

Paredes de tapial y su industrialización (encofrados y sistemas de compactación)

Rammed earth walls and its industrialization (formworks and ramming systems)

A. von Mag, M. Rauch

RESUMEN

El tapial como material se caracteriza por su inercia térmica y por un excelente comportamiento higrotérmico, que unidos al valor añadido inherente de la sostenibilidad y la fuerza tectónica de los muros, convierten a este material en un elemento de interés a incorporar en los proyectos de arquitectura actuales.

En general, el tapial como técnica de construcción con tierra necesita una intensiva cantidad y capacidad de trabajo. En este sentido la industrialización en la producción del tapial permitiría una racionalización de los costes de la mano de obra y tiempos de ejecución, a los que se podrían añadir mejoras en aspectos como la dosificación de tierra y agua, el control de calidad de ejecución, en especial el grado de compactación y, por supuesto, del acabado final.

La prefabricación con tierra permite una ejecución flexible en dimensiones e incluso integrar instalaciones eléctricas y de climatización, para no afectar al aspecto final de la superficie del muro de tierra.

La prefabricación es un paso más hacia la modernización de la construcción con tierra, y ha de abrir camino a un material como la tierra cruda en el mercado de la edificación y, en el fondo, ayudando a encontrar alternativas que nos aproximen a la sostenibilidad.

113-98

Palabras clave: tierra, tapial, prefabricación, panel, encofrado.

SUMMARY

Rammed earth is a material that is characterized by its thermal inertia and excellent hygrothermal behavior, which together with the added value of sustainability and the tectonic strength of its mass, make it an interesting element to incorporate in architectural projects.

In general, rammed earth as a construction technique needs an intense amount of work and ability. In this sense, the industrialization in the production of rammed walls would rationalize the costs of labor and execution times, as well as provide improvements in areas such as earth and water metering, control of quality of execution, in particular the degree of compaction and, of course, the final finish.

Prefabrication allows the integration of electrical and air conditioning installations, increasing the qualities of the earth.

Prefabrication is a step towards the modernization of earth construction, which has inherent a strong added value of sustainability on which we try to open new ways to facilitate its use in building and as a part of the architectural design.

Keywords: earth, rammed wall, precast, panel, formwork.

1. Construcción prefabricada en tapial

1. PREFABRICACIÓN DE ELEMENTOS DE ADOBE

El ladrillo de adobe es el primer elemento prefabricado para la construcción de la historia de la humanidad. El desarrollo tecnológico de la Europa actual permite plantearse dar un paso más en la producción del tapial, hasta hoy ligado a la producción in situ. La prefabricación es un paso más hacia la modernización de la construcción con tierra, y ha de abrir camino a un material como la tierra cruda en el mercado de la edificación y, en el fondo, ayudando a encontrar alternativas que nos aproximen a la sostenibilidad.

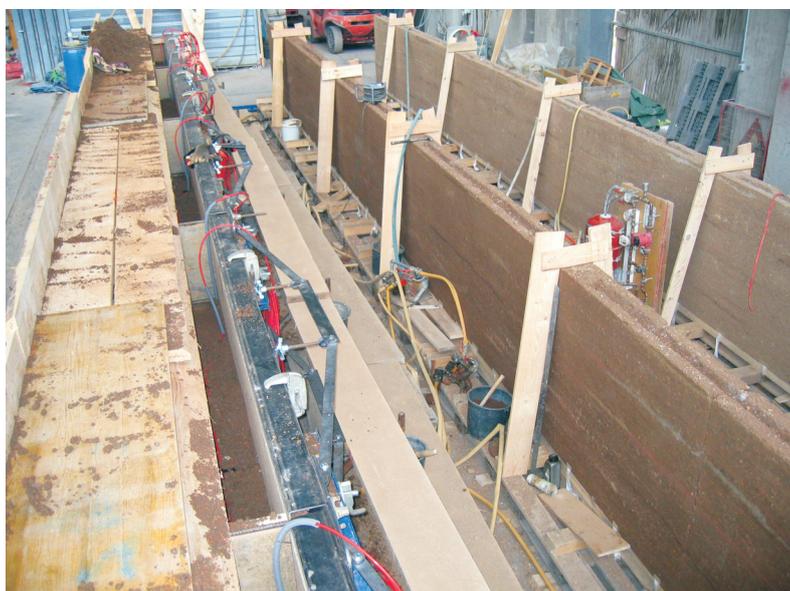
2. LA PREFABRICACIÓN EN LA TECNOLOGÍA DE HORMIGÓN ARMADO

El hormigón ha sido el material de construcción de referencia del siglo XX, y un claro ejemplo de progreso en la prefabricación de elementos para la edificación, y que supuso la profusión de construcción de edificios con placas de hormigón en los años 60.

Entre las ventajas encontramos la gran cantidad de partes del trabajo que se pueden realizar en taller al abrigo de las inclemencias, y que el montaje de las piezas propiamente dicho puede ejecutarse con relativa celeridad.

Entre las desventajas cuenta sobretodo el hecho que debe planificarse muy bien todo el proceso constructivo a realizar en taller previamente a la ejecución de las piezas de tapial prefabricado, proceso que acostumbra a ser complejo y costoso.

En una aplicación estandarizada esta desventaja se compensa aunque conduce a limitaciones de diseño individualizadas.



El coste de los edificios producidos de esta manera son, por regla general, económicamente más caros que los ejecutados con muros hechos "in situ". El transporte de los elementos prefabricados, en ocasiones a largas distancias, supone un sobrecoste respecto al transporte de los materiales por separado normal en la construcción convencional.

3. CONSTRUCCIÓN PREFABRICADA EN TAPIAL

La del tapial es un tipo de construcción pensada para su ejecución en obra. Está reconocido de forma general que esta técnica de construcción necesita de una intensiva cantidad y capacidad de trabajo. Un sistema más racionalizado de ejecución sólo es posible de manera limitada con la ayuda de máquinas de construcción convencionales desarrolladas por la industria moderna. Estas condiciones básicas de ejecución han sido en los últimas décadas una limitación importante para el uso intensivo del tapial.

El inconveniente de este tipo de construcción es parecido en general al de la construcción en adobe: la falta de valor que se le da al trabajo. Sería en este sentido deseable que la relación del coste de la energía en comparación con el del trabajo humano se invirtiera.

Ha tenido que ser a partir de una mirada ecológica y la búsqueda de alternativas más sostenibles para el mundo de la construcción, que el tapial ha resurgido con una interesante perspectiva de futuro.

Desde 1997, en Austria dos empresas han construido y colocado más de 600 piezas de tapial. La pregunta crucial en cada una de esas obras no fué dónde iba a ser fabricada la pieza de construcción, en taller o in situ, sino si era realmente posible una construcción en tapial.

La prefabricación del tapial tiene ventajas decisivas respecto al trabajo in situ, propias de las técnicas racionalizadas:

- La producción se puede realizar independientemente del tiempo exterior, evitando interrupciones e imprevistos durante la ejecución.
- Se pueden calcular los rendimientos de ejecución con gran precisión, optimizando los métodos de trabajo.
- Se reducen los tiempos de trabajo en obra.
- Se mejora la planificación de la obra y la coordinación de las intervenciones en la misma, reduciendo los tiempos de entrega del conjunto edificado.
- Se mejoran los procesos de control de calidad y así como la calidad final de la pieza (dosificaciones, grado de compactación, textura de acabado).

De este modo se hace posible una óptima introducción de procesos constructivos industrializados. Los métodos de trabajo pueden ser asimismo optimizados y racionalizados a través de ésta construcción en módulos.

La prefabricación del tapial abre todo un abanico de posibilidades de aplicación con el material tierra que trascienden el estrictamente tradicional de muros estructurales; Hoy podemos encontrar desde piezas de lavamanos o estufas-hogar hasta grandes piezas prefabricadas con el sistema de calefacción mural integrado.

El tapial prefabricado, aunque se rige por los mismos criterios de racionalización que cualquier producto industrializado, permite un alto grado de individualización gracias a la posibilidad de optimizar en taller aspectos dimensionales, flexibilizando el proceso.

Una de las dificultades que presenta el tapial es su transporte, dado que la falta de ductilidad del material exige condiciones de empaquetado, almacenaje, carga, descarga y traslado más cuidadosos de las que por ejemplo necesitan las piezas prefabricadas de hormigón armado.

Aún así la práctica ha demostrado que este aspecto no es un problema. Piezas prefabricadas de hasta 7.000 kg fueron transportadas a largas distancias, superiores a los 800 km.

Es nuestro sistema económico los costes de transporte son, en comparación con los de producción, muy bajos económicamente, aspecto este que puede justificar enviar piezas prefabricadas a 1000 km de distancia.

El transporte de materiales a grandes distancias plantea grandes dudas ecológicas, aunque se trata de una práctica habitual en gran parte de los materiales que se utilizan habitualmente en edificación. En el caso del tapial, el transporte que da compensado, en relación a otros materiales convencionales, como el ladrillo o el hormigón armado, porque el primero tiene un balance de emisiones de CO₂ mucho más bajo.

Aun así, está es una variable que quedaría resuelta con aumentos importantes de la demanda que justificasen económicamente la aproximación del taller de producción al lugar de ejecución de la obra.

Para la ejecución de volúmenes de proyecto grandes en tapial prensado tiene tam-



2

bién sentido la construcción de un taller temporal de prefabricación directamente en el lugar de construcción. De este modo puede, además, aprovecharse la materia prima local necesaria en la producción del tapial.

En los países en vías de desarrollo, con difíciles condiciones de infraestructuras, en especial de transporte, el prefabricado juega un papel muy pequeño y, a lo sumo, sólo donde existen las vías de transporte (coincidiendo con el espacio urbano).

Por contra, lo que puede ser interesante en estos países es la transferencia de la tecnología: tecnología de fabricación móvil en forma de máquinas fácilmente transportables. De este modo es posible utilizar el material y la fuerza de trabajo local y aumentar significativamente la calidad debido a la mayor facilidad en su ejecución.



3

2-3. Puesta en obra de los elementos prefabricados

4. CARACTERÍSTICAS DEL TAPIAL PREFABRICADO

4.1. Características genéricas

La tierra del tapial y las mezclas con la misma son principalmente solubles al agua. Si se humedecen de nuevo estos con la suficiente agua, se perderá la compacidad del material producida por su sequedad y será éste de nuevo moldeable y plástico. Esto hace de la materia del tapial un elemento totalmente reciclable las veces que sea necesario sin que se produzcan pérdidas de calidad en el material que lo compone.

Hay muchas tentativas y desarrollos enfocados a conseguir disminuir esta solubilidad para hacerlo más resistente a la erosión

del paso del tiempo, y es efectivamente posible hacerlo con la ayuda de aditivos, pero el tapial pierde de este modo muchas de sus características positivas.

El tapial tiene la capacidad de intercambiar humedad de forma muy rápida con el ambiente, absorbiéndola y cediéndola con rapidez. Esta alta difusibilidad a través del material es uno de los motivos que hacen que los espacios contruidos con tapial sean saludables y produzcan un ambiente interior saludable y agradable.

Por esta misma característica se conservan también especialmente bien las armaduras interiores de madera.

En relación al fuego la tierra tiene un muy buen compartamiento tanto en resistencia al fuego como en estabilidad al mismo. El material tapial prensado reacciona, como mezcla mineral que es, como inhibidor del fuego y con una gran capacidad estática y estabilidad a altas temperaturas.

Los muros realizados en tapial prensado tienen una muy buena capacidad de aislamiento acústico debido a su gran densidad y grosor de pared que viene dado por el sistema constructivo. Su porosidad y textura superficial le proporcionan un relativamente buen comportamiento a la absorción acústica.

El tapial prensado tiene, dependiendo de su composición y su futuro uso, un peso específico de entre 1.700 y 2.100 kg/m³. Por ello no puede ser visto como material de aislamiento térmico. El coeficiente de transmisión térmica se sitúa, dependiendo de su composición, entre los 0,64 y los 1,03 W/mK. Debido a la variabilidad de combinaciones en su composición y a las pocas investigaciones realizadas sobre este aspecto, se espera en el futuro una fuerte innovación del material.

4.2. Resistencia a las inclemencias del tiempo

No es difícil encontrar resultados de ensayos técnicos contrarios a la sensación subjetiva en la construcción en tapial. De hecho, debido a los cálculos matemáticos, ensayos de físicos de la construcción sobre muros de tapial dan muchas veces resultados negativos o pobres, aunque funcionen desde años sin ningún tipo de problema.

Debido a esta capacidad de absorción de agua es muy importante evitar sistemática y cuidadosamente la humidificación continua del material ya sea desde arriba, el interior o proveniente de la cimentación. Esta humedad es la causante del aspecto

mórbido y débil de muchas viejas construcciones de tapial y, mediante la colocación de las adecuadas impermeabilizaciones en la parte superior e inferior puede evitarse por completo esta entrada de agua.

Al exterior, hay que contar siempre con una calculada erosión natural del material tapial. En este sentido la técnica del tapial prensado es la más resistente. A simple vista no es posible detectar diferencias de erosión y dañado del material, debido a la variabilidad de colores y viveza de su acabado. En este sentido el tapial tiene un buen envejecimiento. Cabe resaltar especialmente la nobleza del color natural del tapial. Sus características le permiten, en especial su autorenovación, permanecer con la superficie exterior libre del smog atmosférico.

Debido a la sequedad del material y a su comportamiento activo a la humedad, no pueden anidar microorganismos, bacterias o mohos, por lo que ello conlleva que, en una fachada realizada con tapial prensado mantenga su color inalterado durante décadas. Al contrario, la praxis ha demostrado que la fuerza del color de los materiales naturales se refuerza con los años. Debido a sus diferentes componentes y aditivos minerales aplicables se producen unos efectos de luz y reflexiones de luz solar de una fuerza expresiva única.

4.3. Comportamiento a la erosión

Una buena elección del material trabajado correctamente, unido a una buena solución de los detalles constructivos, son la solución a las problemáticas de erosión superficial por la lluvia o heladicidad del interior del material.

Debido a su capacidad de absorber y emitir agua se disuelven las sales del interior del material y transportan a la superficie. Lejos de ser negativo, es un factor de estabilización y procura que la superficie del muro de tapial sea, con el paso de los años, más duro y resistente a la erosión. La influencia de la erosión depende de la altura de la pared y su exposición al viento y al agua. La lluvia débil no daña en modo alguno el muro puesto que puede asumir sin problema esa humedad y volverla a dejar en el siguiente período seco. Con lluvias más intensas la capacidad de absorción de agua del material se agota. El agua se desliza por la superficie exterior, lavando el material. Por el contrario, debido a las partículas de arcilla propias de su composición el muro limita el paso de la humedad al interior.

Al tapial se le añaden gravas en su composición interior, que quedan atrapadas y fijadas en el material una vez producido.



4. Imprenta Gugler, Melk

4

Éstas actúan como freno a la erosión de forma parecida a los cantos rodados en la superficie del arroyo. De este modo el agua fuerte de lluvia que cae sobre la fachada es suficientemente protegida de esta forma produciendo una protección natural de la fachada.

En caso de mayores cantidades de agua a lo largo del tiempo se deben introducir elementos adicionales para la canalización del agua. En horizontal deben entonces colocarse cada 25 - 30 cm frenos a la erosión en forma de perfiles de mortero, piedra o cerámica. Éstos hacen posible la protección de una erosión profunda de la erosión debida a períodos largos de lluvia.

5. JUNTAS ENTRE ELEMENTOS PREFABRICADOS

La plasticidad del material, permite rellenar y acabar fácilmente las juntas entre piezas prefabricadas de tapial colocando una base delgada de masa de arcilla que actúa fijando las diferentes piezas. Dependiendo de las solicitaciones se pueden plantear sistemas de anclaje suplementarios. Las juntas verticales se rellenan a menudo a base de mortero de cal.

Las características que se han detallado anteriormente, junto a la solubilidad del tapial son óptimas para el trabajo de relleno de fugas y sellado. Tras la fase de montaje se rocían con agua las juntas, que se rellenan con el material original húmedo y se refuerzan con madera. Este trabajo de relleno-sellado permite que no se detecten las juntas y que los muros de tapial trabajen de forma monolítica.

6. PROYECTOS EN TAPIAL PREFABRICADO

Como ejemplos construidos en tapial prefabricado me gustaría presentar los siguientes: el proyecto de la firma "Gugler print & media GmbH" en Melk (Austria), de 1999 y el proyecto en la sala de conciertos de Kapitelplatz en Salzburg (Austria) de 2004. Dos proyectos que de modo muy convincente enseñan las diversas posibilidades de trabajo con piezas industrializadas de tapial.

6.1. Imprenta Gugler, Melk, Austria, 1999

El primer ejemplo es esta imprenta para 60 trabajadores, con una zona polivalente y espacios de oficinas. Espacios bañados por la luz, construidos en tapial y madera, dan identidad, orientación, calidad ambiental y ligereza.

Ejemplo de construcción elegante en recursos y un concepto ambiental de eficiencia energética que se consiguen con la inercia térmica que proporcionan el tapial, el suelo y la cimentación, que refrigeran disipando la energía a través del terreno unido todo ello a la utilización consecuente del sol.

Se trata de una construcción en entramado de madera que se combinó con 160 piezas de tapial prefabricado de dimensiones 1,70 x 1,30 x 0,40. Las piezas prefabricadas tienen unas aberturas por las que se posibilita una renovación de aire y refrigeración de las oficinas y espacios de trabajo. Estas paredes componen el eje longitudinal del edificio y procuran un ambiente interior óptimo.



5

5. Pared calefactada en la sala de conciertos Kapitelplatz, Salzburgo

La combinación de construcción en entramado de madera y un tiempo de construcción muy corto hizo necesario un tiempo de prefabricación en taller de 3 meses. Las piezas se colocaron en obra durante dos semanas, tiempo que también duraron los trabajos de carpintería.

6.2. Pared calefactada de tapial para una sala de conciertos en la Kapitelplatz, Salzburg, Austria, 2004

Debido a su especial posición la realización de este muro de tapial era solo posible con elementos prefabricados. De este modo fueron producidas las franjas de tapial de 20 m de largo de una pieza, cortados en piezas de aprox. 1.800 kg, empaquetados en palés especiales y transportados a obra. Con ayuda de grúas se fueron colocando de nuevo estos bloques igual que las piezas de un puzzle, se unieron con masa de tierra de tapial sus juntas, convenientemente rellenas de modo que se consiguió una imagen general monolítica.

Cada uno de los bloques lleva embebido en su interior una instalación de muro radiante que es capaz de calentar toda la pared.

7. CONCLUSIONES

El tapial había tenido hasta ahora en centroeuropa la función de realizar unidades de habitación de manera fácil y barata. El lenguaje del material se escondía tras fachadas. La utilización moderna y consciente de este material en la actualidad, dejándolo a la vista, ofrece a arquitectos, técnicos y promotores múltiples opciones en el acabado y diferentes posibilidades de diseño. Bien entendido y usado, el tapial es un material que proporciona posibilidades creativas y de diseño desde el punto de vista técnico y estético. Un material que bien utilizado se encuentra a dis-

posición ilimitada, que recoge una tradición milenaria y gana de nuevo modernidad.

Es siempre nuevamente sorprendente, fascinante, descubrir, al desencofrar, como la energía utilizada para prensar se lee y dibuja en las diferentes capas del material acabado. La forma y distribución de las capas de prensado muestran el proceso de trabajo como una base de datos. Mediante la introducción de capas de distintos colores se marca la tierra en la superficie y resalta su valor estético. El proceso de trabajo es también compositivo, la superficie queda marcada a través de calculadas coincidencias. La fuerza de trabajo humana queda marcada de este modo. Esta composición en capas y la magra coloración procuran al ambiente interior calidez y tranquilidad.

La utilización de sistemas modernos de prefabricación en proyectos realizados en los países industrializados influye con su ejemplo a otros países, en los cuales el material tapial es aún visto sólo en su necesidad económica. Estos ejemplos contribuyen además a la correcta valoración de la construcción tradicional y su trasposición a las necesidades y tecnologías actuales.

El hecho de volver al tapial no debe ser valorado anacrónicamente como la vuelta a la naturaleza o vuelta al mundo de la vida perdida de los sentidos sino que significa la vuelta a la razón. El tapial prefabricado tiene un comportamiento al fuego y con altas temperaturas extremadamente estable debido a sus componentes minerales.

También el aislamiento y absorción acústicas son excepcionales debido respectivamente a su densidad y grosor necesario de una parte y a su porosidad y elasticidad por la otra.

El tapial no sólo tiene buenas características térmicas e higrométricas, sino que además detenta un excepcional y hasta el momento no superado balance energético. El tapial se encuentra en cualquier parte del mundo y es 100% reciclable y no genera problemas de deposición. El tapial no tiene fecha de caducidad. Puede ser reactivado con el simple añadido de agua. Nos debería quedar claro que la construcción en tapial no tiene nada de experimental, sino al contrario, que tiene que ver con métodos probados y con posibilidades de aplicación en las más variadas condiciones.

La prefabricación del tapial es un proceso de redescubrir y reenseñar esta tecnología en tierra que ha de ayudar a su pervivencia en la construcción moderna y a dotarla de nuevos valores añadidos como la sostenibilidad.