houber



DATA: UPROVI Dr. Basilio Gutiérrez



DATA: Vivienda Social ITAVU



DATA: Centro Nacional de Investigación de Construcción con Tierra  
Arq. Alberto Ibarra



DATA: CONCEPTO Arq. Carlos Oyarzábal



ADOBRE  
MÁS DE 3000 AÑOS  
DE CONSTRUCCIÓN  
LO GARANTIZAN



**ITAL MEXICANA S.A.**  
ALTA TECNOLOGÍA EN MAQUINARIA

GUADALAJARA: TEL. 51 4 36 19 27 27 87  
FAX: 26 21 7 76  
HERMOSELLO: TEL. 51 4 21 9 22 4 82  
FAX: 8012  
MONTERREY: TEL. 51 4 20 4 12 10 4 82  
FAX: 31 10 1 82  
MÉRIDA: TEL. 51 4 20 2 23 08 4 77  
FAX: 18 1 81 81  
MORILLAS: TEL. 51 4 76  
PUEBLA: FAX: 27 1 82  
TEL. 81 4 20 1 17 18 4 24  
FAX: 11 4 31

AV. REVOLUCIÓN 793  
COL. NONGALCO (MINCOAC)  
DELEGACIÓN BENITO JUÁREZ  
C.P. 03700 MEXICO, D.F.  
TELEF.: 563-5200 596-6169  
TELEF.: 1764616 ITALME  
FAX: (5) 611-02-38

PRESS 8 ITALMEXICANA ADOPRESS/ADOBLOQUE



**TABLA DE PRODUCCION**

LAS PRODUCCIONES SON INDICATIVAS DE PLANTAS DE NUESTROS CLIENTES AL 100% DE SU CAPACIDAD ELABORANDO ADOBLOQUE DE 10 x 15 x 30 CMS. BAJO REQUERIMIENTO DEL CLIENTE SE PUEDE MODIFICAR LAS DIMENSIONES. LOS DATOS DE ESTE CATALOGO PODRAN SER MODIFICADOS SIN PREVIO AVISO.

ADOPRESS MODELO	PERSONAL DE PRODUCCION	ELEMENTOS POR DESMOLDEO	RITMO MEDIO POR CICLO EN SEGUNDOS	PRODUCCION POR TURNO DE OCHO HORAS	
				10 x 15 x 30	10 x 20 x 40
1000	3	1	25-28	1150-1000	
2000	3	1	13-16	2200-1800	1000-700
3000	3	2	16-20	3600-2880	1600-1200
5000	3	4	22-26	5200-4400	2500-2000
8000	3	4	14-16	8200-7200	4000-3000
12000	3	8	16-20	12400-9500	6000-4000

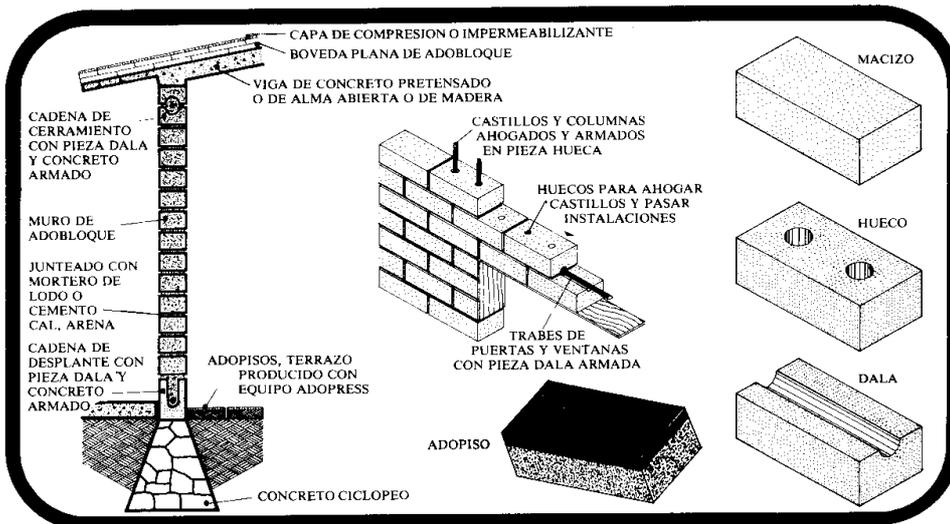
**DATOS TECNICOS**

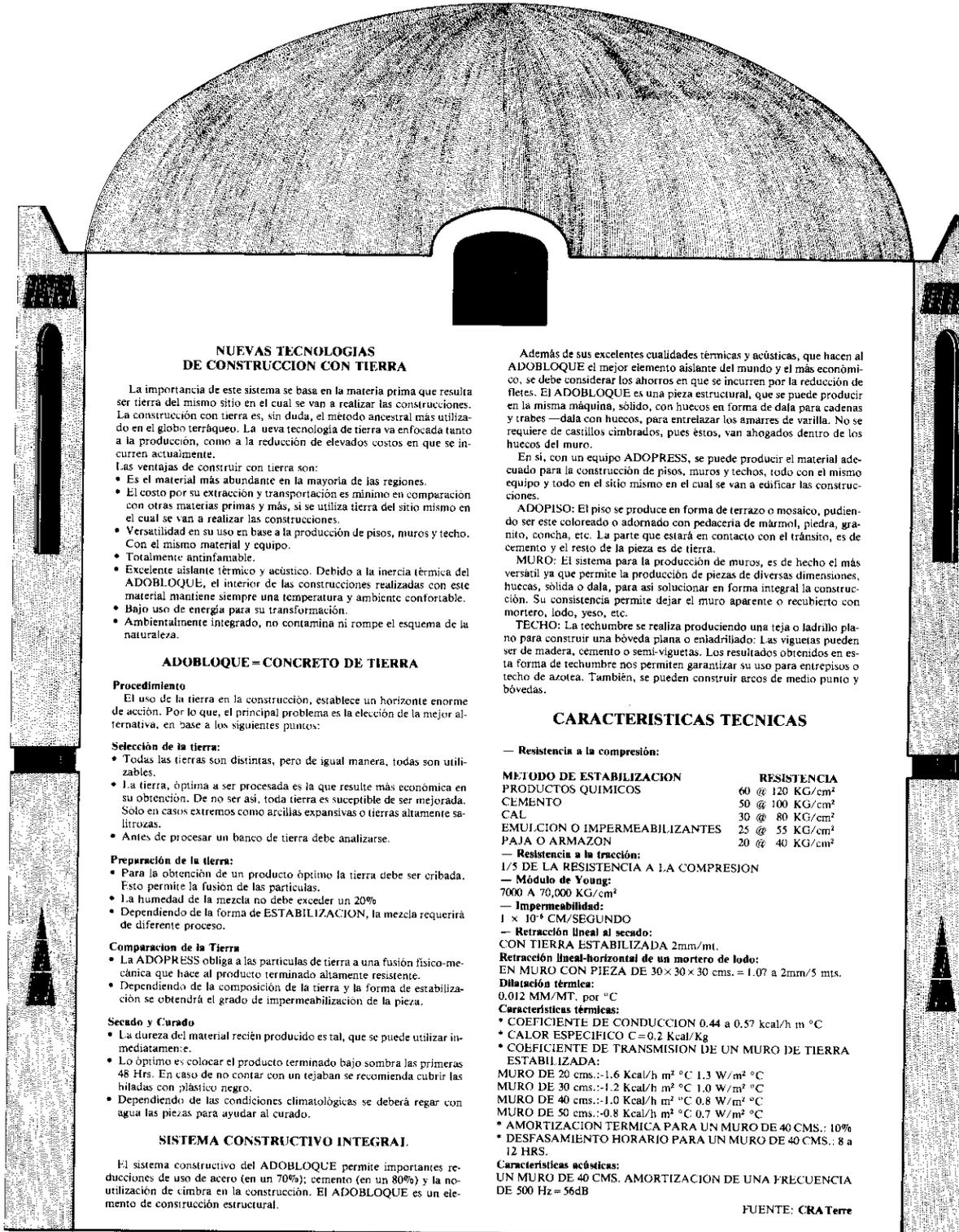
ADOPRESS MODELO	H.P.	MEDIDAS MTS.	VOLUMEN M	PESO (SIN ACEITE) KGS.	UNIDAD OLEOFUNAMICA
1000	5	ALTO: 1.44 LARGO: 1.0 ANCHO: 0.70	1.08	400	40 L.TS.
2000	10	ALTO: 1.44 LARGO: 1.40 ANCHO: 0.70	1.41	405	45 L.TS.
3000	20	ALTO: 1.44 LARGO: 1.40 ANCHO: 0.070	1.41	555	100 L.TS.
5000	30	ALTO: 2.05 LARGO: 2.20 ANCHO: 1.63	7.35	1500	150 L.TS.
8000	30	ALTO: 2.05 LARGO: 2.20 ANCHO: 1.63	7.35	1510	200 L.TS.
12000	40	ALTO: 2.05 LARGO: 2.20 ANCHO: 1.63	9.35	1700	500 L.TS.

**EQUIPO PERIFERICO**

TURBO MATIC	ELEVADOR	CRIBA	MOLINO DE RODILLOS	IONIFICADOR DE AGUA	ROMPE TERRONES
TR-60		3" x 6"	1	MOISTURE	
TR-110		3" x 6"	2	MATIC	20/30
TR-160		3" x 9"	3	MOISTURE	
TR-220	8/18	4" x 10"	5	MATIC	40/60
TR-330	8/18	4" x 10"	8	MOISTURE	
TR-550	8/18	5" x 10"	12	ADIMATIC	

**SISTEMA CONSTRUCTIVO**





### NUEVAS TECNOLOGIAS DE CONSTRUCCION CON TIERRA

La importancia de este sistema se basa en la materia prima que resulta ser tierra del mismo sitio en el cual se van a realizar las construcciones. La construcción con tierra es, sin duda, el método ancestral más utilizado en el globo terráqueo. La nueva tecnología de tierra va enfocada tanto a la producción, como a la reducción de elevados costos en que se incurrían actualmente.

Las ventajas de construir con tierra son:

- Es el material más abundante en la mayoría de las regiones.
- El costo por su extracción y transportación es mínimo en comparación con otras materias primas y más, si se utiliza tierra del sitio mismo en el cual se van a realizar las construcciones.
- Versatilidad en su uso en base a la producción de pisos, muros y techo. Con el mismo material y equipo.
- Totalmente antifumable.
- Excelente aislante térmico y acústico. Debido a la inercia térmica del ADOBLOQUE, el interior de las construcciones realizadas con este material mantiene siempre una temperatura y ambiente confortable.
- Bajo uso de energía para su transformación.
- Ambientalmente integrado, no contamina ni rompe el esquema de la naturaleza.

#### ADOBLOQUE = CONCRETO DE TIERRA

##### Procedimiento

El uso de la tierra en la construcción, establece un horizonte enorme de acción. Por lo que, el principal problema es la elección de la mejor alternativa, en base a los siguientes puntos:

##### Selección de la tierra:

- Todas las tierras son distintas, pero de igual manera, todas son utilizables.
- La tierra, óptima a ser procesada es la que resulte más económica en su obtención. De no ser así, toda tierra es susceptible de ser mejorada. Solo en casos extremos como arcillas expansivas o tierras altamente salitrosas.
- Antes de procesar un banco de tierra debe analizarse.

##### Preparación de la tierra:

- Para la obtención de un producto óptimo la tierra debe ser cribada. Esto permite la fusión de las partículas.
- La humedad de la mezcla no debe exceder un 20%
- Dependiendo de la forma de ESTABILIZACION, la mezcla requerirá de diferente proceso.

##### Comparación de la Tierra

- La ADOPRESS obliga a las partículas de tierra a una fusión físico-mecánica que hace al producto terminado altamente resistente.
- Dependiendo de la composición de la tierra y la forma de estabilización se obtendrá el grado de impermeabilización de la pieza.

##### Secado y Curado

- La dureza del material recién producido es tal, que se puede utilizar inmediatamente.
- Lo óptimo es colocar el producto terminado bajo sombra las primeras 48 Hrs. En caso de no contar con un tejaban se recomienda cubrir las hiladas con plástico negro.
- Dependiendo de las condiciones climatológicas se deberá regar con agua las piezas para ayudar al curado.

#### SISTEMA CONSTRUCTIVO INTEGRAL

El sistema constructivo del ADOBLOQUE permite importantes reducciones de uso de acero (en un 70%); cemento (en un 80%) y la no-utilización de cimbra en la construcción. El ADOBLOQUE es un elemento de construcción estructural.

Además de sus excelentes cualidades térmicas y acústicas, que hacen al ADOBLOQUE el mejor elemento aislante del mundo y el más económico, se debe considerar los ahorros en que se incurrirán por la reducción de fletes. El ADOBLOQUE es una pieza estructural, que se puede producir en la misma máquina, sólo, con huecos en forma de dala para cadenas y crabes —dala con huecos, para entrelazar los amarres de varilla. No se requiere de castillos cimbrados, pues éstos, van ahogados dentro de los huecos del muro.

En sí, con un equipo ADOPRESS, se puede producir el material adecuado para la construcción de pisos, muros y techos, todo con el mismo equipo y todo en el sitio mismo en el cual se van a edificar las construcciones.

ADOPISO: El piso se produce en forma de terrazo o mosaico, pudiendo ser este coloreado o adornado con pedacera de mármol, piedra, granito, concha, etc. La parte que estará en contacto con el tránsito, es de cemento y el resto de la pieza es de tierra.

MURO: El sistema para la producción de muros, es de hecho el más versátil ya que permite la producción de piezas de diversas dimensiones, huecas, sólida o dala, para así solucionar en forma integral la construcción. Su consistencia permite dejar el muro aparente o recubierto con mortero, lodo, yeso, etc.

TECHO: La techumbre se realiza produciendo una teja o ladrillo plano para construir una bóveda plana o enladrillado. Las viguetas pueden ser de madera, cemento o semi-viguetas. Los resultados obtenidos en esta forma de techumbre nos permiten garantizar su uso para entrepisos o techo de azotea. También, se pueden construir arcos de medio punto y bóvedas.

#### CARACTERISTICAS TECNICAS

##### — Resistencia a la compresión:

METODO DE ESTABILIZACION	RESISTENCIA
PRODUCTOS QUIMICOS	60 @ 120 KG/cm <sup>2</sup>
CEMENTO	50 @ 100 KG/cm <sup>2</sup>
CAL	30 @ 80 KG/cm <sup>2</sup>
EMULSION O IMPERMEABILIZANTES	25 @ 55 KG/cm <sup>2</sup>
PAJA O ARMAZON	20 @ 40 KG/cm <sup>2</sup>

##### — Resistencia a la tracción:

1/5 DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION

##### — Módulo de Young:

7000 A 70,000 KG/cm<sup>2</sup>

##### — Impermeabilidad:

$1 \times 10^{-8}$  CM/SEGUNDO

##### — Retracción lineal al secado:

CON TIERRA ESTABILIZADA 2mm/mt.

##### Retracción lineal-horizontal de un mortero de lodo:

EN MURO CON PIEZA DE 30 x 30 x 30 cms. = 1.07 a 2mm/5 mis.

##### Dilatación térmica:

0.012 MM/MT. por °C

##### Características térmicas:

- \* COEFICIENTE DE CONDUCCION 0.44 a 0.57 kcal/h m °C
- \* CALOR ESPECIFICO C=0.2 Kcal/Kg
- \* COEFICIENTE DE TRANSMISION DE UN MURO DE TIERRA ESTABILIZADA:

MURO DE 20 cms.: -1.6 Kcal/h m<sup>2</sup> °C 1.3 W/m<sup>2</sup> °C

MURO DE 30 cms.: -1.2 Kcal/h m<sup>2</sup> °C 1.0 W/m<sup>2</sup> °C

MURO DE 40 cms.: -1.0 Kcal/h m<sup>2</sup> °C 0.8 W/m<sup>2</sup> °C

MURO DE 50 cms.: -0.8 Kcal/h m<sup>2</sup> °C 0.7 W/m<sup>2</sup> °C

\* AMORTIZACION TERMICA PARA UN MURO DE 40 CMS.: 10%

\* DESFASAMIENTO HORARIO PARA UN MURO DE 40 CMS.: 8 a 12 HRS.

##### Características acústicas:

UN MURO DE 40 CMS. AMORTIZACION DE UNA FRECUENCIA

DE 500 Hz = 56dB

FUENTE: CRA Terre

### ESTABILIZACION

LA ESTABILIZACION TIENE POR OBJETO UNIR LAS PARTICULAS ENTRE SI E IMPEDIR QUE ESTAS ABSORBAN AGUA, EVITANDO ASI LAS CONTRACCIONES Y VARIACIONES. LAS PRINCIPALES FORMAS DE ESTABILIZACION SE AGRUPAN EN:

#### ADOBLOQUE<sup>®</sup>

A TRAVES DE TRATAMIENTO QUIMICO EN BASE A ADITIVOS, SE OBTIENE UN ADOBE MEJORADO CON RESISTENCIA SUPERIOR A 75 Kg./cm<sup>2</sup> Y UN ALTO GRADO DE IMPERMEABILIDAD.

#### IMPERMEABILIZACION<sup>®</sup>

CON LA ESTABILIZACION POR IMPERMEABILIZACION CON EMULSION ASFATICA O ADITIVOS BASE LATEX SE LOGRAN PRODUCTOS CON RESISTENCIA PROMEDIO DE 55 Kg./cm<sup>2</sup> Y UN ALTO GRADO DE IMPERMEABILIDAD.

#### CEMENTACION

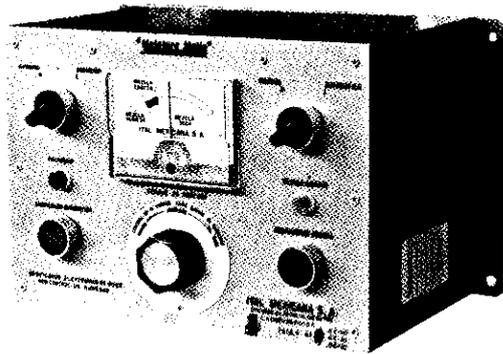
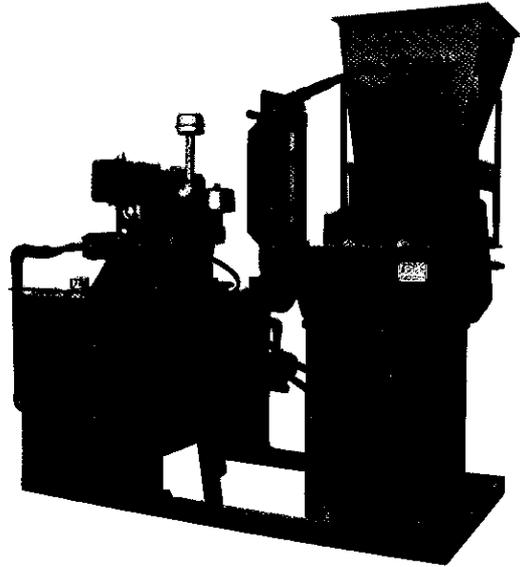
EL SUELO CEMENTO REPRESENTA LA TRADICIONAL FORMA DE ESTABILIZACION POR CEMENTACION. PRODUCIDO CON CEMENTO, CEMENTO-CAL O CAL, SE OBTIENEN RESISTENCIAS PROMEDIO DE 45 Kg./cm<sup>2</sup> Y GRADO DE IMPERMEABILIZACION MEDIO.

#### ARMAZON

EL USO DE FIBRAS ES LA ESTABILIZACION POR ARMAZON, ES ANCESTRAR EN LA PRODUCCION DE ADOBE, RESULTANDO RESISTENCIAS PROMEDIO DE 40 Kg./cm<sup>2</sup> Y BAJO GRADO DE IMPERMEABILIDAD.

#### LADRILLO ROJO RECODIDO

PARA ESTABILIZAR A TRAVES DE ESTE PROCESO SE REQUIERE ESTUDIO COMPLETO DE LA TIERRA. FAVOR DE SOLICITAR INFORMACION A ESTE RESPECTO.

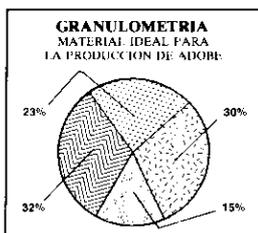


DOSIFICADOR DE AGUA.



PLANTA PRODUCTIVA.

### ADOBLOQUE/CONCRETO DE TIERRA



-  ARCHILLA DE 0.000 A 0.005 mm.
-  LIMO DE 0.005 A 0.075 mm.
-  ARENA DE 0.075 A 0.425 mm.
-  GRAVA DE 0.425 A 4.000 mm.

**PRUEBAS DE MATERIAL**  
ALGUNAS DE LAS PRUEBAS QUE SE DEBEN REALIZAR A LA TIERRA SON: SEDIMENTOMETRIA; LIMITE DE LIQUEZ; CONTENIDO NATURAL DE AGUA; INDICE DE PLASTICIDAD; VOLUMEN DE MASA; PRUEBA PROCTOR; CONTRACCION LINEAL; ANALISIS QUIMICO; CANTIDAD DE MATERIAS ORGANICAS... ETC.

**SIN COSTO  
LAS REALIZAMOS  
PARA USTED.**

NOTA: LOS ESTUDIOS DEL ADOBE MEJORADO HAN SIDO REALIZADOS POR EL CENTRO DE INVESTIGACION DE QUIMICA APLICADA.

### CTBI-DSM

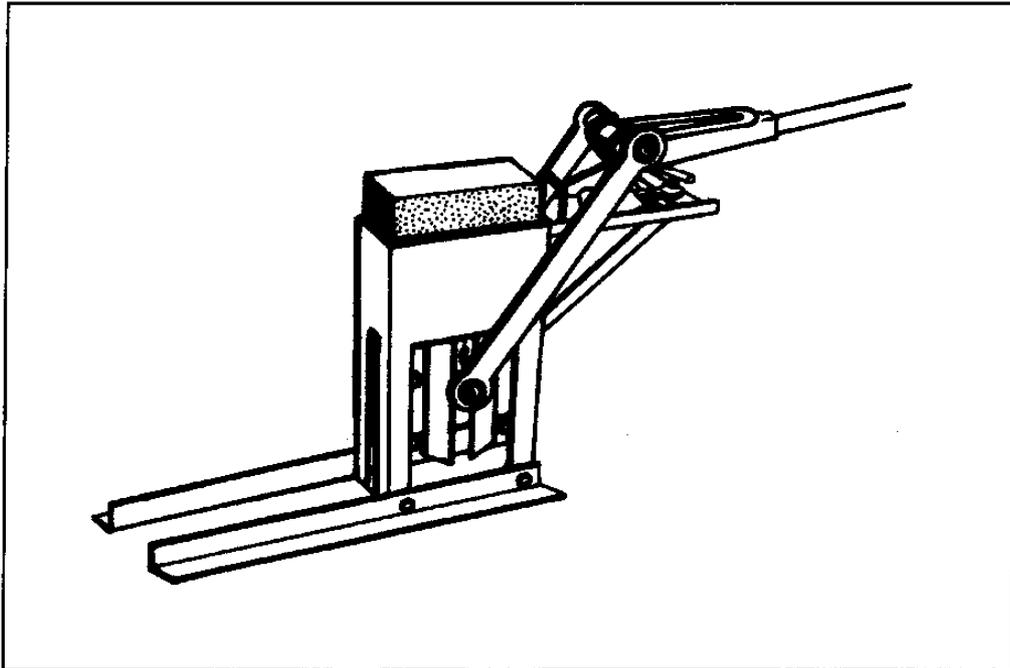
This machine was first introduced into Zimbabwe by ATORID (see Appendix). At the time of writing, there were only two DSM-type machines being used in the country, but there are plans to produce a local version as soon as possible. This machine has the following advantages over the Cinva Ram:

- It has a more efficient method of applying pressure to the soil so that the compressive strength of a block is almost twice that of a Cinva Ram block.
- Because of the efficiency of the cam/lever mechanism, the machine needs less strength and can be used by women much more easily.
- The machine needs less maintenance than the Cinva Ram, due to the protection of the moving parts of the machine.

There are disadvantages too:

- The DSM costs much more than the Cinva Ram due to the use of imported bearings and a more sophisticated piston mechanism. Present cost is about Z\$3,000 — it is imported.
- The way of moving and fixing the lid is more complicated than the Cinva Ram, but this should be simplified in the production of a locally-made one.

More information about this machine can be obtained from ATORID.



*The CTBI-DSM machine*

### Ventaja e Inconvenientes de los diferentes tipos de máquinas

La siguiente recopilación de los respectivos problemas y ventajas, demuestran claramente que cada sistema cubre diferentes necesidades. De forma simplificada podemos decir que las máquinas más baratas son las manuales y las más caras las que funcionan con motor.

Las ventajas de las prensas que se utilizan manualmente son:

- \* Coste bajo de compra y explotación.
- \* La entrega es rápida.
- \* Poco peso, máquinas como la Cinva-Ram se pueden llevar como equipaje en los aviones.
- \* Tamaño pequeño, lo que significa que no necesita un gran espacio para almacenarla.
- \* Simple de utilizar, para la cual cosa, cualquier persona por inexperta que esa puede aprender a utilizarla.
- \* Fácil de limpiar y de lubricar, no necesita un mando eminente exhaustivo, por tanto, lo puede hacer la misma gente que la utiliza, ya que a más no necesita piezas de recambio especiales.
- \* No hay costes adicionales de energía.

Los inconvenientes de las prensas que se utilizan manualmente son:

- \* Baja producción, estas máquinas tienen un rendimiento de 40 a 150 bloques por hora, para la cual se necesita más de una máquina para tener un rendimiento aceptable.
- \* Poca presión de compactación, de 0.5 a 2.5 N/mm<sup>2</sup>, lo que significa que si la tierra no es demasiado buena, los bloques saldrán débiles.
- \* Tendencia a salir bloques irregulares, ya que dependerá de la compactación y del relleno, operaciones que se hacen manualmente.
- \* Rendimiento de la máquina a la baja, si la utiliza siempre la misma persona el rendimiento y la calidad de los bloques irá disminuyendo por el cansancio de esta.

Las ventajas de las prensas automáticas son:

- \* Rendimiento muy alto, de 200 a 1500 bloques por hora
- \* Presión de compactación muy alta, de 4 a 24 N/mm<sup>2</sup>, de aquí que si la tierra es buena, salieren bloques perfectos en todos los aspectos.
- \* Calidad uniforme de los bloques, ya que se hace de manera automática y, por tanto, siempre de la misma manera.
- \* Reducción del trabajo manual y, por tanto, ahorro en jornales.

Los inconvenientes de las prensas automáticas son:

- \* Capital inicial y costos de explotación altos.
- \* Tiempo de entrega largo.
- \* Máquinas muy pesadas, que necesitan de otras máquinas para ser transportadas, lo que encarece todavía más la máquina.
- \* Necesidad de un especialista para utilizar la máquina.
- \* Necesidad de un especialista para mantener y reparar la máquina, piezas de recambio caras y difíciles de conseguir.
- \* Dependencia de la energía que llega al lugar donde se ha de utilizar la máquina.

A modo de resumen se determinan los siguientes usos para cada tipo:

Las máquinas pequeñas y de fácil utilización son las más adecuadas para:

- \* Cuando los recursos económicos sean limitados
- \* Por proyectos en zonas aisladas y que no tienen la infraestructura necesaria.
- \* En lugares o construcciones pequeñas con espacio limitado.
- \* En áreas con poca precipitación, desaparece así el peligro de absorción del excedente de agua.
- \* Por edificios de una sola planta, donde la calidad de los bloques es menos importante
- \* En lugares donde la auto-ayuda a la hora de construir es importante
- \* En lugares donde un empresario con poco capital y trabajadores inexpertos, produzcan bloques para el mercado local.

Por otro lado, las máquinas automáticas son las mejores cuando:

- \* Los recursos económicos son suficientes.
- \* Cuando se necesita una producción alta y durante mucho tiempo.
- \* Por proyectos donde se necesite una calidad del bloque elevada.
- \* En lugares donde la energía para abastecer la máquina sea suficiente, y su conservación y reparación se pueda hacer sin problemas.
- \* En lugares donde la mano de obra sea cara o no tengan.
- \* En el caso de operaciones de asistencia en desastres, donde se necesite una ayuda eficiente y rápida y material a buen precio y en cantidad.

### **Criterios para la elección y compra**

Viendo la gran cantidad de máquinas que podemos encontrar en el mercado, parece difícil decidir cuál será la mejor para nuestras necesidades. Si no hay dinero, la cantidad se reduce y, por tanto, la elección será mucho más fácil, pero generalmente, las cuestiones siguientes se habrán de tener en cuenta, cuando los recursos disponibles permiten la adquisición de un equipamiento de precio elevado.

En el caso de las máquinas que incorporan trituración, tamizado, mezcladora y cuchara medidora, en una unidad simple, se ha de tener en cuenta no solo el coste, sino también el almacenaje, el espacio de trabajo, la facilidad de transporte, la producción, la calidad del producto final y el rendimiento.

Los dispositivos sofisticados de control mecánico y electrónico, necesitan, a menudo, una persona especializada para su mantenimiento y reparación. Las piezas de recambio son caras y difíciles de encontrar.

El relleno de los moldes se hace generalmente por volumen, tanto manual como automáticamente.

Al accionar el molde, que solo pasa una vez por debajo la tolva fija, es probable que la cantidad de tierra que caiga cada vez sea diferente y, por tanto, se producirán bloques no homogéneos.

El molde ha de resistir presiones altas durando largos períodos de tiempo, por tanto, se tendrá que dar prioridad al grueso de las paredes del molde para que sean más resistentes a la deformación y tengan más durabilidad.



La facilidad y rapidez para cambiar el molde también se debe tener en cuenta, para cuando sea preciso manejar diferentes tipos de piezas.

Las ventajas de las grandes compañías que producen maquinas son generalmente:

- \* Un capital base importante.
- \* Un equipo de trabajo extenso y eficiente y con un equipamiento moderno.
- \* Grandes ventas y buenas referencias internacionales.
- \* Buen soporte administrativo.

El único problema es que las máquinas, probablemente, serán más caras que las fabricadas para empresas menores.

En las casas que producen maquinas pequeñas, donde el administrador normalmente forma parte del equipo de trabajo, las ventajas suelen ser:

- \* Mucha motivación.
- \* Pocos gastos generales de fabricación, con la cual cosa se reduce el precio de venta.
- \* Frecuente modificación y mejoramiento de la máquina.

Las casas pequeñas tienen el problema de que sus maquinas no son muy conocidas a causa de presupuestos para a la publicidad baja, todo y que pueden elaborar grandes maquinas, no las encontramos fácilmente en los catálogos.

Las visitas personales a la fábrica y/o al lugar donde sea de utilizar se han de hacer como más veces mejor. La importancia de los catálogos es su utilidad a la hora de encontrar una máquina adecuada a tus necesidades y puedes contactar con alguien que la haga utilizar, que la conozca.

Un inconveniente de estos catálogos es que muchos no contienen las direcciones a donde dirigir-se.

Una ventaja especial, son los cursos de capacitación que ofrecen algunos fabricantes, estos, pero, no habrían de incluir solo producción de bloques, manipulación y conservación de la máquina, sino que también habrían de incluir ensayos y problemas de los suelos y las guías de diseño para a construirla. Los aprendices habrían de saber también como se monta y desmonta la máquina, con tal de entender bien como funciona y, por tanto, saberla reparar ellos mismos.

El precio “FOB” incluye el embalaje, seguro y transporte de la máquina dentro del país del fabricante. Este precio se puede hinchar artificialmente a fin de compensar la reducción de precio oferta a la fabrica.

Respecto a las condiciones de venta o alquiler, existe la sospecha de contratos que se hacen en base de la producción de la máquina o donde se hacen pagar los derechos de autor patentados, a menudo no justificados. Una patente no es forzosamente una prueba de calidad garantizada y normalmente las utilizan para procesos que ya son de dominio público.

Es aconsejable incluir el contrato una cláusula que penalice el retraso en la entrega de la máquina.

En el caso de tener contractados servicios posventa, también es muy importante tenerlos reflejados en el contrato. Se debería de incluir también un manual donde se especifiquen todas las piezas de la máquina, las de recambio

Y donde también encontremos un plan de conservación y las reparaciones que se han de hacer con frecuencia.

Lista de comprobaciones antes de la compra:

La siguiente lista es un resumen de las principales cuestiones que se tienen que tener en consideración cuando se quiere comprar una prensa para bloques comprimidos.

- \* Los recursos financieros disponibles (como ya hemos comentado anteriormente, son uno de los principales limitadores a la hora de escoger).
- \* La calidad requerida para los bloques (dependen de lo que hagamos de hacer y a donde, necesitaremos una máquina que comprima más o menos)
- \* La producción necesaria (la elección puede variar según necesitemos una prensa de más o menos rendimiento)
- \* El peso y movilidad de la máquina (las prensas se han de trasladar a menudo de un lugar a otro)
- \* Las fuentes disponibles de energía (no en todas partes encontraremos la energía necesaria para hacer funcionar la prensa)
- \* La posibilidad de encontrar recambios y técnicos para su mantenimiento y reparación (como más sencilla la máquina menos problemas)
- \* La versatilidad de la máquina (las máquinas que pueden fabricar más de un producto pueden proporcionar un ahorro importante)
- \* La seguridad a la hora de hacerla funcionar (es necesario hacer cursos a la gente que la tiene que utilizar)
- \* Las referencias (contactar con la gente que ya utiliza la máquina para saber su opinión)
- \* Las condiciones de adquisición (hacer comparaciones de precio, de rendimientos, pedir descuentos, tiempo de entrega, etc.)
- \* Servicios posventa (no solamente habrían de dar los justos para rectificar errores o defectos de fabricación, sino que también debería de incluir un servicio de proveedores de piezas de recambio y servicios de reparación. Los usuarios también deberían de colaborar enviando explicaciones sobre sus experiencias y dando consejos para mejorar el producto.

## Cubiertas

El tipo de cubierta o forjado que podemos realizar con tierra depende de su función principal: protección del calor, del frío, de la lluvia, aislamiento acústico y elemento sustentante. Su forma puede variar según el tipo de tierra y la forma de utilizarla.

Las posibilidades de utilización de la tierra para la construcción de cubiertas y forjados son bastante amplias:

-**Suelos** (capa vista).

- Chapa continua de tierra apisonada.

- Losetas o ladrillos de hormigón de tierra estabilizada.

-Capa de compresión o reparto: tierra vertida o apisonada (de poco grosor, armado con madera o acero protegido), sobre una estructura de madera o de cañas

**-Relleno:** Empleada como relleno entre llatas de madera, sobre un tablero; aporta igualmente aislamiento térmico y acústico. Tierra aligerada (paja, corcho, fibra de coco, arlita...), con función aislante.

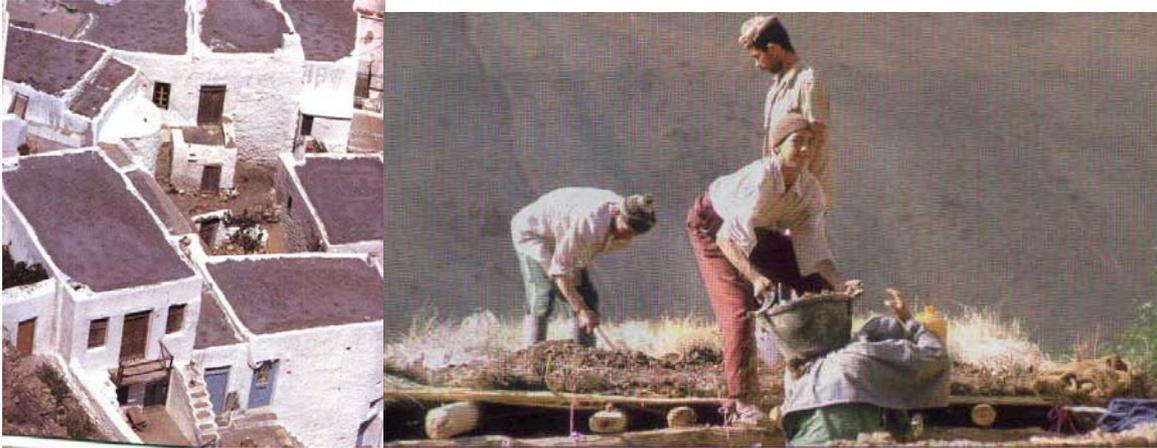


Fig 77 a) Cubiertas de tierra en Skyros (Grecia), con tierras muy parecidas a las launas que se utilizan en las Alpujarras ( España).b) Ejecución de cubierta de tierra en el Atlas. Marruecos.

### **-Entrevigado.**

#### **Planchas prefabricadas armadas con fibras vegetales o madera:**

El elemento de soporte puede ser también de perfiles metálicos, madera u hormigón. La pieza tipo puede ser de 70x35x15 cm, reforzadas con barras de acero de alta adherencia o bien con barras de madera. El conjunto debe ser solidarizado con una chapa de reparto. Tras la Segunda Guerra Mundial, y por razones obvias de reconstrucción, se empezó a estudiar de manera científica la Tierra como material de construcción para ejecutar elementos horizontales de forjados. Por ejemplo<sup>54</sup>, en la RDA, durante la posguerra, se elaboraron paneles de 70 a 100 cm. de luz con un grosor de 12-10 cm. y ancho 30 cm, armados con 3 varillas  $\varnothing$  3 cm. y paja.

Se llegaron a obtener resistencias a la flexión de 450 Kg por elemento.

Éstos se ejecutaron con tierra estabilizada con  $70\text{Kg/m}^3$  de paja ( 40% en volumen) y refuerzos de madera de 3cms de diámetro ( $5\text{cm}^2$ ), previamente sumergidos en agua o en el mismo barro de la mezcla. Los elementos fueron:

- Paneles para la formación de cajones de 100 x 25cms.
- Dinteles de puertas y ventanas de hasta 1.2m de luz.
- Entrevigados para forjados de 70x32x11 cms. ( resistencia máxima de 450Kg y una flecha central de 18mm).

#### **Entrevigados armados con bambú:**

El bambú representa un tipo de armado para la Tierra de gran interés debido a su bajo coste económico y medioambiental, a su facilidad de obtención, su alta resistencia, su amplia distribución geográfica, y la posibilidad de poder sustituir al acero en elementos traccionados o a flexión. Como inconvenientes resalta el cambio dimensional que experimenta el bambú al absorber humedad, hinchándose durante el curado del hormigón, comportando la fisuración del elemento antes que éste entre en carga. Al secarse, tras el curado, el bambú recupera su dimensión inicial, lo cual provoca una pérdida de adherencia entre los materiales presentes, ya agravada por la finura de la superficie de la caña y la falta de protuberancias.

En una viga que contiene un 3.5 % de listones de bambú maduros tratadas por inmersión con una capa de resinas epoxi y arena, mientras que en otra que tiene un 4.53 % de listones de bambú maduros tratados por inmersión y otra con 4.5% de caña de bambú entera verde, observaremos que el resultado es mucho más efectivo en la primera que en las otras dos. También se compararon las respuestas estructurales a flexión, de las vigas reforzadas con bambú en aquellas hechas con hormigón armado, y se ha podido constatar que tienen un comportamiento muy similar. Se ha observado que el comportamiento de elementos antes de la ruptura es lineal, aunque el bambú no hace variar substancialmente este punto en comparación con el valor que daría si no se hubiera reforzado.

Aún siendo bastante relativo, la función del tratamiento que se haya hecho a la caña para así conseguir una mejor adherencia entre los dos materiales, algunos autores que han utilizado mejores tratamientos han comprobado una mejora substancial del punto de rotura en cambio otros han observado reducciones de este punto.

Lo que también se ha podido observar es que después de la rotura la relación entre la carga y la deformación se mantiene más lineal como más es el porcentaje de bambú.

Respecto a las losas de hormigón reforzado con bambú, tanto como las que están reforzadas en un sentido como las que están en los dos sentidos del plano, hemos de decir que su comportamiento es muy parecido al de la viga. Debido a los pocos esfuerzos cortantes que han de soportar, comparado con las vigas, no se ha dado importancia a los problemas de adherencia entre el hormigón y la caña de bambú, casi despreciándolos. La relación carga deformación se ha visto que es muy similar a las de las vigas.

Lo que sí que se ha observado en las losas que trabajan bidireccionalmente es la aparición de unas líneas más débiles que siguen un modelo muy similar al de aquellas construidas con hormigón armado.

Parece ser pues, que tanto unas como otras, las “unidireccionales” y las “bidireccionales”, se pueden diseñar siguiendo las mismas bases que las vigas. A diferencia de estas la cantidad de bambú que se ha de colocar, se habrá de restringir debido a la falta de lugar. También tenemos datos de un sistema mixto de construcción, en que se ha utilizado la caña de bambú, concretamente la especie *Guadua angustifolia*, una de las más resistentes, para reforzar y aligerar los componentes estructurales de la edificación. Estos estudios se llevaron a cabo en Perú, a finales de la década de los ochenta, y culminaron con la creación de un sistema constructivo llamado COV-2.

Dentro de este sistema se habla de forjados de hormigón reforzado con caña de *guadua*, tanto de inclinados como de horizontales, como de losas de escalera.

Los forjados están constituidos por un elemento continuo de hormigón reforzado y aligerado con caña *guadua*, armado en una sola dirección en función de los apoyos diseñados. Para aligerar la placa, se utiliza la caña *guadua* entera colocándola transversalmente en las paredes soportes, en un solo sentido, apoyada y anclada a la cadena superior dando rigidez a la estructura.

Para dar continuidad total a la estructura se añade una doble armadura que consiste en una malla inferior y superior de láminas de caña *guadua* sujeta a las cañas enteras, armadura de los nervios y anclada a los refuerzos de mampostería y cadena superior.

Los datos que los autores de este sistema dan respecto al comportamiento de la caña guadua por si sola y formando parte del forjado son los siguientes:

- esfuerzo de rotura a tracción promedio de las láminas de  $1513 \text{ Kg/cm}^2$ .
- módulo de elasticidad promedio de  $2623 \times 10^5 \text{ Kg/cm}^2$ .
- ensayos de adherencia (esfuerzo promedio):
  - lámina seca -  $6736 \text{ Kg/cm}^2$ .
  - lámina húmeda -  $5010 \text{ Kg/cm}^2$ .

El ensayo de una losa simplemente apoyada sobre muros de fábrica de ladrillo de  $1.5 \times 3.0$  m, con un área de  $4.5 \text{ m}^2$ , curada durante 28 días tal y como establece la ACI. Su carga fue progresiva hasta los  $754.8 \text{ Kg/m}^2$ , momento en que aparecieron las grietas, que no aumentaron, aún así, llegando a una carga de  $1800 \text{ Kg/m}^2$ . Los resultados según el artículo 318-83 de la ACI, son:

- flecha experimental de  $52 \times 10^{-2} \text{ mm}$ .
- flecha admisible de  $75 \times 10^{-2} \text{ mm}$ .

Este es un sistema que hace servir el bambú casi de la misma manera que se utiliza el acero, pero no es el único del que tenemos noticia, ya que no es un tema poco estudiado, sino todo lo contrario, y se ha llegado al punto de “armar” el bambú, de la misma manera que se hace con el acero.

Unos estudios hechos por el Cibam, en que se demuestra que el esfuerzo del bambú posee muy buenas características mecánicas. Como hecho anecdótico, queremos decir que se inspiraron en la tecnología china de construcción de puentes colgantes. Se trata de utilizar láminas de bambú de poca sección, doblándolas y atándolas entre sí. El principio es el mismo que el de una armadura clásica, con los estribos situados a la separación correcta, y el resto de la puesta en obra es exactamente igual que si fuera para hormigón armado.

Hasta hace relativamente pocos años, tanto la tierra como la caña de bambú eran materiales de construcción que no tenían ningún tipo de relación entre ellos, a parte del simple hecho que tanto uno como el otro se extraían directamente de la naturaleza. Pero a partir del momento en que se empezaron a entrever las posibilidades de la tierra, y una vez se conocieron las grandes capacidades resistentes del bambú, se empezó a pensar en éste como posible refuerzo de estructuras hechas con hormigón de tierra estabilizada.

Todos los tipos de tierra que tengan un índice de plasticidad entre 6.5 y 11.0, y que su contenido de arena no sea inferior al 40%, se puede utilizar para hacer hormigones de tierra, con la adición de un 5 y un 15 % de cemento, o de algún otro conglomerante (yeso, cal,...) Se ha constatado que la durabilidad y la vida del bambú tratado es del mismo orden que la de los hormigones de tierra, y los coeficientes de dilatación térmica de ambos materiales no son demasiado diferentes, cosa que hace que a priori, pueden considerarse como un factor favorable para trabajar solidariamente.

Así pues lo que se ha estudiado, y de lo que tenemos datos, es del comportamiento de las vigas de hormigón de tierra reforzadas con caña de bambú. Varios autores han visto lo necesario, para prever las fisuraciones antes de que la viga entre en carga. Se debe limitar el contenido de las cañas de bambú a un 1.5 % de la sección que al mismo tiempo deben estar recubiertas correctamente y con una suficiente separación entre ellas.

De todos los resultados que se han obtenido, se ha podido comprobar que la carga de rotura no está muy afectada ni por el porcentaje de bambú, ni por la cantidad de cemento utilizado.

Por otra parte al aumentar el contenido de cemento se puede ver como también aumenta la carga máxima, posiblemente a consecuencia de una mejora en la adherencia entre el bambú y la matriz de hormigón de tierra estabilizada. Casi en todos los ensayos realizados la rotura se produjo como consecuencia de una pérdida de adherencia o bien a causa del cortante.

Uno de estos autores que han estudiado los hormigones de tierra reforzados con bambú, concretamente las vigas, determinó una fórmula con el fin de encontrar de una manera simple de encontrar el momento último que puede soportar una viga de este tipo a flexión, teniendo en cuenta la naturaleza inelástica de la tierra:

$$M_u = A_b F'_b (d - 0.5 n)$$

donde  $A_b$  = área del refuerzo de bambú

$f'_b$  = tensión del bambú en el momento en que se pierde la adherencia.

$d$  = profundidad en que se encuentra el refuerzo

$n$  = profundidad de la línea neutra =  $A_b F'_b / F_c$

$F_c$  = mediana de la tensión a compresión.

$b$  = anchura de la biga.

Se ha podido comprobar que es un método bastante ajustado para predecir la carga máxima. Se aconseja utilizar un factor de seguridad del 2.2 o del 3.0 para encontrar el momento útil. A diferencia de las vigas de hormigón reforzadas con bambú, se ha visto que las de hormigón de tierra, poseen una gran capacidad para deformarse al llegar al punto de carga máxima, posiblemente debido a la redistribución de los esfuerzos en la zona de compresión.

- Piezas de entrevigado prefabricadas (comprimidas). Bloques armados o adobes para construir arcos, bóvedas y cúpulas. Con piezas de pequeño formato, de tierra estabilizada o no, y trabajando a compresión, apoyados sobre las alas inferiores de los elementos que soportan la flexión (perfiles metálicos, vigas de hormigón, de madera). El montaje suele realizarse con el auxilio de un encofrado inferior. La capa de reparto puede ser también de



tierra. El espesor puede reducirse mucho, y por lo tanto, el peso propio, soportando cargas importantes.

#### **-Armazón estructural.**

- Vigas y/o viguetas de hormigón de tierra armada.

- Losas y Capa de reparto o compresión: Su función es repartir de forma uniforme las cargas, absorber esfuerzos de punzonamiento y proporcionar una base horizontal y plana para recibir el pavimento. También puede actuar absorbiendo esfuerzos horizontales. Esta solución aporta un excelente aislamiento tanto térmico como acústico y aporta una buena protección contra el fuego.

- Hormigón de tierra armada.

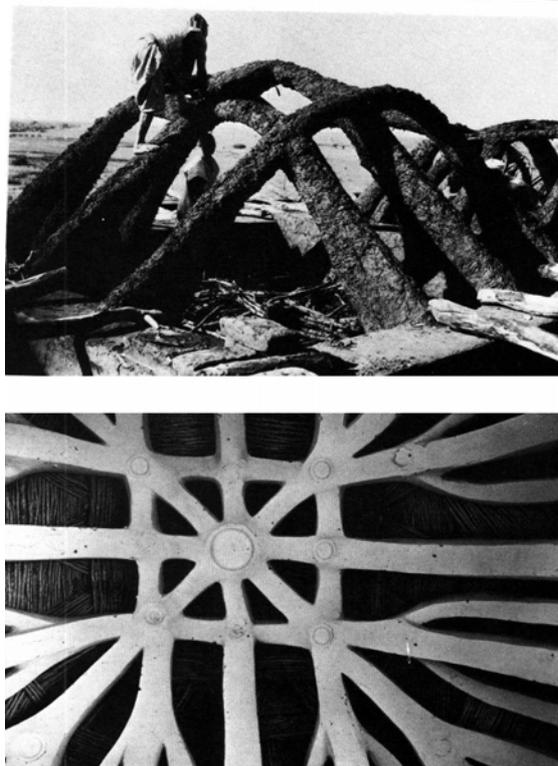


Fig 78 Arcos de tierra armada con madera, en el “Círculo de Tahoua en Níger”

**-Techo:**

- Enlucidos de tierra...

Cubiertas planas: Es la manera más sencilla de cubrir una superficie con tierra. Sobre el zuncho o encadenado, colocamos una estructura de vigas y sobre ellas, unas planchas o barras de madera protegidas por un fieltro bituminoso y encima una capa de tierra compactada de 20 ó 30 cm, compactada en tongadas de 7 a 10 cm. A continuación, un revestimiento estanco en México, protegido por una capa de tierra o arena y grava, con las vigas inclinadas ligeramente para permitir la evacuación del agua, y transversalmente a ellas se disponen unos bastones de madera de 3 a 6 cm de diámetro, que quedarán recubiertos por la tierra formando toda una masa compacta. Encima se puede extender una capa de tierra o de cal para evitar las dilataciones producidas por los cambios de temperatura tan grandes que se dan en zonas interiores, entre el día y la noche sobretodo.

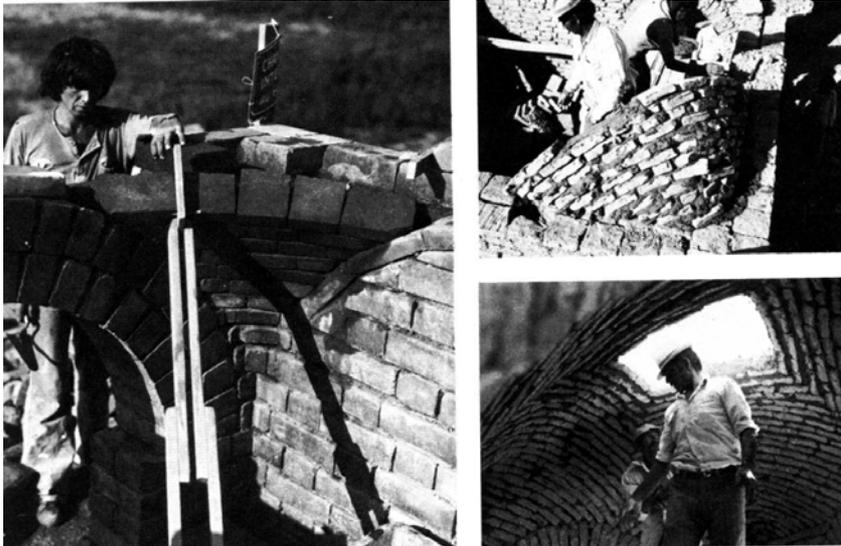
En Perú se ha experimentado un sistema de planchas prefabricadas de 1m. x 1m y 6,3 cm. de espesor, con una tierra estabilizada compactada ( Ip 3.1% LL 23.9% LP 20.8%) al 15 % de cemento, armado con cañas ( tipo carricillo). Estos paneles, de 111 kg. de peso, pueden soportar una carga de 372 kg/m<sup>2</sup>.

El sistema tradicional en Alemania es el de albardas de cañizo plegadas y superpuestas y cubiertas de tierra. Esta técnica alemana para recubrimiento de cubiertas con pendiente, consiste en coger paja o bien juncos, formando tres capas, que se colocan sobre un molde de unos doce centímetros de altura y 150 cms de ancho, plegándose entonces la fibra de tal manera que queda toda dentro del molde, compactando sobre ella la masa de tierra en

estado plástico, dejando una mezcla lo suficientemente homogénea, para que realicen por igual su función estructural, unos como armadura y el otro como matriz. En este tipo de tecnología la tierra solo juega un papel de relleno y protección contra el frío y la intemperie, siendo soportadas las cargas por el armado y las estructuras de madera ( peso superficial 50Kgr/m<sup>2</sup>).

Tradicionalmente en Francia se ha llamado “pan -de- bois”, utilizado en las casas típicas normandas. El material de relleno es una mezcla de tierra y fibras vegetales o bien pelos de animales, aplicado en un estado plástico sobre un entramado de pequeños bastones de madera, de un diámetro de 4 a 8cms, ejecutado a partir de un soporte de madera de unos 0.8 x 1 m bajo las vigas, que se mantendrá constantemente húmedo. La tierra en estado plástico se va colocando sobre la mesa en pequeños trozos que se van apretando con un regle para conseguir el recubrimiento total del armado de madera. El operario se encuentra encima de rodillas, sobre una tabla de encofrar. Cada vez que se acaba una porción de 70 cm se va desplazando el soporte.

Después de la Segunda Guerra Mundial en la República Democrática Alemana se realizaron tres tipos de elementos: dinteles de tierra armados con llatas de madera que podían tener hasta 1.2 m de longitud, paneles para hacer cerramientos de 100x25 cm, o entrevigados de tierra armada con llatas o bastones de madera de 3 cm de diámetro, que tenían 70x32x11 cm.



Bóvedas de adobes o bloques comprimidos: La cúpula más grande de adobes es la de Ctésiphon (Irak): cubre una luz de 27 m. y tiene 38 m. de altura.

La forma del arco de la bóveda debe ser tal que las piezas trabajen a compresión. La forma ideal que cumple este requisito es la catenaria.

Una bóveda rebajada puede cubrir grandes superficies con poco material, aunque provoca grandes esfuerzos horizontales en los apoyos. Por tanto, interesa que la relación entre la altura y la luz cubierta por la bóveda sea alta.

De hecho, la luz cubierta por una bóveda está únicamente limitada por la resistencia a compresión de las piezas que la componen; se puede aumentar construyendo arcos paralelos sobre contrafuertes, unidos por bóvedas más pequeñas.

**-Bóvedas con cintra:** A la manera habitual, con un encofrado inferior deslizante o continuo, preferiblemente desmontable. El material tradicional es la madera, aunque los modernos encofrados metálicos ofrecen grandes posibilidades de adaptación a cualquier curvatura.



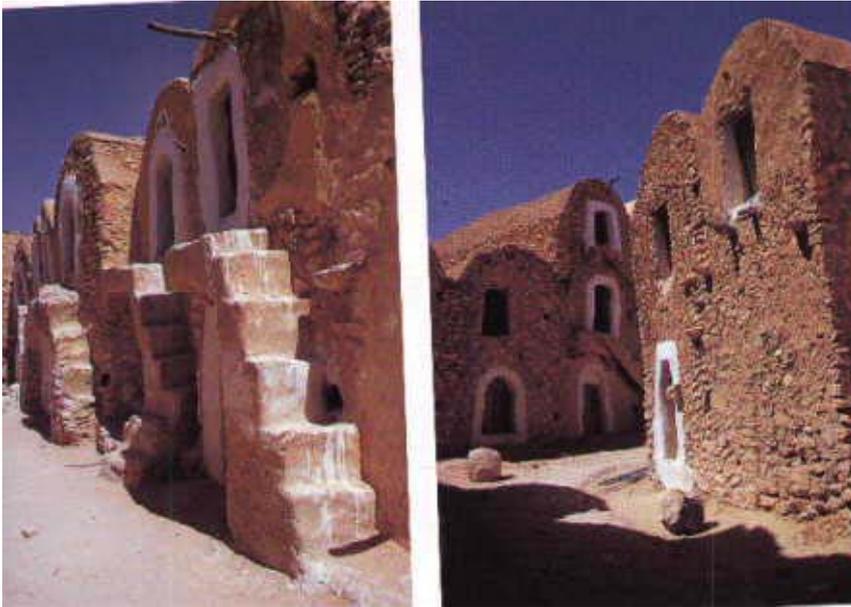


Fig 79 Ghorfas en Metameur y Ghomrassen, estructuras en bóveda de cañon de las tribus del Túnez Meridional montañoso, las cuales forman un conjunto cerrado oval fortificado.

**-Bóvedas sin cimbra- la bóveda Nubia:** Método de construcción habitual en Irán y en Nubia. Hassan Fathy actualizó esta técnica en 1948. El principio de construcción consiste en montar la bóveda por hiladas de ladrillos muy inclinados ( $70^{\circ}$ - $80^{\circ}$ ). Cada ladrillo se apoya sobre la hilada previa quedando suficientemente unidos por el mortero de arcilla. Las primeras hiladas se colocan a tabla y el resto, de canto. Trazando unos surcos sobre las caras de los adobes, aumentamos la adherencia por succión.

Las primeras hiladas se apoyan sobre un muro vertical, sobre el cual se ha trazado previamente el perfil de la bóveda. Los albañiles nubios trazan este perfil a buena vista. La principal dificultad consiste en conservar el perfil a lo largo de la bóveda. En general, el frente final se termina inclinado.

Habitualmente los adobes empleados en la Arquitectura Sudanesa y Egípcia, para la ejecución de la bóveda nubia sin cimbra, median  $25 \times 15 \times 5$  cm. y estaban marcados con dos surcos diagonales paralelos, hechos con los dedos, de esquina a esquina en la cara más larga. Su función era aumentar la adherencia con el mortero, función muy importante en el proceso de ejecución de las bóvedas y cúpulas. Para el replanteo de las bóvedas se hacía el dibujo a ojo, sorprendiendo la exactitud de la parábola alcanzada. Se empezaba por uno de los muros de cerramiento, adheriendo la cara ranurada del adobe con mortero de barro, reclinandolo unos  $70^{\circ}$ . Para el siguiente ladrillo el albañil ponía al pie algo de barro y marcaba una cuña que permitiera continuar la inclinación de las hiladas. Para romper la línea de juntas entre los bloques, la segunda hilada se empezaba con medio adobe, la tercera hilada se inclina con mayor grado. Los albañiles colocan con cuidado trozos de piedras o cerámica en los huecos que dejan las juntas en el extrados de la bóveda, ya que un exceso de mortero puede contraerse hasta un 37% en volumen, haciendo perder la estabilidad geométrica y entrando en un riesgo de colapso. hay que dejar secar cada 3 o 4 hiladas si estas llegan hasta arriba la clave. El rendimiento estimado es de 0.2m/h o 54 bloques por hora.<sup>5</sup>

La efectividad de éste método de construcción se fundamenta en :

-La adherencia al mortero, el cual debe mantener cada nuevo arco pegado al anterior. Se precisa tierra grasa, pegajosa y de consistencia plástica, pues debe proyectarse con energía para que adhiera bien sobre los adobes ya colocados. Así mismo los adobes se colocarán ejerciendo cierta presión sobre dicha capa de mortero.

-La inclinación de los arcos, la presión de cada cual sobre la anterior refuerza en efecto de adherencia del barro. Esta inclinación es en termino medio de 15°.

-La indeformabilidad de cada arco:

1) en el plano de testa de cada arco: ello implica una perfecta trabazón entre los adobes para que al recibir el arco, la carga de los siguientes, no se deforme. sino significaría despegarse del anterior y provocar su desprendimiento. Por ello Hassan Faty insiste en acuñar bien en las juntas del trasdós.

2) del plano de testa de cada arco: una convexidad de la testa sea en sentido vertical u horizontal, lleva la línea de presiones a salirse de la sección del arco, tirando de él hacia fuera. El arco se desprenderá y arrastrará a los más próximos. Una concavidad produce el mismo efecto en sentido contrario. El arco puede no desprenderse pero sí sufrir una ligera rotación despegándose por otras dos.

-La conservación de la directriz de la bóveda: por efecto de perspectiva y cambio constante de punto de vista, el aprendiz tiende a peraltar las bombas y a abrir los riñones, aunque no es grave para la estabilidad del conjunto.

A medida que aumentamos la luz, la forma de la bóveda deberá acercarse a la parábola peraltada de lo contrario su construcción sin cimbra será imposible o muy lenta. En término medio, la proporción flecha-luz es 6 a 10. Estos dos últimos factores provocan una reducción notable de los empujes laterales.

A pesar de esto la gran mayoría de bóvedas nunca sobrepasan los tres metros de luz, debido a la dificultad de desplazarse, el albañil en continuo va y ven sobre el andamio apoyado en los estribos. De este nivel, debe llegar con holgura a la clave de la bóveda. En consecuencia la flecha de la bóveda no superará los dos metros ( recordemos que la inclinación de los arcos hará que la vertical de la clave esté a 40 o 50 cms. retirada de la posición del albañil). "La bóveda nubia se caracteriza por su escala humana"<sup>55</sup>

---

<sup>55</sup> Estructuras abovedadas de tierra. I Jornadas sobre la tierra como material de construcción, Navapalos 1985. Aut. Josep Esteve Armengol arqto. miembro Cra Terre. Edit Interacción, Madrid 1986.

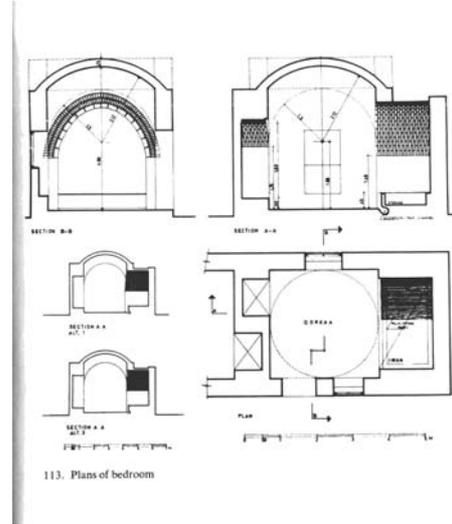


Fig 80 proceso de ejecución del sistema tecnológico de la bóveda nubia sin cimbra.  
a1-2-3) Se replantea a ojo la parábola y se recubre con una capa de mortero de tierra. se coloca el primer adobe contra el muro. b) Colocación de un medio en la segunda hilada c)

Colocación de un adobe entero para completar la segunda hilada d) la tercera hilada con tres adobes enteros toma mayor inclinación. e) colocación del mortero para pegar la cuarta hilada. f) Colocación de los tres adobes y medio de la cuarta hilada. g) h) Coocación y finalización de la quinta hilada.



Cost of bricks =  $400 \times .075$  = 30 PT  
 Cost of mortar  $\frac{8 \times 1}{3}$  = 3 PT  
 Cost of workmanship and labor = 26 PT  
 Total = 59 PT, say 60 PT

Cost of Brick Masonry from +1.2 m. Level to the Top of the Ground Floor: Workmanship and Labor:

Item.	Labor	No.	Wage PT	Total PT	Daily Output	Cost per 1 m <sup>3</sup>	Remarks
1	Mason	2	40	80	5 m <sup>3</sup>		Handling bricks
2	Workman	2	10	20			Handling mortar
3	Helper	2	8	16			
4	Trainee	1	10	10			
5	Light rwy. Foreman and workman						
6	Workmen	$2 \frac{29}{16}$	10	20		1.3	Transporting bricks from stacks
7	Workman (mortar)	$\frac{1}{2}$	10	5			Mixing the mortar
8	Water	—		2			
9	Scaffolding mounter + 3 workmen	—	$5 \frac{1}{16}$	3.3			One mounter + 3 laborers serve 15 teams
<b>TOTAL</b>			157.6	5 m <sup>3</sup>	32 PT		

Cost of 400 bricks = 30 (400 bricks to the m<sup>3</sup>)  
 Mortar = 3  
 Workmanship and labor = 32  
 Total = 65 PT

Cost of brick masonry for the 1st floor:

a) Workmanship and labor (as previous item) = 157.6 PT  
 b) One more workman for transporting bricks = 10.0  
 c) One youth for carrying mortar = 8.0  
 Total = 175.6 PT

Output 4 m<sup>3</sup> ∴ cost of 1 m<sup>3</sup> =  $\frac{175.6}{4}$  = 44 PT  
 Cost of bricks (400 bricks) = 30  
 Cost of mortar = 3

Number of Bricks Required in the Different Works

Walls:

1 m<sup>3</sup> of brick masonry 23 × 11 × 7 cms. requires 400 bricks.

Vaults: Bricks 25 × 15 × 5 cms.

- (a) One m.l of vault span 3 m (17 rings × 20 bricks) = 340
- (b) " " " " 2.75 m (17 " × 18 " ) = 306
- (c) " " " " 2.50 m (17 " × 61 " ) = 272
- (d) " " " " 2.00 m (17 " × 12 " ) = 204
- (e) " " " " 1.50 m (17 " × 9 " ) = 153
- (f) " " " " 0.90 m (17 " × 6 " ) = 102

Byzantine Domes:

- (a) B. dome span 3 m. takes 1,400 bricks including pendentives.
- (b) B. dome span 4 m. takes 2,000 bricks including pendentives.

Domes on Squinches:

- (a) Span 3 m 2,000 bricks.
- (b) Span 3 m 3,000 bricks.

Arches:

- Pointed 1:5 arch span 3 m, three rings .60 thickness of arch takes 540 bricks.
- Pointed 1:5 arch span 3 m, three rings .60 thickness of arch takes 360 bricks.
- Segmental arch span 1 m, three rings .60 thickness of arch takes 150 bricks.
- Circular arch span 1 m, three rings .60 thickness of arch takes 192 bricks.
- Circular arch span .70 m, three rings .60 thickness of arch takes 90 bricks.

Concrete for Foundations and Floors, Composed of Broken Stone and Sand, Lime and Crushed Brick Mortar

- (a) Workmanship (global price including mixing, transport, pouring, ramming, etc.) = 16 PT
- (b) Cost of broken stone (same cost as sand) = 20 PT
- (c) Mortar:
  - 1 m<sup>3</sup> lime = 152 PT
  - 2 " sand = 40
  - 1 " crushed bricks = 40
  - Total = 232 PT gives 3 m<sup>3</sup> of mixture.

1 m<sup>3</sup> mortar =  $\frac{232}{3}$  = 80 PT

Cost of mortar per m<sup>3</sup> concrete =  $\frac{80}{2}$  = 40 PT

Cost of transportation of stones from dumps to site of work inside the project = 3.5 PT

Fig 81 estado de mediciones de la ejecución de bóvedas de adobe en Gourná, por Hassan Fathi. Arqto

-Cúpulas

La construcción está hecha con ladrillos rectangulares en lugar de dovelas, y se realizan sin cimbra. Para evitar el deslizamiento de los ladrillos, el sistema empleado se basa en la disposición particular de éstos. Se utiliza el mismo método que para la construcción de pechinas y bóvedas.

Los ladrillos están compactados con la prensa hidráulica. Las medidas idóneas son 25x15x5 cms. Los ladrillos están colocados siguiendo hiladas en corona, en donde la inclinación sobre la horizontal es inferior de 10° a 15° a estos radios correspondiendo a la esfera: así disminuye la tendencia en el deslizamiento de los ladrillos.

En cada hilada, los ladrillos se encuentran ligeramente decalados (10°) en beneficio de los radios de la corona (fig.2). El componente de peso (P), el cual provoca el deslizamiento, se halla así anulado por las fuerzas de la fricción inferiores de las caras de los ladrillos. Esta orientación de los ladrillos debe ser corregida por piezas trapezoidales en dovelas: "las llaves".

Un "trazo de bóveda" o radio móvil de la esfera indica la posición de cada ladrillo, (saliente máximo hacia el interior de la bóveda), así como la buena inclinación de los ladrillos.



La construcción de una pechina cuesta 2 h. 30 min. de trabajo. La cúpula se hace en cierres de 7 a 5 hiladas que posteriormente se dejan secar.

- Con encofrado: Este debe ser del tamaño de la cúpula y debe poder sacarse por la puerta, una vez terminada la cúpula. Exige pues una gran complicación técnica de montaje y desmontaje.

- En voladizo: Las piezas se colocan sobresaliendo sobre las precedentes, en hiladas horizontales. Se aparejan en anillos independientes o en espiral; en cualquier caso, es complicado culminar las últimas hiladas.

Cúpula nubia: Los adobes se colocan en forma de corona o anillo esférico autoestable e indeformable, con una inclinación de 10° a 15° sobre los radios de la esfera, disminuyendo así la tendencia al deslizamiento. Además, en cada hilada, los adobes se encuentran decalados unos 10° respecto a los radios de la corona. De esta manera, la componente del

peso que provoca el deslizamiento queda anulada por el rozamientos con las piezas contiguas laterales e inferiores. Esta orientación debe corregirse con piezas trapezoidales en forma de dovela: las "claves". El único instrumento específico que necesitamos es un trazador o radio móvil, anclado en el centro geométrico de la esfera, que nos indica en cada momento, la posición correcta de cada pieza. Se aconsejan bloques de un grosor de 5 a 4cms para no tener problemas de adhesión <sup>54</sup>.

La precaución de indeformabilidad de cada anillo se resolverá como para los arcos que forman bóvedas, por medio de de los arcos acuñados entre sí por medio de claves o adobes trapeciales, y el contacto directo entre las caras adyacentes de los bloques en el intrados, y la junta abierta del trasdós se acuñara perfectamente, incluso con piedras de poco tamaño. <sup>55</sup>

Si la forma del soporte no es circular, podemos optar por tres soluciones:

- Bóveda piramidal: el complementario de la bóveda de arista.
- Cúpula sobre pechinas o vaída: el diámetro de la esfera coincide con la diagonal del cuadrado base. No es una semiesfera completa, el centro se encuentra, en el caso de una planta de 4x4m, a un metro del suelo. Los empujes horizontales son considerables en el medio del remate de los muros.
- Cúpula sobre trompas o hemiesférica: con el diámetro de la esfera igual al lado del cuadrado base.



Fig 82 a) Cúpulas y cubierta de tierra en un proyecto actual en Barcelona. b) Tipología de cubierta en cúpula, con una disposición tecnológica parecida a la cúpula nubia. Viviendas " Trulli" en Apulia, Sur de Italia, cúpulas concéntricas de piedra, que con la altura disminuyen su tamaño

### Suelo-cemento

Este término se emplea de manera generalizada por la Ingeniería, para definir las subbases térreas de carreteras, pistas de aterrizaje o viales estabilizadas con cemento. Ello comportó una extensa investigación sobre el tema en los años 50, siendo a posteriori adoptado por la construcción con tierra.

**Una forma especial de pavimentos son los realizados con suelo cemento.**

### Ejecución de la obra con suelo cemento o con suelo estabilizado.<sup>56</sup>

El procedimiento es el mismo en ambos casos diferenciándose solamente en la dosificación del cemento y en consecuencia en las resistencias exigidas.

Son condiciones esenciales para la buena ejecución:

- a) El suelo o los suelos, si se emplea uno de préstamo, deben quedar convenientemente pulverizados y sus mezclas entre sí y con el cemento serán íntimas y homogéneas lo que se conocerá por la ausencia de grumos y por la uniformidad del color en toda la profundidad de la capa.
- b) La distribución de agua debe hacerse asimismo con la mayor uniformidad posible, ateniéndose en cuanto a cantidad a las especificaciones que más adelante se consignan.
- c) Se establecerá un plan para las distintas operaciones, ensayándolas si fuere preciso, para que el tiempo transcurrido desde que se echa el cemento en polvo sobre el suelo hasta el final de la consolidación no sea superior a 4 horas, que se reducirán a 3 en tiempo caluroso y con suelos cohesivos.
- d) A partir de la mezcla del cemento con el suelo la masa debe ser removida con las menores interrupciones posibles, que el "Curso de Solo Cementoo" del ingeniero portugués Sr. Pimentel limita a treinta minutos como máximo.

#### Explanación

Despejada la zona del camino de piedras grandes, plantas y materia orgánica se excava hasta encontrar el terreno firme que va a servir de apoyo a la base. La resistencia del cimientoo determinada con anticipación debe responder a un índice C B R igual cuando menos a 20 unidades.

Si se emplea suelo de aportación la capa a estabilizar se aumenta tanto en anchura como en espesor de un 45 a un 50%. Este suelo se coloca, al ser descargado, en un caballón central o bien en montones a lo largo del trazado. El material más grueso se coloca en la parte superior.

La humedad del suelo que va a ser estabilizado no debe exceder de la óptima. Proctor más de un 2%; de lo contrario no se proseguirán las operaciones hasta que después de aireado haya perdido el exceso de humedad.

Después se extiende sobre la caja del camino de tal modo que en la parte inferior quede el suelo de la zona, después el material más grueso y por último el suelo de la aportación.

La capa asíconstituída se consolida hasta que alcance el perfil definitivo guiándose por piquetes testigo hincados a lo largo de los arcones a distancia suficiente para que no estorben el trabajo.

---

<sup>56</sup> Mezclas del suelo con el cemento. Manuel Tarrente y Luis Sagues. Editores Técnicos Asociados S.A. Barcelona 1968

### **Pulverización**

A renglón seguido y con los medios disponibles se procede a la pulverización de la capa formada, prosiguiendo la operación hasta lograr que todo el suelo pase por el tamiz 2 **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** y por lo menos el 80% por el 5UNE 7050.

Si el suelo es arcilloso será necesario romper los terrones antes de pulverizarlo y si es arenoso conviene humedecerlo antes de echarle el cemento para que éste no pase por los huecos a la parte inferior en detrimento de la dosificación en el resto de la capa.

Una vez pulverizado el suelo se reconstruye el perfil para que quede con las dimensiones dadas antes de la operación.

#### Distribución del cemento

Conviene comenzar la distribución del cemento a una hora del día en que la temperatura no sea inferior a los 5° y se espere que vaya en aumento; se hará de tal modo que la cantidad de cemento por unidad de superficie responda aproximadamente a la dosificación establecida según se trate de suelo-cemento o de suelo simplemente estabilizado con cemento.

Si se hace por sacos, éstos se colocarán en hileras y filas regulares con la separación necesaria para la dosificación a que nos hemos referido.

A continuación se abren los sacos y se deposita el cemento en el lugar donde se hallan formando pequeños montones.

Si la distribución se hace a granel por medio de máquinas se corregirá la acumulación que suele producirse al solaparse los bordes de dos pasadas.

#### Mezcla en seco

Una vez distribuido el cemento se procede a mezclarlo con el suelo hasta lograr la homogeneidad a que al principio nos hemos referido en todo su espesor.

#### Mezcla húmeda

Apreciado por algún procedimiento rápido el contenido de agua de la mezcla se calcula la que es preciso añadir para alcanzar la humedad óptima restante del ensayo Proctor si los suelos son arenosos. En el caso que sean arcillosos, el total de agua quedará por debajo de la óptima en un 2% con respecto al peso de la mezcla seca. La apreciación de la cantidad de agua se lleva a cabo para tramos que según los medios disponibles puedan regarse de una sola vez.



La distribución del agua debe ser uniforme en toda la extensión de la zona cuidándose que no quede depositada en hoyos ni en las roderas de los tanques. Detrás de éstos, y con tal objeto, se hará una pasada de las herramientas o máquinas de que se disponga para que la mezcla quede removida hasta lograr que sea homogénea comprobándose el contenido de agua para que por defecto o por exceso no difiera de la humedad óptima en más del 10%.

Tras esta operación, como después de cada una de las operaciones parciales se restituye el perfil de las dimensiones previstas.

### **Compactación**

Inmediatamente se comienza la consolidación de la capa formada hasta lograr una densidad igual cuando menos a la Proctor. La compactación se realiza partiendo de los bordes hacia el centro excepto en las curvas con peralte en las cuales se procede a la inversa.

Durante la compactación debe mantenerse el contenido de agua dentro de los límites citados en el apartado anterior.

A continuación de la última pasada de la máquina que se emplee es preciso que la niveladora restituya el perfil si éste ha quedado ondulado. En tal caso es preciso humedecer de nuevo el suelo suelto y volver a compactarlo. Del mismo modo se procede si como resultado de la compactación ha quedado una costra desprendida de la masa.

### **Juntas de trabajo**

Cuando se ha terminado un tramo hay que comenzar uno nuevo en la jornada siguiente. Se dejará en el concluido un corte vertical y limpio de partículas sueltas y hasta última hora se dejará protegido con un tablón mojado de las dimensiones adecuadas. El nuevo material se colocará de modo que rebasa la altura de la capa anterior y la mezcla se solapa rebajándola al nivel debido después de la compactación del nuevo tramo.

#### **Herramientas o máquinas para las anteriores operaciones**

Si se trata de obra de poca importancia o de escasas dimensiones la excavación puede hacerse con los apeos de labranza disponibles: pala, azadón, pico o arado. La pulverización y la mezcla pueden hacerse con rastrillo, con grada de discos o con cultivadores. Los perfiles pueden restituirse con una rastra remolcada por los medios disponibles y la compactación con apisonadora o con rodillos lisos sin desdeñar el empleo del pisón individual.

Pero cuando se trata de caminos de varios kilómetros o de cierta importancia las operaciones son mucho más perfectas y más económicas mediante la aplicación de máquinas adecuadas.

En la excavación y en la explanación:

Excavadoras, empujadoras o "bulldozer", traíllas, escarificador y niveladora-elevadora.

En la pulverización:

Mezcladoras-pulverizadoras; grada de discos; grada de dientes acompañada de motoniveladora para evitar el arrastre lateral de tierra que suelen producir los discos.

En la distribución del cemento:

Camiones-volquete; distribuidores mecánicos.

En la mezcla en seco:

Mezcladoras-pulverizadoras, grada remolcada, cultivadores de dientes flexibles, hormigoneras.

Distribución de agua:

Tanques provistos de barras que cubran toda la anchura del camino, las mismas mezcladoras automáticas acompañadas de tanques o en algunas ocasiones con depósitos de agua adicionales.

En la mezcla húmeda:

Las mismas máquinas que en la mezcla en seco.

Compactación:

Rodillos vibrantes, rodillos de pie de carnero, cilindros de neumáticos, rodillos lisos, apisonadoras.

Reconstrucción de perfiles:

Motoniveladoras corrientes o con dientes escarificadores.

### Máquinas especiales

Además de las máquinas que acabamos de citar, existen otras especiales de funciones múltiples, por ejemplo una mezcladora rotativa que excava, pulveriza, ejecuta la mezcla en seco, dosifica el agua, hace la mezcla húmeda y sirve también para airear el suelo cuando se quiere desecar. Esta pluralidad de cometidos permite realizar casi todas las operaciones de estabilización en una sola pasada.

Otras mezcladoras automáticas recorren los caballones cuando éstos se utilizan, recogiendo su material ya pulverizado lo humedecen, hacen la mezcla húmeda y la extienden, sincronizando la velocidad de mezcla con el avance de la máquina.

Se construye en la actualidad una mezcladora que además de todas las operaciones realizadas por la primera a que nos hemos referido hace una primera compactación.

Los caballones que se forman toscamente con la motoniveladora se perfilan después con remolques calibradores. Estos mismos calibradores arrastrados por un volquete especial permiten la formación de los caballones con suelos de préstamo y su inmediato calibrado.

Estos modernos medios y algunos otros facilitan la estabilización de los suelos para la formación de firmes de suelo-cemento o de suelo estabilizado reduciendo a un mínimo el tiempo empleado.

En general la mezcla del suelo con el cemento puede hacerse sobre la misma zona de trabajo o bien en una central; la aplicación de este último procedimiento queda hoy reducida a las obras de pequeña extensión.

#### Curado de la superficie

Las últimas operaciones llevadas a cabo después de la compactación, es decir, la escarificación superficial y la pasada del rodillo liso sobre la capa removida y humedecida, han constituido un acabado del firme que lo habrá dejado sin rugosidades y endurecido. Esta superficie debe someterse a una cura húmeda durante unos siete días antes de permitir su utilización. Esto puede hacerse cubriéndola con una capa de paja o hierba húmedas y mejor aún humedeciéndola para después cubrirla con una emulsión bituminosa. El humedecimiento de la superficie es necesario para que la emulsión no penetre en la capa estabilizada. Algunas casas constructoras sobre el riego bituminoso difunden una capa de arena o de tierra arenosa.

#### **Comprobaciones en obra**

Debe vigilarse con frecuencia que las mezclas son homogéneas en toda la extensión de la obra. Y que lo mismo el agua que el cemento se reparten con uniformidad; esto último, en caso de que se distribuyan los sacos en hileras y filas, quedará hecho automáticamente si el reparto se ejecuta con arreglo a los cálculos; si se emplea máquina distribuidora se observará y medirá la cantidad de cemento que cae por unidad de superficie.

Recuérdese que la comprobación de la homogeneidad de la mezcla se refiere no sólo a la superficie sino a todo el espesor. En cada operación parcial se ha restituido el perfil, pero después de la compactación es preciso comprobar tal extremo y si el espesor de la base es el preconizado.

La comprobación de la humedad antes de la compactación y antes de hacer la mezcla húmeda debe llevarse a cabo por el procedimiento más rápido que se conozca.

La consolidación del suelo exigirá cierto número de pasadas con la máquina disponible, que se determinarán experimentalmente si no se conoce de antemano por alguna obra ejecutada sobre suelo de la misma clasificación. En todo caso, una vez terminada la compactación se comprobará que la base ha quedado como mínimo con la densidad Proctor normal. Si esta densidad no es uniforme es fácil que se produzcan pequeñas grietas.

Así pues, los trabajos de esta clase deben ser encomendados a entidades responsables ya que exigen sólidos conocimientos, larga práctica, medios de ejecución y la existencia de una organización fuera del alcance de los no profesionales.

No obstante, una obra de poca importancia y de carácter privado puede convertirse en actividad interesante para el aficionado que hallará en ella fuente de numerosas enseñanzas

y que en último término puede reportarle una utilidad. Los ensayos de circunstancias pueden dar una idea bastante aproximada de la granulometría de un suelo, de su grado de humedad, de su plasticidad, del apisonamiento a que debe ser sometido para alcanzar consolidación adecuada y hasta de la capacidad de sustentación de una explanada si se le aplica la carga prevista a través de un dado de madera de dimensiones conocidas. Las mezclas de suelo cemento y cada una de las operaciones de la construcción pueden someterse a experiencias previas y si se procede metódicamente es posible alcanzar un resultado satisfactorio.

### El Jet Grouting

Este sistema utilizado por la Ingeniería para el refuerzo de pilotajes por inyección de cemento a presión en suelos, representa otra referencia a considerar sobre la estabilización. Las características de las columnas de Jet Grouting <sup>57</sup> en un caso de suelo limoso, con un contenido de arcillas <10%, son como ejemplo :

Características		Diámetro de la columna		Resistencias	
Presión de Inyección	50 MPa	Máximo	0,681 m	Compresión	10 MPa
Velocidad de ascenso	0.38 m/min	Mínimo	0,566 m	Tracción	1.35 MPa
Velocidad de rotación	20 r.p.m	Medio	0,600 m	Modulo elástico a compresión	5400 MPa
Relación agua/cemento	1	Diámetro de perforación	0.108 m	Modulo elástico a tracción	8000 MPa
Consumo	0.2 m <sup>3</sup> /m			Coefficiente de Poisson	0.27

El estudio <sup>57</sup> sobre la deformabilidad de estas columnas bajo cargas horizontales, análogas a las sísmicas, requiere tener en cuenta la **disminución no lineal de la rigidez del suelo con la deformación**. Las teorías existentes para el análisis de la deformación en pilotes permiten determinaciones correctas de los momentos flectores y de la deformada de las columnas si se consideran valores adecuados a los módulos y, específicamente, de su variación con la magnitud de los desplazamientos de las columnas.

<sup>57</sup> Pruebas de carga horizontal de columnas de suelo tratado mediante Jet Grouting. Aut. A.Lloret, E. Alonso, A.Gens, J.Suriol. X Congreso Europeo de la SIMS. Florencia 1991. Edit. Ingeniería Civil /83.

## **Revestimientos**

Las funciones del revestimiento consisten en mejorar la superficie de acabado de los muros de tierra para tener mayor durabilidad, rectificando los defectos, tapando fisuras e imperfecciones, poros y un exceso de permeabilidad al agua que pudiera tener.

Para ello se deberá alcanzar un máximo de adherencia entre la base y el revoco basado en una similitud de rigideces, a la vez que la base deberá ser lo bastante sólida y coherente, para que no se desprenda con el peso del revoque o bien no le absorba toda el agua de composición. Se aconseja que el muro esté lo más seco posible, a nivel interior, para evitar un exceso de presión de evaporación de obra sobre los revestimientos, aunque éstos deberán ser porosos para la transpiración del muro. En el caso de paredes de adobe no habrá que esperar mucho, ya que estos habrán sido utilizados en un grado bastante seco. No es lo mismo en el tapial por dos razones: porque en masas muy gruesas tarda mucho tiempo en secar, y porque la superficie, al ser lisa y uniforme, ofrece muchas dificultades de agarre.

Por tanto, se desaconseja la utilización del mortero de cemento Portland directamente sobre las superficies de tierra, ya que con el tiempo acabará suelto, aunque hubiéramos colocado una malla de sujeción. Además un revestimiento de cemento 1/3, por ejemplo, no deja transpirar al muro lo suficiente como para que no se formen condensaciones detrás del revoco.

## **La Base**

Se aconseja humedecerla suavemente y, en el caso, del tapial cepillarla para tener mayor adherencia. Otras formas de obtener mayor fijación en hundir cuñas o pedazos de teja en la masa tierna del muro, o bien picotear la superficie del tapial. Los métodos de mallazo metálico y alambre entre clavos se ven como más innecesarios, aparte que se contradice con la transpiración del muro, ya que la humedad oxida el acero.

## **Preparación de los materiales**

Para cerrar perfectamente todos los intersticios que quedan al tiempo de la construcción de las paredes, y para arreglar sus superficies, necesitan ser los materiales que se han de hacer los más escogidos y mejor manipulados.

“La cal ha de ser de la mejor, más limpia y bien preparada; la arena suelta, limpia y cernida, y la mezcla de ambos materiales, bien estropeada y manejada con atención.” Juan de Villanueva

Aparte de la selección de materiales en buenas condiciones, que ofrezcan homogeneidad y no se encuentren endurecidos, habrá que vigilar el almacenamiento de cementos y yesos, y la garantía de utilizar una cal totalmente apagada que no provoque expansiones a posteriori. La selección de arenas y tierras también pasará por analizar, a través de complexometrías, de cantidad de bases disueltas que puedan conllevar un problema de eflorescencias

(cristalización de sales solubles en la superficie de los revocos, provocando expansiones que puedan llegarlo a desconchar). Habrá que buscar el límite de utilización del Na y el Mg sobre todo.

Generalmente un buen tamizado de la tierra (5 mm) junto con un preamasado, con o sin la cal, será suficiente para evitar muchas retracciones en el revoco.

#### **Las diferentes capas del revoco.**

No debe ponerse todo de una vez, sino a tongadas o cortezas, no tan gruesa y cargadas de material que por su peso se desprendan y caigan, debiendo tenderse poco a poco unas sobre otras, dando lugar a que se fijen y tome cuerpo contra la pared.

Juan de Villanueva

Se aconseja una primera capa de enfoscado (jarrado) más pobre en aglomerante, que sea suficientemente plástica para adaptarse a la base. Si hubiera zonas con grosores mayores de 2 cm. o huecos se aconseja primero emplastar alguna piedra o trozo cerámico para evitar un exceso de retracción (enripiar).

Cuando la primera capa ya ha empezado a fraguar, y aparecen las primeras microfisuras debido a las arcillas muy reactivas, se enlucé al oreo con una capa de material más rígido e impermeable con mayor grado de aglomerante. El grosor oscila entre unos 2 y 4 mm. y se aplica con llana metálica, dejando en la mano izquierda algo de material para ir completando y apretando el enlucido (la pellada).

Como punto final, según el caso, se bruñen y se pulen. Cuando van secando, rociándoles con agua, y fregándolos con una piedra dura de río bien lisa, quedan con una tez firme y curiosa. Hay que vigilar que el material de revoque siempre esté húmedo.

Una técnica que se puede emplear es la del maestreado, que según la tradición podía hacerse de mortero de cal, y yeso con arena, mezclados, o yeso solo. Estas maestras se hacen a partir de ir tirando verticales con la plomada y alinearlos con hilo posteriormente.

Establecidos los renglones de hilo, se forma la maestra con material, arrojándolo contra el regle fijado con clavos, de modo que se llene todo el vacío hasta la pared. Lleno éste, echando el material por un lado y otro, se recorta lo sobrante y se limpia para apartar el regle al primer golpe. Si se hacen de mortero de cal, es mejor el cordel atirantado que no el regle, ya que se le pega el mortero.

Una vez hechas las maestras, todas separadas de forma regular, se pasa a su relleno, y con un regle se hace saltar todo el material sobrante y, si hubiera quedado algún hueco, se vuelve a poner material y se repite la operación.



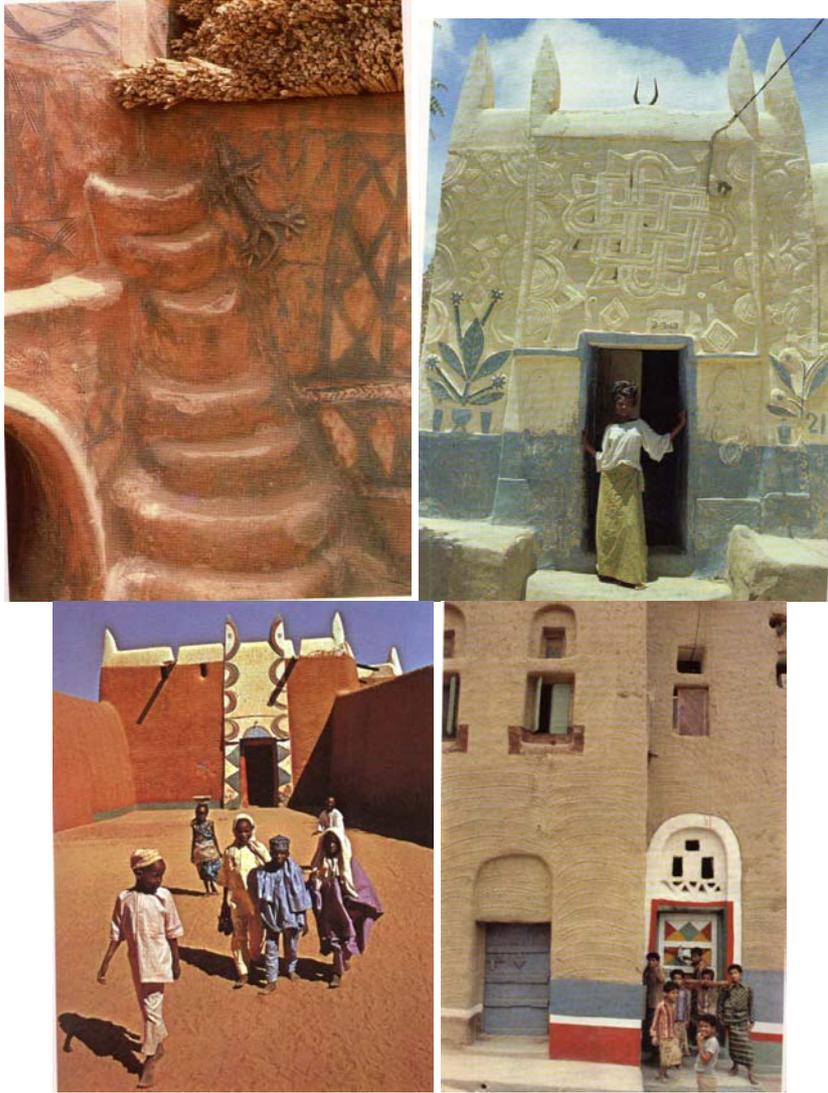


Fig 83 a) Detalle de una escalera de una casa rural de la etnia Gurunsi a Tiebele en Alto Volta b) Bajos relieves en fachda de la villa de Zinder, Níger. c) Palacio del Emir, Nigeria. d) Tratamiento ornamental de las fachadas de Al Juba, Yemen del Norte.

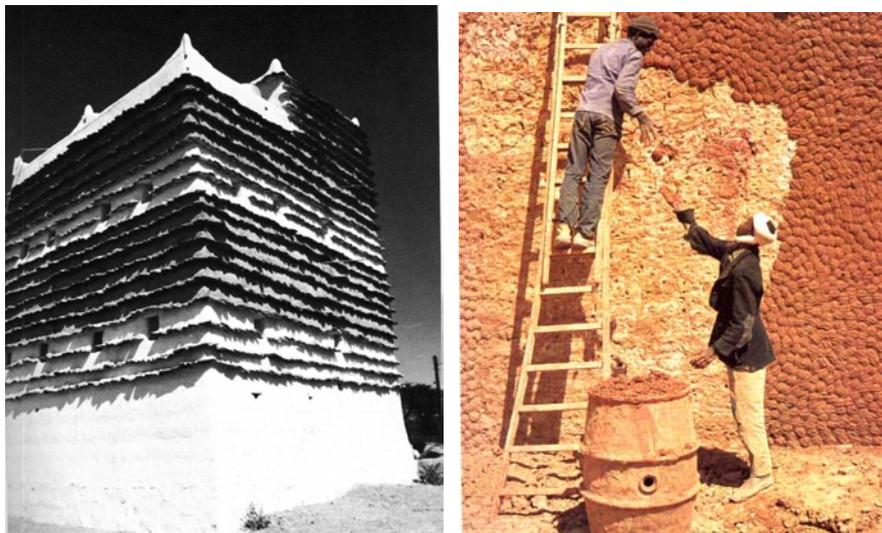




Fig 84 a) Vivienda en el suroeste de la Arabia Saudita, destaca las protecciones en el paramento para evitar la erosión de la fachada. b) Revestimiento sobre muro de tierra en el Sahara, Argelia.

## **Patologías**

La durabilidad de las construcciones de tierra estabilizada dependerá de un buen proyecto, con soluciones constructivas efectivas, correctamente ejecutadas y una estabilización adecuada. El proyecto definirá, además, la facilidad de mantenimiento, aspecto éste que no debe descuidarse nunca, y los sistemas de restauración que contempla.

Como hipótesis de trabajo, es imprescindible la aplicación de los siguientes conceptos:

- Inspección y mantenimiento regular.
- Intervenciones de restauración dirigidas al origen, no a los efectos.
- Diferenciación, en cuanto a las patologías, de sus causas y efectos.

La durabilidad del BTC puede quedar comprometida por la siguiente serie de factores, origen de patologías, que posteriormente serán analizadas :

### **1. El agua.**

problemática resuelta a partir de : Estabilización (ver capítulo **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** ) e Impermeabilización, diseño de drenajes, menos agua de amasado. (lluvia, capilaridad, instalaciones y condensaciones, salpicaduras).

### **2. Falta de heterogeneidad y Resistencia.**

Debido a mala compactación o mala distribución de cargas  
solución : Estudio de puntos débiles, diseño de detalles constructivos, estudio de cargas y refuerzos: Esquinas, empujes de forjados, zunchos asentamientos diferenciales, aberturas (torsiones y cortantes), subsuelo heterogéneo o no, vías de agua cambios de temperatura, empuje del viento, bóvedas, arcos y cupulas.

### **3. Abrasión.** Condicionado por la erosión.

solución. Estabilizaciones, protecciones de vientos dominantes.'

### **4. Biopatologías.** originadas por la acción de seres vivos.

- Acciones del hombre: taladros, esquinas de paso, roces, humos, salpicaduras,..
- Los Insectos : Mal de Chagas-Tracoma, coleópteros, termitas, hormigas, telas de araña acumuladoras de humedad,.....
- La Vegetación ( hiedras, árboles, hongos o líquenes en la tierra-fibras o armaduras de la composición.

**Forma de tratamiento preventivo : la acción bactericida de la cal; las sales bórnicas y o la sal común.**

### **5. Patologías Químicas.**

-Sulfatos. Formación de sales expansivas al entrar en contacto en estado húmedo con la fase de aluminato tricálcico del cemento portland. Esta sal es el trisulfoaluminato tricálcico, etringita o sal de Candlot.

- Materia orgánica. Atención a que solo afectan compuestos de cadenas orgánicas cortas, los complejos moleculares de cadena larga pueden reportar mejoras. ( ver cuadro estabilización)

- Otras sales expansivas. ( sulfatos magnésicos,..)

## 6. **Patologías Físicas.**

- Dilataciones diferenciales con otros materiales ( hormigón, acero,.....). Habrá que preveer juntas o la absorción de los esfuerzos resultantes.
- Retracciones de secado. Estas afectan menos al tapial. La causa puede estar en un secado rápido, o no estar lo bastante humedecidos los adobes o la tierra a utilizar.
- Asentamientos diferenciales.Causas:
  - 1.vías de agua (instalaciones en la calle, escape, ejecución de sótanos o garajes)
  - 2.Metros y trenes.
  - 3.Obras laterales al edificio.
  4. Obras interiores que redistribuyan cargas.



Fig 85 Serie de patologías de izquierda a derecha en obras de tierra debidas a : falta de adherencia del revestimiento (Yemen),;un asentamiento diferencial ( New Gourna Egipto); y un ataque por abrasión del agua y viento (Egipto).

---

<sup>1</sup> “El Tapial, una técnica constructiva mil.lenaria, Fermín Font, Pere Hidalgo, 1991.Col.Oficial d’Aparelladors i Arquitectes Tècnics de Castelló.

<sup>11</sup> “ The Story of the Royal Commission Exhibit Building at Janadriyah”. Edit. Royal Commission for Jubail and Yanbu. Arabia Saudi. Diciembre 1987.

<sup>111</sup> “Des architectures de terre”, Jean Dethier. C.Georges Pompidou

<sup>110</sup> “Architecture Soudanaise”, Aut. Sergio Domian. Edit. L’Harmattan, 1989

<sup>110</sup> “Arquitecturas de adobe”, Aut. Patrick Bardou i Varoujan Arzoumanian. Edit.G.Gili, 1978

<sup>111</sup> “ La Arquitectura del barro”. Jose Luis Alonso Ponga. Junta de Castilla y León. Consejería y Bienestar Social 1989.

<sup>1111</sup> “Construir con tierra tomo I-II”, Aut. Patrice Doat, Alain Hays, Hugo Houben, Silvia Matuk, François Vitoux. Traducción del francés Clara Eugenia Sánchez, y Clara Angel Ospina. Edit fondo rotatorio editorial. Enda. Fedevivienda. Bogotá -Colombia 1990.

<sup>115</sup> *Los Diez Libros de la Arquitectura. Vitrubio. Claudio Perranet.. Murcia 1981*

<sup>15</sup> “The valley of mud brick architecture”, Aut.Salma Samar Damluji., Edit. Jackie Jones Garnet Publishing limited 1992.

<sup>151</sup> “Construire en Terre”, Aut. Patrice Doat, Alain Hays, Hugo Houben, Silvia Matuk, François Vitoux CRA. Terre Alternative et Paral.lele, 1969

<sup>1511</sup> *Diccionari de l’art y dels oficis de la construcció. Aut. Miquel Fullana. Edit. Moll 1984. Quinta edició 1988 Editorial Moll (Mallorca).*

<sup>15111</sup> “Les Construccions en Terra a Catalunya: la Tècnica de la Tàpia”. Tesis Doctoral Sept. 1994 ETSAB. UPC. Aut. Albert Cuchí Tutor. Jaume Avellaneda

<sup>15110</sup> *El Arte de hacer Tapial. Juan de Villanueva.*