

ARQUITECTURA DE TIERRA EN LA ZONA CENTRO DE MÉXICO

USO Y TÉCNICA DE LA CONSTRUCCIÓN CON TAPIA

Autor: Daniela S. Romero Olguín

Tutores:

Camilla Mileto

Fernando Vegas López-Manzanares

Luis Fernando Guerrero Baca

Septiembre 2016

ARQUITECTURA DE TIERRA EN LA ZONA CENTRO DE MÉXICO

USO Y TÉCNICA DE LA CONSTRUCCIÓN CON TAPIA

Autor: Daniela S. Romero Olguín

Tutores: Camilla Mileto
Fernando Vegas López-Manzanares
Luis Fernando Guerrero Baca

Septiembre 2016

Alicia, Armando y Virginia,
porque hacen de mi mundo un lugar mejor.

Ana y Sara,
por enseñarme que las mejores personas y los
mejores amigos se encuentran en cualquier
parte del mundo.

Y a todos los que de alguna manera
formaron parte de este viaje de aprendizaje.

INTRODUCCIÓN

- o Objetivos
- o Metodología
- o Estado del arte

C.01 Aspectos teóricos sobre la arquitectura de tierra y su conservación.

- o Técnica tradicional como bien cultural.
- o La problemática de su conservación.
- o Conservación y sostenibilidad.

C.02 Historia y evolución de los sistemas constructivos de tierra en México.

- o Generalidades de la arquitectura de tierra.
- o Sitios declarados Patrimonio Mundial con tierra en México.
- o Arquitectura de tierra en México.

C.03 La zona central de México. Definición de la zona de estudio y sus características arquitectónicas.

- o Localización geográfica.
- o El sitio. Altiplano Central.
 - o Tlaxcala
 - o Puebla
- o Materiales de construcción en la zona central.

C.04 **La técnica de la Tapia.**

- o Generalidades
- o La evolución de las técnicas. Tratados de origen español y francés.

C.05 **Análisis de las características arquitectónicas y constructivas de la tapia en México.**

- o La tapia en México.
- o Proceso constructivo.
- o Características técnicas.
- o Análisis constructivo.
- o Deterioros observables.
- o Regulación del patrimonio de tierra en México.
- o Pervivencia actual de la técnica.

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFÍA

INTRODUCCIÓN.



Las construcciones de arquitectura tradicional consideradas de menor tamaño, así como algunas localidades con valor histórico y patrimonial enfrentan en la actualidad grandes obstáculos en su conservación, debido a la evolución urbana y a las transformaciones sociales que generan nuevas necesidades de uso y habitabilidad, ocasionando un conflicto entre la idea de “desarrollo” y la defensa del patrimonio.

Esta interpretación equivocada de las nuevas formas de habitar, se enfrenta a dificultades directamente relacionadas con el crecimiento urbano en las pequeñas localidades rurales. La especulación territorial y los cambios de usos en las actividades productivas originales, como en el caso de la agricultura, generan modificaciones en los terrenos, se subdividen para heredarlos o venderlos, generando cambios en su morfología original. Esto ocurre en mayor medida en América Latina, en donde los pequeños núcleos rurales se mantienen en constante crecimiento, lo que genera un mayor deterioro que afecta directamente al entorno urbano.

Imagen izquierda. Guanajuato

Imagen derecha. Contraste arquitectónico/constructivo.

Caplan, Febrero 2009.

Este desarrollo urbano genera modificaciones en los espacios rurales, se realizan demoliciones de edificios con sistemas de arquitectura tradicional para construir nuevas obras con materiales contemporáneos y con características fisonómicas que no corresponden al contexto histórico original, ocasionando deterioro visual y modificando la tipología del sitio, lo que además incrementa la pérdida de las culturas constructivas locales.



Entre las causas por las que en México existe una pérdida del patrimonio de arquitectura de tierra y de sus técnicas constructivas tradicionales, se encuentra el poco significado que las nuevas generaciones le confieren a su cultura local. Es posible percibir la falta de identidad y de conexión con las tradiciones regionales, donde la globalización rompe este vínculo histórico al generar una exaltación hacia lo moderno. Se favorece la construcción bajo modelos con sistemas constructivos y materiales que imitan los estilos de habitar en las nuevas ciudades que no tienen relación de forma y función con las ciudades históricas.

Es importante considerar que en los últimos años ha existido un interés global por preservar el patrimonio que conforma la arquitectura vernácula, que en su mayoría ha sido construida con tierra. En la actualidad varios especialistas dedicados a la conservación e investigación de este patrimonio han realizado diversas investigaciones para potenciar su uso, por ser un material con propiedades energéticas, de técnicas tradicionales y como parte de la arquitectura local. De esta forma, se realizan esfuerzos para generar conciencia en la población y crear una actitud de respeto y de valorización hacia la misma.

La preocupación por el medio ambiente ha favorecido en gran medida la investigación de estas técnicas tradicionales, al buscar soluciones alternativas al cambio climático, a la conciencia ecológica y a las edificaciones de bajo costo y accesibles a toda la población. Este proceso ha favorecido el estudio de los sistemas tradicionales que se encuentran en equilibrio con su medio.



Desafortunadamente para México, en el campo de la investigación de la arquitectura de tierra, la técnica constructiva de la tapia es un sistema del que dentro del contexto cultural de país se tiene muy poca información. Mientras que en el exterior es un tema sobre el que se ha tomado conciencia y que podría decirse que se ha vuelto una especie de moda por lo que existen numerosas publicaciones. Lamentablemente en México no se ha explorado a profundidad, dejando espacios sin llenar, que requieren una investigación a conciencia para generar una apropiación por parte de los habitantes de su cultura local y una adecuación al medio que habitan, generando espacios de gran funcionalidad energética.

Por lo anterior, es necesario tomar medidas que ayuden a proteger y rehabilitar la arquitectura tradicional de tierra que se encuentra en riesgo de perderse, entre la que el caso de las obras de tapial destacan por su singularidad, falta de conocimiento y valoración patrimonial. Es en este ámbito en donde cobra sentido el trabajo final de Máster que tiene como una de sus principales metas generar una investigación sobre la tapia en la zona central de México para proponer una metodología que procure la salvaguardia del patrimonio cultural de la región, considerando las características arquitectónicas, constructivas, naturales y sociales que en conjunto forman la identidad constructiva tradicional del país.



Objetivos

“No es posible hacer de la arquitectura piezas de museo, la arquitectura tradicional debe seguir siendo una parte viva de la cultura” (Fathy, 1973). Si se enriquece la arquitectura contemporánea con las características tipológicas de la localidad y se flexibiliza el uso de los materiales tradicionales como la tierra, así como el uso de las técnicas constructivas originales dentro de las nuevas construcciones, como lo es el uso de la tapia, será posible dar respuesta a las necesidades particulares de la población, como ampliaciones, intervenciones y obra nueva, sin afectar el patrimonio existente.



De acuerdo con estas premisas, en la presente investigación se parte de las siguientes preguntas conductoras:

¿Qué relación existe entre la arquitectura y la construcción con tapia en la zona central de México, las condiciones históricas y naturales de su entorno?

¿Las características predominantes de la tapia representan la forma más adecuada de satisfacer las necesidades de habitabilidad y sostenibilidad de la región?,

¿Es posible generar criterios de diseño basados en los sistemas constructivos tradicionales que den pie al desarrollo de edificaciones contemporáneas que se integren tanto en la estructura urbana existente, como en las condiciones del medio ambiente?

De estos cuestionamientos se plantea la hipótesis de que la preservación y el rescate del patrimonio de arquitectura de tierra se inicia a partir de la identificación de los rasgos y las técnicas constructivas que caracterizan a la arquitectura del sitio, que pueden ser la base técnica y conceptual tanto de su rehabilitación como del desarrollo de alternativas de integración arquitectónica y contemporánea al medio natural y cultural.

Con el fin de verificar esta hipótesis, se proponen como objetivos particulares: realizar un estudio de los aspectos teóricos sobre la arquitectura de tierra, específicamente de la técnica con tapia en México. Paralelamente se busca delimitar su historia al plantear su origen hipotético y definir sus características formales y constructivas. Con esta información se podrá establecer su relación con España y otros países, al considerar que las técnicas tradicionales constructivas son el resultado de la mezcla entre la cultura tradicional mesoamericana y la cultura hispánica. También se pretende identificar a la arquitectura tradicional como parte del patrimonio cultural y estar en posibilidad de elaborar criterios de diseño y conservación que fomenten su trascendencia futura.

En esencia, se trata de realizar un análisis de las técnicas y de los sistemas constructivos de la arquitectura de tierra, en el caso particular de la tapia en la zona central de México, con base en la teoría de la conservación, en el estudio del desarrollo tecnológico, social y natural de la región del país, con el propósito de plantear criterios para la conservación de las técnicas tradicionales y de su incorporación al diseño de edificaciones contemporáneas.

Se pretende ofrecer una visión actual de la investigación y edificación de arquitectura de tierra en el país, al aportar datos técnicos de su utilización, su origen y de uso actual, así como en diversos proyectos contemporáneos.

Es preciso profundizar en las características y rasgos esenciales de este tipo de sistema constructivo, para poder identificar los valores que engloba como parte del contexto en que se desenvuelve y que forman parte de su historicidad.

Metodología

Se deben retomar los antecedentes históricos del desarrollo tecnológico de la región para posibilitar la construcción de un marco de referencia de los sistemas constructivos de tapia utilizados en la elaboración de la arquitectura tradicional, permitiendo la sustentación sólida del planteamiento y selección de alternativas para su mantenimiento y conservación acordes a su contexto.

Es por esto que se plantea un análisis de las características constructivas, que dé como resultado la identificación de las particularidades de los sistemas constructivos de la tapia en la localidad y de esta manera evaluar la forma más adecuada de satisfacer las necesidades de conservación, mantenimiento y sustentabilidad en la zona.



La valoración de la arquitectura de tierra, de sus sistemas constructivos como la tapia y de la integración de sus características a la arquitectura contemporánea, proporciona mejores condiciones de funcionalidad y rendimiento. Estas condiciones surgen de la necesidad de adaptación al medio natural y social en donde se encuentran inmersos.

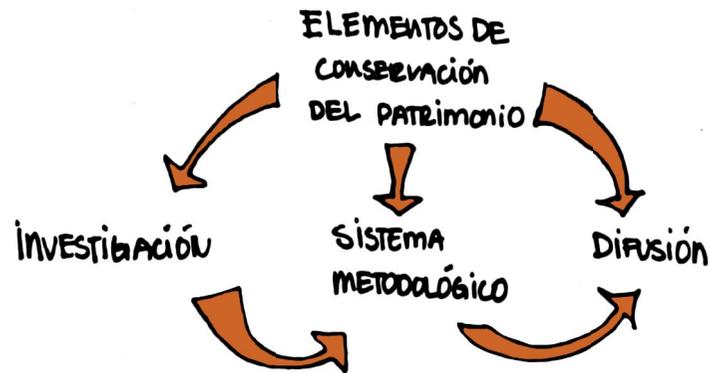
El estudio y salvaguardia de los sistemas constructivos tradicionales está en un continuo proceso de desarrollo teórico, metodológico y técnico. Sobre todo con la constante problemática que implica la evolución y crecimiento de las grandes ciudades, así como la afectación directa que existe sobre ellos.

El objetivo de la restauración consiste en la conservación de las características propias del edificio, que transmiten y potencializan sus valores reconocidos. La restauración debe entenderse como un proceso proyectual complejo (Mileto & Vegas, 2014). Se debe seguir un correcto procedimiento metodológico que proporcione las herramientas necesarias para llegar a la solución más adecuada. En el libro *Aprendiendo a Restaurar* se hace referencia a una serie de lineamientos a seguir, que sistematiza el proceso de restau-

ración al generar un conocimiento del edificio a intervenir, al acercarse a sus sistemas históricos, sociales, constructivos y estructurales, en donde se identifican sus valores, y así es posible establecer criterios de intervención adecuados a las necesidades del proyecto.

Esta serie de pautas genera la vinculación de la representación histórica y los valores medibles del edificio, con las necesidades actuales y de habitabilidad que requiere el mismo. Es necesario apuntar que en la presente propuesta de trabajo final no se obtiene como resultado la restauración de un edificio en particular, sino que se busca un acercamiento de la construcción del conocimiento que guía la técnica de la tapia, que en conjunto forma parte del proceso proyectual de diseño, en donde se plantea que en un futuro sea posible facilitar el trabajo, al delimitar el procedimiento de investigación histórica, así hacer más asimilable y eficiente la obra de los constructores y especialistas encargados de la restauración de obras con este tipo de sistema constructivo.

El proceso metodológico que se propone, plantea diferentes fases de trabajo, que en conjunto forman parte del proceso inicial para la conservación del patrimonio arquitectónico y constructivo. En este apartado se considera en primer lugar la Investigación, el segundo punto la conservación/ restauración y el último la difusión.



Conocimiento previo. Estudio documental. Conocimiento obtenido por medio de la búsqueda de información preexistente de las técnicas tradicionales del sitio en su origen. Estas albergan en su materialidad valores históricos y sociales que son el reflejo de una ideología y del contexto político, cultural y económico de una época determinada. Con este recurso es posible entender la realización de la técnica en sus inicios y su desarrollo.

Generalidades de la conservación de la tierra, definir las pautas por las que es importante su preservación para el grupo determinado, organizando definiciones básicas generales de la tierra y sus características. Partiendo de lo general a lo particular.

El estudio de los referentes históricos, que permitan tener una lectura clara y comparativa del objeto de estudio. Es el primer acercamiento al estudio. Es a partir de esta revisión bibliográfica del tema y de referentes históricos. El estudio se realiza con el análisis de las características formales e identificables de la presencia de tapia en diferentes poblaciones de la zona central de México.

Marco histórico y geográficos. Lectura espacial del territorio, para tener una asimilación de las características geográficas que le otorgan la materialidad y definición al objeto de estudio. Conocer las características morfológicas, al definir el tipo de tierra, usos, propiedades, etc.

Entender las normas y efectos del clima en la arquitectura del sitio, nos permiten tener un acercamiento más franco a sus sistemas constructivos y entender la complejidad de la materialidad de los mismos, es la razón de las características de diseño primicias de la arquitectura tradicional de la región.

A partir de la Arquitectura de tierra en México, cada lugar tiene sus complejas formas de definirse, modificándose según la región y características de la zona. Es a partir de esta definición es posible encuadrar los tipos de arquitectura o técnicas constructivas, que se definen por cada región dentro del mismo país, y que abarcan a nivel global. Cada zona tiene su propio sistema constructivo, ya sea el mismo o con algunas variaciones.

Materialidad. Es necesario entender la materialidad de los edificios para poder asimilar sus valores y seguir un correcto camino a su conservación

El objeto de estudio, definición de la arquitectura de tapia encontrada en la zona de estudio. Origen de la técnica de tapia en México, comprender su proceso evolutivo nos permitirá definir sus propiedades, usos y la manera más adecuada de intervenir el patrimonio.

Al revisar los distintos tratadistas que exponen la técnica de construcción con tapia será posible establecer un marco de referencia y poder delimitar el área de estudio, así como reconocer las diferencias de las técnicas españolas y la variación contra la francesa, para ubicar las técnicas constructivas originales en la tapia mexicana

Conservación y restauración. Al definir por medio de las condiciones geográficas e históricas las cualidades del material, es posible identificar las patologías presentes en el sitio para poder generar un marco de referencia y las posibles soluciones.

Establecer las pautas de las técnicas tradicionales del sitio permitirá a la población local tener un acercamiento adecuado al inmueble, posibilitando su mantenimiento de la manera más adecuada posible

Al identificar los valores presentes en la técnica y sistemas será posible general una valorización del mismo objeto, propiciando su conservación. Al hablar del uso de la tapia en la actualidad se busca potencializar su uso y no solamente limitarlo al área de estudio como arquitectura tradicional, sino otorgarle un valor por sus propiedades energéticas.

Difusión. Al hablar de las deficiencias o aciertos de la legislación mexicana será posible establecer pautas de trabajo en la preservación del patrimonio de tierra.

Como consecuencia de la investigación realizada, los datos aportados permitirán generar hipótesis para la preservación del patrimonio de tapia de la región, para su construcción será posible establecer mejoras en su construcción y procesos funcionales. Además de que abre las posibilidades a nuevas investigaciones.



Estado del arte

Debido al reciente interés en la arquitectura de Tierra, a nivel mundial existen muy variadas investigaciones referentes al tema, se han realizado diversos estudios de sus técnicas constructivas y de las propiedades ecológicas de la misma, sin embargo debido a que es un material regional, el nivel de profundidad que puede llegar a tener puede ser menos o mayor dependiendo de la según la zona. A continuación se enlistaran algunas de las instituciones, organizaciones y grupos de investigación que se han encargado de su análisis y estudio, tanto a nivel global como regional.

- **El Instituto de la Tierra Auroville.** India. Se dedica a la investigación, desarrollo y promoción de la arquitectura con tierra. Su principal tema de trabajo es el BTC (Bloque de Tierra Compactado). Imparten seminarios, congresos, conferencias y cursos.

- **CIPTEV** (Centro de Investigación y Producción de Tecnología Ecológica para la Vivienda AC) Jalisco, México.



- **Proyecto de Investigación RestTapia.** El resultado fue el libro "La restauración de la arquitectura de tapia en la Península Ibérica. Criterios, técnicas, resultados y perspectivas". El objetivo era favorecer la puesta en común de las experiencias de la restauración del patrimonio arquitectónico monumental, para obtener conclusiones y perspectivas para el futuro.

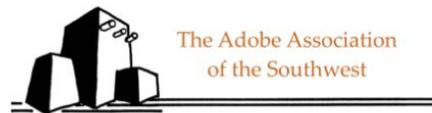
- **Proyecto de Investigación SOSTierra.** Restauración y Rehabilitación de la Arquitectura tradicional de Tierra en la Península Ibérica. Grupo que se dedica a la investigación, conservación y puesta en valor del patrimonio construido en Tierra. Organiza, cursos, congresos y seminarios.

- **El Instituto CRATerre.** Francia. Es un laboratorio de investigación y un equipo de enseñanza de la Escuela de Arquitectura de Grenoble. Cuenta con diversas publicaciones en varios idiomas, ofrece cursos al público en general. Sus objetivos principales son: optimizar el uso de los recursos del lugar, mejorar las condiciones de habitabilidad, valorar y promover el patrimonio, así como la diversidad cultural.

- **Universidad Indígena de la Chiquitanía.** Programa Educación para el Desarrollo-Bolivia, Escola Tècnica Superior d'Arquitectura de Barcelona (ETSAB) de la Universidad politècnica de Catalunya. Programa que impulsa el uso y mejora de las técnicas de construcción de tierra locales. Grupos participativos formados por estudiantes voluntarios de la Universidad y la población local.

- La **Asociación de adobe del Suroeste** (The Adobe Association of the Southwest), con sede en el Rito, Nuevo México, EUA. Tiene una Escuela de construcción con adobe, cada año organiza ciclos de conferencias y talleres con temas enfocados a la construcción con tierra.

- **Red Iberoamericana de Arquitectura y Construcción con Tierra. PROTERRA.** Es un colectivo internacional de cooperación técnica que promueve la investigación y desarrollo de la construcción con tierra. Organiza, congresos y cursos, promueve la difusión, da asesoría especializada.



- **Grupo Tierra.** Valladolid, España. Fundado por Felix Jové Sandoval y José Luis Sáinz Guerra en la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valladolid en el año 2004. Su propósito es fomentar actividades e investigación sobre la Arquitectura Tradicional.

- **Proyecto PIRATE.** (Provide Instructions and Resources for Assessment and Training in Earthbuilding). Grupo de profesionales del sector de la construcción a nivel europeo, que desarrollan investigaciones para el mejoramiento de las construcciones con tierra, para obtener procedimientos de certificación.

- **Instituto de Energía de Nuevo México** (New Mexico Energy Institute). EUA. Realiza investigaciones sobre los efectos de la masa térmica de los muros de tierra

- **CRIATIC** (Centro Regional de Investigación de Arquitectura de Tierra Cruda). Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Tucumán, Argentina.

Breve introducción de la importancia y de la conservación de la arquitectura de tierra dentro del país, como un referente constructivo histórico que se ha logrado preservar desde la época prehispánica. También se mencionara brevemente la problemática para su conservación en la actualidad.

01.

ASPECTOS TEÓRICOS SOBRE LA ARQUITECTURA DE TIERRA Y SU CONSERVACIÓN



Técnica tradicional como bien cultural

El rescate y la protección del patrimonio arquitectónico están sumamente relacionados con la capacidad de interpretación y el sentido que se le da a sus cualidades históricas, estéticas, culturales y técnicas que los construyen como elementos diferentes y singulares.

Estas características no son exclusivas de dichos objetos arquitectónicos ni de sus espacios, son conceptos que los mismos grupos sociales en los que se encuentran inmersos les han atribuido por distintas razones. (Guerrero, 2004). Se encuentran más bien vinculados con la función que el patrimonio puede desempeñar en ciertos grupos de la comunidad, dependiendo de la utilidad y el uso que cada grupo le quiera dar. En ciertos casos el resultado es positivo, mientras que en los más desfavorables puede ocasionar conflictos entre el objeto mismo y su nuevo uso, sobre todo cuando la nueva función es incompatible, esto se observa con más claridad en el uso de las técnicas constructivas tradicionales, en donde se forma una rivalidad entre el patrimonio y su utilidad.

La custodia del patrimonio radica en otorgarle al objeto un significado claro y objetivo, comprender las características que lo forman como bien de valor y su contexto, con la finalidad de adquirir un conocimiento de su historia, su desarrollo y sobre todo de su estética. A partir de estas nociones es posible acordar las estrategias adecuadas para su protección, es preciso generar una conciencia crítica por parte de la comunidad hacia el bien arquitectónico que poseen, para obtener una valoración de su importancia cultural y una apropiación del elemento que a la larga facilitara su conservación.

Imagen. UNAM, FA, Proyecto de Investigación del Laboratorio de Procedimientos y sistemas constructivos tradicionales como alternativa para una arquitectura sustentable.



Al determinar que la propia comunidad conoce e identifica las características técnicas y artísticas que hacen valiosos a los edificios que habitan, la misma sociedad se transforma en el actor principal en la conservación de los mismos. Es importante reconocer que es necesaria la participación de especialistas que deben ser los responsables de su restauración, conservación y mantenimiento.

La arquitectura es parte integral de la cultura y sus características particulares las asigna un grupo social determinado. El hombre aporta sus costumbres, el sitio aporta los recursos, lo rural busca la soluciones más



simples, que se determinan por el alcance de los materiales de obra. (Prieto, 1978, p.18). La arquitectura de cada lugar es única pues la sociedad que la converge posee características propias, estas peculiaridades se refieren más a tipologías del asentamiento en el que se ubica que son determinantes en la selección de los materiales, disposiciones espaciales y sistemas constructivos.

El más difundido de los sistemas constructivos tradicionales en las zonas templadas y cálidas ha sido el uso de la tierra, se puede utilizar cruda para fabricar adobes y tapia, o cocida en forma de ladrillos. Se adecua perfectamente al medio físico, por lo que se enclava al dinamismo natural y por lo tanto se vincula a la economía de sus habitantes.

Amos Rapoport define la arquitectura tradicional como aquella en la que no existen pretensiones teóricas o estéticas, a la que trabaja con el lugar de emplazamiento y con el microclima, la que respeta al ambiente natural o fabricado por el hombre, y que trabaja dentro de un lenguaje con variaciones dentro de un orden dado. (Rapoport, 1972)

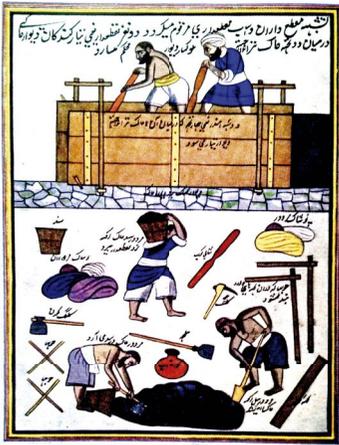


Imagen izquierda. UNAM, FA, Proyecto de Investigación del Laboratorio de Procedimientos y sistemas constructivos tradicionales como alternativa para una arquitectura sustentable.

Imagen arriba. Los elementos para la tápia: el tapial y la tierra. Ilustración de una relación de oficios hecha en Caxemira en 1859.

Por lo que podemos decir que el uso de la tapia, nació de un lento y depurado proceso histórico en el cual se mezclan elementos culturales diversos, se caracteriza por no estar proyectada por un especialista, es construida directamente por artesanos y normalmente utiliza los materiales disponibles en la zona.

La tapia en México es producto de la conjunción de los factores culturales, ambientales, sociales y es parte de la expresión de habitar el espacio, que en su conjunto da forma a la imagen de las comunidades rurales, integrándose al entorno natural. Establece un medio de reconocimiento del panorama cultural, es una forma de comunicación que contiene una serie de signos que reflejan un contexto determinado. (Chacón, 2001).

Bernard Rudofsky dice que la apreciación de la arquitectura debería incluir a la menos ornada, a la arquitectura anónima (Rudofsky, 1988). El teórico Gianfranco Caniggia, opina que debe existir la separación entre lo que puede ser considerado arquitectura realizada por especialistas y las obras menores sin autores reconocidos, pero los estudios arquitectónicos deben de dar ahora prioridad a las obras que realmente

predominan y configuran el ambiente antrópico y su historia cultural (Caniggia & Maffei, 1995). Así se dará apertura a la historia de la colectividad humana, a la arquitectura civil, las construcciones de menor escala, dejando a un lado la tan estudiada arquitectura monumental y religiosa.

La importancia de la conservación del uso de la tapia radica en la necesidad de mantener la herencia viva de técnicas tradicionales, de habilidades artísticas y de sensibilidades estéticas que conservan viva una cultura tradicional, que hace preciso defender las condiciones de creatividad de cada comunidad, como se menciona en la Carta de México en Defensa del Patrimonio Cultural de 1976.

En esta Carta se concede importancia a la arquitectura de tradiciones, transmitida por diferentes generaciones, que se adapta al medio y que responde eficientemente a los problemas climáticos, se establece su importancia como una arquitectura que merece el mismo respeto y entendimiento que la arquitectura monumental.

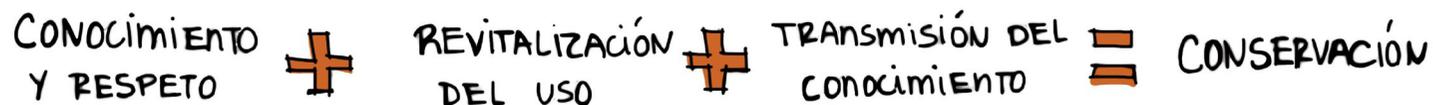
La problemática de su conservación

Las creaciones tradicionales, desde el diseño de objetos, actividades individuales o colectivas hasta las transformaciones espaciales, para poder trascender requieren de tres elementos fundamentales: primero, el conocimiento y respeto de su valor, segundo la revitalización de su uso con las aportaciones creativas pero responsables de cada generación y tercero, de la obligatoriedad de su transmisión (Guerrero, 1996). Por lo que para trascender deben de ser razonadas e identificadas por la comunidad, además de incluir una adecuada conservación por especialistas y mantener la transferencia del conocimiento de generación en generación.

Todas las actividades tradicionales, se enriquecen con su reutilización y actualización, por lo que es posible decir que la permanencia de la arquitectura de tapia se garantiza por los mecanismos de autocorrección que resultan de un trabajo en el que la ac-

ción colectiva controla la participación individual y la afectabilidad de las iniciativas propias dando como resultado una manera de control recíproco, una planificación espontánea legible como una estructura ambiental (Caniggia & Maffei, 1995). El valor de la técnica del tapial radica en que se fue mejorando al trabajar sobre ella, en una versión de prueba y error, al obtener los mejores resultados posibles, con las particularidades de cada contexto. Actualmente estas características son las que se observan como resultado del trabajo de varias generaciones, de la modificación y del mejoramiento de sus métodos y sistemas.

Christopher Alexander en su libro *El modo intemporal de construir*¹, define una arquitectura ideal y le da características que son perfectamente aplicables a la arquitectura con tapia, para él, sería perfecta si logra poseer dos características interdependientes: la primera la intemporalidad y la segunda es que se



pueda vivir en ella y que sea capaz de tener un uso. Esto se lograría definiendo y utilizando lo que él llama patrones de lenguaje, que han estado presentes desde siempre, considerando como patrón una regla que describe lo que se debe hacer para generar la entidad que define. (Alexander, 1981)

Afirma que el modo atemporal de construir es el que la gente ha usado durante miles de años, al construir sus propios edificios, dando lugar a poblaciones muy armónicas y bellas. Esto se logra partiendo de la base de que la vida es una realidad dinámico-temporal, por lo que es necesario prever la permanente renovación del lenguaje de patrones, a fin de adaptarlos a las nuevas exigencias arquitectónicas de las futuras generaciones.

La arquitectura actual puede llegar a carecer de respeto por el contexto al sobresalir y competir, rompiendo los patrones y esquemas de lenguajes, antes mencionados, en las localidades rurales en donde existe presencia de tapia. Es importante que los constructores conserven un respeto por el contexto, en el que sea posible la realización de nuevas obras, pero sin afectar al entorno.

Otro autor que confirma lo anterior es Amos Rapoport², en su libro *Vivienda y cultura* dice que existen tres razones por las que la tradición ha desaparecido como regulador de la arquitectura: la primera se refiere a que existe un mayor número de tipos de edificios, demasiado complejos para construirse del modo tradicional, la segunda es que existe un deterioro del sistema de valores aceptado y de la imagen del mundo y la tercera se refiere a que nuestra cultura premia la originalidad, luchando con la tradición.

Las nuevas experiencias culturales, son procesos complejos donde se tienen consecuencias socioculturales y transformaciones en el territorio que determinan el contexto de los procesos de mutación cultural, que generan el deterioro del tejido social y urbano, sobre todo en poblaciones en condición socioeconómica vulnerable, como ocurre en diversas zonas de México. Los procesos de la economía global, el desarrollo de las tecnologías y las comunicaciones, generan transformaciones en la forma de vida, se transforman las ciudades y los paisajes rurales. (Gómez, 2009)

¹Christopher Alexander, autor de *El modo intemporal de construir. A pattern Language/Por un lenguaje de patrones y Urbanismo y participación*, intenta configurar un modelo urbano en donde propone superar la contradicción entre la necesidad de recurrir a modelos y el carácter cerrado de todo modelo. Su propuesta es una transformación social desde la óptica de la autonomía y lo comunitario.

²Amos Rapoport explica que además de los factores intrínsecos como el clima y los materiales presentes, la arquitectura históricamente debe su forma a una serie de complejos valores socio-culturales, como la libre selección de las formas, donde el contexto histórico es parte fundamental del desarrollo. Rapoport, Amos. *House Form and Culture*. Milwaukee: University of Wisconsin, 1969.

La principal dificultad para la conservación de la tapia es la falta de apreciación de sus características y el olvido por parte de la población. Además de los evidentes cambios que surgen de las nuevas formas de vivir en comunidad, en donde la globalización genera un apego a lo novedoso y a la tecnología. Esto es observable en el cambio de materiales y del sistema constructivo en los procesos de mantenimiento. Es en estos casos, cuando los especialistas deben participar activamente en el fomento y en la educación de las técnicas constructivas.

Otro factor importante en la modificación de la técnica se observa en los cambios a la tipología del sitio, propagados por la búsqueda de la actualización de las poblaciones, donde el símbolo de la modernidad se identifica con el uso de nuevos materiales constructivos que deterioran rápidamente el patrimonio.

En la actualidad nos enfrentamos a nuevos problemas derivados de las innovaciones en los sistemas tecnológicos de producción e intercambio. La economía urbana-regional está influida por el modelo de los mercados económicos internacionales

Las obras nuevas deben de lograr mantener un respeto por su contexto, sin dejar de ser contemporáneas a su época. Las restauraciones deben ser lo más apegadas a la historicidad de los edificios, sin inventar formalismos y cediéndoles el valor que merecen como dignos representantes de la tradición de la comunidad.





La destrucción del patrimonio de tierra en México no ha sido por falta de mecanismos de control, sino principalmente por la falta de apropiación de las manifestaciones que nos unen con la memoria histórica que se ve reflejada en las poblaciones y en sus edificios. El uso de la tapia ha sido relegado, sufre con la realización de un mimetismo inspirado en modelos, técnicas y materiales foráneos, que homogenizan, pero sobre todo generan la pérdida de su autenticidad y su ambiente inconfundible y típico.

La conservación de la tapia se puede iniciar mediante una sistematización de los métodos de intervención, los cuales debieran estar precedidos de un amplio y cuidadoso estudio de investigación, considerando su posición en el contexto territorial, los aspectos tipológicos, las singularidades y calidades formales y sus características constructivas.

La tipología representativa de cada comunidad, es una característica determinante de los valores culturales e históricos en que se manifiesta. A través de la arquitectura la comunidad puede lograr una identidad con su entorno, como el resultado de la transformación colectiva de su ambiente y la representación de la proyección cultural de la sociedad.

Mediante el análisis de las características y puesta en valor de la arquitectura de tierra, es posible dar lineamientos para que la arquitectura contemporánea pueda integrarse al contexto urbano del poblado, con la utilización de los materiales tradicionales de la región y elementos arquitectónicos tradicionales como el uso de la tapia, evitando deteriorar la forma-espacial y la fábrica que caracterizan a la edificación de la zona.

Conservación y sostenibilidad

La industria de la construcción absorbe el 50% de todos los recursos mundiales, lo que la convierte en la actividad menos sostenible del planeta (Edward, 2001), la existencia y el hábitat de la sociedad actual dependen de construcciones insostenibles para el planeta, debido a la explotación de los recursos. Es evidente que se debe de modificar la forma y uso de construir. Diseñar de forma sostenible significa crear espacios saludables, viables económicamente sustentables, que sean capaces de adaptarse a las necesidades sociales actuales.

Es por esto que la construcción con tierra ha resurgido durante la primera década del siglo XXI, como recurso natural y sostenible, con un bajo impacto ambiental y capacidad de adaptación, además de ser un recurso a pie de obra o lo que Vegas & Mileto denominan arquitectura km cero, la que utiliza los medios del lugar donde se ubica. Existe un creciente aumento en las investigaciones sobre este material, así como el número de instituciones, universidades y organizaciones dedicadas a su difusión.

Afortunadamente algunos proyectos contemporáneos con tapia han sabido adaptar esta técnica tradicional a las nuevas necesidades, permitiendo que el uso de la arquitectura de tierra deje de ser visto como un sistema constructivo en desuso. Con la actual industrialización del material de tierra, se han mejorado de forma las características y se garantizan calidades óptimas para la construcción. Resulta interesante la apertura la posibilidad de crear diseños acordes con los conceptos de bioclimatización.

La tapia como material de construcción tiene propiedades perfectamente adaptables a las necesidades de acondicionamiento bioclimático. Gracias a esto se tiene avances en su valorización. Sus cualidades son variadas, su empleo es más respetuoso con el medio, no se requiere de ningún tipo de energía adicional en la fase de producción y transporte, además de que no genera contaminación ambiental, no posee sustancias tóxicas y es un material renovable. (Río Muñoz & Sáinz Esteban, 2010)

Imagen. Curso de formación Catedra UNESCO, Arquitectura de tierra, culturas constructivas y desarrollo sostenible. Fundación TierraViva. 2009



Esta nueva forma de valorar a la arquitectura de tierra tiene enfoques diferentes, en América latina, Asia, África y Medio Oriente se manifiesta su desarrollo en la vivienda, enfocado al interés social. Mientras que en Europa occidental se le da prioridad a la preocupación por el reúso de materiales, el reciclado, el gasto energético y la contaminación.

Se abre el camino para la conservación y aprovechamiento de edificaciones preexistentes que generaran ahorro energético y material. Además de que fomentaran una conciencia social en torno a la conservación tanto de la naturaleza, como del patrimonio edificado, el muro de tapia es tecnológicamente autónomo, ecológicamente estable y duradero, el aporte energético necesario para su construcción es mínimo y tiene buena capacidad aislante del frío y calor. (Baños Lozano & Sánchez Ruiz, 2015).

En el Manual de Construcción en tierra³, Gernot Minke enuncia algunas de las ventajas del uso de la tierra, en comparación con los materiales de construcción actuales:

1. Regula la humedad ambiental.
2. Almacena calor, balanceando el clima interior.
3. Ahorra energía y disminuye la contaminación ambiental, requiere un mínimo de energía para su transporte y preparación.
4. Es reutilizable ilimitadamente, solo se tritura y humedece.
5. Economiza materiales de construcción y costos de transporte.
6. Es apropiado para la autoconstrucción, requiere de una persona experimentada cuidando los procesos y compartir el conocimiento.
7. Tiene la capacidad de preservar materiales orgánicos. Puede mantener en buen estado a la madera porque equilibra la humedad.

La preocupación por el cambio climático y el medio ambiente da apertura a tomar conciencia de los materiales autosustentables, lo que ha permitido explorar alternativas constructivas. Esta acción podría permitir la conservación del patrimonio de tapia y disminuir el impacto que el mal manejo de los recursos hasta ahora predominante, siga destruyendo sus valores y su autenticidad.

³Minke, G., 1994. Manual de construcción con tierra. 2010 ed. España: Ediciones EcoHabitat.

Imagen. Proyecto de construcción ejecutado con técnicas de construcción con tierra.



Introducción de las técnicas constructivas a base de tierra existentes en México. Su evolución histórica desde la época prehispánica, su desarrollo durante el periodo virreinal y su evolución hasta la actualidad. Se mencionarán algunas diferencias existentes por zona, según las características geográficas, tipo de suelo, clima, así como de las diferencias culturales de los habitantes de cada región.

02.

HISTORIA Y EVOLUCIÓN DE LOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS DE TIERRA EN MÉXICO



Arquitectura de tierra. Generalidades.

Como materia prima la tierra es un recurso inagotable, es el material de construcción natural más importante y abundante. Se obtiene directamente del sitio, su utilización como material de construcción se presenta en dos formas, tierra cruda (la que se utiliza sin sufrir ninguna alteración) y tierra cocida (la que está sujeta a procesos de transformación industrial).

Los sistemas constructivos con tierra se desarrollaron de forma independiente, sin relación entre ellos, en los principales centros de las civilizaciones. Predominante en los climas cálido-secos y templados, se han encontrado restos arqueológicos en asentamientos persas, asirios, egipcios, babilonios, griegos, romanos y en América con los aztecas, mayas e incas.

Los sistemas de construcción se van adaptando de acuerdo a las características de la zona, a la calidad de la tierra, a los conocimientos adquiridos por los constructores y a la identidad del sitio.

En la actualidad están identificados doce métodos principales que aparecen en *El tratado de Construcción de Tierra* realizado por CRATerre en el año de 1989. Se organizan en tres grupos y a su vez, en subgrupos de sistemas constructivos. Es importante considerar que tienen variaciones por las distintas regiones, lo que ocasionaría que el número de sistemas se eleve de forma exponencial. Por esta razón la división de técnicas se ha simplificado.

I. Uso de la tierra bajo forma monolítica y portante, II. Uso de la tierra bajo forma de albañilería y portante. III. Uso de la tierra para rellenar estructuras o armazón de apoyo hecho de otro material.

Entre las diversas técnicas que podemos encontrar dentro del extenso uso de la tierra está el adobe, la pared de mano (conocida como *cob* en Reino Unido y *bauge* en Francia), el bajareque, la tapia, que es el tema que expondremos de manera detallada más adelante, entre otros.

Según datos de la UNESCO.

- o El 17% de los sitios declarados Patrimonio Cultural de la humanidad están construidos con alguna técnica de tierra.

- o El 25% de los sitios patrimonio mundial en peligro son de tierra.

- o El 14% de los construidos con tierra se encuentra en el listado de sitios declarados patrimonio mundial en riesgo.

De acuerdo a las estadísticas del Centro de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos, el 40% de la población mundial vive en casas de tierra, mientras que el 25% a nivel mundial no tiene acceso a una vivienda digna.

Estos datos deben de ser un factor a considerar para valorar la arquitectura de tierra como un material sustentable y de bajo costo para cubrir las necesidades de la población en riesgo, como ocurre en el caso de México, que además tiene fácil acceso a este material.



Sitios declarados Patrimonio Mundial con tierra en México.



Distribución de la arquitectura de tierra en el mundo. Fuente: CRATerre.

México cuenta con 34 inscripciones a la lista del Patrimonio Mundial por la UNESCO, de las cuales 27 son de carácter cultural, que incluyen zonas arqueológicas, centros históricos, recorridos culturales y edificios monumentales, seis son de carácter natural que engloba a las reservas naturales y áreas protegidas y un bien de carácter mixto. De estas declaratorias, once son referentes a la arquitectura de tierra,

Es el país de Iberoamérica con mayor número de patrimonio declarado, a nivel mundial ocupa el sexto lugar por debajo de Italia, España, China, Francia y Alemania.

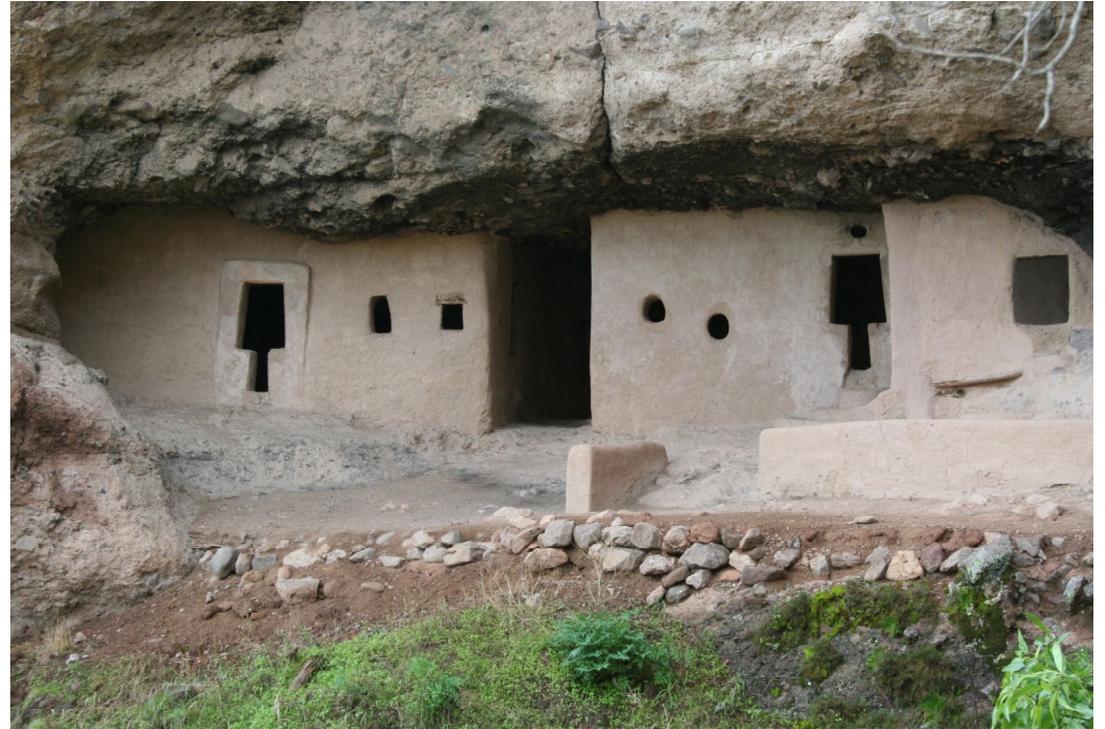
El inventario con arquitectura de tierra, dictaminado por World Heritage Convention, organismo que forma parte de la UNESCO, es el siguiente.

- **Zona arqueológica de Paquimé. Casas Grandes, Chihuahua.** Su mayor apogeo fue en siglo XIV y XV. Construida en su totalidad con tierra, es posible observar distintas técnicas constructivas de tierra, que se han mantenido hasta la actualidad.
- **Ciudad prehispánica de Teotihuacán.** Su nombre significa lugar donde fueron creados los Dioses. Construida entre los siglos I y VII. Conjunto de basamentos piramidales carácter religioso, contruidos de tierra compactada, recubiertos de piedra de origen volcánico. La tierra también se utilizaba para la construcción de adobes y vivienda de la población de la ciudad.

- **Ruta de los Monasterios en las laderas del volcán Popocatepetl.** Zona ubicada en las laderas del Volcán, abarca 14 monasterios en perfecto estado de conservación, su arquitectura es representativa de los primeros misioneros, franciscanos, dominicos y agustinos. Construidos con sistemas tradicionales, un nuevo ejemplo de espacio en donde se le da prioridad a los espacios abiertos.

- **Zona de monumentos Históricos de Querétaro.** Del siglo XVII y XVIII. Conserva su traza urbana de origen indígena, adosada a la traza urbana de origen español. Contiene edificios de distintas épocas constructivas y diversos materiales constructivos, entre ellos el adobe. Los techos y pisos son de tierra compactada.

- **Centro Histórico de Zacatecas.** Fundado en 1546, ciudad minera, su mayor apogeo fue en los siglos XVI y XVII. Su centro histórico conserva numerosos edificios de gran tamaño, y de técnicas de construcción tradicionales como el adobe, además de techos de tierra compactada. Es una mezcla del barroco con motivos decorativos europeos y tradición indígena.



- **Centro Histórico de Guanajuato y minas adyacentes.** Fundada a comienzos del siglo XV, fue el primer centro mundial de extracción de plata en el siglo XVIII. Al ser una ciudad de alto poder adquisitivo su arquitectura es de gran formato, ornamentada al estilo barroco y neoclásico, la gran mayoría de sus edificios en el centro están contruidos con piedra, pero aún es posible encontrar.

- **Centro Histórico de Morelia, Michoacán.** Construida en una colina en el siglo XVI, es un ejemplo de planificación urbanística, fusión del trazado del renacimiento español y de la cultura mesoamericana. Contiene más de 200 edificios históricos, el material predominante es el adobe recubierto de cantera rosa de la región.
- **Centro Histórico de México y Xochimilco, Ciudad de México.** El centro Histórico de la Ciudad de México fue reconstruido por los conquistadores en el siglo XVI sobre las ruinas de la antigua capital del imperio azteca Tenochtitlán. Conserva edificios de distintas épocas y diversos materiales en sus fábricas como el adobe.

El lago de Xochimilco con sus sobrevivientes redes de canales e islas artificiales realizadas en lodo, con el sistema constructivo de las chinampas, de origen prehispánico. Aún es posible observar viviendas tradicionales de tierra en esta zona de la ciudad

Imagen izquierda. Conjunto de casas, Chihuahua.

Imagen derecha arriba. Calle centro histórico de Guanajuato

Imagen derecha bajo. Calle del Centro Histórico de Oaxaca.

- **Centro Histórico de Puebla.** Fundada en 1531, conserva edificios religiosos de los siglos XVI y XVII, grandes palacios y viviendas tradicionales. Conserva su mezcla de estilos entre la cultura indígena y la española. Una cuarta parte del centro está construido con adobe y techos de tierra compactada sobre vigas de madera.





- **Centro Histórico de Oaxaca y zona arqueológica de Monte Albán.** Ciudad con trazado en damero, fundada en 1529. Sus edificaciones se adaptaron a las características sísmicas del lugar. Algunos de sus edificios son de adobe con pisos de tierra compactada. La estructura más grande de Monte Albán está construida de tierra y piedra aglomerada.

- **Villa Protectora de San Miguel el Grande y Santuario de Jesús Nazareno de Atotonilco.** Su fundación data del siglo XVI, para proteger el Camino Real, su apogeo en el siglo XVIII con edificios estilo barroco. El uso de la piedra caliza de color rosa es característica típica de la región. El adobe es un material ampliamente utilizado tanto en las obras civiles, como religiosas.

Imagen izquierda. Callejon del sapo. Puebla

Imagen derecha. Zona arqueológica de Paquimé, Casas Grandes. Chihuahua

Es importante tener en cuenta que, aunque estos sitios están considerados dentro del patrimonio mundial debido a sus características como centros históricos o conjuntos constructivos en su gran mayoría constituidos por arquitectura de tierra, esta no es necesariamente considerada como elemento fundamental para su puesta en valor. El único ejemplo que corresponde en su totalidad a la arquitectura de tierra con sistemas tradicionales es Paquimé en Casas Grandes.

En México durante la época prehispánica y el virreinato de la Nueva España la tierra fue un material utilizado como materia prima, en algunas regiones su uso se extendió más ampliamente, como en el norte y centro del país, correspondientes a climas templados y secos. Sus sistemas constructivos tuvieron distintos desarrollos tecnológicos dependiendo de la mano de trabajo indígena y del conocimiento de los especialistas españoles, llegando a ser muy diversa su identidad cultural.





Sitios de Patrimonio Mundial con tierra en México

- Sitios Patrimonio Mundial
- Zonas de construcción con tierra

Zona arqueológica de Paquimé.
Casas Grandes, Chihuahua

Centro Histórico de Zacatecas

Centro Histórico de Guanajuato

Centro Histórico de Morelia

Centro Histórico de México y Xochimilco

Ruta de los conventos del Popocatepetl

Centro Histórico de Oaxaca

Villa Protectora de San Miguel el Grande y Santuario de Jesús Nazareno de Atotonilco

Zona de Monumentos históricos de Querétaro

Ciudad prehispánica de Teotihuacán

Centro Histórico de Puebla

Arquitectura de tierra en México

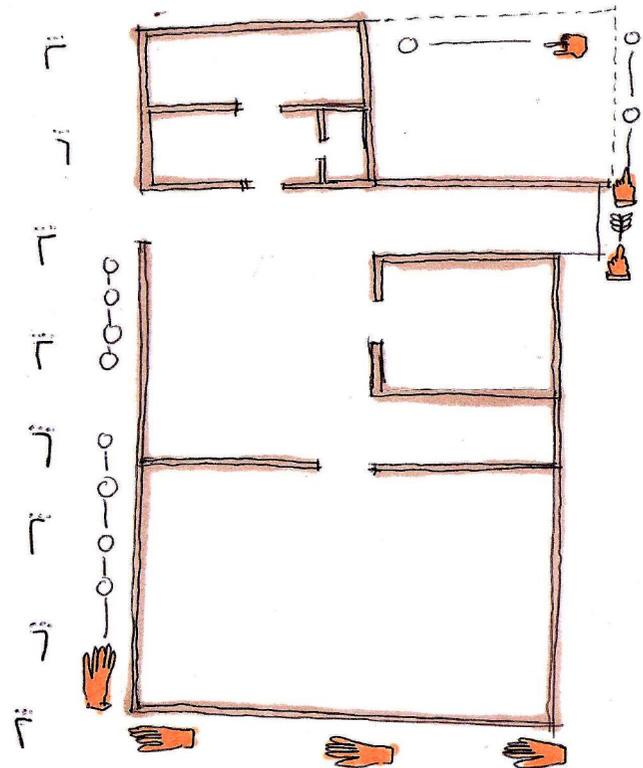
Como hemos mencionado antes la tierra es el resultado de la erosión de las rocas en la superficie terrestre, es el resultado de diversos procesos físicos, químicos y biológicos, que tienen relación directa con las condiciones climatológicas, con la vida vegetal y la animal (Houben & Guillaud, 1994). Por lo tanto las características de cada lugar varían dependiendo de la temperatura, lluvia, movimientos de agua y viento, flora y fauna.

El territorio mexicano disfruta de una amplia diversidad geográfica derivada de la combinación de su climatología y accidentada topografía. En todo el país los distintos grupos sociales han logrado adaptar su hábitat, aprovechando de forma racional de los recursos naturales locales, entre los que siempre ha destacado la tierra por su abundancia, facilidad de obtención y transformación (Boils, 1987).

Por lo que podemos decir que la arquitectura de tierra es el resultado de la interacción biológica y cultural, de las condiciones de cada lugar, junto con la mezcla de los conocimientos y técnicas de construcción desarrolladas por los habitantes del sitio.



Los materiales vegetales en la construcción tienen características que los hacen de uso sencillo y de fácil acceso en lo que se refiere a su utilización en la vivienda tradicional. Son materiales de fácil mantenimiento y son complementarios al uso de la tierra, ya sea como elementos de refuerzo o al utilizarse en puertas y cubiertas.



PLANO PICTOGRÁFICO MÍNIMO
BARRIO SAN SEBASTIÁN, MEX. D.F.

La tierra es un material de uso ancestral por diversas culturas alrededor del mundo, debido a que alcanza altos niveles de calidad y confort térmico (Rocha & Jové, 2015), es un material inocuo para el medio ambiente y con una conductividad térmica notablemente baja.

Además de sus características aislantes, es un material biodegradable y al desgastarse no contamina, a diferencia de la gran mayoría de los materiales inorgánicos.

La tierra es un buen ejemplo del aprovechamiento de los materiales naturales, no altera el medio ambiente y tiene la capacidad de adaptarse al contexto.

En América, en el caso particular de Mesoamérica⁴ cuando la agricultura logró el proceso de sedentarización, se modificaron las relaciones sociales, ocurrieron transformaciones en la forma de vivir y en la morada. Se evolucionó de refugios temporales en forma de enramadas a edificaciones de materiales más resistentes y con un sentido de permanencia.

⁴Mesoamérica es un término geohistórico para referirse al territorio que ocupaban las civilizaciones prehispánicas comprendidas en la mitad sur del actual México, Guatemala, El Salvador, Belice y el oeste de Honduras y Nicaragua. Esta palabra se forma con el prefijo griego meso (en medio). Término acuñado por Paul Kirchhoff en su libro Mesoamérica, publicado en 1943, como un intento de mostrar las similitudes de los pueblos y sus distintas culturas en las regiones del continente.

⁵Documento pictórico del siglo XVI, que fue dibujado por un grupo de auxiliares indígenas. El manuscrito describe el papel de los indígenas mexicanos en la conquista de México.

Imagen. Dibujo de Fernando Botas



Se inicia la utilización del barro y su aplicación como material fundamental en la construcción, su empleo fue posiblemente de dos maneras, el primero como bloques de lodo mezclados con hojas de pasto y tallos,

el segundo de muros terciados con varas, en donde el barro actúa como recubrimiento, se le conoce como bajareque (Chanfón Olmos, 1994).

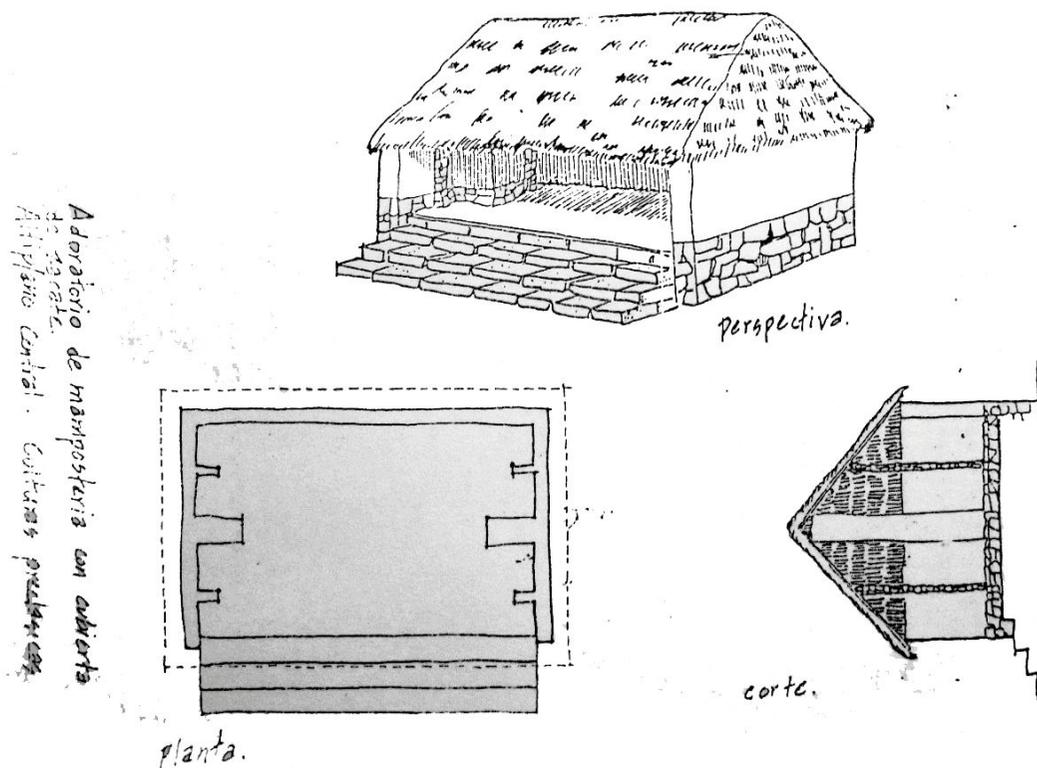
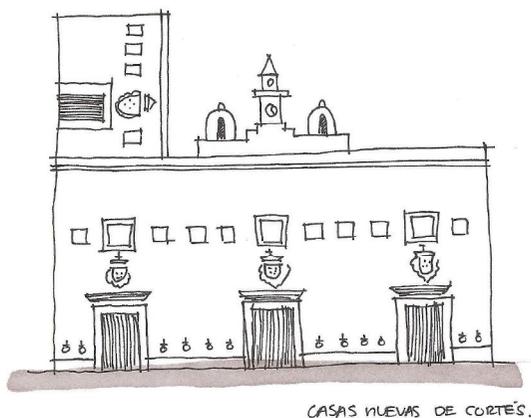
Con la consolidación de la agricultura cerca del 900 a.C. y la fundación de los primeros asentamientos, las viviendas son elaboradas con muros de bajareque y techumbres de palma, con estructuras de vigas y troncos, las regiones donde existe mayor evidencia de esta evolución es en el Valle de Teotihuacán y la costa del Golfo de México. Hacia 1500 a.C. se había generalizado su uso en la vivienda. (Prieto, 1994)

Con el crecimiento y formación de las ciudades y centros religiosos, las viviendas urbanas se construyen con mampostería, mientras que las rurales siguen manteniendo el uso del bajareque. Esta diferenciación inicia la separación de la ciudad y el campo.

En los lienzos de *Cuauhtinchan*⁵ existen representaciones de la vivienda indígena con las cubiertas cónicas y de material vegetal. Los muros de sillares alineados y cuatraperados de diversos materiales como adobe, ladrillos y piedra.

Con la llegada de los conquistadores, se introdujeron múltiples sistemas constructivos, sobre todo en las zonas urbanas, aunque el campesinado siguió manteniendo sus mismos sistemas. Se incorporó el uso de la teja, los volados, el uso de los pórticos, un mayor aprovechamiento de la cal y la mampostería a base de sillares (Prieto, 1994).

Entre los aspectos más sorprendentes de este tipo de edificaciones resalta el hecho de que algunos han sobrevivido hasta ahora, en condiciones muy similares a las que se elaboraban hace milenios. Las técnicas constructivas han tenido pocas o nulas variantes, algunas características se han adaptado a las necesidades actuales, pero en su gran mayoría conservan la esencia.



Las obras dedicadas a la vivienda tradicional, normalmente ligadas a la producción rural, han tenido muy pocas transformaciones. Este hecho demuestra el equilibrio que alcanzaron para satisfacer las necesidades de sus habitantes. Mientras que la arquitectura monumental dedicada a templos, palacios y edificios administrativos ha sufrido constantes modificaciones a lo largo de la historia, tanto formales, funcionales, materiales y estilísticas,

En el escrito Relación de las cosas de Yucatán de fray Diego de Landa⁶, hace una descripción breve de la vivienda maya, y explica su construcción con madera y palos puntiagudos, cubiertas con palma y los muros de bajareque. Detalla que las viviendas son de barro debido a que es más saludable por el gran calor que existe en la zona.

La península de Yucatán posee características habitacionales que la distinguen del resto del país, su lejanía con la capital de país hicieron muy difícil el acceso de los conquistadores por lo que la tipología de las viviendas ha sobrevivido hasta la actualidad.

La casa estaba levantada sobre una plataforma hecha con caliza y una gruesa capa de estuco, la base de la casa estaba compuesta de un muro bajo, que recibía el bajareque.

En México eran abundantes las arcillas para la fabricación de ladrillo y loseta, pero no fue sino hasta 1580 que su uso llegó a ser común, el adobe era el material tradicional, el más barato y el más utilizado por la mano indígena.



⁶Fray Diego de Landa. Misionero de la orden Franciscana que radicó varios años en Yucatán (1549-1579) para participar en la evangelización de los indígenas del lugar. Aprendió la lengua maya lo que le permitió escribir su libro Relación de las cosas de Yucatán, donde hace una descripción de las tradiciones y costumbres indígenas que observó en el lugar. (Jimenez Villanueva, 2001)

Los medios de adecuación de la materia prima, la organización del trabajo y los sistemas constructivos trascendieron sobre la conquista española, la conformación del México independiente, así como parte de la modernidad. Las comunidades locales conocen los materiales del lugar y han sabido dónde encontrar los elementos constructivos más apropiados para edificar con tierra.

Las técnicas y tecnología constructiva para generar los procesos de diseño, construcción y mantenimiento de los inmuebles de tierra fueron transmitidas a partir de la experiencia directa de los primeros habitantes, lo que lamentablemente dificulta el estudio de los mismos, debido a que no se cuenta con textos que los describan. La utilización de la tierra era tan frecuente y conocida por toda la población que parecía innecesaria la redacción de documentos que explicaran los métodos y que funcionaran como guía para los constructores.



TECNOLOGÍA CONSTRUCTIVA

Debido a la enorme diversidad de los ejemplos que configuran la vivienda vernácula en México, los estudios que se han realizado sobre ella tienen la tendencia a ser solamente descriptivos y a considerar que cada caso es singular. Pero si se analizan con una visión de conjunto, como parte de un sistema mayor y no como objetos individuales, es posible identificar rasgos comunes en ejemplares que son aparentemente diferentes.

A pesar de la evidencia de la amplitud y complejidad de las variables involucradas en cada proceso constructivo local y de la singularidad de las respuestas, la realidad es que los resultados constructivos desarrollados en diferentes regiones guardan notables semejanzas entre sí. En diferentes sitios y con tradiciones culturales ajenas, se ha llegado a soluciones constructivas semejantes. Existe una serie de premisas básicas en las que han coincidido civilizaciones desarrolladas en regiones distantes y entre las que no han existido intercambio cultural. (Guerrero, 2009)

Una de las variables determinantes de las características formales y volumétricas de la vivienda vernácula es su tecnología constructiva, con referencia a la serie de conocimientos que han permitido transformar los materiales presentes en la naturaleza, en nuevos sistemas constructivos.

Es posible agrupar los diversos ejemplos que conforman los espacios habitables de la vivienda vernácula en México, para poder comprender su tecnología constructiva, esto es bajo dos grandes categorías: las *estructuras entramadas* y las *mamposterías*.

Las estructuras entramadas incluyen ejemplos de vivienda tradicional de distintos materiales, si bien en algunos casos la base es de fibra vegetal, en otros el entramado hace referencia a construcciones elaboradas en su totalidad de madera, lo que diferencia a este sistema es la continuidad de sus formas y los espacios que dejan la configuración de las "redes" espaciales.

Algunos ejemplos son la "casa maya", la vivienda Huasteca, en las zonas altas, la construcción con madera origino las "trojes", estas viviendas tienen la cualidad de estar diseñadas de tal manera que todos los componentes que configuran el entramado de pisos, muros y techos está modulado para ser armado y desarmado por lo que las estructuras pueden ser cambiadas de lugar si las condiciones locales así lo demandan. El "otate", que es un bambú que se utiliza para tejerse y fabricar muros y cubiertas, Y por último el uso del "tejamanil", que es un corte especial que se realiza a la madera en secciones muy delgadas para la construcción de muros y techumbres.



Con respecto a la mampostería la clasificación como su nombre lo dice, hace referencia al uso de mampuestos ya sean de piedra, ladrillo o tierra.

En el caso de la piedra, debido a la dificultad técnica que representa su tallado, solamente se utiliza en sitios geográficos en los que es imposible conseguir materiales alternativos, por ejemplo en las viviendas de la Sierra Madre Oriental, en los estados de Tamaulipas, Coahuila y Nuevo León. Además de que el uso de este material aparece en elementos parciales aunque limitado a las estructuras.

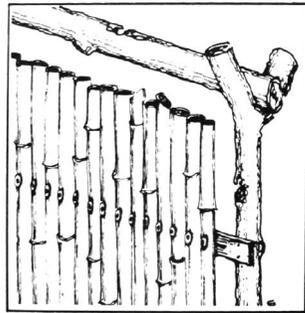
Con el uso del ladrillo de barro cocido ocurre lo mismo, su complejidad de fabricación y costo comparativo hacen que su uso quede restringido a secciones específicas de las viviendas vernáculas. El uso de ladrillos, tabiques, losetas y tejas se concentra en componentes de las estructuras en los que sirven como complemento a otros materiales. (Guerrero, 2009)

Ambas clasificaciones incluyen dentro de sus tipologías ejemplos de vivienda tradicional de distintos materiales, no solo de tierra, por lo que se hará una mención a los ejemplos del tema.



Entramados. **Bajareque**

Son los rasgos que se caracterizan por la generación de planos o placas constituidos por una matriz reticular, que resisten los esfuerzos de tensión y flexión. Su interrelación se logra mediante uniones, tejidos, amarras o ensambles que les permiten configurar redes estructurales.



Corte.

Dependiendo de la dirección en que son colocadas, las superficies pueden servir para muros, entresijos, cubiertas planas e inclinadas con diferentes pendientes. Además estos planos pueden tener curvaturas para formar secciones de perfil cilíndrico o cónico. Los materiales dependen de la diversidad de los recursos naturales disponibles en cada región.

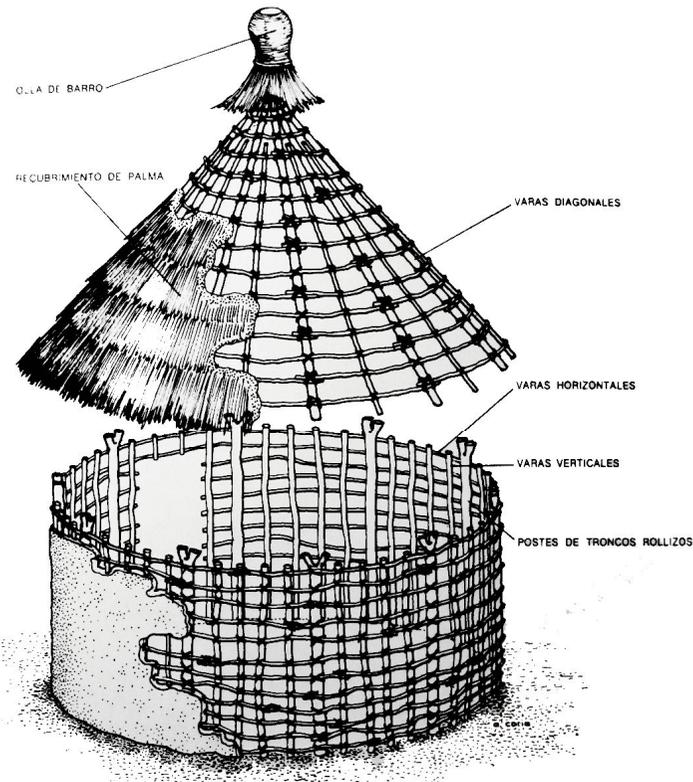
Los materiales predominantes en este sistema constructivo son troncos, ramas y varas, así como gramíneas, pencas, tule o junco, ocotillo, cachanilla, troncos y hojas de palma, entre otros.

Como la superficie de contacto entre las piezas que forman las placas no es homogénea, se presentan huecos entre ellas. Esta condición propicia el intercambio de aire de diferente temperatura entre el exterior y el interior, también funciona como salida del humo en espacios destinados a cocinas.

Los entramados de tipo calados han tenido su máximo desarrollo en zonas cálidas húmedas, en las que la ventilación es indispensable para mantener el rango de confort térmico. En los casos donde se requiere un nivel de aislamiento exterior, las estructuras entramadas son modificadas al agregar mezclas en estado plástico, que al solidificar se integran al conjunto constructivo.



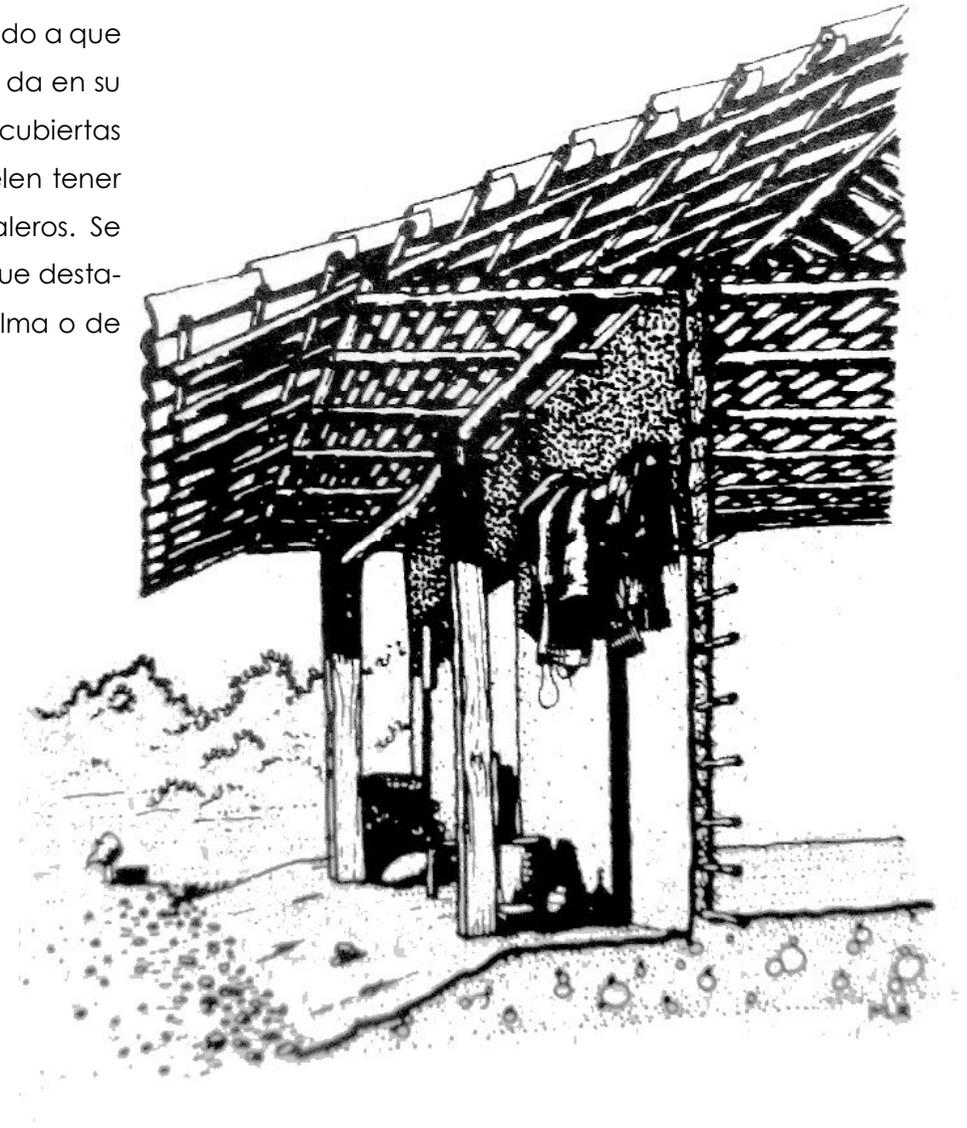
El sistema constructivo que resulta tiene diferentes nombres según la región, pero normalmente se le conoce como bajareque. Estos agregados superficiales además le confieren a los entramados una protección adicional ante los agentes degradantes presentes en el medio ambiente.



Un ejemplo del sistema de estructuras entramadas lo constituye la casa maya, como se ha explicado antes, su configuración espacial y constructiva ha permanecido sin cambios desde la antigüedad.

Los espacios que generan son confortables para poder soportar las elevadas temperaturas que se presentan en toda la península de Yucatán. Pero es importante aclarar que estas estructuras no sólo se desarrollaron en la zona maya sino que en muchas otras regiones del país se llegó a respuestas constructivas y esquemas formales sumamente parecidos, como sucede con las viviendas de las costas del Pacífico o de la región conocida como la Huasteca. (Guerrero, 2009)

Pero es importante considerar que los muros de baja-reque normalmente no reciben las cargas estructurales de los techos, sino que estos se apoyan en postes u horcones que se hincan en el terreno. Debido a que la utilización de este sistema constructivo se da en su mayoría en zonas húmedas y lluviosas, las cubiertas apoyadas sobre estructuras de madera suelen tener pendientes muy pronunciadas y amplios aleros. Se realizan con materiales vegetales entre los que destacan la paja de gramíneas y las hojas de palma o de agaves.



Mampostería. Adobes

Son las estructuras conformadas por piezas de materiales pétreos, de origen natural o artificial, con dimensiones uniformes que resisten a esfuerzos de compresión. Son colocadas unas sobre las otras con el objeto de transmitir sus cargas verticalmente, las uniones de esta superposición de piezas requieren estar intercaladas con las correspondientes a las hiladas superiores e inferiores, a fin de interrumpir su continuidad y dar estabilidad al conjunto.

Este sistema constructivo se complementa mediante la introducción de morteros en las juntas. Las mezclas poseen sustancias aglutinantes como la arcilla o la cal que al fraguar se adhieren a las caras de los mampuestos, mejorando su unión.

Los materiales que se utilizan para las mamposterías son de cantos rodados, rocas talladas, adobes y ladrillos. Las piezas poseen proporciones regulares, con la finalidad de ser combinadas sin dejar huecos entre ellas.



En la vivienda vernácula podemos encontrar el uso de mamposterías para la construcción de pavimentos, rampas, escaleras, canales, pozos, temazcales, hornos, chimeneas, cimentaciones, columnas, mochetas, muros, contrafuertes, dinteles, arcos, tejados, bóvedas y cúpulas.



El uso de mamposterías sin mortero se puede observar en muros que delimitan espacios, en corrales y para contener la tierra. Se aprovecha las rocas existentes en el sitio, el tamaño de las piezas disminuye en la medida en que las estructuras se elevan. Las mamposterías más utilizadas en la vivienda tradicional del país utilizan morteros y argamasas, lo que permite más libertad, así como elevaciones de varios niveles de edificación.

En México el uso de ladrillos, tabiques, losetas y tejas se da como componentes de las estructuras, en donde su resistencia y versatilidad sirven como complemento a otros materiales. Se emplean como refuerzos de esquina, impostas para dinteles, arcos y jambas.

Las mamposterías que mayor difusión tienen, son las que se realizan con adobes asentados con mortero de lodo, por la abundancia de suelos apropiados para su elaboración, por la facilidad de transformación y de edificación, además de las cualidades térmicas y acústicas. El uso del adobe y su arquitectura se localiza en todo el país. Se tiene evidencia de su uso continuo en los desiertos, en serranías, valles y hasta en zonas tropicales.



Los adobes son bloques de barro arcilloso que se estabilizan mediante el agregado de fibras y que se secan a la intemperie, permiten realizar estructuras de muy alta resistencia, generan estructuras que se comportan de manera casi monolítica. Con adobe se elaboran columnas, muros, pisos, arcos, bóvedas y cúpulas con una alta eficiencia en su comportamiento estructural.

En algunos casos la superficie de las mamposterías es protegida mediante la aplicación de recubrimientos que limitan los efectos de la lluvia y el viento. Esta protección superficial evita el desarrollo de vegetación parásita y fauna nociva, es posible encontrar aplados de barro, mezclas de cal con arena y pinturas hechas también con cal, ya sea con su color natural o modificado mediante la aplicación de pigmentos minerales.

Es importante señalar que el uso de la tapia entra dentro de esta categoría de clasificación.

Algunos ejemplos en la actualidad de construcciones en adobe son:

o Ecofraccionamiento Huaxcorra



o Viviendas en el Estado de Oaxaca



San Miguel, Cajonos, Oaxaca.
Fotografía Lya Donaji Jimenez Ortega



Casa Adobe, Bed and Breakfast,
Tlaxiatac de Cabrera, Oaxaca



La Tapia



En México se tiene evidencia del uso de la tierra como material de construcción desde la antigüedad, la mayor parte de los complejos monumentales donde se ha utilizado la tierra están localizados en regiones de bajo régimen pluvial. (Guerrero Baca, 2013).

De arquitectura monumental, se tiene el ejemplo de la pirámide de Cholula en el estado de Puebla, su nombre original significa colina hecha a mano, se edificó

entre los siglos II al IX, por los indígenas del lugar y con el uso de adobes. Alcanzó una altura de 65 metros y de base 400 metros por cada lado. (Sólís, et al., 2006).

En el Estado de México, en el centro del país, se localiza la zona arqueológica de Teotihuacán, donde se encuentra la llamada Pirámide del Sol, su núcleo central está construido a base de tierra compactada, revestida con grandes sillares de piedra de la zona, lisa, esculpida y presenta policromía. (Gamio, 1979).

Es importante conocer el sitio y el contexto para poder identificar los recursos con los que se contaba al momento de realizar las edificaciones, la historia muestra los distintos factores que podían limitar o modificar el desarrollo constructivo de la zona. Cada lugar tiene una configuración espacial con necesidades y características diferentes, a pesar de que la tierra es un material universal su desarrollo constructivo puede variar dependiendo del sitio, en el caso del uso de la tierra compactada en México en época prehispánicas, al ser un material perecedero solo es posible investigar los núcleos de basamentos piramidales.



Imágenes. Pirámide del Sol.
Teotihuacán.

Lamentablemente poco se sabe de las viviendas indígenas en la zona central del país, al ser de materiales perecederos como la tierra, no han sobrevivido hasta nuestros días. Justamente es el problema que surge al identificar a la tapia como parte fundamental en la construcción de la vivienda

La tapia se utilizó extensamente en varios países de América en usos diversos. Sin embargo en países como México, Guatemala y Colombia, se empleó principalmente en la construcción de muros colindantes (Rodríguez, 2014). Los sistemas predominantes en esta región fueron el adobe, bajareque y la tapia.

Existe una confusión sobre el origen de la tapia en América, autores como Gernot Minke en su Manual de Construcción con tierra y Fermín Font en el libro Arquitecturas de tapia, externan que uno de los edificios más antiguos con tierra apisonada encontrados es el núcleo central de la Pirámide del Sol en Teotihuacán, México. Mientras que otros autores como Barbeta I Solá manifiestan que el origen de la tapia fue con la introducción de los nuevos patrones de edificar con la llegada de constructores españoles.

Es importante señalar, que con la mezcla de culturas muchas técnicas constructivas se mejoraron y modificaron, probablemente la tapia fue uno de los sistemas que sufrieron cambios, existen zonas en donde el uso de la tapia está mucho más extendido y en la actualidad se sigue empleando.

En la actualidad en América se han hecho esfuerzos por valorar a la arquitectura de tierra como un elemento autosostenible y de relevancia cultural, algunos países como Venezuela, Chile, Argentina y Brasil han generado nuevos proyectos arquitectónicos bajo el sistema constructivo de la tapia para fomentar el uso de esta técnica.

Por ejemplo, Estados Unidos ha optado por realizar nuevas edificaciones con estos sistemas constructivos y se dedican a la investigación de las propiedades de la arquitectura de tierra. En Colombia se ha impulsado el uso de la tierra para su construcción, creando planes para su protección.

Breve descripción de las características geográficas y climatológicas del centro del país, para poder comprender las características morfológicas de las estructuras de tierra según su emplazamiento.

03.

LA ZONA CENTRAL DE MÉXICO. DEFINICIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO Y SUS CARACTERÍSTICAS ARQUITECTÓNICAS



Son diversos los sistemas constructivos de tierra utilizados en México, con variaciones dependiendo de su ubicación geográfica, el clima y los materiales presentes, la constante es la tierra como materia prima en viviendas, muros y algunos ejemplos de arquitectura monumental.

Se han examinado edificaciones en la zona central del país que corresponden a la técnica de la tapia, se requiere una investigación y un análisis que registre e identifique estas características constructivas en otras regiones del país.

Las técnicas constructivas con tierra fueron perfeccionadas durante la época virreinal como parte de la fusión de culturas y el mestizaje, es una mezcla entre las técnicas constructivas provenientes de España y la mano de obra indígena. Por alguna razón el uso de la tapia no tuvo una gran difusión, como ocurrió con el adobe y los entramados (bajareque), pero si ha sido posible identificar el uso de la técnica de tapia en la zona central de México (Guerrero, 2014).

⁷El pulque es una bebida tradicional del altiplano central, que se obtiene de la fermentación del jugo extraído del maguey cuando la planta está madura. (Erlwein, et al., 2009)

Entre los factores que intervinieron para la utilización de la tapia como técnica constructiva en la zona destacan el clima, la falta de agua en abundancia, la materia prima existente en la región y la habilidad de la mano de obra empleada, aún es posible encontrar ejemplos debido a que se reforzaban de la intemperie con el uso de enlucidos como elementos de protección.

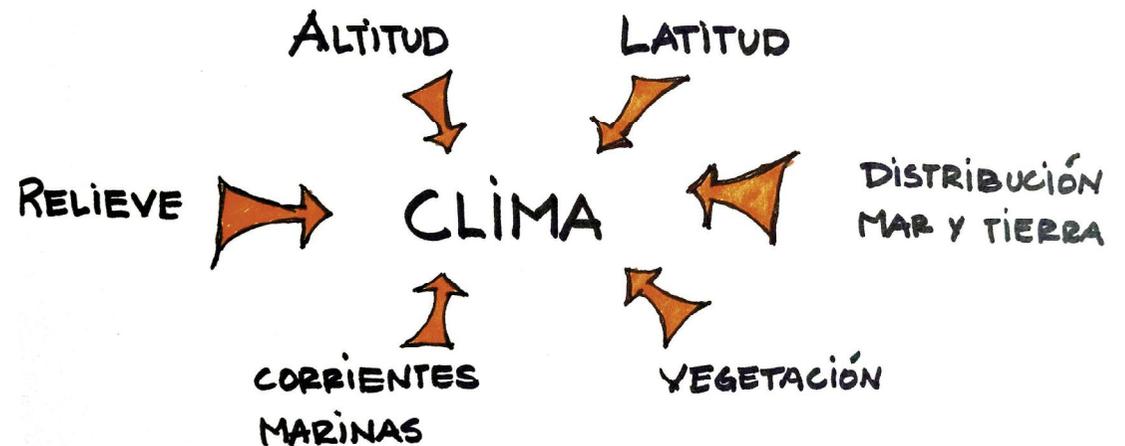
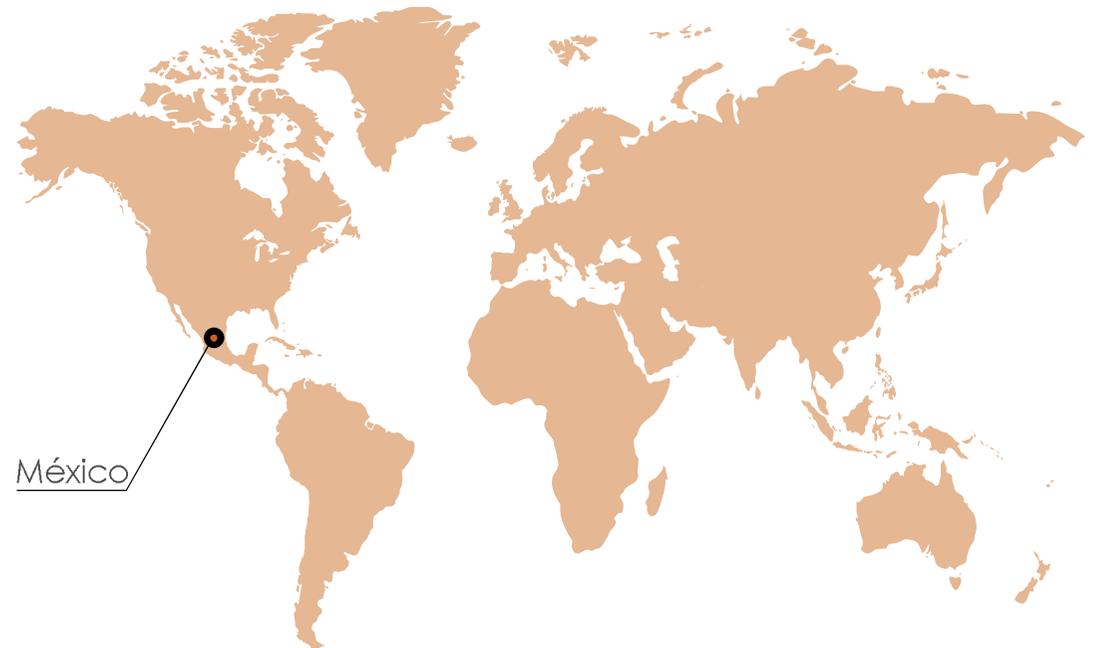
Un claro ejemplo en donde es posible localizar muros de tapia, es en las llamadas haciendas, en donde uno de los factores importantes para la construcción y selección del sistema era la actividad predominante. En las haciendas pulqueras⁷ y agrícolas fue más fácil adaptar esta técnica, por la poca cantidad de agua requerida para la extracción de pulque y la producción agrícola moderada. (Rodríguez, 2014)

Localización geográfica

La zona en donde se han localizado ejemplos del uso de la tapia abarca la región central de México, algunos de estos ejemplos identificados se localizan particularmente en los estados de Puebla y de Tlaxcala.

La temperatura y la humedad relativa tienen una influencia decisiva sobre el confort humano, su condición en el ambiente define la función específica de la arquitectura en cada diverso tipo de clima. Si existe una alta temperatura se buscan muros, grosores y materiales térmicos, que mantengan el clima interior agradable para su uso.

Los factores de mayor influencia sobre la temperatura media, son la latitud y altitud. Por regla general, la temperatura disminuye desde el Ecuador hacia las latitudes o los polos. En cuanto a la altitud, esta causa una variación drástica en la distancia corta, esto significa que varía en forma descendente -0.6°C , cada 100 metros de altitud (Kusuhara, 2008).

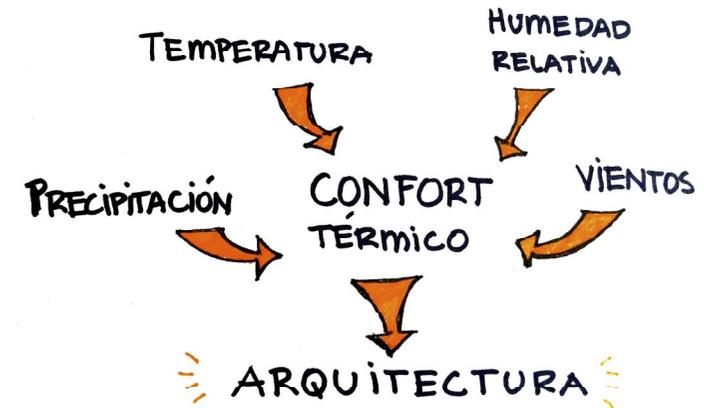


Por lo tanto en el altiplano mexicano, en una altura mayor a 2.000 msnm, se tiene una diferencia de temperatura de -12°C contra el nivel de costa. México posee grandes cadenas montañosas y sierras que limitan la geografía del país. Este fenómeno es la razón de que exista un predominio de climas templados, a pesar de que se encuentra en una latitud tropical y subtropical.

Es importante señalar que debido a este fenómeno, la solución arquitectónica tiene correlación con la altitud, debido a que determina el clima de la región y las necesidades de protección del hombre.

Un resultado similar se obtiene con la precipitación, está también mantiene relación con la solución arquitectónica, la cantidad de lluvia se refleja directamente en la forma de las cubiertas en las edificaciones, determina si deben de tener algún tipo de inclinación.

La zona de *convergencia ecuatorial* es un cinturón de aire ascendente causado por el calor de la radiación solar. Durante el verano la banda sube al norte hasta cubrir la mitad sur de México, provocando lluvia



al interior del país, en contraposición con el norte que causa escasa lluvia, este factor genera definidas temporadas de lluvia y de secas. (Fuentes, 2004)

En la zona central del país debido a la existencia de precipitaciones por temporada, la gran mayoría de las cubiertas en las edificaciones están en pendiente, aunque el ángulo de inclinación es variable, dependiendo de las lluvias por región.

Este factor con respecto al uso de la tapia, genera algunas modificaciones en la técnica, en algunos casos para obtener la inclinación adecuada en la cubierta es necesario agregar un par de hiladas de adobe en uno de los muros que limitan el espacio.

Con respecto a los cultivos ocurre algo similar, dependen del tipo de precipitación y del clima, el crecimiento de la vegetación por zona, limita el tipo de material vegetal que se puede utilizar en la construcción.

Otro componente importante en la definición del clima es la orografía o relieve del país. El altiplano central cuenta con elevadas alturas y sierras (cadenas montañosas), por lo que el viento proveniente del mar colisiona contra esta barrera natural, lo que origina que la humedad se descargue en la vertiente exterior de las sierras y no llegue al interior de la meseta central, lo que genera un aumento del grado de sequedad.



Vivienda con muros de tapia y con cubierta en pendiente. Zona del altiplano central. Imagen: (LAB, 2016)

El relieve como factor de cambio en el clima, ciertamente limita a la arquitectura, al tener temporadas de tres meses de grandes lluvias y después largas temporadas de sequía, respondiendo con este hecho a la técnica de la tapia por su economía en el uso del agua.

Al contraponer los mapas de los relieves presentes en el país y el de los climas por región es fácil ver las relaciones existentes, que se han mencionado entre la topografía y el clima.

El arquitecto urbanista Olgay, pionero en arquitectura bioclimática, citando a Jean Dollfus⁸, refiere que el principal objetivo de los constructores ha sido siempre la búsqueda de condiciones óptimas de confort térmico. En donde concluye que la tipología constructiva se encuentra definida más por zonas climáticas que por fronteras territoriales, a pesar de que puedan existir variaciones, producto de costumbres y tradicio-

nes locales. Además de que es posible afirmar que la forma general de construir nace de la relación con el entorno (Olgay, 1998).

También menciona que al analizar ejemplos existentes, es posible determinar una correspondencia entre ciertas características arquitectónicas en zonas climáticas similares. En donde diferentes culturas localizadas distintas regiones del mundo, llegan a soluciones constructivas muy similares al enfrentarse a entornos afines y sin conocerse.

Es importante conocer la geografía y clima del sitio, los datos que nos aporta la lectura sus características y peculiaridades nos permite comprender las necesidades inherentes de la región. Además de que nos define y al mismo tiempo nos facilita la respuesta del uso de los sistemas constructivos más adecuados al sitio.

⁸Dollfus, J., 1955. Aspectos de la arquitectura popular en el mundo. Barcelona: Editorial Gustavo Gili.



Imagen 1. Mapa físico y geográfico de México. (Informática, s.f.)

Imagen 2 Mapa del clima en México. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. (Biodiversidad, s.f.)

El sitio. Altiplano Central

Se mencionaran brevemente algunas características geográficas y climatológicas de la región central del país. Tomando como ejemplo dos zonas en particular en donde se han localizado muros de tapia.

Se debe destacar que forman parte de un conjunto mucho mayor en la meseta central, lo que se busca es contextualizar las características representativas de la zona para entender el desarrollo específico y la necesidad del uso del tapial en esta región.



TLAXCALA.

El estado de Tlaxcala es la entidad federativa más pequeña del territorio mexicano, con una superficie de 4, 060.923 Kilómetros cuadrados. Localizado en la meseta central de país, entre los Estados de Puebla y del Estado de México

Ubicación geográfica

Coordenadas geográficas	Al norte 19°44'39", al sur 19°05'26" de latitud norte, al este 97°36'46", al oeste 96°43'06" de longitud oeste. (a)
Capital	Tlaxcala de Xicohtécatl.
Colindancias	Al norte con el estado de Hidalgo y Puebla, al este y sur con Puebla, al oeste con Puebla, Estado de México e Hidalgo. (a)

Fuente: (a) INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Marco Geoestadístico Nacional 2013. (INEGI, 2014)

Superficie estatal por tipo de clima (%)

Templado subhúmedo con lluvias en verano	C (w)	93.81 %
Semifrío subhúmedo con lluvias en verano	C (E)(w)	5.33 %
Semi seco templado	BS1k	0.63 %
Frío	E(T)	0.23 %
	Total	100 %

Fuente: INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Continuo Nacional del Conjunto de Datos Geográficos de la Carta de Climas

La temperatura media anual es de 14°C, la temperatura máxima promedio es alrededor de 25°C, en los meses de abril y mayo, la temperatura mínima promedio es de 1.5°C en el mes de enero.

La precipitación media estatal es de 720mm anuales, las lluvias se presentan en verano en los meses de junio a septiembre,

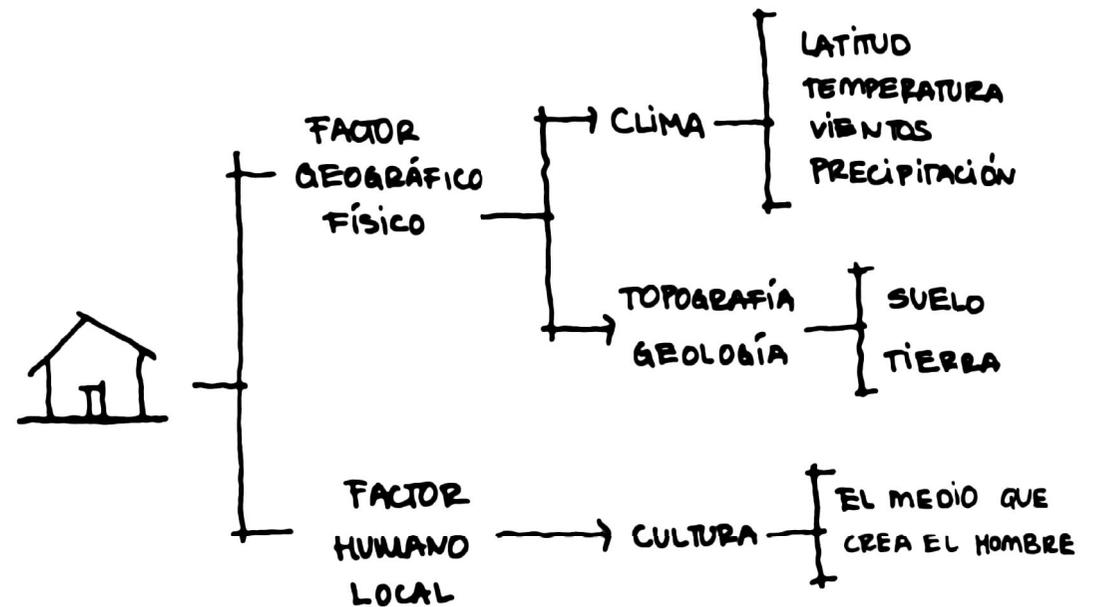
La agricultura es de temporal y el clima templado subhúmedo favorece el desarrollo de diversos cultivos, como son el maíz, haba, frijol, lechuga, espinaca, amaranto, alfalfa, ajo, cebolla y col. (INEGI, 2014)

La entidad tiene diversas latitudes en su territorio, se ubica en la provincia fisiográfica denominada Eje Neovolcánico, donde destaca el volcán la Malinche (*Matlalcuéitl en náhuatl*) que posee una altura de 4.420 metros sobre el nivel del mar (INEGI, 2014)

Cuenta con diversas condiciones geográficas, sin embargo la existencia de tierra para fabricar adobes o construir muros de tapia, está presente en casi toda la entidad. Existe una mayor presencia de espacios

construidos con tapia, principalmente en inmuebles de producción hacendaria. Los muros térreos presentan diversidad en su constitución, dependiendo de las características del material, es decir, más arenosa o arcillosa.

Algunos ejemplos de poblaciones dentro del estado en donde está presente el uso de la tapia son Nancamilpa, Terrenate, Huamantla, Calpulalpan, Benito Juárez, entre otros.





⁹Las trojes eran espacios de grandes dimensiones para almacenar granos, de los espacios más grandes en las haciendas, que sirven de identificador de la producción. (Kusuhara, 2008)

¹⁰La planta del maguey también es conocida como agave. plantas de origen americano con hojas suculentas, de un tallo corto, en cuyos bordes se encuentran espinas y terminan en ápice. De sus diferentes géneros se obtienen fibras, alimento, material de construcción, sustitutos del jabón y bebidas fermentadas o destiladas. (García-Mendoza, 2012)

Imagen. Hacienda San Diego de Xochuca. Ubicada en el Municipio de Tlaxco, Tlaxcala y construida a principios del Siglo XIX.

Se han identificado vestigios y construcciones de tapia del siglo XIX, en muros perimetrales en las Haciendas de San Antonio Mazapa, La Noria y San Nicolás el Grande.

En las haciendas de Soltepec y Santa Teresa Ixtafiyuca existen muros con tapia en espacios como trojes⁹, muros perimetrales y establos. En donde la presencia de la tapia predomina en los espacios de servicios, mientras que en las demás edificaciones usualmente se utilizaron muros de mampostería o adobe.

Sin embargo, se debe de mencionar que en el caso de las trojes, en algunas haciendas estos fueron los elementos arquitectónicos más importantes. Su im-

portancia radicaba en que al ser los espacios en donde se guardaba el grano, debían ser el elemento que debía encontrarse mejor conservado, reforzado y protegido del clima. (Kusuhara, 2008)

En los ejemplos mencionados, el material que sirvió para edificar los muros se encontraba dentro del mismo terreno. La tierra utilizada en esta zona fue propicia para la siembra de maguey¹⁰ y otros productos agrícolas de temporal, que no requieren grandes cantidades de agua para su sobrevivencia.

PUEBLA

En el estado de Puebla, es posible tomar como ejemplo a la actual localidad de Calpan, debido a que destaca como un sitio donde fue importante la edificación de muros de tapia.

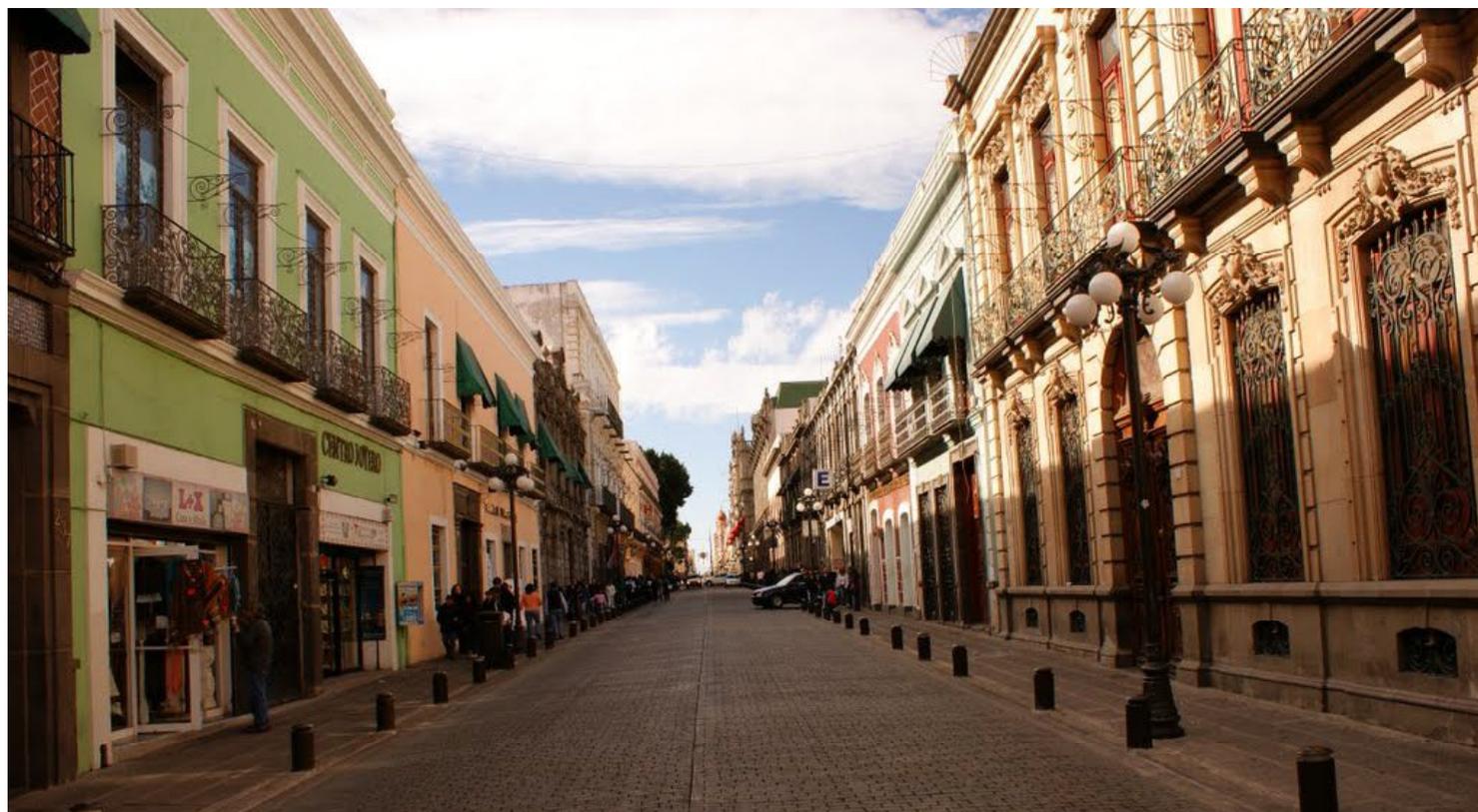
El municipio de Calpan se localiza en la parte centro-oeste del estado de Puebla. Tiene una superficie de 66.88 km². Tiene presencia de elevaciones como el Teotón y el cerro Tecajete. La altura del municipio con respecto al nivel del mar oscila entre los 2.840 y 2.240 metros.

Se ubica dentro de la zona de clima templado subhúmedo con lluvias en verano. Presenta áreas dedicadas a la agricultura de temporal, de cultivos anuales y permanentes.

Las faldas inferiores de la Sierra Nevada aún conservan pequeñas áreas de bosque de pino-encino, vegetación nativa que ha sido desplazada para utilizar su madera y abrir zonas al cultivo.

Calpan, posee una gran variedad de suelos, de donde se extrae la tierra utilizada para formar los muros de tapia. Las manzanas que rodean el antiguo centro, al parecer tuvieron su mayor crecimiento en los siglos XIX y XX. Es en este período que se estableció con más regularidad el uso de la tapia, que permitió que las propiedades de gran tamaño fueran bardeadas en todo su perímetro, incrementando la seguridad de los habitantes. (Meraz & Guerrero, 2011)

Los bloques de tapia característicos del sitio se utilizaban para construir muros bajos y muros perimetrales de las viviendas. Al interior, la técnica se combinaba con el adobe para construir muros divisorios en los interiores de los espacios.



Ubicación geográfica

Coordenadas geográficas

19° 06'36" y 19° 41'12" de latitud norte. 98° 23'54" y 98° 32'24" de longitud oeste

Colindancias

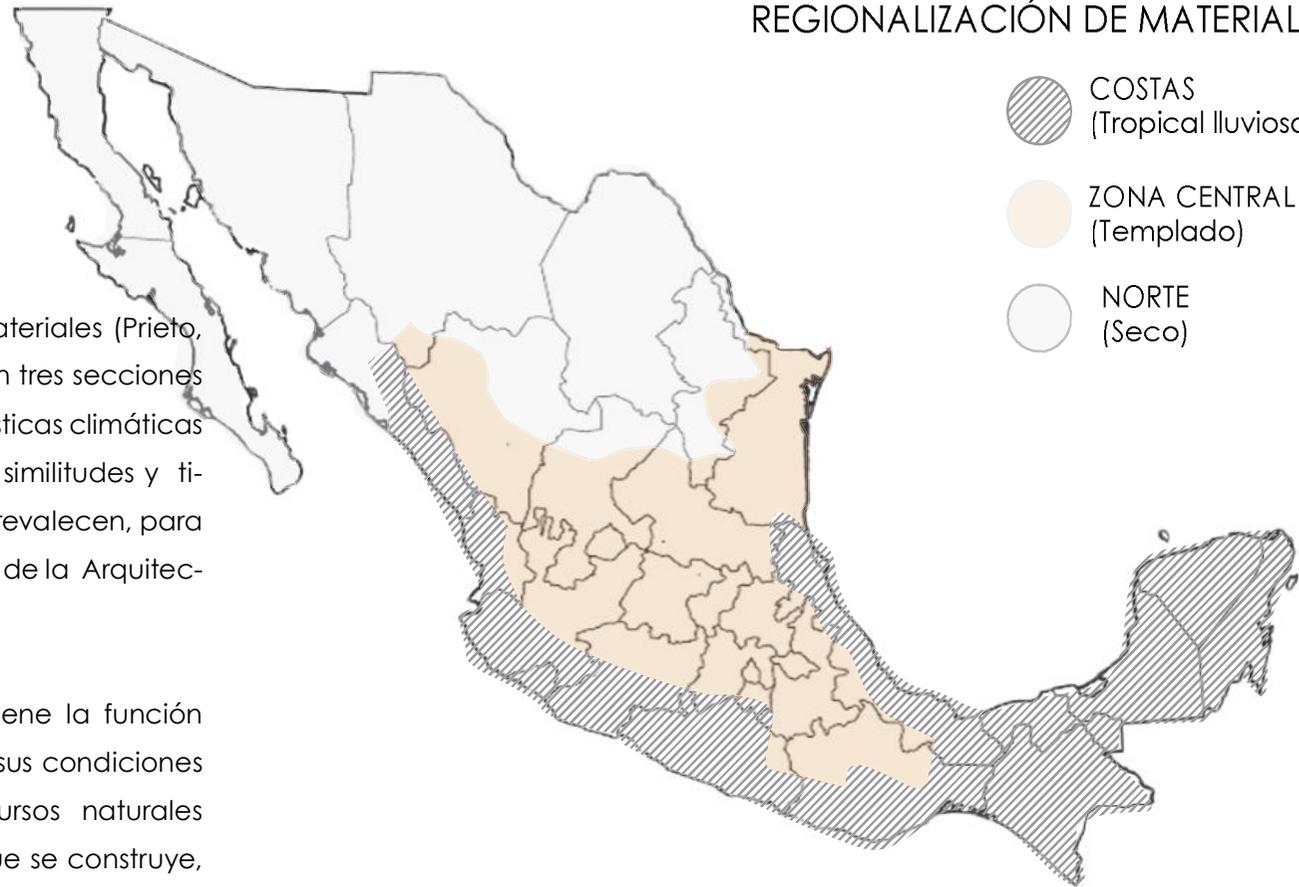
Al Norte con los municipios de Domingo Arenas y Huejotzingo, al Noreste con el municipio de Juan C. Bonilla, al Sur colinda con los municipios de San Nicolás de los Ranchos y San Jerónimo Tecuanipan, al Este con el municipio de San Pedro Cholula y al Oeste con el municipio de San Nicolás de los Ranchos.

Fuente: <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM21puebla/municipios/21026a.html>

Materiales de construcción en la zona central

En el Mapa de regionalización de materiales (Prieto, 1994) se define una división del país en tres secciones principales. Es a partir de las características climáticas y geográficas, que se determinan las similitudes y tipos de materiales constructivos que prevalecen, para poder definir los sistemas constructivos de la Arquitectura vernácula

El clima influye en la arquitectura, tiene la función de proteger al hombre para mejorar sus condiciones de habitabilidad, por lo tanto los recursos naturales condicionan los materiales con los que se construye, surgen del mismo contexto para su empleo y transformación, y es necesario conocerlos para entender las formas de construir y vivir en las distintas regiones. Si bien este trabajo no pretende abordar el tema de la arquitectura tradicional, se mencionaran brevemente estos materiales para ubicar el contexto.



Mapa materiales orgánicos en la construcción realizada en base a la clasificación de regiones por Valeria Prieto en su libro Arquitectura Vernácula.

Los materiales vegetales en la construcción tienen características que los hacen de uso sencillo y de fácil acceso para su utilización, estos componentes están presentes como parte del sistema constructivo con tierra, dentro de las mismas técnicas o como elementos anexos.

El uso de estos materiales depende de dos factores importantes: el clima y los recursos naturales. El clima influye en la arquitectura como su función protectora, los recursos condicionan los materiales de la construcción, que se toman del medio natural para su empleo y transformación.

El centro del país posee un clima templado en su mayoría, limitando de esta forma, el uso de estos materiales. En la siguiente tabla se especifican los distintos tipos de materia prima vegetal de uso tradicional para la construcción en esta zona.



ZONA CENTRAL	COSTAS	ZONA NORTE
Clima templado	Clima tropical lluvioso	Clima seco
MATERIALES VEGETALES		
Morillo	Bambú	Ramas de pitahaya
Otate	Palma	Mezquite
Zacate	Zacate	Petate
Palma China	Bejuco	Ocotillo
Nopal	Carrizo	Órgano (cactáceas)
Junco	Maguey	Pieles y cueros
Ocochal	Tejamanil	Carrizos
Rastrojo	Otates	Palma
Tableta de madera	Tablones de madera	Zacate
Troncones / Horcones	Zacate	Sotol
	Quebracho	
	Morillo	

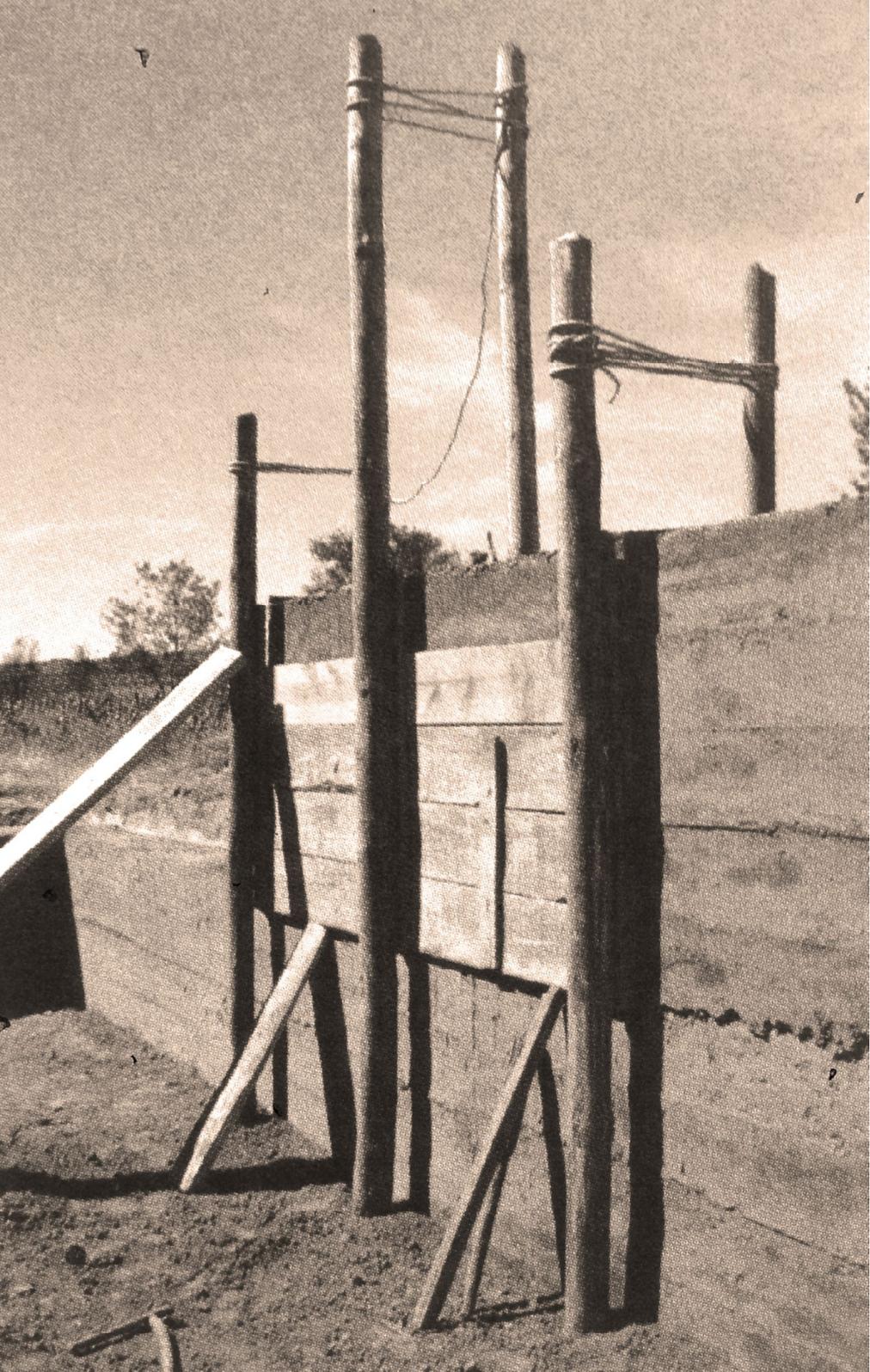
Tabla de materiales vegetales realizados en base a la clasificación de regiones por Valeria Prieto en su libro *Vivienda campesina* (1992)



Se desarrollaran brevemente las hipótesis acerca de la introducción de la tapia como sistema constructivo en el país. Se busca sistematizar la información de las posibles fuentes de aprendizaje de esta técnica.

04.

LA TÉCNICA DE LA TAPIA.



Generalidades.

El término se refiere indistintamente al material y al proceso de construcción. La tierra apisonada o compactada en forma estática o dinámica por impacto o vibración abarca sistemas tradicionales y no tradicionales, además de que es usada en cuatro continentes.

En términos de definiciones la construcción con tapia se puede describir como tierra amasada y apisonada en un encofrado para formar muros monolíticos (Maldonado, et al., 20003). La técnica consiste en rellenar un encofrado con capas de tierra de 10 a 15 cm, compactando cada una con un pistón.

Por lo tanto, es posible decir que los muros de tapia son monolíticos, de tierra encofrada y compactada en capas.

Imagen 1. Vivienda tradicional con tapia en Calpan, México. Foto: L.F. Guerrero 2009

Imagen 2. La Alhambra, España. Arquitectura monumental con tapia. Foto: P. Alvarado. 2016.

Esta técnica recibe diferentes nombres en el mundo.

o Rammed earth.

(EUA y Reino Unido)

o Pisè de terre.

(Francia)

o Terra battuta.

(Italia)

o Stampflehbau.

(Alemania)

o Taipa.

(Portugal)

o Tapia.

(España y América latina)

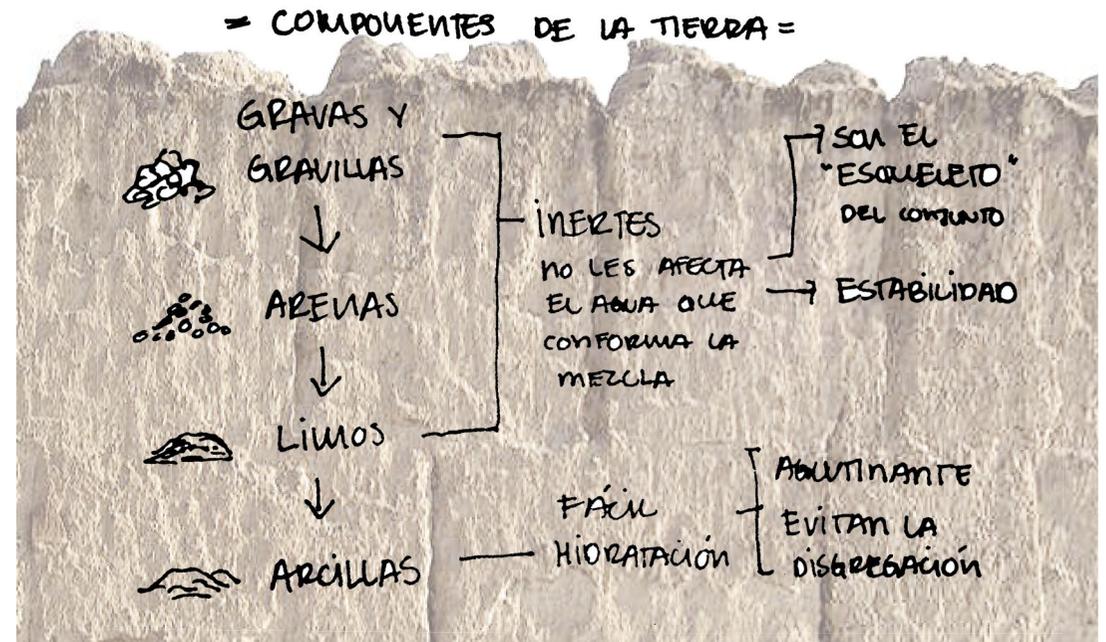


En España es uno de los métodos de construcción más utilizados para la arquitectura monumental, es posible ver muros de tapia en palacios, iglesias, fortalezas y murallas (Rocha & Jové, 2015). Sin olvidar que la tapia también es utilizada en la construcción de vivienda tradicional.

En México se encuentran ejemplos de tapia en poblados vinculados al Camino Real que unía a la Ciudad de México con el puerto de Veracruz. En una línea geográfica, que se dirige de la Sierra Nevada hasta el Pico de Orizaba, en la meseta central del país. (Guerro, 2014)

Existen diferentes variantes de tapia según la composición de la tierra, los agregados y el acabado final. La tierra como material de construcción se utiliza en estado seco, con humedad natural, sus propiedades son diferentes a las de la utilizada para hacer adobe. En el sistema de la tapia, la tierra debe de ser más arenosa y con una dosificación granulométrica en la que es importante la presencia de áridos de todos los tamaños. (Vieira, et al., 2011)

Debido a sus características de elaboración, la tapia es un sistema adaptable, le da libertad al constructor de ser creativo. No sigue un sistema de normas y pautas perfectamente establecidas, sino que es configurable a las necesidades de la región y de la edificación (Mileto & Vegas, 2014). Existe un factor de espontaneidad, lo que permite experimentar y estudiar la técnica. Por esta razón, a pesar de los diversos estudios que existen sobre la técnica, ésta puede tener diversas variaciones dependiendo de la región, de la cultura y de las tradiciones de los constructores que la manufacturaron.

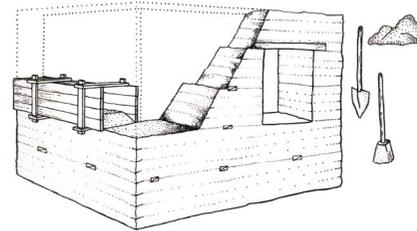




Mapa de ubicación de construcción de tierra compactada en el mundo. De acuerdo al libro de Julian Keable, Rammed earth structures a code of practice de 1996. El autor no considera a México dentro de esta localización, es por esta razón se ha marcado en una tonalidad diferente

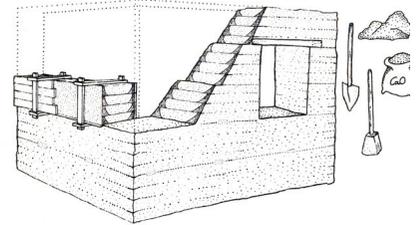
La tapia en la Península Ibérica se ha utilizado en casi todo el territorio, se han llevado a cabo trabajos dedicados a clasificar y referenciar los distintos tipos de tapia por zonas. Mileto & Vegas han realizado un análisis de las tipologías de la tapia en la península Ibérica, clasificándola en principio por técnicas de elaboración, y a su vez éstas se subdividen en particularidades de cada método, de la siguiente manera:

o **Tapias simples.** Su masa está formada por un único material, en algunos casos con algunas variantes.



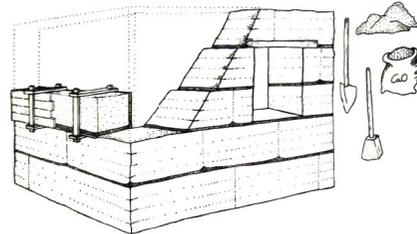
Tapias simples.
Tapia simple de tierra.

o **Tapias suplementadas en sus paramentos.** Son las que al desencofrarse integran el revestimiento en alguno o en la totalidad de sus paramentos.



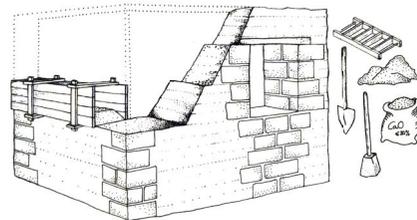
Tapias suplementadas en sus paramentos.
Tapia calicostrada con cuñas.

o **Tapias con suplementos en sus juntas.** Son las que fusionan agregados en forma de conglomerantes u otros elementos en forma de hiladas (líneas), formando una unidad dentro del mismo encofrado.



Tapias con suplementos en sus juntas.
Tapia con juntas horizontales de cal.

o **Tapias mixtas.** Son las que se construyen con una sección de mampostería (piedra, ladrillo, adobe) y la otra sección con un encofrado de tierra.



Tapias mixtas.
Tapia entre esquinas y machones de sillería.

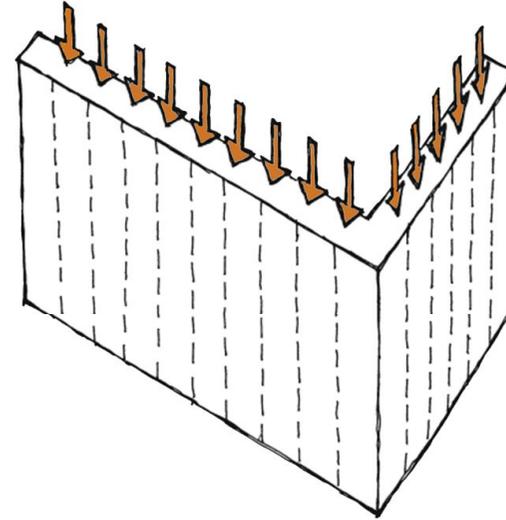
Imágenes obtenidas del libro La Restauración de la Tapia en la Península Ibérica

ESTRUCTURA.

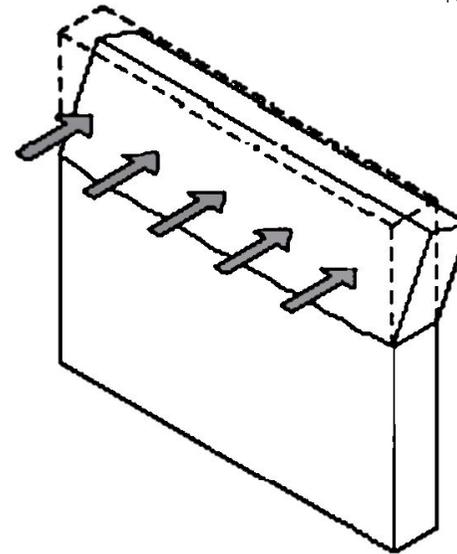
Es importante la relación entre el material y la estructura, por esta razón se deben de tener algunas consideraciones al trabajar con tapia. Es un elemento de carácter estructural modelado en el sitio, con materiales del lugar, que forman piezas monolíticas, que tienen mayor estabilidad contra otros sistemas constructivos de tierra.

Tiene una elevada resistencia a la compresión y baja resistencia a la tracción. La resultante de las fuerzas debe de ser perpendicular a la superficie resistente. Se debe de evitar que los muros reciban fuerzas horizontales.

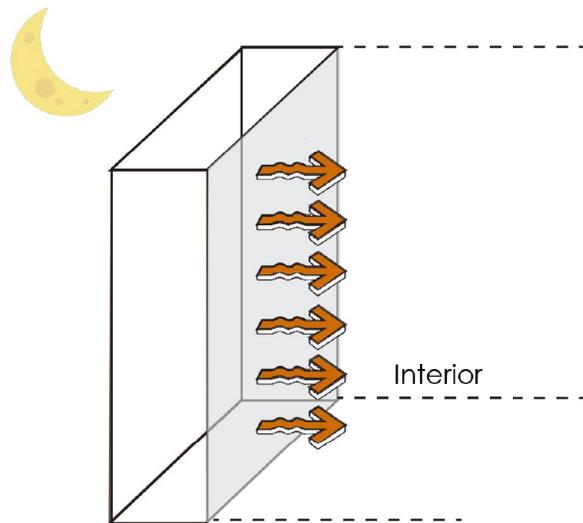
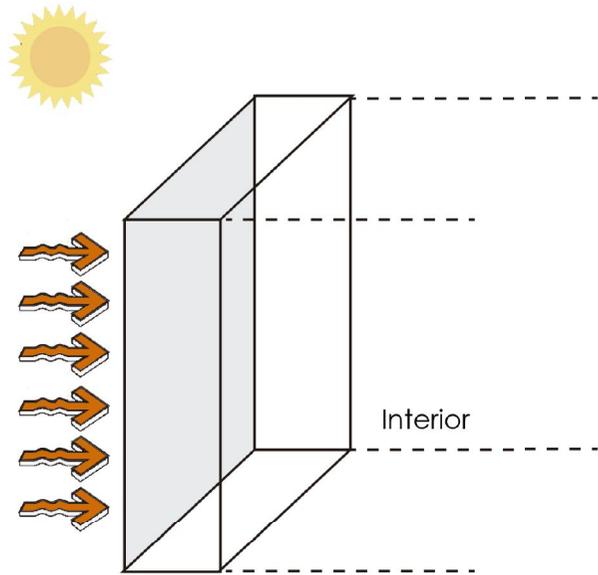
El agua es uno de los principales factores que producen deterioros en la tapia, se debe evitar que penetre, por lo que es recomendable proteger las cabezas de los muros o partes superiores con aleros o canaletas. También es importante evitar el contacto directo con el suelo de cimentación, lo adecuado es que los muros no toquen directamente el terreno, sino que estén sobre una cimentación de piedra o de material impermeable.



Alta Resistencia a la compresión.
Fuerzas verticales.



Baja Resistencia a la tracción.
Fuerzas horizontales.



Los suelos más apropiados para la construcción con tapia deben de tener baja cantidad de limo, poca materia orgánica y un contenido distribuido de la siguiente forma: 30% de arcilla y 70% de arena (CRATerre). De todos los componentes de la tierra, la arcilla es elemento principal por su cohesión y plasticidad.

Si la tierra no tiene una granulometría adecuada, existen numerosas técnicas de mejoramiento, por cribado, por adición o por mezclas homogéneas con otras tierras. Es importante considerar que no es posible estandarizar las propiedades de la tierra y las diferencias constructivas, éstas sólo son una serie de recomendaciones a tener en cuenta.

La tapia es un buen aislante acústico, además de que tiene un excelente comportamiento térmico, es fresco en verano y es cálido en invierno. Genera un retardo térmico, que está asociado al intercambio de vapor de agua que realizan las arcillas, por lo tanto la temperatura y humedad de los espacios interiores se mantiene estable. Es por esta razón que el uso de la tierra como material de construcción mejora las condiciones de confort de sus habitantes.

Funcionamiento del retardo térmico en el muro de tapia.

Imagen DRO.

ELEMENTOS DE LA TAPIA.

Encofrado. El término que le da el Diccionario de Construcción tradicional de tierra es el siguiente; molde de madera, de metal o de otra materia para dar forma a una masa de material, en el caso de la tapia será hasta su compactado. Son desmontables para su posterior reutilización y deslizantes cuando varían de posición para ser usado de forma continua.

Está compuesto por dos tabloneros paralelos separados, unidos por un travesaño. En la actualidad en países como Australia y EUA, se utilizan encofrados más sofisticados, que permiten mecanizar el proceso de la tapia, para ahorrar tiempo y mano de obra.

Cabeceros o frontera. Son los tableros laterales que colocan en los extremos, son las piezas que definen el espesor del muro. Generalmente compuestos de madera, colocados en forma horizontal, con un espesor aproximado de dos a cuatro centímetros. Son parte de los elementos que contienen a la tierra que se va apisonar. En Valencia correspondía casi siempre a 45cm, lo que equivale a dos palmos valencianos.

Tablas (Tapial). Son los tableros que le dan la longitud a la tapia, al igual que los cabeceros, son de madera y son los contenedores de la tierra. Tiene refuerzos laterales llamados costales, colocados en forma vertical, que evitan la abertura de las tablas por medio de la unión de un tirante. Normalmente sólo se utiliza uno de los lados, porque el otro se apoya de una tapia ya ejecutada.

Agujas. Son dos o tres travesaños, de tamaño proporcional al ancho del muro de tapia, en donde descansan las tapiaderas, apoyándose del nivel del muro anterior. En la primera hilada del muro, se colocan directamente sobre el suelo a desplantar. Con aberturas a sus lados, en donde se encajan los costales, para fijar y soportar todas las secciones. Se bañan de algún producto que permita su fácil retiro al terminar el trabajo.

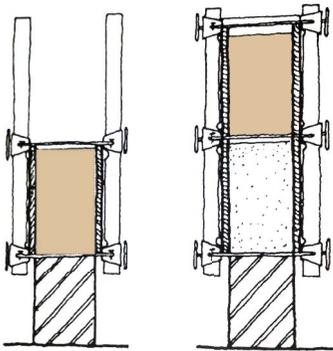
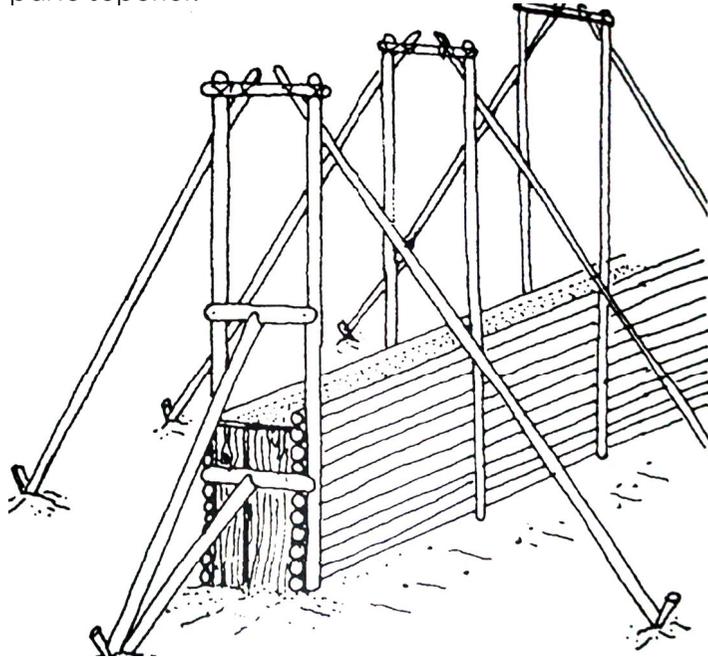


Imagen. Sistema de encofrado ascendente. Imagen Minke, 1994

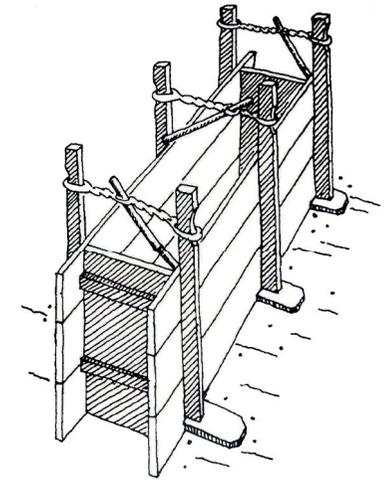
Bastones. Listones de madera en disposición vertical, que tiene la función de mantener la separación del tapial y el espesor del muro, se soportan por medio de las agujas y codales, además de ir atirantados en su parte superior.



Herramienta. Antiguamente la técnica de construcción incluía la compactación de la tierra por medios manuales, por medio de pisones de base cónica, en forma de cuña o de base plana. Con los pisones de base cónica y cuna, se obtiene una mayor cohesión (Minke, 1994). En la actualidad se utilizan pisones neumáticos.

Codal o travesaño. Piezas de madera colocadas entre los costales para mantener erguidas las puertas del tapial y rigidizar el conjunto, se sujetan por medio de cuñas, constan de agujeros y pasadores de sujeción.

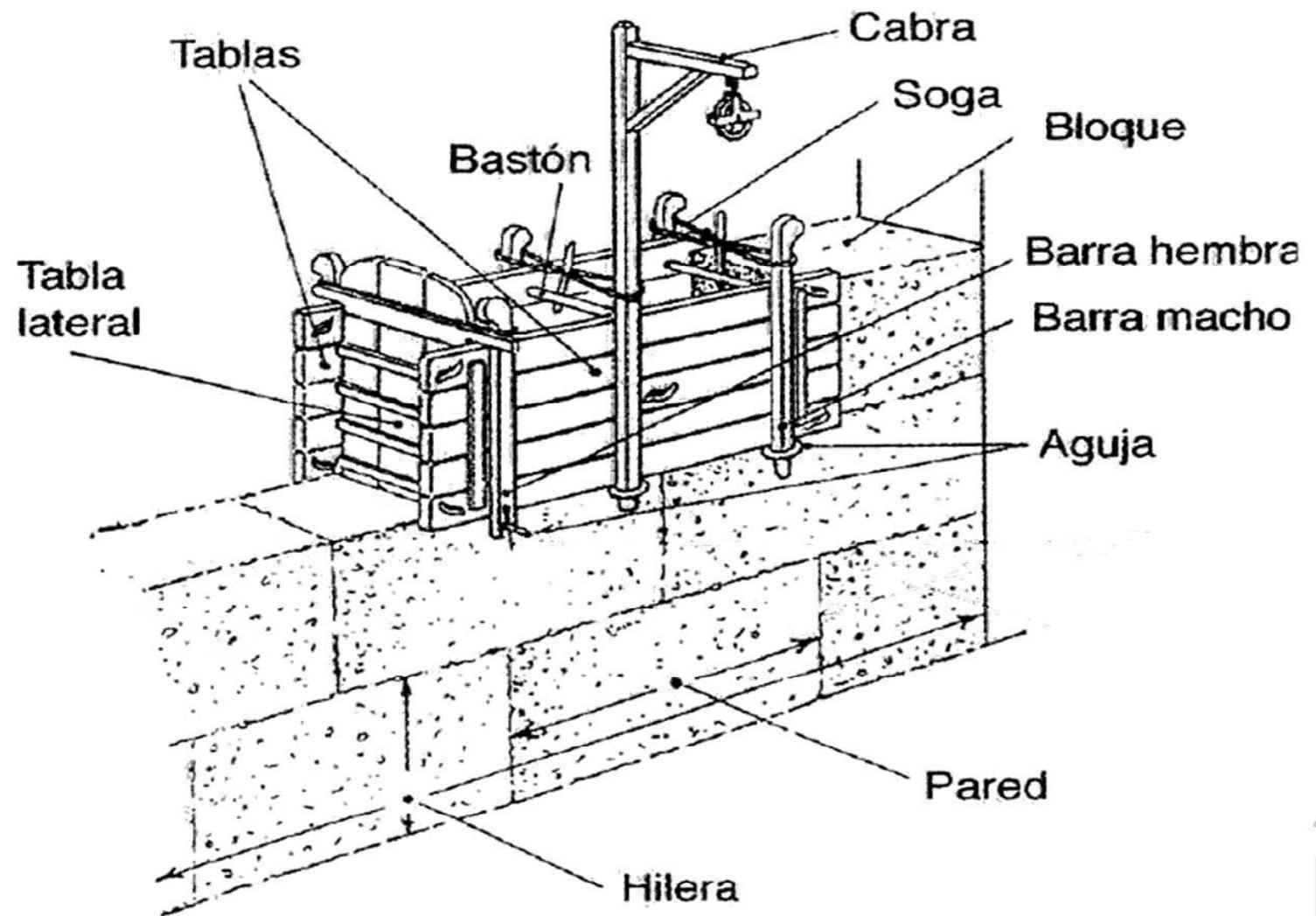
Tirante o Yugos. Formado por la unión de una cuerda y una pieza de madera, que tensa el encofrado a modo de torniquete. En algunos sitios también son de madera.



Ejemplo de un tapial. Imagen (Minke, 1994)

Encofrado típico con puntales laterales utilizado en China,

Imagen (Minke, 1994)



Partes del tapial. Imagen (Font & Hidalgo, 2009)

La evolución de las técnicas. Tratados de origen español y francés.

Las edificaciones de arquitectura tradicional con tapia fueron muy comunes hasta el siglo XIX en la Península Ibérica, se levantaron imponentes edificios defensivos con esta técnica, se publicaron varios Tratados y Manuales de construcción en donde se explicaba esta manufactura.

Al observar las características, descripciones y algunas láminas existentes de esta técnica, es posible tener un primer acercamiento al sistema utilizado en México, si se examinan las características y técnicas descritas en dichos tratados, es posible reflexionar sobre el origen las primeras ideas que han sido aplicadas en México.

El número de Manuales y Tratados es muy extenso, por lo que sólo se mencionarán algunos de origen español y francés, por su posible vinculación con los sistemas desarrollados en México.

ESPAÑA

Siglo XVI.

Arte y Uso de la Arquitectura. Fray Lorenzo de San Nicolás.

- o Distingue tipo según el uso de piedra y cal, además de tierra.
- o Se refiere a las tapias con machones y verdugadas.



Siglo XVIII.

Diccionario de la Arquitectura Civil (1802).

Benito Bails.

- o Diccionario de términos.
- o Medida superficial de 5 pies, según la costumbre de medidas de esta Corte.
- o No cuenta con ilustraciones. (Bails, 1802)

Elementos de Matemáticas de la Arquitectura Civil (1796). Benito Bails.

- o Menciona a las tapias para la construcción de cercas.
- o Cimentación: aconseja que se las dé por abajo dos pies y medio de grueso, se labren con piedra de mampostería y mezcla de cal y arena hasta medio pie más arriba de la superficie del suelo y que se realice la tapia paralelamente en toda su longitud, para que asiente en el muro.
- o Menciona de las tapias valencianas, que se elaboran con tierra, medios ladrillos, y cal, además de que es de gran resistencia.

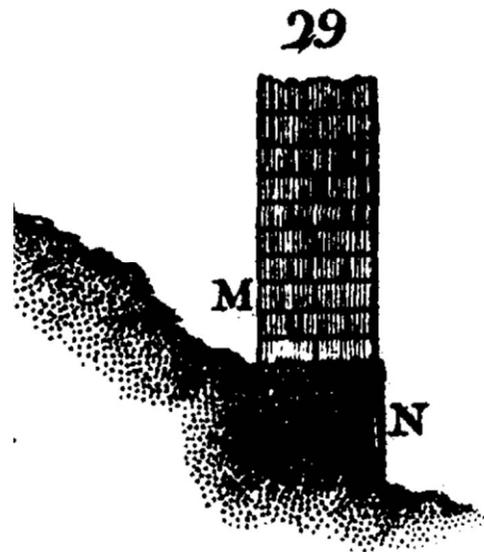


Figura 29. Tapial puesto en la parte delantera del muro. Si la peña, fuese muy escarpada, habrá modo de ahorrarse el trabajo de hacer relleno alguno detrás de los cimientos con un tapial, para que sostenga la mampostería. (Bails, 1796)

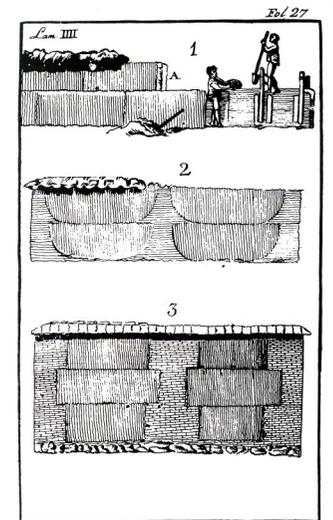
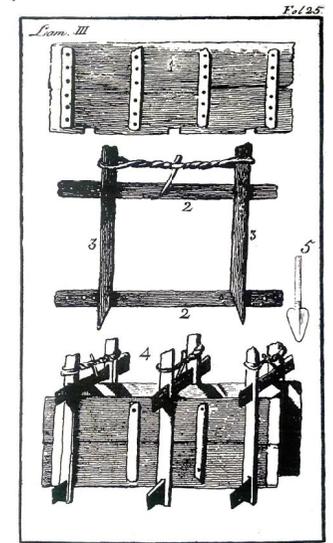
Figura 28. Tapias cuyo hueco se maciza de argamasa apisonada. (Bails, 1796)

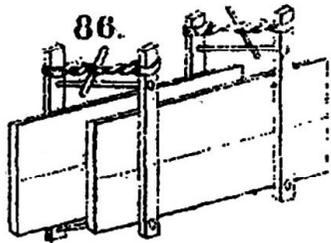
Siglo XIX.

Arte de la Albañilería (1827). Juan de Villanueva.

- o Descripción con detalle de técnica de construcción con tapia. (Capítulo V. De las tapias de tierra).
- o Acompañados de una serie de dibujos y gráficos.
- o Medidas de los tapiales: de siete o nueve pies de largo y dos y medio o tres de alto. Las tablas han de ser de dedo y medio a dos de grueso.
- o Cimentación: después de excavar el cimiento, se debe de llenar de mampostería o de otra materia.
- o De la tierra: se debe de escoger, que sea fuerte, gredosa, unida, sin cantos y con poco cascajo y arena. Si ésta se seca, se rocía un poco. Deshaciendo los terrones. No debe estar muy húmeda.
- o Capas de tierra de poco más de medio pie de alto.

- o De las hiladas: en el medio de la tapia de arriba debe de caer sobre la junta de las dos tapias de abajo, y lo mismo se hace con los ángulos.
- o Muros: si las tapias solo se utilizarán para hacer un cercado, se cubren por encima para defenderlas de la lluvia y nieve. Suele ser de ramas, paja, retama, de teja o ladrillo.
- o Resistencia: para dar resistencia a la tapia, se trabajan con cal. Dentro del cajón se coloca una tongada de mezcla de cal y arena no muy batida con agua, para formar una corteza de seis u ocho dedos de alta, dejando por el medio un cajón, para la tongada de tierra.
- o Corona del muro de tapia: las tapias se cubren con su albardilla de albañilería. Enrasada toda la pared con un verdugo de dos hiladas de ladrillo, con otras dos que vuelen de un lado.





Manual del Ingeniero y del Arquitecto (1870). Nicolás Valdés.

- o Contiene un Atlas con 133 láminas.

Manual del Albañil (1879). Ricardo Marcos y Bausá.

- o Menciona a las tapias para la construcción de cercas, explica el proceso constructivo y las partes del tapial. (Capítulo XIV. Fábricas de tierra y hormigón).
- o En España se utilizan para cerramiento y circunvalación de las propiedades rurales.
- o Se utilizan en países cálidos por la frescura que proporcionan, de bastante solidez y resistencia, así como de larga duración.

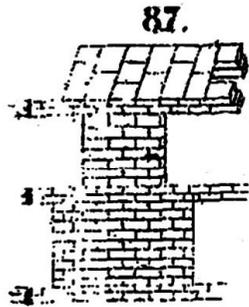


Lámina del cajón para la construcción de la tapia. Tapia mixta. Imagen. (Marcos y Bausá, 1879)

Página anterior:

Lámina III. 1. Tapial, 2. Agujas, 3. Costales, 4. Cajón completo, 5. Pisón. Imagen. (de Villanueva, 1827)

Lámina III. 1. Manera de proceder para la construcción de una tapia. 2 y 3. Tapias entre machos o rafias. Imagen. (de Villanueva, 1827)

- o Altura: generalmente no pasan de 9 pies de altura (2.50m).
- o Cimentación: no tienen cimiento, se construyen desde la superficie del terreno, si deben de soportar cargas se deben abrir zanjas y se realiza una cimentación de mampostería.

- o Medidas: en cajones o hiladas de 68 a 83 cm (dos y medio a tres pies) de altura, de ancho variable.
- o Resistencia: para darle trabazón, puede colocarse encima de cada hilada, una o dos de ladrillo asentados con mortero.
- o De las hiladas: cuatrapeados los cajones en cada hilada, se deben de formar enjarjes para sujetar los cajones.
- o Del tapial: de 34mm o 2 pulgadas de grueso, de largo y ancho lo que se requiera
- o De la tierra: bien picada y desmenuzada, un poco húmeda, no en exceso. En tongadas de 14 cm (6 pulgadas), se apisonan con un pisón de hierro.
- o Corona del muro de tapia: las de cerramiento se cubren con ramajes, paja o juncos. En las tapias con machos de ladrillo y verdugos, se hacen albardillas del mismo material, baldosas o tejas.
- o Los paramentos deben de revestirse con yeso, con estuco o mortero de cal y arena. Esto cuando la tierra este completamente seca y sin humedad.

El Constructor moderno. Tratado Teórico y Práctico de Arquitectura y Albañilería (1890). Francisco Nacente.

- o Contiene texto y láminas ilustrativas.

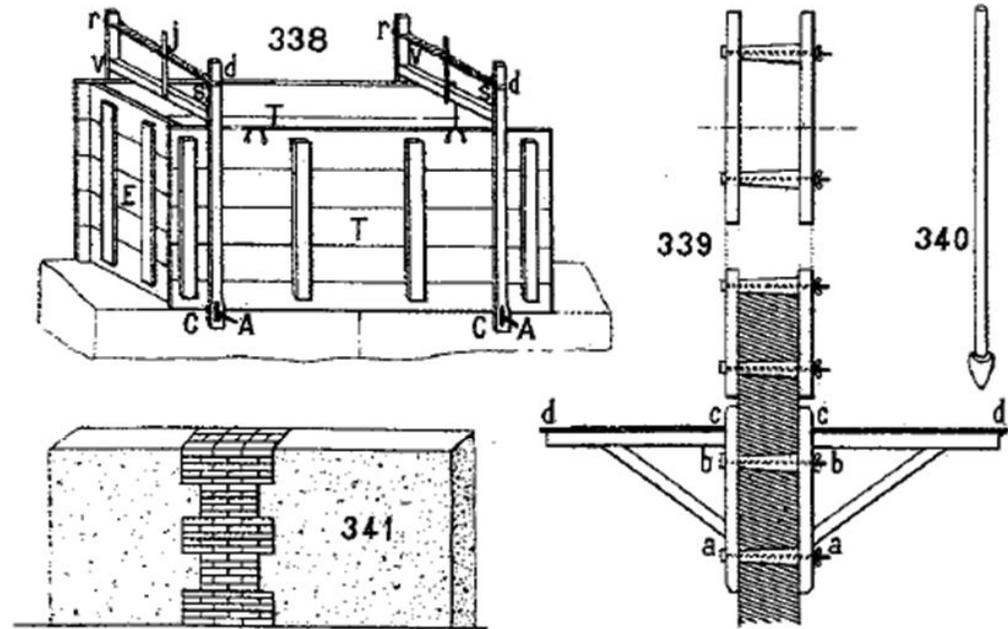
Tratado de Construcción civil (1898). Florencio Ger y Lobez.

- o Texto y Atlas de ilustraciones.

- o De la tierra: ni muy grasa ni muy magra. Humedecida, ha de conservar la forma que la mano dé al apretarla, sin que se pegue a los dedos. No debe tener tampoco mezcla de raíces o hierbas.

- o De las hiladas: Se extiende la tierra por capas de unos 10 centímetros de espesor, al apisonar fuertemente hasta que da un sonido seco, se reduce a la mitad de volumen.

- o Resistencia: si en vez de agua para humedecer la tierra se emplea lechada de cal, o se extiende sobre las capas cal apagada en polvo, la cual con la humedad de la tierra fragua al cabo de cierto tiempo y da gran dureza.



- o De la cimentación: no pueden empezarse a construir en suelo, se construye un zócalo de mampostería o de otra fábrica

338/339. Tapial, 340. Pistón, 341. Paredes de tapia reforzadas con mampostería. 267. Albardilla para protección de la tapia. Imagen. (Ger y Lobez, 1898)

Leopoldo Torres Balbás (1888-1960)

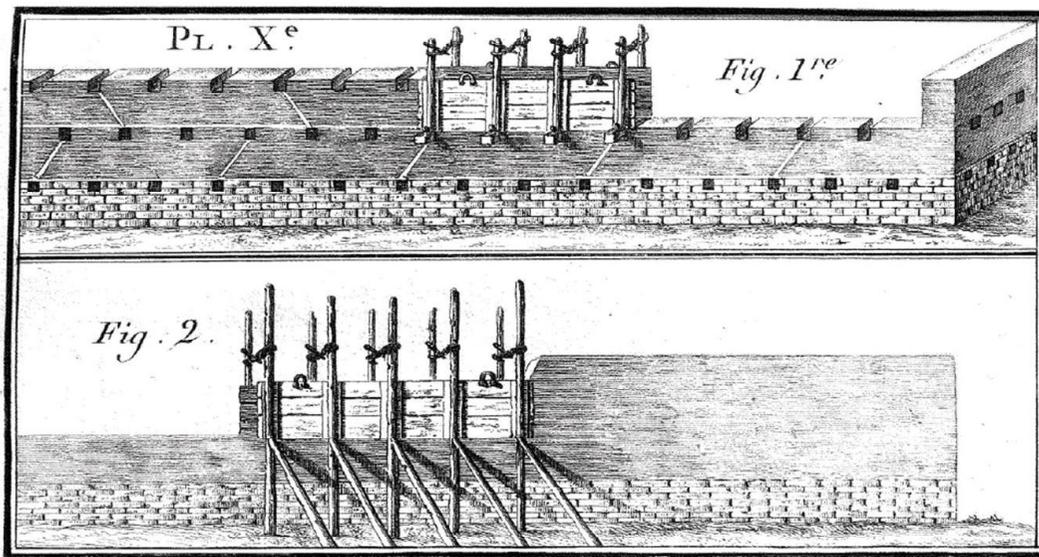
- o Determino la medida de la tapia musulmana en 835,9 mm, que es lo que equivale a una vara o caña, en las fortalezas andalusíes la medida es de 82 a 85 cm. (Quesada & José, 2011)

FRANCIA

Siglo XIX.

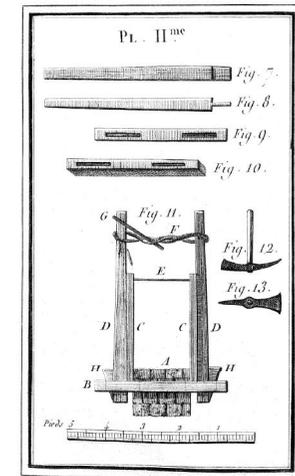
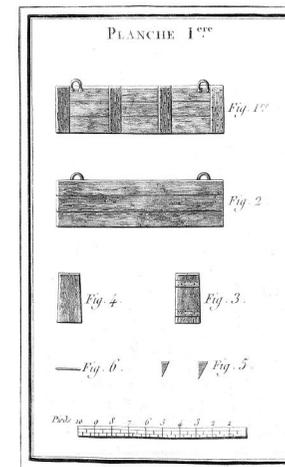
François Cointeraux. (1740-1830).

- o Es el primer arquitecto de tiempos modernos que se dedicó a escribir sobre la arquitectura de tierra y sus cualidades. Es el promotor de su uso y aplicaciones como material para la construcción de fácil acceso, económico y con cualidades bioclimáticas



- o En plena época de la revolución francesa pone en marcha la idea de modernizar los sistemas tradicionales de construcción con tierra y adaptarlos a las nuevas ideas racionales.

- o Definición: "el tapial es un procedimiento con el cual nosotros construimos las casas con tierra, sin utilizar ninguna pieza de madera y sin mezclarlo con paja, ni material vegetal, su procedimiento consiste en batir la tierra perfectamente y vaciarla en encofrados de capas de 20 a 30cm. Así tiempo después la tierra se liga, toma consistencia y forma una masa homogénea que puede ser elevada hasta lograr la altura deseada".



Jean Baptiste Rondelet. Traité de l'art de Bâtir. (París, 1802-1818)

- o Dibuja y describe con precisión el proceso de construcción de la tapia

M. de Fontenay. Novísimo Manual Práctico de las Construcciones Rústicas. (Francia, 1830)

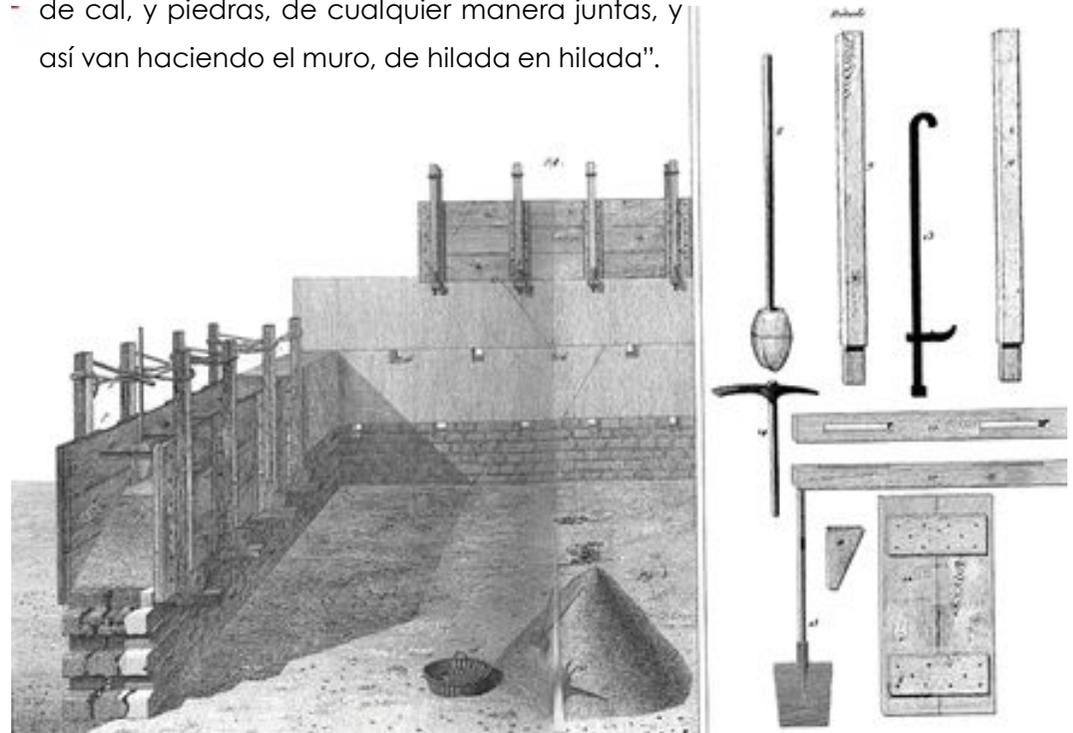
- o "En cuanto a la verdadera construcción con tapia y otras obras de tierra apisonada, que nos viene de los romanos, se usa todavía mucho en Lyon, y en algunos departamentos meridionales de Francia, Italia, España, etc."
- o Detalla las bondades de los muros de tapia en países cálidos, en donde además es posible construir con tierra a pesar de la lluvia.



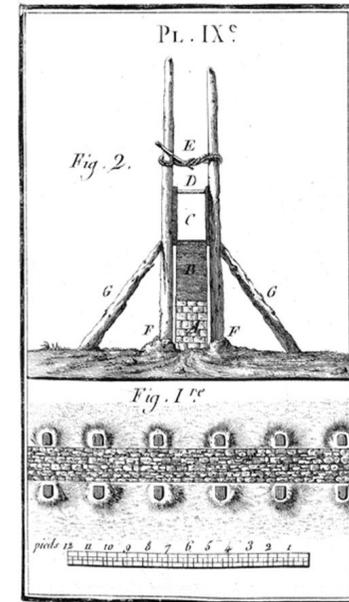
OTROS

Andrea Palladio. Cuatro libros de arquitectura. (Venecia, Italia. 1570)

- o Hace mención a los "muros hechos a caja".
- o "Los antiguos los hacían tomando tablas puestas de cuchillo, de tanto espacio como querían que fuese de grueso el muro, y lo llenaban de mezclas de cal, y piedras, de cualquier manera juntas, y así van haciendo el muro, de hilada en hilada".



Novena lámina del tratado de François Cointeraux donde se grafican y ennumeran las distintas partes del tapial en planta y sección



	Arte de Albañilería. Villanueva	Manual del Ingeniero y del Arquitecto. Valdés	Manual del Albañil. Marcos y Bausá	El Constructor moderno. Nacente	Tratado de Construcción Civil. Ger y Lobez
Dimensión	Largo: 7 ó 9 pies (195,04 ó 250,77 cm) Alto: 2,5 ó 3 pies (69,65 ó 83,59 cm)	Largo: 2,00 a 3,00 metros	Alto: 68 a 83 cm (2½ a 3 pies)	Largo: 2,00 ó 3,00 metros	-
Espesor	1,5 ó 2 dedos de grueso	-	34 mm (2 pulgadas)	-	-
Espesor tongada de tierra sin apisonado	½ pie de alto (13,93 cm)	0,68 metros ó 4 pulgadas	14,00 cm ó 6 pulgadas	Unos centíme- tros de espesor	10,00 cm
Espesor tongada de tierra apisonada	-	Reducidas a la mitad: 0,36 cm ó 2 pulgadas	34mm (2pulgadas)	5,00 ó, 6,00 cm	Hasta que da un golpe seco, que es la mitad, 5,00 cm del volumen

Descripción a partir de los ejemplos preservados y registrados, de las características y de los sistemas constructivos con tapia. Se realizara un análisis y una comparativa con la tapia en España, para distinguir diferencias o similitudes. Breve descripción de los deterioros observables dentro de este sistema en la región central.

05.

ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS ARQUITECTÓNICAS Y CONSTRUCTIVAS DE LA TAPIA EN MÉXICO.



El clima, la topografía, la hidrología, en general todos los factores del medio natural que afectan a una población, así como la accesibilidad a los materiales de construcción, la facilidad de trabajo de los mismos, la distancia desde su lugar de origen hasta su destino y la posibilidad de ser transportados a una determinada distancia, han constituido las variables que han condicionado las técnicas constructivas.

Por medio de un análisis de las técnicas constructivas es posible establecer las bases para el conocimiento del uso y forma de la tapia, además de que es posible aprovecharlas para generar pautas que beneficien y promuevan la integración de la arquitectura contemporánea con la arquitectura tradicional, sin afectar el contexto.

Conjuntamente se busca la posibilidad de utilizar los materiales propios de la región, así como los mismos elementos arquitectónicos que le dan carácter al sitio. Se hace necesaria la creación de nuevos espacios para habitar, que se solucionen con los sistemas constructivos de la región, con la finalidad de evitar deteriorar la tipología del sitio, así como ocurre con el uso de la tapia, cuya identidad tradicional e histórica son un valioso patrimonio cultural.

Desafortunadamente existen zonas en donde la única presencia de tapia, se da en forma de muros y algunas secciones de viviendas que han sobrevivido. Es por esta razón que se hace de vital importancia la regeneración del conocimiento ancestral de esta técnica, para evitar el constante cambio de los sistemas constructivos y el deterioro de esta tecnología.

El análisis constructivo es el primer paso que se debe de dar como parte de una investigación más profunda en la que colaboren especialistas de diversas ramas y se realice en el sitio y de forma detallada. El propósito de este trabajo es sentar las bases para el desarrollo de esta investigación, que se requiere de forma inmediata.

Al conocer las características de la técnica constructiva es posible elaborar herramientas para generar criterios básicos para el diseño, como una condicionante en la visión actual de la arquitectura de tierra, más específicamente en el sistema tradicional de tapia.

Como se ha mencionado antes, entre las causas por las que el patrimonio está desapareciendo, se encuentra la poca importancia que las nuevas generaciones conceden a sus raíces, la falta de identidad y la omisión de información de técnicas tradicionales. Las edificaciones con tierra son abandonadas lentamente, pues se trata de superar la imagen de pobreza y carencia que se piensa que representan.

Con el estudio y análisis de la tradición constructiva de la tapia es posible ejercer una conciencia crítica, con la finalidad de frenar el deterioro y la pérdida de la tradición con tierra. Este problema es el resultado de diversas causas como factores económicos, sociales, históricos e incluso políticos que ejercen influencia en el crecimiento, decrecimiento y desarrollo de las localidades.

La valoración de la arquitectura con tapia y la integración de sus características a la arquitectura contemporánea proporcionarán mejores condiciones de funcionalidad y rendimiento. Estas condiciones que originalmente surgieron de la necesidad de adaptación al medio natural y social en donde se encuentran inmersos, que lamentablemente se han ido perdiendo.

Es importante destacar que no se pretende obligar a construir con características formales y constructivas de la arquitectura tradicional, sino rescatar sus características espaciales, formales, tecnológicas y materiales. Con la finalidad de definir las bases para que la arquitectura contemporánea responda a la herencia cultural del sitio. No se trata de poner de moda lo vernáculo sino dar soluciones con elementos y materiales tradicionales en los nuevos esquemas. (Guerrero, 1998)

Sin duda, utilizando el análisis de la tecnología constructiva de la tapia como proceso metodológico es posible potencializar la conservación. Al permitir que sea aplicada en las nuevas construcciones y en la arquitectura tradicional existente, se mejorara la calidad de vida de los habitantes y al mismo tiempo se aumentarán los rendimientos de construcción y energía, consolidando a su vez la identidad de las localidades al responder a las necesidades del contexto natural, histórico y social.

Tapia en México

En México en la meseta central, se han identificado capillas, parroquias, conventos, haciendas, cementerios y viviendas tradicionales con muros de tapia. Pueden ser inmuebles de uno o dos niveles, que han logrado perdurar a pesar de las condiciones climáticas y sísmicas de la zona.

¹¹El Virreinato de la Nueva España abarcó desde la conquista española en el siglo XVI, hasta su finalización con la guerra de independencia en 1821.

Desafortunadamente no se cuenta con datos, ni estudios suficientes para fechar con exactitud la arquitectura de tapia, es muy probable que varias de las edificaciones corresponden a la época virreinal¹¹.

Imagen. Parroquia de Calpan.
Junio 2009



En diversos estudios realizados por L.F. Guerrero se ha observado que los procesos constructivos de la región presentan deficiencias en su dimensionamiento y desempeño estructural, sobre todo si se comparan con edificios de tapia de tradición europea.

Estas deficiencias pudieron haber limitado el desarrollo de la técnica en el resto del país, ya que no tuvo la misma difusión como sucedió con el adobe o bajareque, sistemas mejorados tecnológicamente por los nuevos constructores españoles. Es por esta razón es necesario el estudio y documentación de la tradición constructiva con tapia, para identificar sus características formales, funcionales y materiales.

Sin embargo, la tapia en México expone diversas interrogantes sobre todo en lo que se refiere a su origen y a su nivel de difusión. Las culturas prehispánicas conocían la tecnología de tierra compactada, no se han documentado hasta ahora la creación de tapias.

Con respecto al origen, en su investigación sobre esta técnica constructiva Meraz & Guerrero, plantean tres hipótesis probables de su procedencia; la primera es que esta técnica es de naturaleza prehispánica y fue incorporada a los edificios virreinales por la mano de obra indígena. La segunda señala que los nuevos habitantes españoles fueron originarios de provincias en donde esta técnica constructiva es de uso común y la continuaron en las nuevas ciudades. La tercera conjetura plantea que la tapia se incorporó por influencias arquitectónicas que llegaron de Francia a fines del siglo XIX durante la intervención francesa al país¹².

Para poner en contexto los cambios e influencias del siglo XIX, es preciso conocer algunos breves detalles. La Intervención francesa fue un conflicto armado entre México y Francia que ocurrió entre el periodo de 1862 a 1867. El ejército francés llegó a ocupar la Ciudad de México y varias ciudades del centro del país, justamente en la meseta central, el área en donde existe mayor presencia de tapia registrada en la ac-

tualidad. Durante cinco años Francia impuso un imperio. Es en esta época, en donde la tapia pudo haber tenido su desarrollo constructivo, avalando una de las hipótesis de Meraz & Guerrero, en donde podría haber sido utilizado por los habitantes franceses que ocupaban la zona central.

¹²Meraz Quintana, L. & Guerrero Baca, L. F., 2011. Calpan (México), historia, urbanismo y tapial. En: Construcción con tierra. Tecnología y Arquitectura. . Valladolid: Universidad de Valladolid, pp. 33-46.



Proceso constructivo

Dependiendo de los materiales, las necesidades particulares y la mano de obra, las variantes en la construcción de un muro de tapia pueden ser innumerables, sin embargo en México el desarrollo tecnológico fue limitado, por lo que no es posible observar la presencia de diferentes tipologías de la tapia como ocurre en España.

Para la construcción de muros de tapial, se requiere poca cantidad de humedad, por lo que para obtener la correcta cohesión de las arcillas, la técnica se basa en la comprensión mecánica del material (Guerrero, 2014).

La característica más importante a tener en cuenta es la cantidad de humedad en la tierra, esto significa que si la tierra contiene exceso de agua, no puede ser compactada adecuadamente, por lo tanto se adhiere al pisón, dificultando el trabajo y al momento del secado puede producir fisuras. Si la tierra está seca, no podrá aglutinarse aunque sea compactada. Se requiere una proporción de agua suficiente que propicie la consolidación de las arcillas.

Debido a las múltiples variaciones y características de la tapia, no es posible establecer un número preciso de los porcentajes o cantidades exactas de agua que se requieren, pero es posible estandarizar un 10% de humedad como la cifra más adecuada para la correcta elaboración de una tapia. (Doat, et al., 1990)

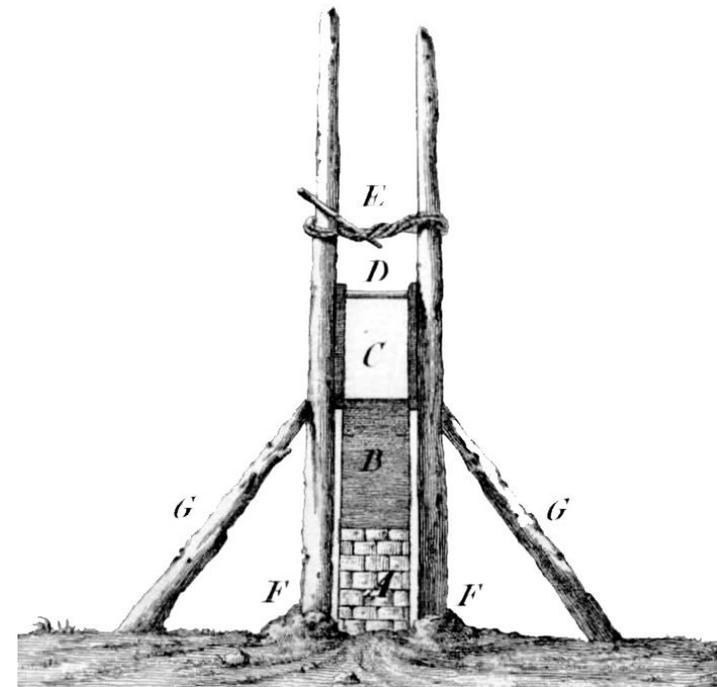
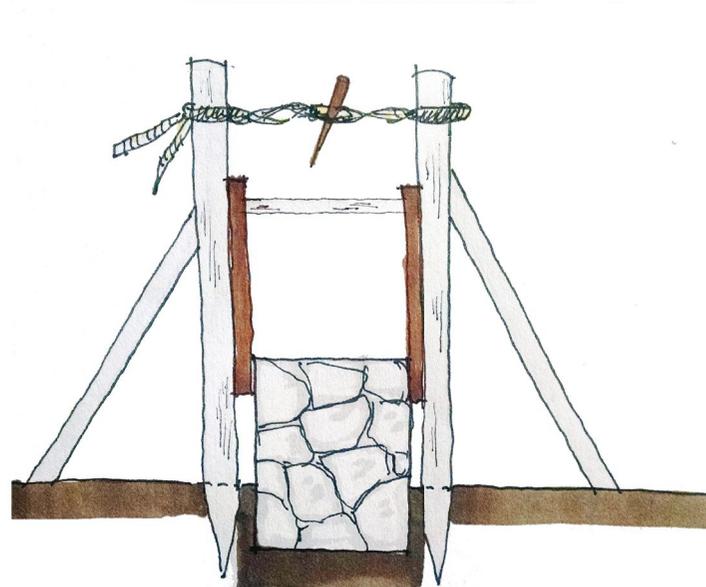
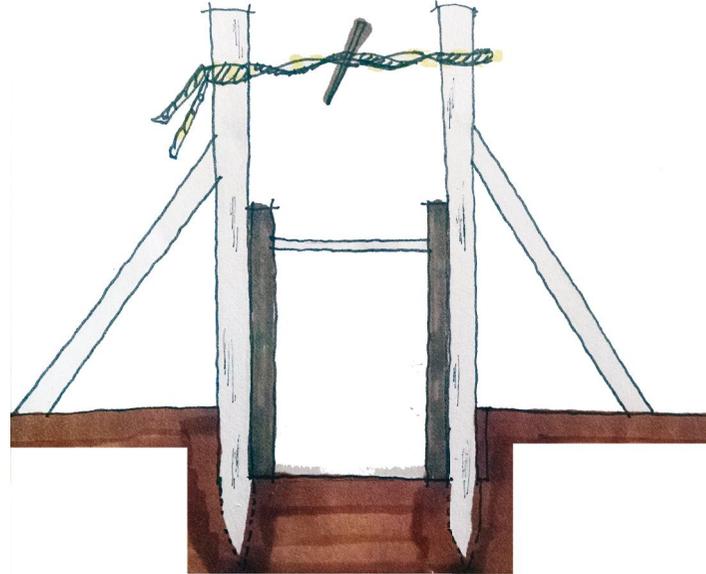


Imagen. Gravado del encofrado de Coitreux.

Cimentación. Lo recomendable es que los muros se asienten sobre una cimentación de piedra o ladrillo, además de que este basamento sobresalga mínimo unos 0.30m del nivel de piso natural, con la finalidad de proteger a la tapia de los deterioros ocasionados por el agua. Este muro de piedra propicia la evaporación de la humedad del suelo freático, evitando la ascensión por capilaridad, con lo que a la larga evita debilitar la tierra de la tapia.

Sin embargo, en algunos ejemplos observados en la zona central, en particular en el caso de los muros de cerramiento, no siempre cuentan con un desplante de piedra. En algunos casos los muros están desplantados sobre el mismo suelo, pero afortunadamente debido a la buena calidad del material, se han podido conservar, si bien con algunos con deterioros provocados por la humedad, no se han perdido del todo y aún es posible observar y estudiar sus características.



Encofrados para el desplante del muro en México.



Encofrado. Las formas de contener la tierra alrededor del mundo son muy similares, sin embargo existen características especiales de cada sitio, dependiendo del nivel de desarrollo alcanzado con la técnica, lo que le puede dar algunas variaciones.

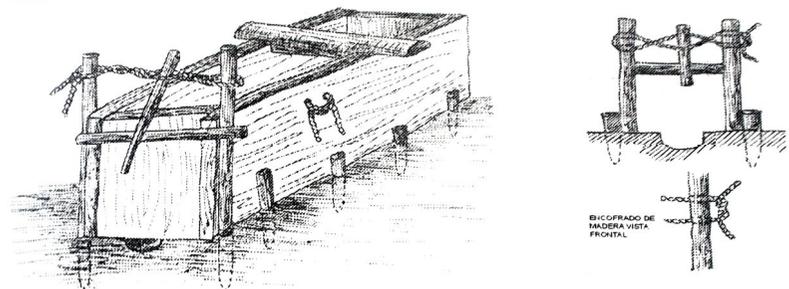
Los bloques de tapia característicos de la zona central del país miden alrededor de 1.80 metros de largo por 1.80 metros de alto y 0.60 metros de espesor, sin embargo se debe destacar, que las medidas pueden ser variables.

La cimbra se realiza con tablonces de madera, que son fijados mediante una serie de estacas clavadas al suelo, reforzadas por puntales y horcones atados con cuerdas en su parte superior para evitar su separación. Además de barrotes transversales en su interior para mantener el grosor uniforme de muro. (Hernández, 2002).

En el Manual del Albañil, Marcos y Bausá explica la forma y tamaño de las piezas del encofrado ...Para construir las tapias hay que valerse de un molde compuesto de dos tableros de madera llamados tapiales, de unos 34 milímetros de grueso, y del largo y alto que

hayan de tener los cajones de tierra, cuyos tableros se sujetan a los gruesos que se quieran, por medio de aros compuestos cada uno de cuatro piezas; dos de madera serrada o media alfargía, llamadas costales, colocados verticalmente a los alto de los tableros, y que sobresalen de estos por la parte superior, y dos varillas de hierro o agujas, que atraviesan los costales por arriba y por abajo en sentido del espesor de la tapia.

En México, a pesar de que se siguen los mismos lineamientos, la forma de realizar el tapial, tiene una pequeña variante. Los muros no tienen la marca que dejan las agujas, porque la forma de amarrar y mantener el encofrado es por medio de puntales recargados en entre el tapial y el piso.



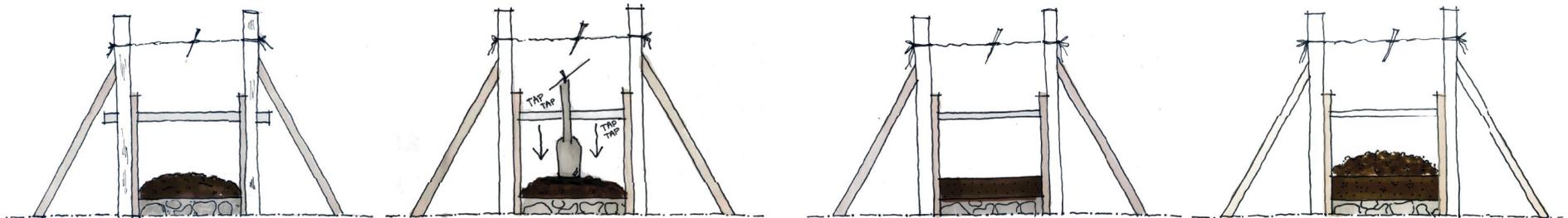
Procedimiento constructivo del tapial en Francia Imagen. (Hernández, 2002)

Compactación. Los artesanos entran dentro del encofrado y reciben baldes o canastas con tierra, la cual extienden poco a poco con los pies, para después compactarla por capas o "tongadas" que van desde los 10 hasta 30 cm de espesor, esta cantidad depende de la zona en donde se trabaje, y se compactan con un pisón, con golpes rasantes.

El método del apisonamiento debe de comenzar en los bordes de los muros, junto al paño del encofrado, después se continúa hasta el centro del mismo, pero se debe de cuidar golpear en todos los sentidos para lograr una presión homogénea.

Esta operación se repite durante varias capas, hasta el llenado del tapial, es en este momento cuando se desarma para colocarse junto al bloque recién construido en la sección lateral y faltante, de esta forma se mantiene la unión en las piezas.

Se continúa hasta cerrar el perímetro del muro como parte de la primera hilada, para este momento el secado de las tapias iniciales será suficiente para soportar el peso del nuevo material, del encofrado y de los trabajadores que seguirán apisonando, por lo que se coloca de nuevo el tapial y se realiza el mismo procedimiento, hasta completar la altura final del muro.



En un trabajo de investigación realizado por Edna Hernández González (2001), corroboro mediante entrevistas y sondeos la forma tradicional de trabajar la técnica de la tapia en la zona de Calpan. Registro lo siguientes pasos constructivos.

- o Se requiere de un terreno que cuente con “tierra amarilla”, de preferencia arcillosa para mayor adhesión y cohesión.
- o La tierra se apila en montones y se desintegra para poder ser apisonada fácilmente.
- o Se colocan las “tapialeras” que forman el cajón para el vaciado, perpendicularmente al piso para ejecutar tramos de muro de 1.00 a 2.00 metros de largo y 0.60cm de espesor. Es importante que en esta fase de trabajo los muros estén a plomo y rectos.
- o Se utilizan estacas de madera para separar los tabloncillos de colado, unidas con ixtle (fibras vegetales provenientes del maguey). Esto es lo que podríamos llamar los costales
- o Se vierte la tierra ligeramente húmeda, formando capas uniformes de 15 cm de altura. Se compacta con pisones, dando entre 110 y 140 golpes por capa, por lapsos de 20 a 30 minutos por bloque.
- o Al finalizar la última capa se vierte agua para garantizar la adherencia del siguiente bloque
- o Se retiran los separadores de madera y se desmolda el bloque terminado. El procedimiento se repite hasta alcanzar la altura deseada.
- o Finalmente la cara exterior e interior del muro se extiende un enlucido con una lechada de cal y barro, o con mortero de cal –arena fina o ceniza.

EL MÉTODO DE BUGEY ¹³

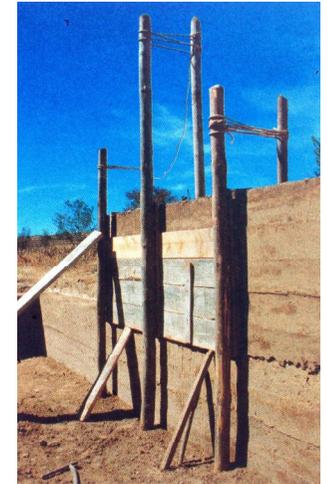
Este método de construcción que se utiliza para la realización de la tapia se sigue realizando en algunas zonas francesas.

La forma de armar el tapial en México tiene muchas similitudes con esta técnica, por lo que se podría pensar que el origen o mejoramiento de esta técnica tendría influencia de algún constructor familiarizado con los sistemas franceses.

Este sistema constructivo, es el siguiente.

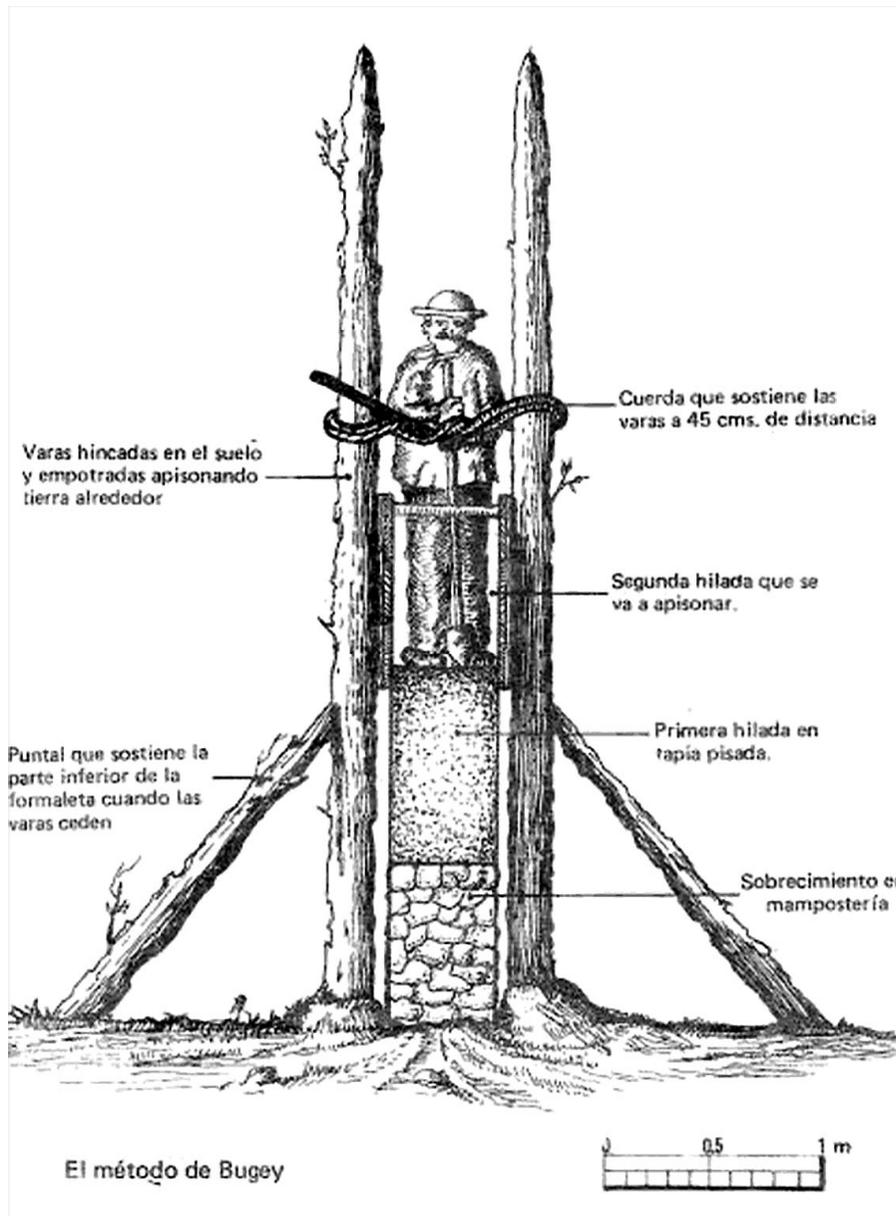
- o Las formaletas no se apoyan en riostras, sino directamente en el piso por medio de largas barras verticales colocadas a los dos lados del muro.
- o Al terminar el sobrecimiento, se clavan varas de madera de ocho centímetros de diámetro, a cada metro, tanto al interior y como al exterior de los muros.

- o Una vez instalada toda la armadura las maniobras para el desplazamiento de la formaleta y la plomada de la misma se simplifican mucho.
- o Si se comienza en una esquina, los paneles de la formaleta, el testero y el codal se desplazan sobre cuatro series y lo único que hay que hacer es amarrar las varas con una cuerda.
- o Después de haber pisado esta primera sección del muro, se desatan las cuerdas, teniendo cuidado de sostener la formaleta a cada lado.
- o Se deslizan hasta las varas siguientes, donde se amarra de nuevo para la construcción, después de lo cual se traslada el encofrado al interior, a fin de hacer la misma operación con los muros divisorios.



¹³(Doat, et al., 1990)

Ejemplo de un armado de tapia en México, con el método de Bugay Imagen: LGB



Las ventajas de este método sobre el tradicional es que requiere menos material, solo necesita un molde, algunas varas rollizas, las cuerdas y los codales.

Este método tradicionalmente es usado para la construcción de caballerizas, establos, las casas de las fincas y demás construcciones agrícolas. (Caballero & Delcy, 2007)

De la misma forma que ocurre en México, en donde aún se encuentran varios ejemplos de este sistema constructivo en muros de haciendas, edificios de tradición agrícola y las viviendas de las comunidades que su principal fuente de trabajo es el campo.

Características técnicas

De los ejemplos observados en la zona central de México, podemos obtener estas características que son las que les dan forma a la tradición de la técnica constructiva del lugar, pero es importante tener en consideración que no se cuenta con estudios, ni levantamientos a profundidad de la zona. Lo cual debe de ser tratado como una actividad prioritaria dentro del campo de la conservación de esta técnica tradicional.

Entre las particularidades más destacables tenemos la vinculación entre los rasgos materiales y formales de la vivienda histórica y vernácula regional. Así como la importancia del uso de la tierra como materia base. La definición de las características climatológicas del sitio, que nos definen el espesor de los muros, la ocupación del terreno, la escasez de ventanas y las pendientes de las cubiertas, entre otros rasgos tipológicos, que simplemente obedecen a la necesidad de protección climática.

En una investigación realizada sobre la tipología de la vivienda en la zona de Calpan por el Dr. Leonardo Meráz, expone algunas características de las construcciones de la zona, lo que nos permite tener un acercamiento a las cualidades constructivas de la zona. Expone que al ser una comunidad aislada de las grandes localidades urbanas, el uso de muros de cerramiento que limitaban las grandes manzanas y viviendas era indispensable como sistema de protección. Esta es la razón por la que este sistema tiene mucha presencia en muros externos a las viviendas.

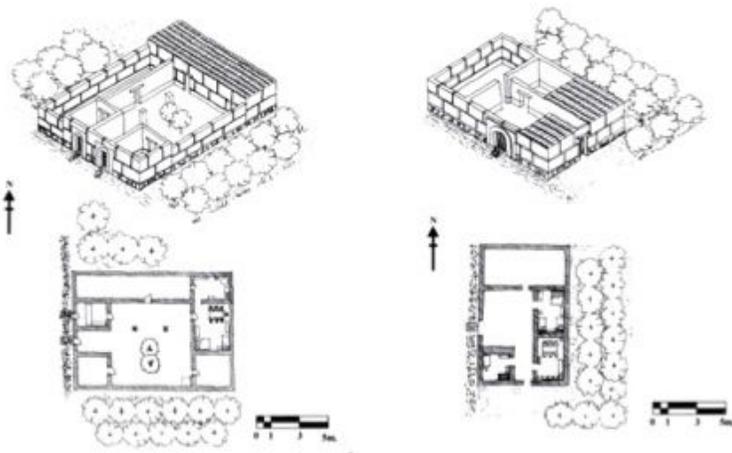


Imagen de algunas de las tipologías de vivienda tradicional en la zona central de México, en donde se puede observar el uso de la tapia en muros perimetrales. Imagen: (Meraz & Guerrero, 2011)

El uso de la tapia se extendió básicamente en la población para el uso de muros delimitantes y de cerramiento, esto hace referencia a los muros externos de los predios y de las viviendas, al interior se utilizaba un sistema mixto con muros de adobe.

Las viviendas se cerraban al exterior, teniendo como único vano abierto el acceso principal, en el interior hacia los patios existían algunas ventanas, sin embargo la vida se daba al exterior, por lo que era importante para los habitantes mantener su privacidad.

Tan solo en la zona de Calpan el Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH) tiene registrado un total de 167 predios que tienen construcciones con tapia, en algunos casos en sus muros perimetrales o en los muros de sus viviendas. Este registro que abarca una mínima zona de estudio, permite hacer la suposición de que dentro de la zona central, debe de existir una presencia aun mayor de tapia. (Hernández, 2002)

Con respecto a la tapia en edificios de mayor tamaño, como lo son iglesias, haciendas, edificios públicos, sus características pueden variar en proporción y tamaño.

Las características constructivas analizadas, que se presentan constantemente en diversos ejemplos, son las siguientes:

- o **Cimentación de mampostería de piedra.** Este tipo de muros se encuentra habitualmente en los conjuntos arquitectónicos de gran formato, para iglesias y haciendas, edificios que tenían cierta importancia dentro de la comunidad, La cimentación de mampostería tenía la finalidad de evitar la filtración de la humedad al propio terreno. En algunos casos, la cimentación se extendía fuera del nivel de piso, hasta formar el zócalo. Estos muros podían llegar a tener de ancho hasta 0.60metros.
- o **Cimentación a base del mismo material.** Es la prolongación al subsuelo del muro de tapia, con la misma sección existente. Este tipo de cimientos se utilizaba con frecuencia para la construcción de viviendas y muros perimetrales dentro la de localidad. Las medidas aproximadas para este tipo de muros es de 0.40 a 0.50 metros, con cepas aproximadamente de 0.80 metros, pero esto puede variar según el ancho del muro de tapia.

- o **Remates de muros de tapia con adobe.** Esta característica es la más constante y más peculiar. Debido a las condiciones climáticas del lugar y los periodos de fuertes lluvias, es necesaria la construcción de pendientes en las techumbres del 15% aproximadamente. Estas vertientes de los techos se orientan hacia el interior de los predios. La pendiente se logra mediante la incorporación de hiladas de adobe en la corona de los muros.
- o **Coronamiento de los muros.** Debido a las características propias del muro de tapia, es necesario protegerlo de la intemperie y el agua de lluvia. En su corona se construye algún elemento protector, puede ser mampostería de piedra, de canto rodado o de ladrillo y con mortero de cal.
- o **Sistema de vanos. Dintel de madera, ladrillo y/o piedra.** Las ventanas se abren hacia el interior de los predios, por medio de la técnica de la horadación. Se perforaban con cincel y martillo los muros de tapia, se efectuaba una cala en el muro en una línea horizontal que permitía la introducción de un dintel de madera. Una vez que era colocado se terminaba de horadar la venta-

na y se le daba la forma rectangular o cuadrada característica. Los dinteles pueden ser de piedra labrada o de ladrillo enlucido.

- o **Revestimiento enlucido.** Es el recubrimiento que se aplica en las fachadas, tiene un acabado más uniforme y de mejor apariencia. Se aplica en dos o tres capas y con mortero de cal.
- o **Revestimiento enfoscado.** Cubre las fachadas como elemento de protección de la intemperie. Su acabado no es fino, es de realización inmediata. Se realiza con mortero de cal, o de cal y barro, se le puede agregar cenizas a la mezcla, dando un acabado del mismo tono y siendo un revestimiento de protección.
- o **Secciones de los muros de tapia.** Debido a las grandes alturas que tienen los muros de las haciendas y de los edificios de uso religioso, el aproximado de estos muros es de 0.80m, con variaciones de menor o mayor tamaño. Este espesor también podía variar de acuerdo al recubrimiento. No es posible hacer muros de más de tres bloques por las características sísmicas de la región.

Los muros de cerramiento y de vivienda tradicional tienen un espesor menor, la sección aproximada varía de desde los 0.30 hasta los 0.50 metros.

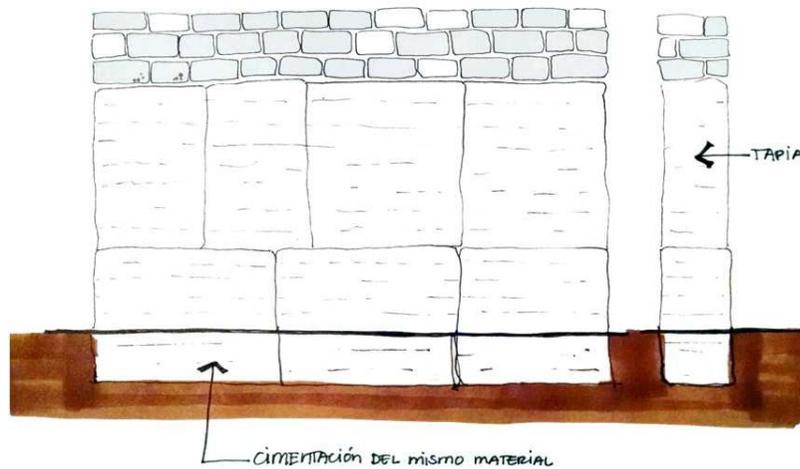
- o **Secciones interiores de la tapia.** Los espesores de las capas de tierra o tongadas, en su mayoría son de 0.20 hasta los 0.30 metros de altura, es muy difícil establecer una medida puntual en el tamaño de la tongada, esto demuestra que pueden variar de acuerdo al sitio y las características propias de la tierra.
- o **Medidas de los bloques de tapia.** No es posible estandarizar las medidas, porque varían de acuerdo al constructor, la técnica y la tierra, se han identificado medidas, que sirven de referente. En las viviendas tradicionales y muros perimetrales, los bloques utilizados para dar las alturas normalmente eran de dos hileras de altura. En edificios públicos y religiosos podían llegar a ser de hasta tres hileras.
 - Bloques 1. De 1.00 x 2.00 metros de largo.
 - Bloques 2. De 1.80 x 1.80 metros de largo.
 - Bloques 3. De 1.00 x 1.50 metros de largo.

- o **Disposición de las juntas.** El muro de tapia es monolítico, sin embargo debido a su sistema de construcción da la impresión de ser un muro aparejado, dividido por grandes secciones de bloques. Para tener mayor resistencia debe tener discontinuidad en el aparejo.
- o **Encuentro de dos muros.** Debido a la continuidad del aparejo en los bloques de tapia, los encuentros de los muros en las esquinas pueden tener problemas estructurales, si no existe el traslape de los mismos, genera grietas por los empujes horizontales.

CIMENTACIÓN A BASE DEL MISMO MATERIAL



CROQUIS

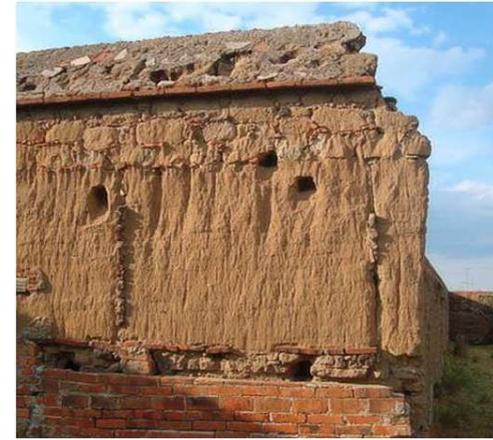


DESCRIPCIÓN

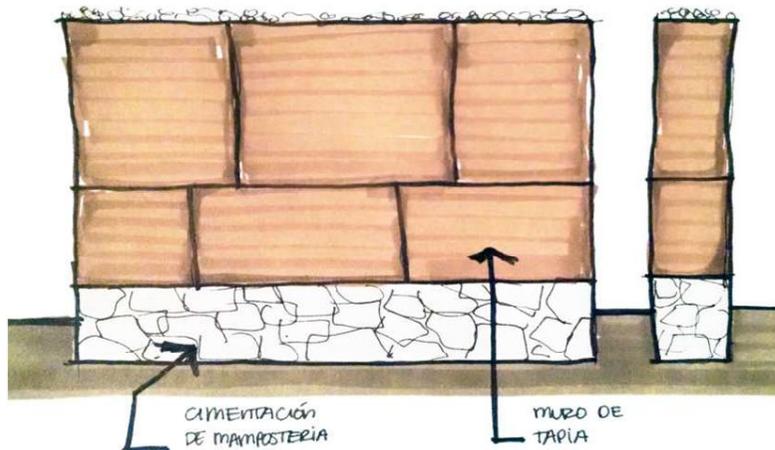
Cimentación a base del mismo material.

Esta solución consiste en la prolongación al subsuelo del muro de tapia, con la misma sección existente. Este tipo de cimientos se utilizaba con frecuencia para la construcción de viviendas y muros perimetrales. Los zócalos de piedra normalmente se utilizaban para elementos con cierta importancia jerárquica dentro de la localidad. La cota del plano de apoyo de esta cimentación en el subsuelo depende de las características morfológicas de cada suelo, sin embargo un aproximado de los muros que se han podido verificar es de 0,40 a 0,50, con cepas aproximadamente de 0,80, pero esto depende del ancho del muro de tapia. Esta solución al estar en contacto directo con el suelo, puede producir deterioros por la humedad por capilaridad.

CIMENTACIÓN DE MAMPOSTERÍA



CROQUIS



DESCRIPCIÓN

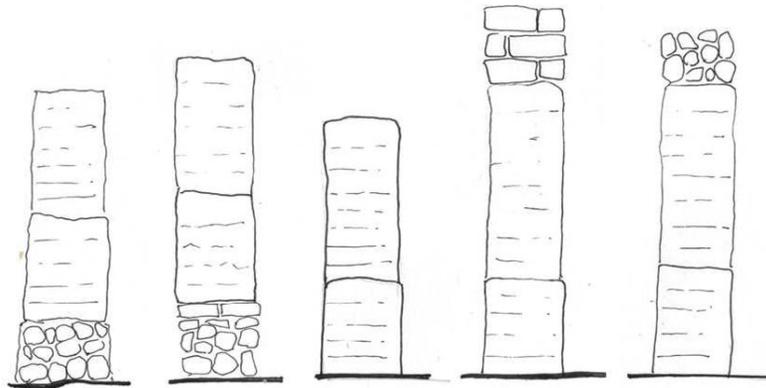
Cimentación de mampostería de piedra y/o ladrillo para evitar la filtración de la humedad del propio terreno al muro de tapia.

Este tipo de muros se encuentra habitualmente en los conjuntos arquitectónicos de gran formato, para iglesias y haciendas, edificios que tenían cierta importancia dentro de la comunidad. La solución consiste en un muro de mampostería de piedra o ladrillo, de la misma sección que el de tapia. La cota del plano de apoyo de esta cimentación en el subsuelo depende de las características morfológicas de cada suelo, sin embargo un aproximado de los muros que se han podido verificar es hasta de 0.60 metros. Asentados con mortero de cal, en algunos casos sobresalen del nivel del suelo, siendo los zócalos del muro a partir de 0.30m. En algunos casos, los remates de las cabezas de los muros, se terminaban también con el mismo mampuesto, para generar protección contra la humedad en ambas direcciones.

SECCIONES DE MUROS



CROQUIS



DESCRIPCIÓN

Secciones de los muros de tapia (0.80m)

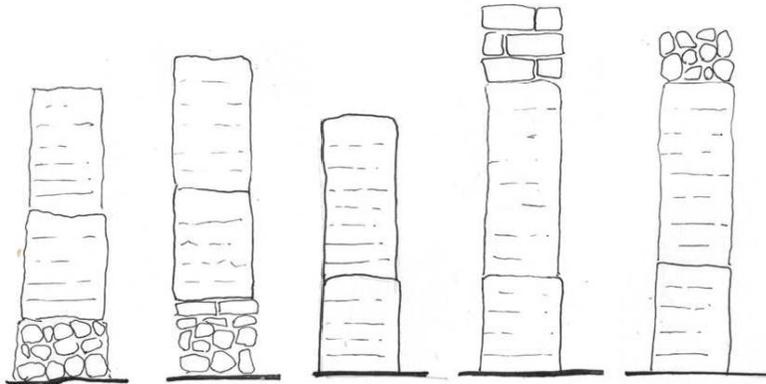
Las secciones de los muros pueden variar dependiendo de las características morfológicas de la tierra en cada zona, sin embargo, existen diferencias de los espesores si comparamos con la altura y necesidades de los muros de cerramiento de una hacienda. Estos son de mayor tamaño, debido a las grandes alturas que tienen.

El aproximado de estos muros es de 0.80m, con variaciones de menor o mayor tamaño. Este espesor también podía variar de acuerdo al recubrimiento, si era de mortero de cal simple, o si tenía agregados de mampostería de piedra.

SECCIONES DE MUROS



CROQUIS



DESCRIPCIÓN

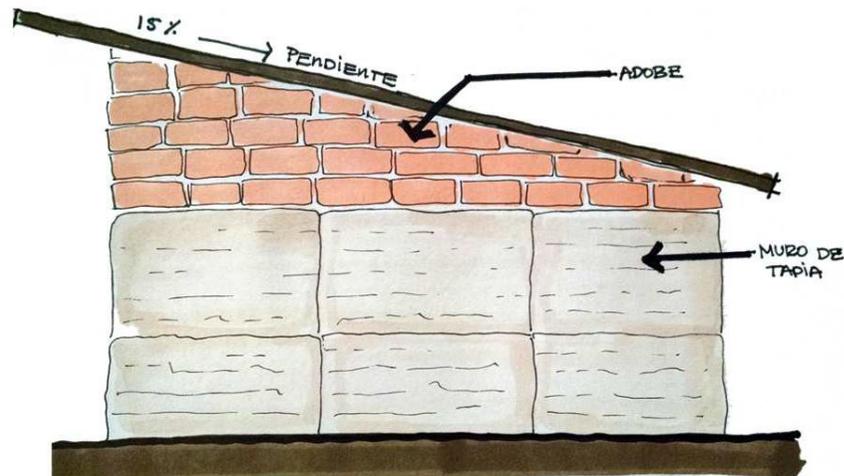
Secciones de los muros de tapia (0.30 a 0.50m)

Como se mencionó antes, las secciones de los muros pueden variar dependiendo de las características morfológicas de la tierra en cada zona, sin embargo, existen diferencias de los espesores si comparamos con la altura y necesidades de los espacios que protegen. Los muros de cerramiento y los muros para vivienda tradicional tienen un espesor menor, que los que se ubican en las grandes haciendas.

La sección aproximada varía de entre los 0.30 metros, hasta los 0.50 metros. Este espesor no varía mucho dependiendo de los recubrimientos, debido a que son capas ligeras de mortero de cal, en el caso de que los tengan.



CROQUIS



DESCRIPCIÓN

Muros con remate de adobe para dar pendiente a la cubierta

Debido a las condiciones climáticas del lugar y los periodos de lluvias fuertes, es necesaria la construcción de pendientes en las techumbres. Estas vertientes de los techos se orientan hacia el interior de los predios, por lo que en la calle, no se evidencian tejados.

La pendiente de la cubierta es de aproximadamente 15%, debido a la uniformidad de los bloques de tapia está pendiente se logra mediante la incorporación de hiladas de adobe en la corona de los muros. En los laterales de las viviendas se logra tallando las piezas.

REMATES DE MUROS



CROQUIS

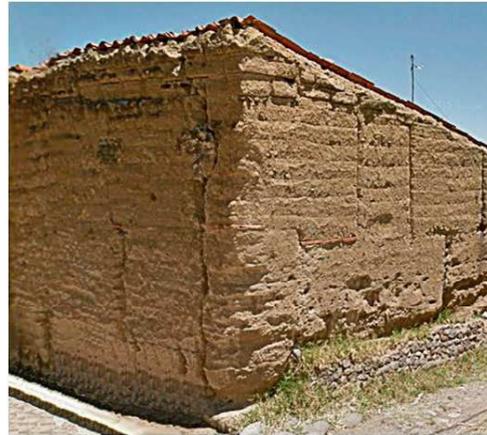


DESCRIPCIÓN

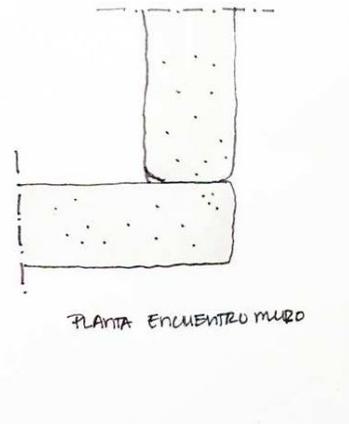
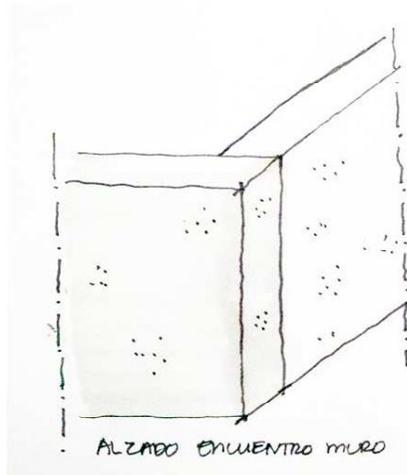
Coronas de muros. Elementos de protección contra la intemperie y la lluvia.

Debido a las características propias del muro de tapia, es necesario protegerlo contra la intemperie y el agua de lluvia. Por lo que en su corona se construye algún elemento de refuerzo, puede ser mampostería de piedra, de canto rodado o de ladrillo, con mortero de cal. En el caso de que el muro sea la continuación de una vivienda, este elemento es protegido por la misma cubierta de teja y no se requiere dicha corona.

ENCUENTROS DE MUROS



CROQUIS



DESCRIPCIÓN

ENCUENTROS DE MUROS. CONTINUAS

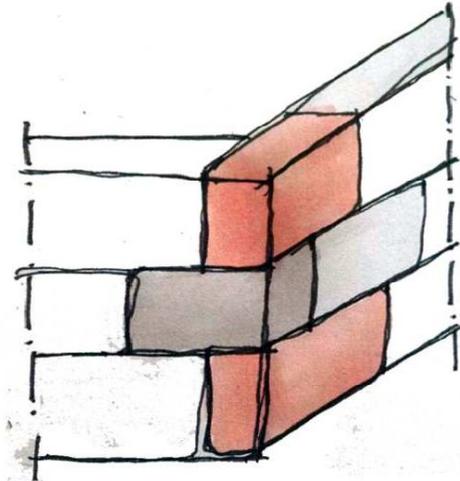
JUNTAS

Debido a la continuidad del aparejo en los bloques de tapia, los encuentros de los muros en las esquinas pueden tener problemas estructurales, no existe el traslape de los mismos, por lo que es muy fácil generar grietas por los empujes horizontales. En la zona de estudio, debido a la falta de especialización técnica de los constructores, este descuido se presenta de manera continua.

ENCUENTROS DE MUROS



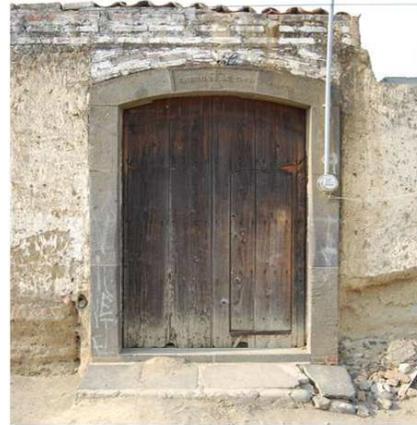
CROQUIS



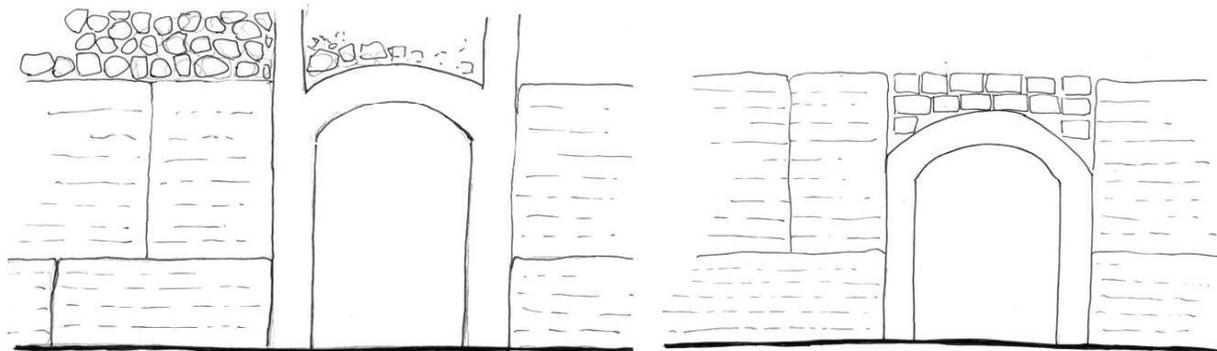
DESCRIPCIÓN

ENCUENTRO ENTRE MUROS. JUNTAS TRABADAS

Los encuentros de los muros de las esquinas al tener las juntas trabadas, tienen mayor resistencia y evitan los empujes horizontales. Esta técnica en la zona se puede observar en edificios de mayor formato y de mayor amplitud.



CROQUIS



DESCRIPCIÓN

Dintel de madera, ladrillo y/o piedra.

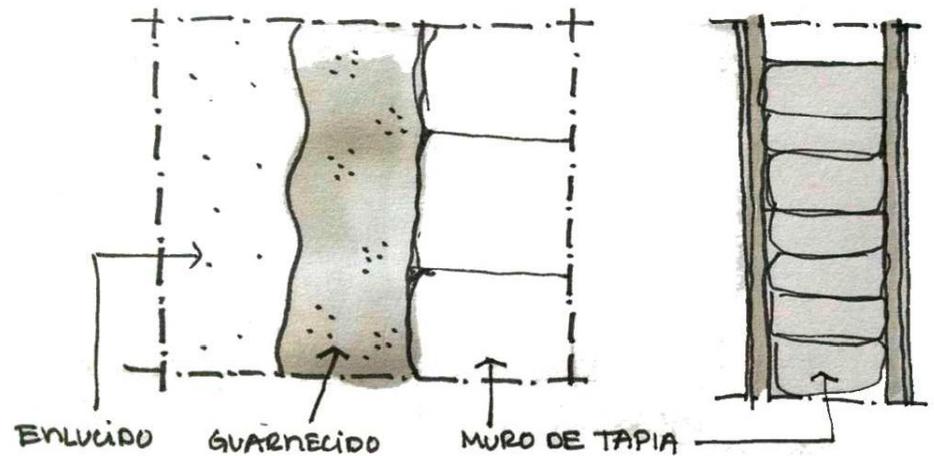
Las ventanas se abren hacia el interior de los predios. Se utiliza la técnica de la horadación, se perforaban con cincel y martillo, una vez que el tapial había secado perfectamente. Primero se efectuaba una cala en el muro en una línea horizontal que permitía la introducción de un dintel de madera. Una vez que era colocado se terminaba de horadar la ventana y se le daba la forma rectangular o cuadrada característica.

Para los exteriores, los dinteles pueden ser de piedra labrada o de ladrillo enlucido. En algunos casos se dejaba el vano para la puerta y se cerraba con adobe, al tener la misma altura que las tapias y de acuerdo a la continuación de las hiladas de adobe

REVESTIMIENTO ENLUCIDO



CROQUIS



DESCRIPCIÓN

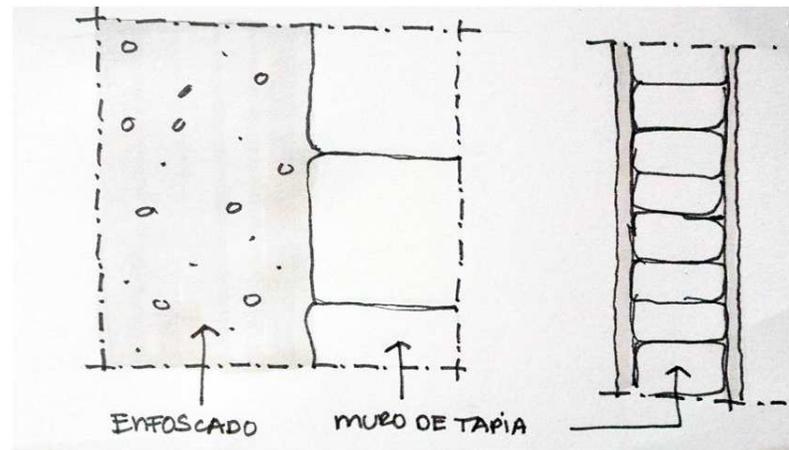
Revestimiento enlucido.

El enlucido es el recubrimiento que se aplica en las fachadas, que tiene un acabado más uniforme y de mejor apariencia. Se aplica en dos o tres capas. La primera es un árido más grueso y la siguiente uno mucho más fino. Se realiza con mortero de cal. Sin embargo debido a las malas intervenciones es posible encontrar algunos revestimientos de cemento, que a la larga deterioran el material y producen humedad y el desprendimiento del mismo enlucido.

REVESTIMIENTO ENFOSCADO



CROQUIS



DESCRIPCIÓN

Revestimiento enfoscado

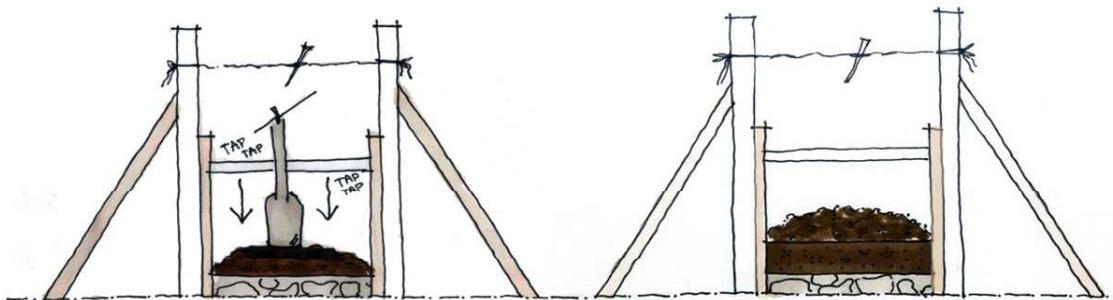
El enlucido es el recubrimiento rústico o tosco, que cubre las fachadas como elemento de protección de la intemperie. Su acabado no es fino, es de realización inmediata. Se realiza con mortero de cal, o de cal y barro, se le puede agregar cenizas a la mezcla, dando un acabado del mismo tono y siendo un revestimiento de protección.

Se han observado ejemplos que tienen revestimiento con piedras colocadas en mampuesto para darle un mayor espesor al muro de tapia.

TONGADAS / ESPESORES CAPAS DE TIERRA



CROQUIS



DESCRIPCIÓN

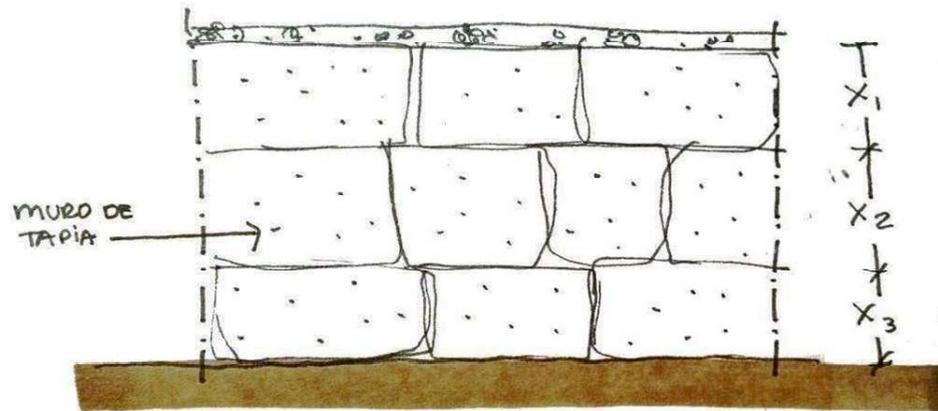
ESPESORES DE CAPAS DE TIERRA

Los espesores de las capas de tierra, también llamadas tongadas, en su mayoría registradas en la zona del municipio de Calpan son de 30cm de altura, pero aun así existen variantes en su fabricación. Mientras que En el estado de Tlaxcala existen registros de que en su mayoría son de 20cm. Por lo que es muy difícil establecer una medida puntual en el tamaño de la tongada, esto demuestra que pueden variar de acuerdo al sitio y las características propias de la tierra.

ALTURAS DE MUROS



CROQUIS



DESCRIPCIÓN

ALTURA DE MUROS: TRES BLOQUES

Se han identificado estas medidas estándar en la zona central, a pesar de que no es posible estandarizar las medidas, porque varían de acuerdo al constructor, la técnica y la tierra, se han encontrado varios ejemplos de estas medidas, que sirven de referente.

Bloques 1. De 1.00 x 2.00 metros de largo.

Bloques 2. De 1.80 x 1.80 metros de largo.

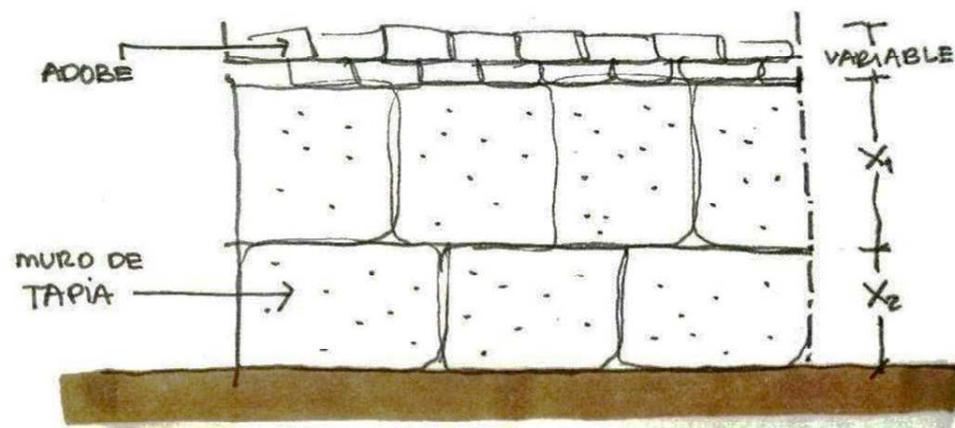
Bloques 3. De 1.00 x 1.50 metros de largo.

El número máximo de bloques a utilizar debido a las condiciones sísmicas de la zona es de tres. Estos solo se utilizaban en edificios de carácter religioso o de mayor importancia y uso, como en el caso de las Haciendas y las Iglesias.

ALTURAS DE MUROS



CROQUIS



DESCRIPCIÓN

ALTURA DE MUROS: DOS BLOQUES

Se han identificado estas medidas estándar en la zona central, a pesar de que no es posible estandarizar las medidas, porque varían de acuerdo al constructor, la técnica y la tierra, se han encontrado varios ejemplos de estas medidas, que sirven de referente.

Bloques 1. De 1.00 x 2.00 metros de largo.

Bloques 2. De 1.80 x 1.80 metros de largo.

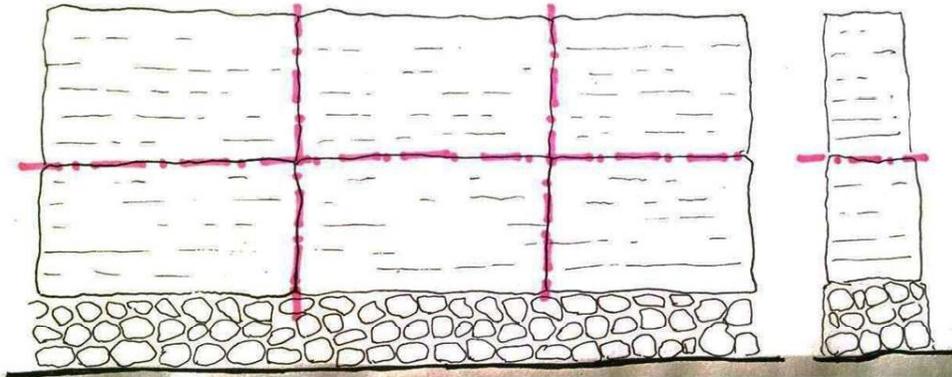
Bloques 3. De 1.00 x 1.50 metros de largo.

En las viviendas tradicionales y muros perimetrales, los bloques utilizados para dar las alturas normalmente eran de dos hileras de altura.

DISPOSICIÓN DE LAS JUNTAS



CROQUIS



DESCRIPCIÓN

DISPOSICIÓN DE LAS JUNTAS. CONTINUAS

JUNTAS

El muro de tapia es monolítico, sin embargo debido a su sistema de construcción da la impresión de ser un muro aparejado, dividido por grandes secciones de bloques.

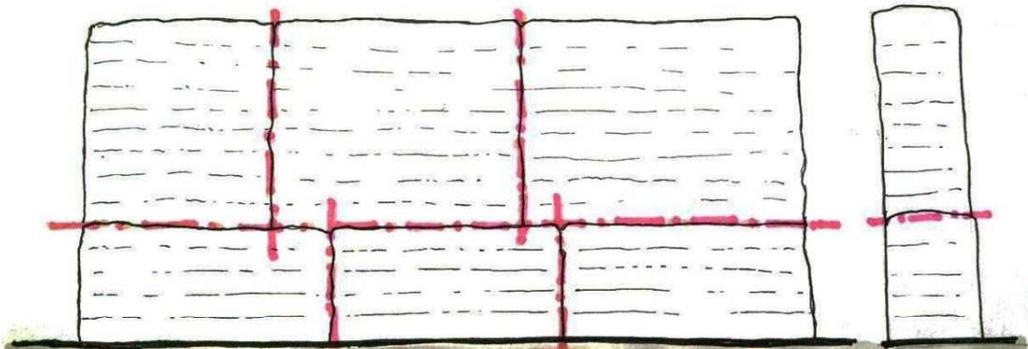
La modulación de los bloques de tapia para tener mayor resistencia debe de tener discontinuidad en el aparejo, esto es que no genere juntas que por falta de traba produzcan deterioros y fragmenten la continuidad de la tapia, haciéndola perder su resistencia.

En la zona de estudio, debido a la falta de especialización técnica de los constructores, este descuido se presenta de manera continua.

DISPOSICIÓN DE LAS JUNTAS



CROQUIS



DESCRIPCIÓN

DISPOSICIÓN DE LAS JUNTAS. JUNTAS TRABADAS

Como se mencionó antes, el muro de tapia es monolítico, debido a su sistema de construcción da la impresión de ser un muro aparejado, dividido por grandes secciones de bloques.

La modulación de los bloques de tapia para tener mayor resistencia debe de tener discontinuidad en el aparejo, de esta forma se evitan las fisuras de forma vertical, que debilitan la continuidad del muro, esta es la forma adecuada de realizar el tapial.

Análisis constructivo

Con objeto de determinar los elementos constructivos y particulares de la tapia, se plantea un análisis de las características constructivas, que consiste en la abstracción por comparación de los componentes esenciales y principios de organización que se presentan de manera constante, en una serie de ejemplares de estudio.

Esta actividad teórica y creativa puede definir un sistema de relaciones conceptuales, que den un primer acercamiento a las principales variantes del sistema tecnológico.

Es importante tener en consideración que no se busca la obtención de resultados para formar ejemplares para ser reproducidos, sino se pretende tener una visión de su evolución para poder participar en su desarrollo (Guerrero, 1999).

Por lo que los resultados serán determinantes para tener un primer acercamiento a los conocimientos de las técnicas y establecer el orden de sus componentes, así como sus principales características técnicas y

constructivas. Por lo tanto será posible organizar propuestas de conservación y mantenimiento, pero sobre todo dar a conocer las bases de la tecnología constructiva, para abrir la posibilidad de que las construcciones nuevas se integren en el contexto, promoviendo la conservación de la tapia.



Los pasos a desarrollar en este proceso son los siguientes:

- o Búsqueda de bibliografía del tema. Para comprender el campo de estudio y el tamaño que abarca, además si se cuenta con información preexistente de la situación del lugar.
- o Acercamiento al sitio. Conocer las características climatológicas y topográficas de la región que definen las características técnicas de los sistemas constructivos, tanto por su materialidad, como por sus rasgos tipológicos.
- o Toma de muestras. Se realiza un primer acercamiento identificando las características que se buscan analizar y los rasgos que determinan las funcionalidades.
- o Análisis de las fotografías. Es importante aclarar que debido al tamaño de la investigación y la falta de Información existente en la actualidad referente al tema, lo que se pretende es un primer acercamiento que genere las pautas para el inicio de una investigación más profunda.
- o Comparativa de las muestras. A partir de las muestras tomadas, se organiza la información para identificar características constructivas que determinan la fisonomía de la tapia.
- o Definición de las principales características técnicas y constructivas. Después de la comparativa de las muestras es posible determinar cuáles son los rasgos sobresalientes dentro del proceso del diseño y construcción de la tapia en la zona de estudio.
- o Croquis de detalles observables. Como conclusiones del análisis previo, en donde se han identificado los rasgos más sobresalientes, teniendo en cuenta que siempre hay pautas fuera de la norma y no necesariamente excluyen a los demás patrones que no siguen el mismo proceso formal.

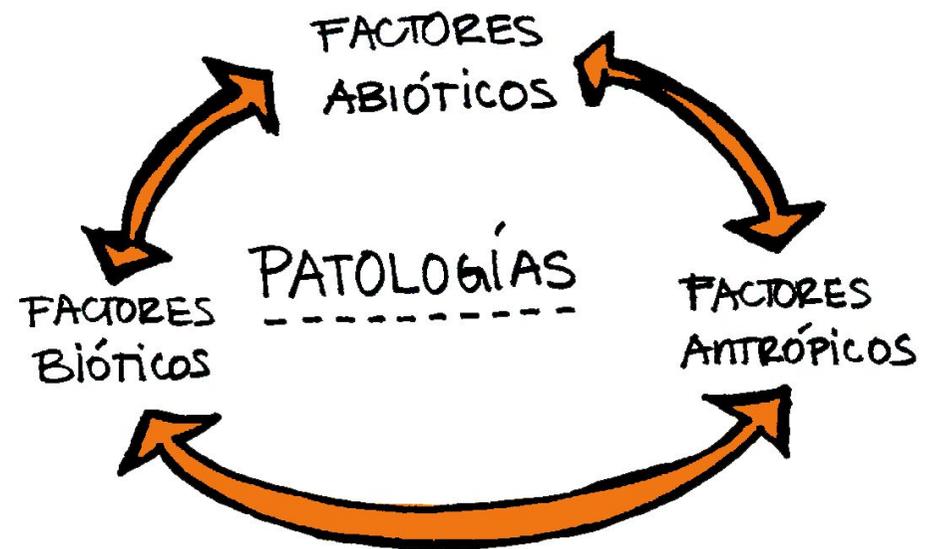
Deterioros observables

Identificar, conocer y detectar a tiempo las patologías que afectan al edificio es un paso fundamental para advertir el estado de conservación del mismo, para buscar soluciones que frenen este proceso y así poder generar un proyecto de restauración adecuado al mismo.

Las patologías se manifiestan normalmente en la superficie de los inmuebles. Se debe distinguir entre dos tipos de fenómenos: las alteraciones, que son las modificaciones del material y las degradaciones, que son las transformaciones que sufre el material y que implican un agravamiento del problema. (Mileto & Vegas, 2014)

Con los ejemplos obtenidos en el área de estudio fue posible generar de forma superficial la identificación de ciertas patologías presentes y constantes en la arquitectura de tapia.

Esta identificación puede definir condicionantes para la conservación y la intervención en este patrimonio, para fomentar su conservación y buscar soluciones que no afecten su integridad. También es un primer acercamiento al análisis de la problemática detectada, para poder corregir fallas de fábrica, que puedan ayudar a la mejora de la técnica constructiva.





HUMEDAD DE ASCENSIÓN POR CAPILARIDAD



CONSERVACIÓN: ADECUADO
 Esta tapia está constituida por una base de mampuestos de canto rodado, por lo que no presenta humedad por capilaridad en su base.



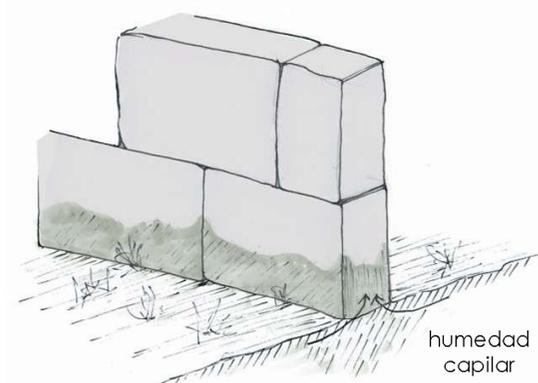
CONSERVACIÓN: MEJORABLE
 La tapia de la segunda imagen no cuenta con una base de mampostería, por lo que aparecen problemas como la humedad por capilaridad en su base.



CONSERVACIÓN: DEPLORABLE
 En este caso se ha repuesto la base afectada por la humedad, pero con elementos ajenos a la construcción con tierra como son los bloques de hormigón.

DESCRIPCIÓN PATOLOGÍA

Se presenta en los arranques de los muros, como consecuencia de las cimentaciones pobres, en ausencia de drenajes adecuados y falta de aireación. A partir de esta patología aparece otra, la pérdida de material en la parte de la base del muro afectada por la humedad capilar. Para reparar este problema en algunos casos se han repuesto las bases con mampostería de canto rodado asentada con mortero de cal i arena. En otros casos se reponen con materiales incompatibles con la tierra produciendo así un mayor deterioro.





CONSERVACIÓN: ADECUADO

El nivel de erosión que se encuentra en este muro de tapia resulta muy bajo i no llega a producir ningún problema estructural.



CONSERVACIÓN: MEJORABLE

En este caso la erosión de la base del muro ya empieza a ser considerable, por lo que se debería actuar sobre el muro antes de llegar a un estado peor.

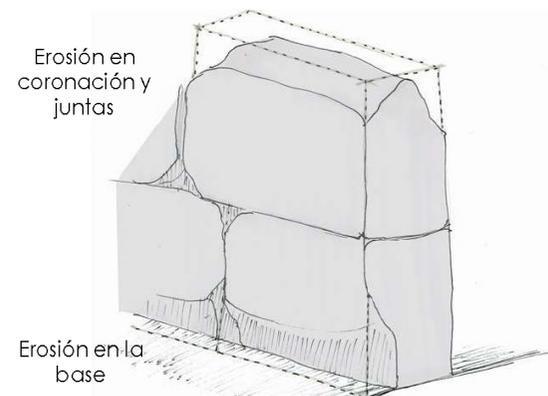


CONSERVACIÓN: DEPLORABLE

Por último caso, un ejemplo de la reparación de la superficie muy erosionada mediante materiales totalmente ajenos a la tapia.

DESCRIPCIÓN PATOLOGÍA

La erosión genérica del muro puede responder a diversos fenómenos concretos. Principalmente afectan los fenómenos meteorológicos a los que esta expuesta de manera continuada la tapia. Entre dichos fenómenos se encuentran las humedades por agua de lluvia o por filtraciones, las heladas o los cambios continuos de temperatura. En los paramentos más erosionados se realizan reposiciones de material que, en la mayor parte de los casos, se ejecutan con materiales incompatibles con la construcción original.





CONSERVACIÓN: ADECUADO

En este muro han empezado a aparecer eflorescencias en el revestimiento exterior, siendo aún simples manchas en el paramento.



CONSERVACIÓN: MEJORABLE

El segundo caso es el de un muro que ya ha perdido su capa superficial y siguen apareciendo humedades de todo tipo, por lo que las eflorescencias serán cada vez más evidentes



CONSERVACIÓN: DEPLORABLE

Por último, un ejemplo en el que ya se ha desmoronado parte del muro y las grandes manchas siguen siendo muy evidentes en toda su superficie.

DESCRIPCIÓN PATOLOGÍA

Son un fenómeno que consiste en la recristalización de sales que han sido conducidas hasta la cara externa del paramento. Estas sales pueden tener su origen en los propios materiales utilizados, o pueden ser externas, provenientes del terreno,

El agua de lluvia o el vapor de agua que atraviesa el cerramiento diluyen estas sales y las arrastran consigo hasta el exterior donde cristalizan y se depositan en la superficie formando una característica veladura blanquecina que delata su presencia.





CONSERVACIÓN: ADECUADO

En este paramento se observa la concentración de ensuciamiento en su coronación, pero ésta aún conserva su forma y composición original.



CONSERVACIÓN: MEJORABLE

En el segundo ejemplo la suciedad se aglutina en la coronación del muro también, pero éste se encuentra desprotegido en su coronación y la suciedad penetra al interior.

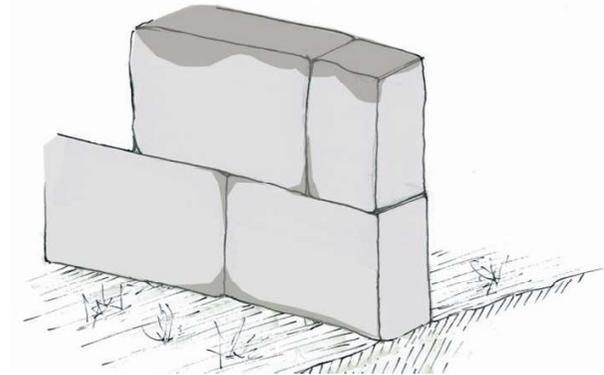


CONSERVACIÓN: DEPLORABLE

En este último caso, la suciedad no solo se concentra en la coronación, sino que aparece también en otras partes del paramento.

DESCRIPCIÓN PATOLOGÍA

Depósitos de humos, hollín y polvo que por la acción de la humedad se aglutinan formando depósitos de coloración negra, creando una pátina con gran poder de penetración en las superficies de los poros. Aparece sobretudo en la parte superior del muro, que es la más expuesta a los agentes contaminantes i al agua de lluvia. No se ha tomado ninguna solución para este tipo de patologías.





CONSERVACIÓN: ADECUADO

En este muro de tapia aparece una coronación con mampostería y arranca desde ella una cubierta inclinada de teja, que protegerá al paramento de la lluvia.



CONSERVACIÓN: MEJORABLE

Sin una coronación suficientemente resistente al agua, el material de la superficie del muro es arrastrado erosionando cada vez mas la tapia.

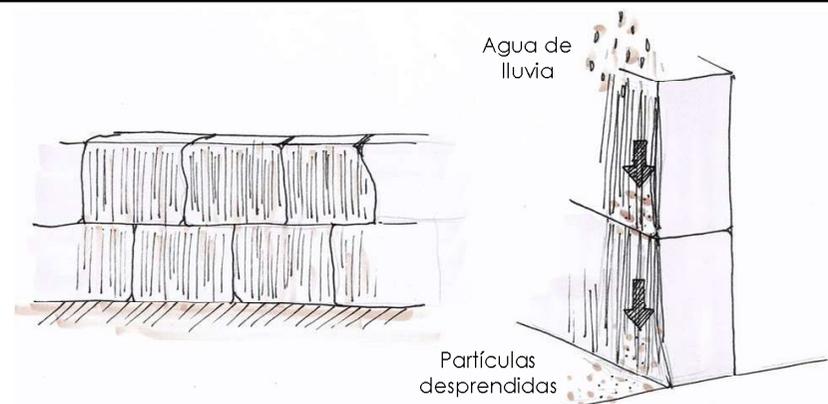


CONSERVACIÓN: DEPLORABLE

En el caso que se hayan ejecutado refuerzos de hormigón armado como en la fotografía, la acción del agua arrastra sales y partículas del cemento a lo largo de toda la superficie de tapia.

DESCRIPCIÓN PATOLOGÍA

Acción erosiva sobre la obra de tapia que elimina y arrastra materiales y depósitos superficiales de suciedad o materiales ajenos depositados sobre el paramento. Este fenómeno produce una gran erosión en paramentos de poca resistencia superficial como es la tierra. Para evitar que se siga erosionando el paramento es necesario proteger la coronación del muro de tapia del agua de lluvia, en los casos en que se encuentra protegido, la aparición de esta patología es mínima.





CONSERVACIÓN: ADECUADO

En la primera imagen se han dispuesto contrafuertes de piedra i mortero de cal y arena a lo largo de todo el muro para evitar desplomes.



CONSERVACIÓN: MEJORABLE

En este caso se construye un contrafuerte por la parte exterior del muro para corregir los desplomes existentes en el muro.

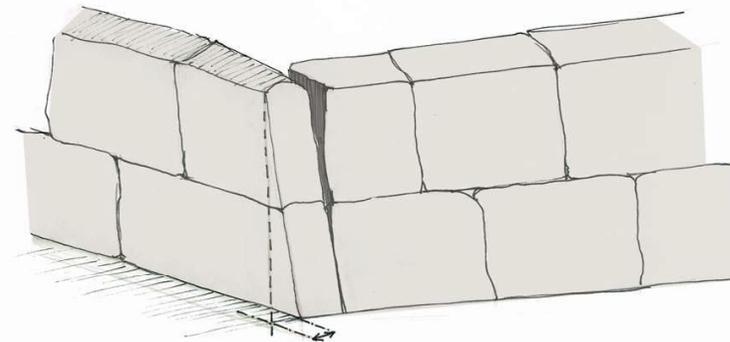


CONSERVACIÓN: DEPLORABLE

En la última imagen, no se ha corregido el desplome y aparecen grietas que ponen en peligro la estabilidad de la construcción.

DESCRIPCIÓN PATOLOGÍA

Perdida de la geometría inicial del elemento a consecuencia de cargas que actúan sobre él sin llegar a romperlo. Los empujes horizontales producen desplomes. Dichos empujes pueden provenir tanto de elementos horizontales (forjados, cubiertas, terreno, etc) como de verticales (muros de esquina e interiores). La pérdida de verticalidad del muro pone en peligro su estabilidad y ha requerido intervenciones como pequeños contrafuertes en la parte exterior con piedra volcánica asentada con mortero de cal-arena, y otras no tan adecuadas como tirantes metálicos en las partes altas de los muros.



EROSIÓN DEL MATERIAL DEL REVESTIMIENTO



CONSERVACIÓN: ADECUADO

El nivel de erosión de este muro es avanzado pero no aparecen oquedades profundas ni se ha producido ningún fallo estructural.



CONSERVACIÓN: MEJORABLE

En este caso la erosión del revestimiento ha dado lugar a una posterior erosión del material interior del muro y la creación de oquedades importantes.

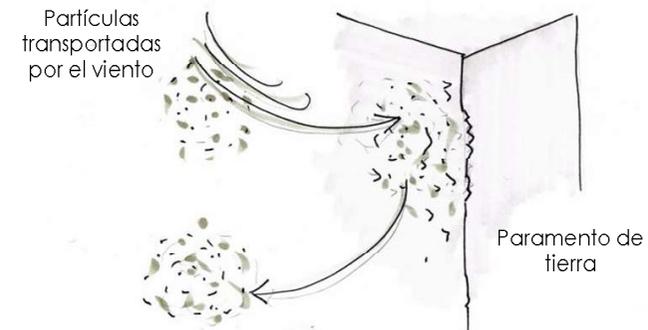


CONSERVACIÓN: DEPLORABLE

En último lugar, este muro ha sido muy erosionado hasta aparecer grandes huecos en el paramento y la parte inferior esta gravemente dañada.

DESCRIPCIÓN PATOLOGÍA

Esta patología se produce por la acción de diversos factores sobre el paramento. La resistencia mecánica con que cuenta el revestimiento del muro de tapia es escasa frente a acciones mecánicas o fenómenos medioambientales que puedan actuar sobre él. Por la acción de las partículas que transporta el aire y chocan contra el paramento, junto con la acción de la lluvia, se va produciendo una pérdida de material que puede llegar a provocar problemas estructurales.



PARTES FALTANTES DEL MURO



CONSERVACIÓN: ADECUADO

En este caso se ha reconstruido la parte superior del muro con tapia, siguiendo el mismo sistema que en la construcción original.



CONSERVACIÓN: MEJORABLE

En otras ocasiones se reconstruye por el interior del muro de tapia la parte que falta con bloques de hormigón, pero sin que éstos interfieran en la composición del muro de tapia.

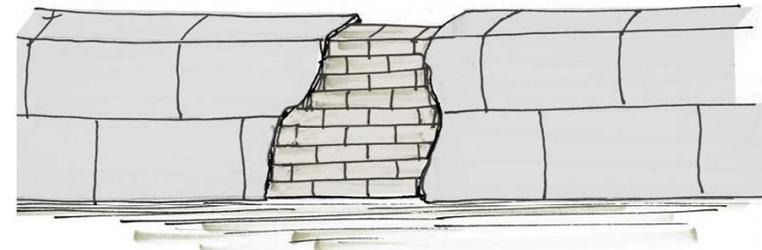


CONSERVACIÓN: DEPLORABLE

Por último, aparecen los casos en que la reconstrucción con bloques de hormigón se realiza sobre el mismo muro de tapia, alterando su composición y estructura.

DESCRIPCIÓN PATOLOGÍA

Por desconocimiento de las características de ésta técnica constructiva no se restaura a tiempo en muchas ocasiones y se producen desmoronamientos de partes completas del muro de tapia. Para reconstituir estas partes de la tapia es frecuente usar materiales como los bloques de hormigón o el cemento, que son completamente incompatibles con la construcción con tierra. La utilización de estos materiales producirá posteriormente otras patologías como falta de adherencia, manchas y eflorescencias.





CONSERVACIÓN: ADECUADO

En esta imagen, se observa la utilización del adobe en la parte superior de la tapia para conformar las cubiertas inclinadas



CONSERVACIÓN: MEJORABLE

En segundo caso se muestra como se disponen los refuerzos de hormigón armado excavando en la tapia los huecos para empotrarlos, sin seguir la modulación original.

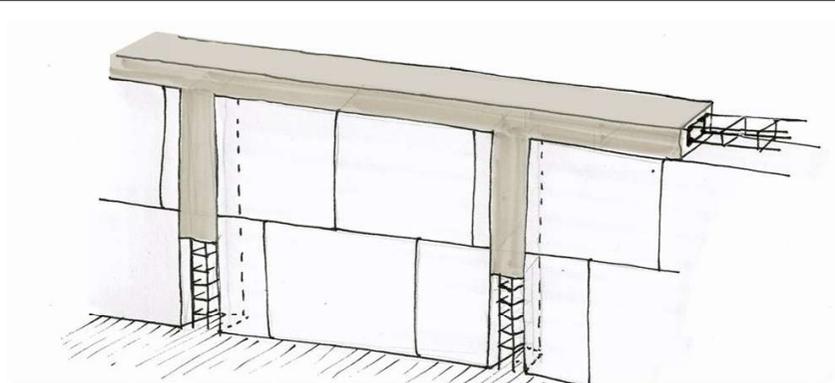


CONSERVACIÓN: DEPLORABLE

Por último, se observan tapias a las que se les realiza el corte, se coloca la armadura metálica en el interior y se abandona sin terminar los refuerzos.

DESCRIPCIÓN PATOLOGÍA

Se introducen elementos estructurales en los muros de tapia para mejorar su comportamiento. En la construcción tradicional se utilizaba el adobe como parte superior de la tapia para realizar la pendiente y el encuentro con las cubiertas inclinadas. En la actualidad se refuerzan los muros con hormigón armado, realizando soportes y zunchos excavados y empotrados en la tapia. Esta medida resulta contraproducente ya que el hormigón no se adhiere a la arcilla, y no trabaja conjuntamente con ésta.





CONSERVACIÓN: ADECUADO

En este muro el vano ha sido construido al mismo tiempo que el resto de paramento, mediante técnicas tradicionales



CONSERVACIÓN: MEJORABLE

En este caso, se ha abierto el vano posteriormente reforzando con cemento los laterales de éste.

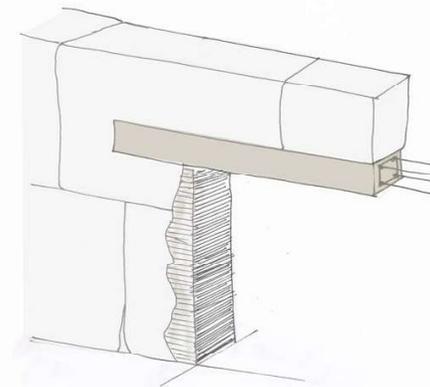


CONSERVACIÓN: DEPLORABLE

Por último, existen vanos como el de la imagen que perforan completamente el muro y se refuerzan en jambas y dinteles con hormigón armado.

DESCRIPCIÓN PATOLOGÍA

En cuanto a la apertura de vanos en el muro de tapia, aparecen casos en los que se ha construido el hueco al mismo tiempo que la tapia y otros casos en que la apertura es posterior. Usualmente para aperturas posteriores se emplea el hormigón armado en dinteles y el cemento en las jambas. Debido a los problemas de falta de adherencia y peso propio del material, este tipo de vanos alteran la resistencia del tapial.





CONSERVACIÓN: ADECUADO

En primer lugar aparecen revestimientos o acabados con tierra, que son totalmente compatibles con el muro, aunque ya se encuentran en mal estado.



CONSERVACIÓN: MEJORABLE

Posteriormente aparecen revestimientos de cal y arena que no dejan transpirar al muro y ocasionan lesiones como la pérdida del mismo revestimiento.

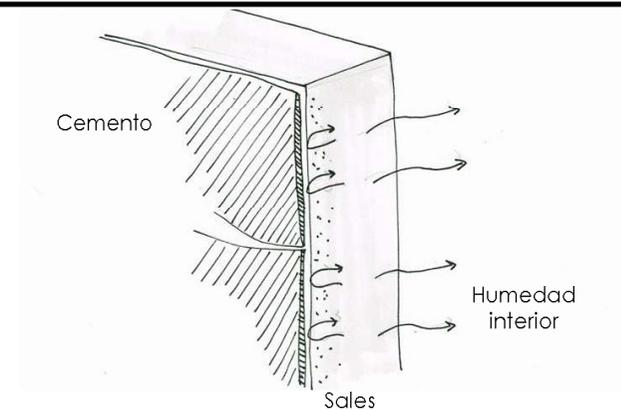


CONSERVACIÓN: DEPLORABLE

Por último, los revestimientos con cemento crean una capa totalmente impermeable ni transpirable que no se adhiere al muro ni proporciona ninguna buena cualidad.

DESCRIPCIÓN PATOLOGÍA

Los revestimientos están formados por recubrimientos con tierra. Otro tipo de revestimientos son los que cuentan con cemento, que son posteriores a la construcción del muro y son nocivos debido a que no permiten intercambiar aire y agua con el exterior, además de no dejar respirar al muro, le aporta sales al material interior y nunca se adhiere a éste.





CONSERVACIÓN: ADECUADO

En este caso las instalaciones discurren por encima de la construcción y se sostienen en un poste situado al lado de ésta.



CONSERVACIÓN: MEJORABLE

Otro caso es el de las instalaciones ancladas al paramento de tierra, como postes o placas identificativas de cada calle.

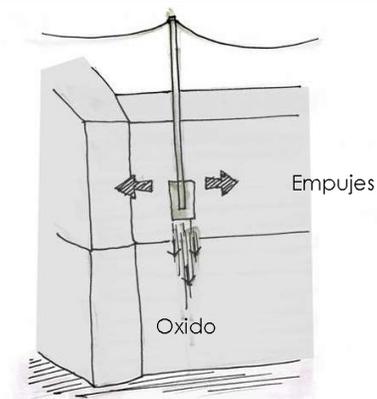


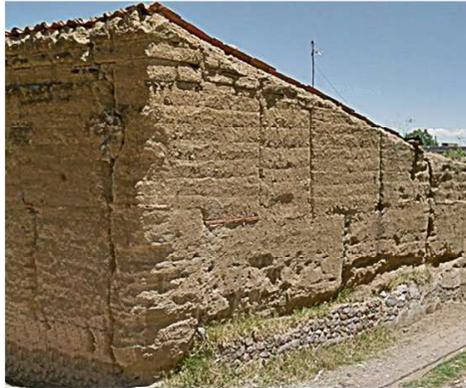
CONSERVACIÓN: DEPLORABLE

Por último, vemos los daños ocasionados por los movimientos diferenciales de instalaciones ancladas en las fachadas de tierra.

DESCRIPCIÓN PATOLOGÍA

La disposición de instalaciones sobre el muro de tierra es un hecho que puede derivar en otras lesiones de mayor gravedad, pues los elementos metálicos de las instalaciones dilatan de forma muy distinta que el muro y provocan roturas de la tapia. Por otra parte, el agua de lluvia crea depositos de oxido arrastrado de los elementos metálicos en el paramento de tierra. Además, el muro no cuenta con la capacidad resistente adecuada para soportar esfuerzos tangenciales derivados de los postes.





CONSERVACIÓN: ADECUADO

La vegetación empieza a aparecer en la base del muro en esta imagen, pero aún no ha provocado ninguna lesión de mayor embergadura.



CONSERVACIÓN: MEJORABLE

En la segunda imagen, la vegetación se ha apoderado de toda la base del muro y de la coronación, empieza a raizar en las juntas y a extenderse por el paramento vertical.

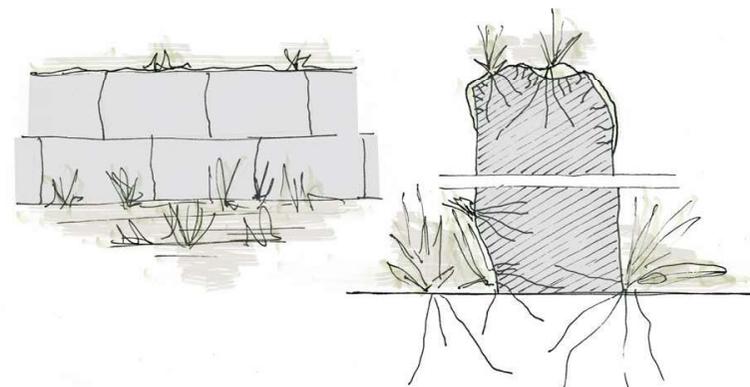


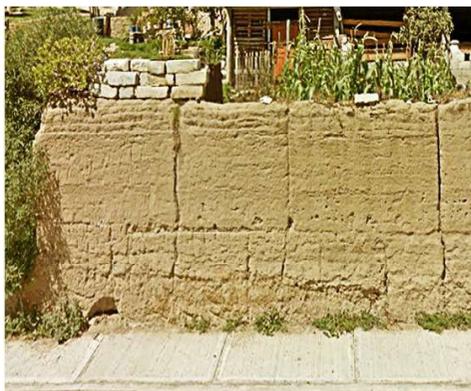
CONSERVACIÓN: DEPLORABLE

En ésta última imagen, se observa el muro sin resistencia alguna, desmoronándose por la gran cantidad de raíces que hay en su interior.

DESCRIPCIÓN PATOLOGÍA

Las condiciones favorables de humedad y el transporte de semillas con el viento o el agua son la causa de la aparición de vegetación sobre el paramento. El mayor problema que conlleva esta lesión es producido por las raíces, ya que puede provocar la rotura del material del muro generando nuevas vías de penetración del agua y acelerando el proceso de colonización vegetal.





CONSERVACIÓN: ADECUADO

En este muro no aparece ninguna lesión ocasionada por actos vandálicos.



CONSERVACIÓN: MEJORABLE

En la imagen se observa un paramento sobre el cual se ha realizado un grafiti con productos químicos como acto vandálico.

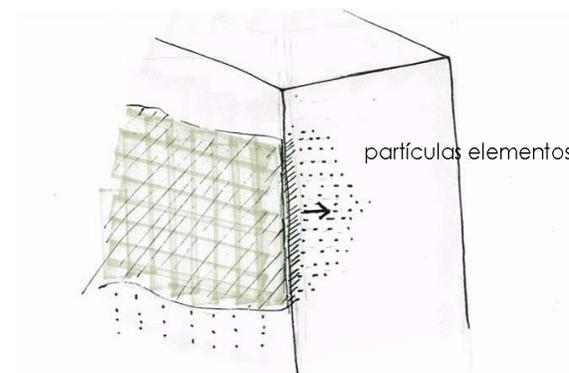


CONSERVACIÓN: DEPLORABLE

Otro caso es el de los anuncios publicitarios pintados intencionadamente sobre el propio muro, que son igual de perjudiciales como los grafitis.

DESCRIPCIÓN PATOLOGÍA

Los agentes antropicos más comunes son la disposición de elementos impropios y la realización de grafitis u otras pinturas sobre el paramento. En este segundo caso, los dibujos se realizan mediante productos químicos que pueden ocasionar daños en la composición del paramento, además de cambiar totalmente su aspecto original. Estas pinturas pueden ser objeto de actos vandálicos como los grafitis o con intención publicitaria.



GRIETAS POR MOVIMIENTOS DIFERENCIALES



CONSERVACIÓN: ADECUADO

La grieta más frecuente es la que aparece en la esquina, en la unión de dos paramentos perpendiculares, debido a las contracciones y dilataciones diferentes de uno y otro.



CONSERVACIÓN: MEJORABLE

En este caso aparece una grieta entre la tapia y la continuación del muro con adobe, por comportamientos distintos entre un material y el otro.

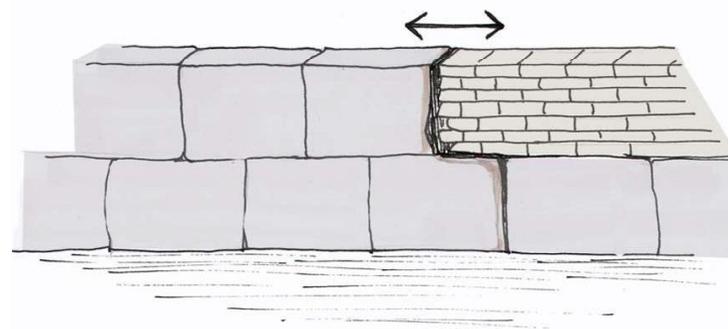


CONSERVACIÓN: DEPLORABLE

La grieta que se forma en la esquina debido a movimientos diferenciales de ambos paramentos en este caso se abre desde arriba provocando problemas de estabilidad.

DESCRIPCIÓN PATOLOGÍA

Este tipo de grietas vienen producidos por cambios térmicos en grandes paños (dilatación y contracción) y cambios de humedad en zonas puntuales como bases y coronaciones. Dichos movimiento se convierten en empujes horizontales que provocan las consiguientes grietas. En los casos donde la obra sea mixta (tapiales con mahones o entramados con adobe) la junta constructiva entre dos materiales es más débil que el resto y se abre fácilmente.



GRIETAS POR DISCONTINUIDAD DEL APAREJO



CONSERVACIÓN: ADECUADO

El caso más frecuente es el de las grietas que aparecen por falta de material en las juntas constructivas del tapial.



CONSERVACIÓN: MEJORABLE

Las mismas juntas de construcción del tapial pueden llegar a erosionarse de forma avanzada y poner en peligro el conjunto del muro

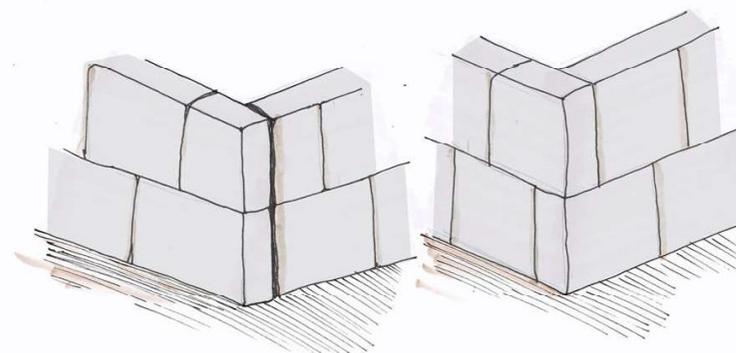


CONSERVACIÓN: DEPLORABLE

La junta longitudinal que aparece en las esquinas por falta de traba de los dos muros perpendiculares es erosionada y ampliada posteriormente por movimientos diferenciales.

DESCRIPCIÓN PATOLOGÍA

Las juntas formadas por el sistema constructivo de la tapia son las que posteriormente serán objeto de una mayor erosión por tratarse del punto más débil del muro. Las juntas verticales en el mismo paramento no son tan susceptibles como las juntas entre paramentos perpendiculares, ya que las primeras se encuentran trabadas y las segundas no se encuentran trabadas en esquina. Por tanto, son objeto de una gran erosión y ampliación debido también a movimientos diferenciales como los de dilatación y contracción térmica.



Regulación del patrimonio de tierra.

EN EL MUNDO

La tierra ha sido utilizada como material de construcción desde hace siglos. No obstante, la normativa al respecto está muy dispersa, y en la mayoría de países desarrollados surgen numerosos problemas técnicos y legales para llevar a cabo una construcción con este material. La tierra es cada vez más valorada como material de construcción. Dado el creciente interés por este antiguo material, y ante la falta de un marco legal muchos países intentan normalizar su uso para resolver los problemas actuales derivados de la ausencia de una normativa que permita el uso de las técnicas de construcción con tierra cruda (J. Cid 2011).

En este marco, países como Colombia y España destacan por la realización de normas para regular las construcciones de tierra, mientras que en países como Chile, Ecuador, México y Brasil se destaca la preocupación por dicho patrimonio trabajando en el desarrollo de normas que lo regulen o en el caso de Perú mejorando documentos existentes al respecto.

Normas y reglamentos

Según J. Cid, F.R. Mazarrón e I. Cañas, en un informe de la construcción de la Universidad Politécnica de Madrid realizan unas tablas en donde mencionan los documentos que contienen las normas y reglamentos para la regulación del patrimonio edificado con tierra como sistema constructivo. En la tabla 1 se detallan las normas o reglamentos encontrados, donde se indica: País, la referencia de la Norma o del Reglamento; el organismo que la emite (ORG); si el documento solo trata la tierra estabilizada (EST), y si contempla alguna de las tres principales técnicas en las que se centra nuestro estudio: adobe, tapial o bloque comprimido (Técnica). En la tabla 2 se encuentran ordenados por fecha de publicación de la normativa vigente de cada país.

- o Grupo 1: Brasil

Brasil ha emitido trece normas, desarrolladas por la Asociación Brasileña de Normas Técnicas (ABNT) desde 1986 hasta 1996, sobre el suelo cemento y sus aplicaciones constructivas en forma de bloque suelo cemento y pared monolítica.

- o Grupo 2: Colombia

En 2005 se emite la norma colombiana NTC 5324, editada por ICONTEC, siendo una traducción de la norma experimental francesa XP P13-901,2001(24) de AFNOR sobre BTC.

- o Grupo 3-4: EEUU

El reglamento de Nuevo México lo emite el CID (Construction Industries Division) en 2004, basado en dos códigos actualmente derogados. Recientemente, la organización internacional "American Society for Testing and Materials" ha desarrollado la norma técnica ASTM E2392 M-10 aprobada en enero del 2010 y publicada en marzo de ese año.

- o Grupo 5: España.

A finales de 2008 se desarrolla la primera norma española de construcción en tierra, y primera norma europea actual no experimental para bloques de tierra comprimida, emitida por el subcomité AEN/CTN 41 SC 10 "Edificación con tierra cruda" de AENOR.

- o Grupo 6: Francia.

La norma experimental XP P13-901:2001 es un documento provisional y accesible al público, desarrollado por el organismo nacional AFNOR con el objeto de poder obtener la necesaria experiencia en su aplicación, sobre la cual basar una futura norma.

- o Grupo 7: India.

El organismo regulador de la India desde 1987 es el BIS (Bureau of Indian Standards) cuyo antecesor fue el ISI (Indian Standards Institution) que publicó las normas IS 2110 revisada en mayo del 2007, la norma IS 1725 y la norma IS 13827.

- o Grupo 8: Kenya.

La KS 02-1070 emitida por el KBS (Kenya Bureau of Standards) es una revisión de la norma de 1993.

- o Grupo 9: Nueva Zelanda.

En 1996 se publicaron las tres normas emitidas por el organismo nacional SNZ (New Zealand Standards).

- o Grupo 10-11: Perú.

La norma peruana NTE E 080 del 2000 procede de una versión anterior de 1977 del ININVI (Instituto Nacional de Investigación y Normalización de la Vivienda) que fue absorbido por el organismo público SENCICO (Servicio Nacional de Normalización, Capacitación e Investigación para la Industria de la Construcción). Actualmente la norma peruana se encuentra en una segunda revisión y ampliación. Las normas NTP, emitidas por el sistema Peruano de Normalización INDECOPI.

- o Grupo 12: Regional África.

En 1998 se emiten 14 normas sobre BTC de la organización regional de normalización africana, (ARSO) publicadas en una serie tecnológica del CDI/CRAterre.

- o Grupo 13: Sri Lanka.

El instituto de normalización de Sri Lanka (SLSI) desarrolla a finales del 2009 tres normas sobre los bloques de tierra comprimida estabilizados.

- o Grupo 14: Túnez.

Dos normas NT publicadas en 1996 por el organismo normalizador de Túnez, INNORPI.

- o Grupo 15: Zimbabue.

La norma de Zimbabue fue emitida en 2001 por el organismo nacional de Normalización (SAZ) y se basa en una publicación de Keable 1996 (J. Cid 2011).

Tabla 1

Listado de normas y reglamentos consultados.

Pais	Norma/Reglamento	ORG	REF	EST	Adobe	BTC	Tapial	Notas
Brasil	NBR 8491, 1986.	ABNT	7	X	X	X	X	BTC estabilizado con cemento especifica, métodos de ensayo.
	NBR 8492, 1986.		8					
	NBR 10832, 1989		9					
	NBR 10833, 1989		10					Especificaciones y métodos de ensayo de bloques de suelo- cemento
	NBR 10834, 1994.		11					
	NBR 10835, 1994		12					
	NBR 10836, 1994		13					
	NBR 12023, 1992		14					
	NBR 12024, 1992		15					
	NBR 12025, 1990		16					
	NBR 13554, 1996		17					
	NBR 13555,1996		18					
	NBR 13553, 1996		19					
NBR 13553, 1996	19	X	Tapia con cemento					
Colombia	NTC 5324,2004	ICONTEC	20	X	X	X	Estabilizado con cemento	
EEUU	NMAC, 14.7.4, 2004	CID	21		X	X	X	Reglam. Estatal de Nuevo México.
	ASTM E2392 M-10	ASTM	22		X			
España	UNF 41410-2008	AENOR	23			X	X	Primera norma Europea
Francia	XP P13-901,2001	AFNOR	24			X		Norma experimental
India	IS 2110 : 1980	BIS	25	X			X	Paredes de suelo-cemento
	IS 1725 : 1982.	BIS	26	X		X		
	IS 13827 : 1993	BIS	27		X	X	X	Directrices resistencia a terremotos
Italia	Ley nº 378, 2004		28			X	X	Leyes para la conservación del patrimonio de tierra
	L.R. 2/06 2 2006		29		X	X	X	
Kenya	KS 02-1070: 1999.	KEBS	30	X		X		
Nigeria	NIS 369:1997.	SON	31	X	X	X		
Nueva Zelanda	NZS 4297, 1998.	SNZ	32		X	X	X	
	NZS 4298, 1998.		33					
	NZS 4299, 1999.		34					

Pais	Norma/Reglamento	ORG	REF	EST	Adobe	BTC	Tapial	Notas
Perú	NTE E 0.80, 2000	SENCICO	35		X			
	NTP 331.201, 1979	INDECOP I	36					
	NTP 331.202, 1979.		37	X	X			
	NTP 331.203, 1979.		38					
Regional África	ARS 670, 1996	ARSO	39					
	ARS 671, 1996		40					
	ARS 672, 1996		41					
	ARS 673, 1996		42					
	ARS 674, 1996		43					
	ARS 675, 1996		44					
	ARS 676, 1996		45					
	ARS 677, 1996		46				X	
	ARS 678, 1996		47					
	ARS 679, 1996		48					
	ARS 680, 1996		49					
	ARS 681, 1996		50					
	ARS 682, 1996		51					
ARS 683, 1996	52							
Sri Lanka	SLS 1382-1:2009	SLSI	53	X		X		Bloques de suelo comprimido estabilizados
	SLS 1382-2:2009		54					
	SLS 1382-3:2009		55					
Túnez	NT 21.33:1996	INNORPI	56			X		En francés
	NT 21.35:1996		57					En francés
Turquía	TS 537, 1985.	TSE	58	X				
	TS 2514, 1985.		59		X			En turco
	TS 2515, 1985.		60					
Zimbabue	SAZS 724, 2001.	SAZ	61			X		

Abreviaturas: ORG (Organismo); REF (Referencia, ver en bibliografía el número); EST (Estabilización, si solo contempla el uso de tierra estabilizada)

Tabla 2

Cuadro de normativa vigente

Año	País	Norma	REF
1979	Perú	NTP 331.201,331.202,331.203	36-38
1980	India	IS 2110	25
1982	India	IS 1725	26
1985	Turquía	TS 537, TS 2514, TS 2515	58-60
1986	Brasil	NBR 8491, 8492	7-8
1989	Brasil	NBR 10832,10833	9-10
1990	Brasil	NBR 12025	16
1992	Brasil	NBR 12023,12024	14-15
1993	India	IS 13827 : 1993	27
1994	Brasil	NBR 10834,10835,10836	11-13
1996	Brasil	NBR 13554,13555,13553	17-19
	Regional África	ARS 670-683	39-52
	Túnez	NT 21.33, 21.35	56-57
1997	Nigeria	NIS 369	31
1998	Nueva Zelanda	NZS 4297, 4298	32-33
1999	Nueva Zelanda	NZS 4299	34
	Kenya	KS 02-1070	30
2000	Perú	NTE E 0.80	35
2001	Francia	XP P13-901	24
	Zimbabue	SAZS 724	61
2004	Colombia	NTC 5324	20
	EEUU	NMAC, 14.7.4	21
	Italia	Ley nº 378, 2004	28
2006	Italia	L.R. 2/06	29
2008	España	UNE 41410	23
2009	Sri Lanka	SLS 1382-1, 1382-2, 1382-3,	53-55
2010	EEUU	ASTM E2392 M-10	61

Estabilización

Algunas de las normas tienen como objeto la normalización exclusivamente de la tierra estabilizada caso de las normas brasileñas, norma colombiana, India, Kenya o de las tres normas de Sri Lanka para los bloques de tierra comprimida; para adobe las normas NTP de Perú y para tapial la norma brasileña junto con la norma IS 2110.

Otro de los enfoques respecto al uso de estabilizantes es fijar un límite de contenido de estabilizantes, como es el caso de las normas neozelandesas y la norma española. En el caso de la norma española el contenido total de estabilizantes (cemento, cal, yeso y otros) debe ser menor o igual al 15% de la masa en seco del bloque. Salvo la norma estadounidense que establece superar un valor de absorción de agua para el caso del adobe, y para tapial contener un mínimo de 6% en peso de cemento Portland superando las pruebas de resistencia a compresión en húmedo, ningún otro documento define la tierra estabilizada (J. Cid 2011).

Selección de suelos

En la totalidad de las normas se encuentran referencias a la selección de los suelos, aunque los planteamientos en cada uno de los documentos son diferentes e incluso algunas veces escasos. Lo más usual son recomendaciones de resultados en base a determinados ensayos que en muchos de los casos son imprecisos, no cuantificables o basados en pruebas preliminares. Otro enfoque es valorar el suelo conforme al producto de construcción que constituirá los muros (J. Cid 2011).

Requisitos de los productos

Las especificaciones hacen referencia a la clasificación de productos, características dimensionales, geométricas, de aspecto, físico-químico o mecánicas-hidrométricas físicas mediante valores exigidos o recomendados. Estas normas de producto que especifican los requisitos que debe satisfacer para establecer su aptitud al uso, son muy habituales en el marco normativo de tierra. En las normas los valores exigibles o recomendados se obtienen mediante ensayos, cuyo procedimiento se especifica en las mismas, convirtiéndose en normas de ensayo (J. Cid 2011).

EN ESPAÑA.

En el apartado anterior se habló de manera general de la normativa en relación a la construcción con tapia a nivel Mundial, este apartado se centrará en la normativa existente en España, sobre todo de la preocupación por la inexistente en cuanto a proyecto nuevo con dicho sistema constructivo se refiere. Debido a este “vacío” se tiene una preocupación por regular dicho aspecto pues es condicionante en la determinación del uso de arquitectura tradicional o actual en un proyecto.

En España se cuenta con la Norma UNE 41410 (BTC) y proyectos de investigación como los realizados por el Instituto Eduardo Torroja de Madrid, que responde a las exigencias de la construcción en tierra y aunadas a la normativa en materia de construcción existente, ofrecen una amplia gama de posibilidades para la correcta ejecución de las construcciones (Guillén Marzal 2015).

La Norma UNE 41410 29, desarrollada por la AEN/ CTN 41 SC10 edificación con tierra cruda, es un documento que define la tierra como material de construcción, aporta especificaciones al respecto y regula sus ensayos en laboratorio, pero está enfocado únicamente hacia el Bloque de Tierra Comprimido (BTC). El BTC es un bloque macizo paralelepípedo fabricado con la propia tierra procedente del movimiento de tierras del edificio. La diferencia con el adobe es la manipulación donde se prensa para conseguir un grado óptimo de compactación (Guillén Marzal 2015).

Guillén Marzal menciona en su tesis que una vez que el proyecto llega al Ayuntamiento las exigencias por parte del técnico municipal se ciñen al pago de tasas, impuestos, visado del Colegio profesional y firma del técnico o técnicos que se responsabilizan sobre él, en caso de negligencia en la construcción ellos responderán ante la Ley. En dicha investigación se plantea la preocupación por adherir al igual que en el DB-SE en el que existen especificaciones para madera, fábricas de ladrillo y fábricas de bloque de hormigón, especificaciones acerca de la tierra (Guillén Marzal 2015).

La investigación también menciona que al realizar encuestas éstas indican que puede existir cierta incomodidad en el momento de hacer un proyecto de arquitectura de tierra debido a la ausencia de normativa reguladora al respecto. Esto se debe en parte a que el CTE no contempla específicamente la tierra cruda como material de construcción y esto puede llegar a suponer un problema tanto para proyectistas sin formación específica en técnicas tradicionales como para los usuarios (Guillén Marzal 2015).

Este es uno de los puntos interesantes para entender por qué se prefiere construir con hormigón, acero, vidrio, etc. No es justificación el decir que en las Universidades no se enseña a construir con este tipo de materiales, pues existe un sinfín de ellos que tampoco se explican cómo es el caso del grafeno, paneles plásticos de copolímeros acrílicos, entre otros, y sin embargo no dudan en utilizar en cuanto tienen ocasión. A manera de conclusión se puede afirmar que no hay ninguna norma en el CTE que regule específicamente las construcciones con tierra, pero esto no parece suponer un problema para la construcción con tierra en España.

EN MÉXICO

México, es una república federal conformada por estados libres y soberanos. La división administrativa o política es de 32 entidades federativas. Cada estado cuenta con su propio patrimonio; pero éste, al ser de interés nacional y de utilidad pública, se inscribe en un marco jurídico federal bajo la tutela de organismos gubernamentales. Por lo tanto, y para comprender la gestión el patrimonio en México, es necesario conocer su leyes y estructuras administrativas, pues desde ahí se establecen los criterios y lineamientos, se definen estrategias y acciones, y se desarrolla la parte operativa.

Sin embargo no existe algún reglamento específicamente que trate sobre la construcción con tapia o tierra, por lo que en este apartado se menciona normatividad que va desde monumentos arqueológicos, para los casos que existen como “Casas Grandes” y “Cacaxtla” por mencionar algunos, hasta las Normas para especificaciones en edificación sustentable que engloban a las construcciones con tierra contemporáneas.

El primer ejemplo de la regulación del patrimonio se encuentra en el artículo 73 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos que faculta al Congreso para legislar en materia de vestigios y restos fósiles, monumentos arqueológicos, artísticos e históricos cuya conservación sea de interés nacional. Por lo tanto, esta facultad legislativa es federal.

El marco general que brinda seguridad jurídica al patrimonio cultural en México se divide en tres niveles de competencia:

- o **Ámbito Federal:** Preceptos constitucionales y diversos ordenamientos de índole federal.

- o **Ámbito Estatal:** Constituciones estatales, leyes diversas y sus reglamentos.

- o **Ámbito Municipal:** Bandos de policía y buen gobierno reglamento, circulares y disposiciones administrativas que expidan los ayuntamientos conforme a ley (Instituto Nacional de Antropología e Historia 2006).

Particularmente la legislación que regula de manera directa el patrimonio arqueológico, artístico e histórico es la Ley Federal sobre Zonas y Monumentos Arqueológicos, Artísticos e Históricos promulgada en 1972. En ella misma se prevé, en el Artículo 19, que:

A falta de disposición expresa en esta Ley, se aplicarán supletoriamente:

I.- Los tratados internacionales y las leyes federales; y

II.- Los códigos civil y penal vigentes para el Distrito Federal en materia común y para toda la República en materia federal.

Y establece en el Artículo 3º que:

La aplicación de esta Ley corresponde a:

I.- El Presidente de la República;

II.- El Secretario de Educación Pública;

III.- El Secretario del Patrimonio Nacional;

IV.- El Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH);

V.- El Instituto Nacional de Bellas Artes (INBA) y

VI.- Las demás autoridades y dependencias federales, en los casos de su competencia.

Específicamente en términos de patrimonio arqueológico, la Ley Federal define lo que se considera como tal, especifica que es propiedad de la nación (Artículo 27) y establece competencias en materia de protección, conservación, investigación y difusión (Honorable Congreso de la Unión 1972).

El Artículo 28 señala que:

Son monumentos arqueológicos los bienes muebles e inmuebles, producto de culturas anteriores al establecimiento de la hispánica en el territorio nacional, así como los restos humanos, de la flora y de la fauna, relacionados con esas culturas.

En el Artículo 28 BIS (adicionado en 1986) se anexa que:

Para los efectos de esta Ley y de su Reglamento, las disposiciones sobre monumentos y zonas arqueológicos serán aplicables a los vestigios o restos fósiles de seres orgánicos que habitaron el territorio nacional en épocas pretéritas y cuya investigación, conservación, restauración, recuperación o utilización revistan interés paleontológico, circunstancia que deberá consignarse en la respectiva declaratoria que expedirá el Presidente de la República.

Y el Artículo 39 define como:

Zona de monumentos arqueológicos es el área que comprende varios monumentos arqueológicos inmuebles, o en que se presume su existencia.

Con los artículos 28, 28BIS y 39 se especifica el ámbito de acción de esta ley en términos de patrimonio cultural arqueológico, y es en el artículo 38 donde se señala que:

Las zonas de monumentos estarán sujetas a la jurisdicción de los Poderes Federales en los términos prescritos por esta Ley y su Reglamento.

Y el Artículo 44 especifica que:

El Instituto Nacional de Antropología e Historia es competente en materia de monumentos y zonas de monumentos arqueológicos e históricos.

En el Reglamento de la Ley Federal Sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticas e Históricas (1975) se precisa las atribuciones del Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH):

ARTÍCULO 1.- El Instituto competente organizará o autorizará asociaciones civiles, juntas vecinales o uniones de campesinos, que tendrán por objeto:

I.- Auxiliar a las autoridades federales en el cuidado o preservación de zona o monumento determinado;

II.- Efectuar una labor educativa entre los miembros de la comunidad, sobre la importancia de la conservación y acrecentamiento del patrimonio cultural de la Nación;

III.- Proveer la visita del público a la correspondiente zona o monumento;

IV.- Hacer del conocimiento de las autoridades cualquier exploración, obra o actividad que no esté autorizada por el Instituto respectivo; y

V.- Realizar las actividades afines a las anteriores que autorice el Instituto competente (Honorable Congreso de la Unión 1972).

Es importante mencionar que en el año 2000 se presentaron ante el Congreso diversas iniciativas de reforma constitucional, entre las que se incluyen algunos artículos referentes al patrimonio cultural. Estas reformas proponen básicamente el distribuir las competencias institucionales entre la Federación, estados y municipios, con participación en la administración del patrimonio nacional, en el que se incluye el arqueológico.

INAH, gobiernos estatales y municipales, participación social y otras instituciones.

Como se ha mencionado anteriormente, el responsable de la gestión cultural ante instancias federales, estatales y municipales es el INAH¹⁴. En cada Entidad Federativa hay un Centro INAH, en el que recae esta tarea, y por lo tanto son estos los que se vinculan con los gobiernos estatales y municipales en cuestiones referentes al patrimonio arqueológico.

Los gobiernos estatales o municipales, en coordinación con los Centros INAH, pueden emitir declaratorias para proteger áreas de interés científico, así como lugares que, por sus valores, sean primordiales para la custodia y salvaguarda de cada localidad. También se pueden establecer convenios entre los gobiernos estatales y municipales y el INAH, pero generalmente se acotan al flujo de recursos hacia proyectos institucionales y sociales.

La participación social en la gestión cultural se da principalmente a través de asociaciones civiles, que pueden estar conformadas como “organizaciones vecinales”, “amigos del sitio” o “patronatos”. Estas aso-

¹⁴INAH. Instituto Nacional de Antropología e Historia. Es el organismo del gobierno federal fundado en 1939, para garantizar la investigación, protección y difusión del patrimonio prehistórico, arqueológico, antropológico, histórico y paleontológico de México.

ciaciones no persiguen un fin económico ni especulativo, y generalmente tiene como finalidad la conservación del patrimonio.

Ahora bien, también en la gestión del patrimonio arqueológico en México se involucran otras instituciones que de una u otra forma están vinculadas con el patrimonio, como el caso de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, la Secretaría de Turismo, La Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas (anteriormente Instituto Nacional Indigenista) o inclusive instituciones académicas, como la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). En este caso se trabaja a través de convenios de colaboración entre los diferentes organismos (Mota 2006).

Otros documentos a los que se consultan en materia de gestión del patrimonio son:

- o Ley General de Asentamientos Humanos: en sus artículos 5, 6, 7, 8 y 33, considera la protección del patrimonio cultural en los centros de población y las atribuciones que tiene cada nivel de gobierno en su ámbito de competencia.

- o Ley Orgánica del Instituto Nacional de Antropología e Historia

- o Ley General de Bienes Nacionales.- En sus artículos 2, 5, 20, 25, 29, 35, 43, 46, 47, regula el dominio, uso y protección del patrimonio cultural inmueble histórico.

- o Ley de Asociaciones Religiosas y Culto Público.- 9, 16, 20, 29, otorga a las asociaciones el derecho al uso de bienes propiedad de la nación, y señala la obligación de preservar su integridad, salvaguarda y restauración.

Entre las reglamentaciones pertinentes se encuentran: el Reglamento de la Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticas e Históricas; el Reglamento del Decreto que prohíbe la exportación de Documentos originales relacionados con la historia de México, y de los libros que por su rareza sean difícilmente sustituibles; el Reglamento para el uso y conservación de las áreas, objetos y colecciones del Palacio Nacional; así como las Disposiciones reglamentarias para la investigación arqueológica en México.

Es así que la actualización de la legislación en materia de patrimonio se ha rezagado. Y en cuanto al tema que aquí se aborda, si se toma en cuenta que la única adición a la reglamentación en la materia ocurrió en el año de 1993, al Reglamento de la Ley Federal sobre Zonas y Monumentos Arqueológicos, Artísticos e Históricos; y que el derecho de acceso a la cultura quedó recién establecido como una garantía Constitucional para los mexicanos, a finales de abril del 2009; se hace necesario adecuar las leyes en sus aspectos particulares con el objetivo de que responda a las transformaciones que la sociedad sufre para, entre otros aspectos, garantizar la protección y conservación del patrimonio cultural mueble e inmueble, arqueológico e histórico .

Nos referiremos a tres de los principales problemas que dificultan la protección del patrimonio cultural arqueológico e histórico, mueble e inmueble, tales como: los que propicia la tenencia de la tierra y la propiedad privada. Así mismo, una gran cantidad de patrimonio que data en sus orígenes del siglo XX, con características relevantes, quedan en estado de indefensión. Y las imprecisiones respecto a la responsabilidad del uso y conservación de los bienes culturales históricos en posesión de las Asociaciones Religiosas.

Legislación en materia de construcción sustentable.

El gobierno federal ha establecido las NOM-008-ENER-2001 y NOM-020-ENER-2011, para regir la ganancia o pérdida de calor en las construcciones. Dichas normas son obligatorias para edificios nuevos y favorecen el buen desempeño energético en las construcciones, beneficiando tanto a usuarios como a propietarios. Si bien las presentes normas no se refieren específicamente a construcciones con tierra y al uso específico de la tapia, en ellas se encuentran criterios de sustentabilidad, característica ligada a este tipo de construcciones, por eso se mencionan en este apartado.

De acuerdo con la Agencia Internacional de Energía (IEA), el aumento de desarrollos inmobiliarios en México y América Latina, asociado al crecimiento de la economía regional, sostiene una tendencia a la alza para el sector. Esta condición prevalecerá por lo menos durante los próximos 30 años hasta llegar a una estabilización. Atender el crecimiento urbano y la demanda de energía de manera conjunta, y oportunamente es una línea de acción estratégica que proporciona beneficios a largo plazo, tales como la

desaceleración de los efectos negativos de cambio climático o incluso como una tarea de seguridad energética a nivel nacional (Bioconstrucción y Energía Alternativa, S.A. de C.V. 2011).

En este sentido, el gobierno federal ha establecido Normas Oficiales Mexicanas (NOM). Dentro de éstas, destacan la NOM-008-ENER-2001 y NOM-020-ENER-2011, que rigen la ganancia o pérdida de calor de las construcciones. Dichas normas son de observancia obligatoria para edificios nuevos, y favorecen el buen desempeño energético en las construcciones al tiempo de beneficiar tanto a usuarios como propietarios de los inmuebles.

En particular, la NOM-008-ENER estableció la primera reglamentación oficial sobre eficiencia energética para la envolvente de edificios comerciales, tales como oficinas, restaurantes, aeropuertos, hoteles, hospitales, etc. La “envolvente” de un edificio está constituida por los elementos constructivos que separan los espacios interiores del exterior, y a través de ellos se intercambia calor, como lo son muros, puertas, ventanas, techos y pisos; de tal forma que, en gran medida, el consumo energético exigido para climatización ar-

tificial de un edificio se ve afectado importantemente por el tipo de la envolvente, lo que promueve el uso de tapia como sistema constructivo.

A manera de conclusión se observa que en México no se tiene una legislación que hable específicamente de la regulación de edificaciones con sistema constructivo a base de tierra, es por ello que se necesita hacer una labor tanto de investigación, como de gestión en organismos e instancias gubernamentales y privados, preocupados por la construcción de tierra contemporánea

Pervivencia de la técnica actual

En casi todo el mundo jóvenes arquitectos, ONG's y entidades académicas motivadas por el empuje que en las últimas dos décadas ha recibido la llamada arquitectura ecológica y sustentable, se han dado a la tarea de recuperar esta técnica milenaria con el fin de emplearla en estructuras modernas, con un lenguaje acorde con las necesidades actuales. En Alemania, Australia, Brasil, Canadá, Colombia, España, Estados Unidos, Francia y Portugal, por sólo nombrar algunos países, la construcción con tapia ha tomado un vertiginoso impulso. Para constatarlo basta con ver la importante serie de libros y artículos publicados en los últimos diez años (Baca, Pasado y porvenir de 2012).

En México, este movimiento ha sido mucho más lento. A la fecha no llegan a diez los grupos de profesionales que han vuelto la mirada hacia la tapia y que la han aplicado en edificios contemporáneos (Baca, Pasado y porvenir de 2012).

Las similitudes en el uso de la tapia entre México y España radican en la ejecución del procedimiento de construcción y la utilización del sistema constructivo,

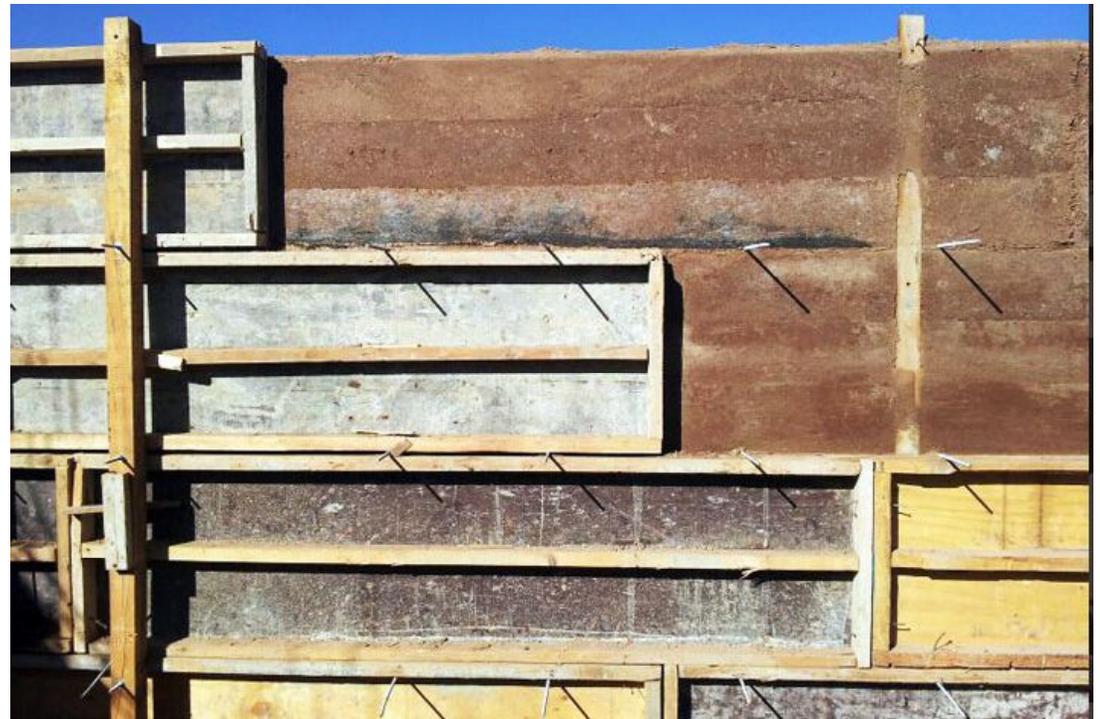
teniendo variantes en la colocación de la cimbra, debido a que en algunos lados se utilizaron agujas; así como en la preparación o composición de los materiales empleados. Sin embargo, el sistema se ejecutaba bajo el mismo esquema, primero se realizaba la excavación donde se desplantarían los muros, posteriormente se realizaba la cimentación de mampostería, estos tenían una dimensión mayor a la que tendría el muro, sobresaliendo del nivel del piso para proteger la tierra para evitar humedades y darle estabilidad al sistema (Licea 2014).

Una vez que se terminaba la cimentación se colocaba el armazón de madera y se vaciaba la preparación de la tierra y agua y se repartía a lo largo la mezcla para apisonarla después en capas de 12cm aproximadamente hasta concluir el tapial, posteriormente se daba tiempo al secado del muro y se quitaba la cimbra para colocarla en la siguiente sección de muro (Licea 2014).

Actualmente en algunas de las construcciones que se realizan en España, los muros de tapia son el elemento característico que las identifica; en otras no son los protagonistas principales pero contribuyen sin duda a generar una atmosfera particular y a conferir a la edificación una marcada personalidad.

En algunas de estas obras se ha empleado el tapial tradicional de madera y el pisón manual, sobre todo en las viviendas unifamiliares, en otras, en cambio, los encofrados industriales y los pisones mecánicos, sobre todo los neumáticos. Estas edificaciones se han realizado principalmente con muros de tierra sin revestir, estabilizados con la adición de pequeños porcentajes de cemento o cal, y en algún caso también con correcciones granulométricas (Font & Hidalgo, 2011).

Los ejemplos que vienen a continuación no pretenden más que dejar constancia de que en estos momentos existe un grupo de inquietos profesionales que han asumido el reto que supone aquí y ahora edificar con la antigua técnica del tapial, convencidos de las propiedades intrínsecas de la tierra, aprovechando desde luego las nuevas tecnologías.



Bodega en Lanciego (Álava)

La bodega promovida por la Compañía de Vinos Telmo Rodríguez, se compone de una serie de naves semienterradas orientadas en dirección norte a sur para facilitar la ventilación natural. La planta principal, parcialmente enterrada, comunica con las restantes mediante un patio abierto al que se accede desde distintas rampas (Font & Hidalgo, 2011)

Únicamente la nave de elaboración tiene una planta alta, accesible desde el nivel superior para recoger la vendimia y para la fabricación de vino. La superficie construida total es de 3.310 m². Las cubiertas se recubren con tierra del lugar para incrementar su inercia térmica y favoreciendo su integración en el paisaje. La tipología estructural es de pórticos de pilares y vigas de hormigón armado, y muros de contención de hormigón, quedando los pilares embebidos en la masa de tierra compactada (Font & Hidalgo, 2011).

Elevados sobre zócalo de hormigón, los muros, con anchos que alcanzan los 70 cm, se han construido con la tierra procedente de las excavaciones, estabilizándose con cemento blanco y cal aérea. No tienen misión portante, sino solamente de cerramiento. Los encofrados empleados provienen de la industria del hormigón, con tableros de madera tricapa y un conjunto de correas horizontales y verticales conectadas mediante varillas y tuercas, atirantando el conjunto con varillas roscadas (espadas) y aceros lisos de 8 mm tensados y sujetos con ranas. El apisonado se realizó con compactador neumático (Font & Hidalgo, 2011).



Piscina cubierta climatizada municipal de Toro (Zamora)

Edificio desarrollado en tres plantas: semisótano, planta baja y primera. En la planta baja, de 1.081 m² de superficie, se halla el acceso al recinto de la piscina, vestidores, los servicios sanitarios y las oficinas. El proyecto, realizado por el estudio Vier Arquitectos S.L., ha sido galardonado por la Junta de Castilla y León con el primer premio de la convocatoria de los Premios de Construcción Sostenible de Castilla y León (2005- 2006). Las obras terminaron a finales de 2010. Los muros de fachada del cuerpo de accesos, del vestidor y del recinto de la piscina son de tapia de tierra estabilizada con cemento blanco, cal aérea y con el añadido de gravas. Muros de 60 cm de ancho, constituyen la piel del edificio y le confieren una acusada personalidad, retomando la tradición histórica de las construcciones de tierra de la comarca (Font & Hidalgo, 2011).

Vivienda en Mont-ras

Vivienda de una sola planta de 405 m² de superficie, construida con muros portantes de tapia de 60 cm de ancho levantados sobre un zócalo de ladrillo, fábrica de ladrillo cerámico y forjados de madera. Se empleó un tapial semejante al tradicional. El apisonado de la tierra se realizó manualmente, a cargo de Antonio Herrera, de la empresa Construccions Paltoni (Font & Hidalgo, 2011).

Vista del recinto de la piscina de Toro
Interior de la vivienda. El salón.

Fuente: A.P.Arquitecturas S.L.



Algunos ejemplos de lo que se construye con tapial en México son los siguientes:

Noxchitlán, Oaxaca

(imagen de Alfonso Luna)





Escuela de Artes Plásticas de la Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca.

Construido en el año 2008 por el Taller de Arquitectura-Mauricio Rocha, el conjunto se forma con edificios independientes el uno del otro, interconectados a través de patios y circulaciones, se orientan al Norte para una mejor iluminación natural. El partido arquitectónico cuenta con construcciones de piedra caliza y de tapial, las áreas a base de tapial se refieren a los talleres, los cuales tienen planta de "U", el material beneficia a la creación de un microclima favorable, además de un buen control acústico.



Centro Cívico Copalita, Huatulco, Oaxaca.

Creado por los arquitectos René Pérez, Rubén López, Fermín Rodríguez, Froylán Martínez en 2009, surge ante la necesidad de crear un área escolar y cívica, después de que el pueblo de Copalita fue destruido por el desborde del río en 2006. Se requería de un proyecto de bajo costo que beneficiara la entrada de luz y aire natural, por lo que se emplearon materiales de la región como muros apisonados de tierra y celosías cerámicas, además de crear patios internos con arbolado.



Casa en Churubusco, Tlalpan, Ciudad de México.

En esta propuesta del Arquitecto Ramón Aguirre, se integra el sistema muros de tapia con el sistema de mampostería tradicional de ladrillo.



Residencia unifamiliar BioJacarandas.

Diseño de Earth Lab, se ubica en Ciudad Juárez, Chihuahua, su fachada principal cuenta con muros de tierra compactada.



Museo Auditorio Petstar Coca Cola, Toluca, Estado de México.

Diseño de EarthLab, primer edificio de su tipo con certificación LEED Platinum en 2015, "primer Auditorio en el mundo y en único Museo en Latinoamérica en contar con este nivel de certificación". Entre los aspectos que lo hizo merecedor de este reconocimiento esta el uso de muros de tierra apisonada (tapial) para el Auditorio, además de el uso de energía renovable como paneles solares, cero consumo de agua potable, entre otros.



CONCLUSIONES

...El desconocimiento de los bienes culturales que integran el patrimonio de una comunidad significa un riesgo cierto al deterioro y pérdida del mismo...

Encuentro de Directores de Centros de Conservación de América Latina y el Caribe, realizado en 1992, Caracas, Venezuela.

Los estudios sobre la conservación del patrimonio construido con tierra en México son relativamente recientes y se encuentran en fase experimental. El conocimiento de la arquitectura del pasado facilitara su incorporación como un bien de valor arquitectónico, artístico y cultural.

Así mismo será posible buscar soluciones al deterioro y pérdida de la tecnología constructiva, favoreciendo la implementación de arquitectura contemporánea y las nuevas tecnologías que puedan adaptarse al medio cultural, sin romper el dinamismo y la historicidad del mismo. Además de que será posible favorecer el aprovechamiento de los recursos naturales y se darán a conocer técnicas constructivas ancestrales.

En el presente trabajo se realizó un Análisis para poder identificar las principales características constructivas de la técnica de construcción con tapia en la zona central de México, con base en la historia de la región y la evolución de los materiales y técnicas empleados en su construcción.

Con estos antecedentes se emprendió el estudio del medio natural y cultural circundante, con la finalidad de entender a fondo los procesos y limitantes que pueden definir el uso de esta y otras técnicas en la región.

De esta forma es posible contar con elementos que permitan desarrollar y proponer criterios que posibiliten y fomenten su conservación, dando apertura a la opción de construir obras contemporáneas que respeten los valores de la identidad local y el patrimonio preexistente. Es importante tener a consideración que no solo se trata de conservar piezas de museo, sino generar una vinculación entre el pasado y futuro, así como su convivencia armoniosa.

El objetivo general que condujo esta investigación consistió en la búsqueda de conocimientos sustentados con respecto al análisis tecnológico en combinación con el análisis de las características arquitectónicas tradicionales. Para fomentar la conservación, restauración y mantenimiento de una técnica ancestral muy poco conocida en el país.

El estudio de las características de la zona permitió comprender la importancia de los sucesos locales ocurridos como parte fundamental de los procesos de construcción del sitio, cuya consideración hace posible entender la transformación urbana a la que se enfrentan las poblaciones rurales con el crecimiento urbano. Pero sobre todo prever las condiciones que pueden atentar contra la preservación de sus valores.

Esta combinación se ve reflejada tanto en la forma de vivir de los pobladores como en el desarrollo de los sistemas constructivos que evidencian el aprovechamiento racional de los recursos naturales locales y la búsqueda de soluciones a necesidades sociales y a condicionantes de la geografía regional.

La técnica constructiva de la tapia, que aun es posible observar en el sitio, es un reflejo de la unión y mezcla de culturas diferentes, de los indígenas y españoles, o de los habitantes novohispánicos y de los franceses, en donde la experiencia de ambas civilizaciones dieron patentaron el uso de esta técnica en la región.

El análisis de las características y descripciones que se hace en el apartado de los tratadistas, no da un primer acercamiento al origen de esta técnica. Sin embargo esto modifica la idea que se tenía preconcebida, aunque no se conozca el posible origen de esta tradición en México, apunta a que no fue transferida directamente de desde España, como sí ocurrió con los trabajos de cantería, cerámica o carpintería de tradición mudéjar y barroca.

Esta información deja la posibilidad abierta a la teoría de que no se trata de una cultura constructiva virreinal sino decimonónica, ya sea detonada por la invasión francesa a mediados del siglo al país, que tuvo un fuerte impacto en la zona Puebla-Tlaxcala o por la llegada de las modas provenientes de Europa durante porfirato ya para fines del XIX.

El desarrollo de la cultura constructiva se vio interrumpido al llegar las nuevas tecnologías y con ello la pérdida de la arquitectura tradicional de la localidad. Los procesos de degradación, desconocimiento y destrucción de la técnica son muy evidentes y en algunos casos irreversibles. Algunos de los principales factores de esta destrucción, son el desconocimiento

de la historia y la pérdida de identidad de los habitantes con su entorno, también la falta de protección ante los fenómenos naturales, pero sobre todo la falta de una normatividad clara y adecuada para la conservación del patrimonio de tierra.

Durante este trabajo se ha hecho hincapié en que no se trata de mantener sin cambios a los espacios a la arquitectura tradicional y sus técnicas constructivas, porque parte de los valores de los sitios se vinculan con las transformaciones periódicas que se desarrollan como una necesidad de revitalización por parte de la colectividad.

Es necesario considerar que el cambio, la transformación y la sustitución de los procedimientos constructivos de la arquitectura tradicional no son posibles de evitar, pero si es posible realizar adecuaciones a partir del establecimiento de los límites surgidos de las propias técnicas, esto es encontrando elementos que establezcan el diálogo con la expresión de las estructuras previamente establecidas.

El análisis de las técnicas constructivas puede ser un instrumento que haga posible asumir al patrimonio construido desde una perspectiva realista y objetiva, acotando las idealizaciones que normalmente son resultado de visiones subjetivas y que suelen no estar de acuerdo con la colectividad. Además puede orientar futuras soluciones a partir del estudio crítico de la serie de éxitos y errores cometidos en el pasado. (Guerrero, 2004)

De acuerdo a este análisis tecnológico, es posible confirmar que las características de la técnica han respondido a una forma de adecuación a las condiciones naturales e históricas del sitio, dando como resultado que la arquitectura fuera óptima desde una perspectiva sustentable.

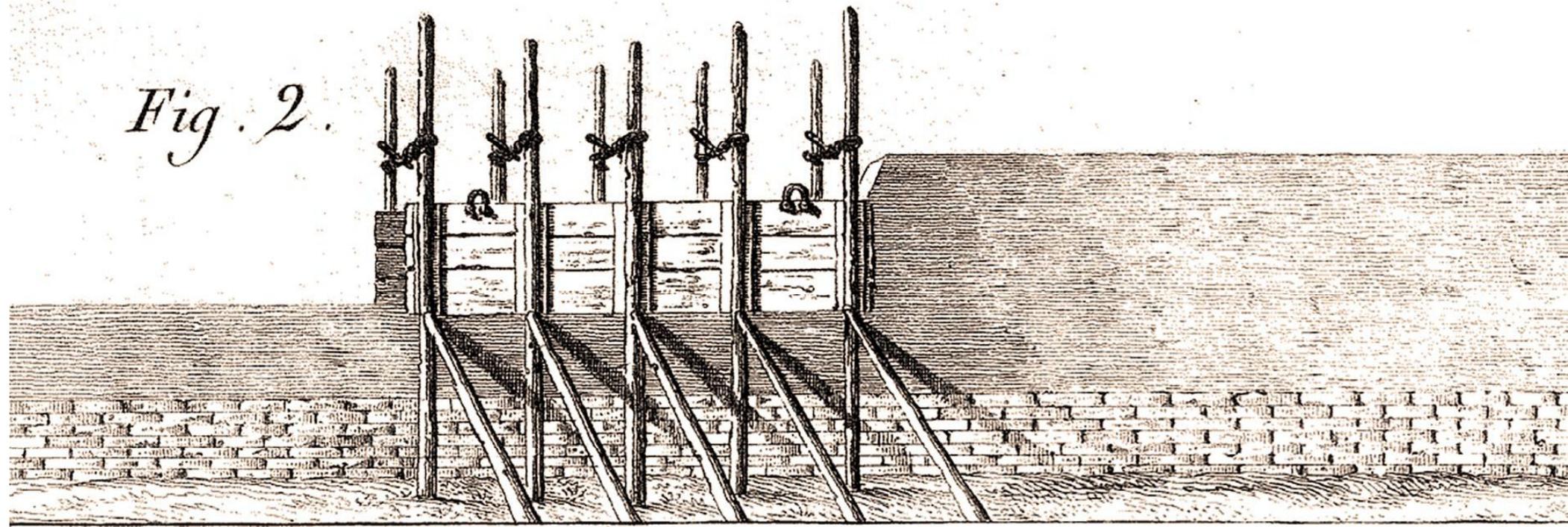
Este análisis pretende hacer conciencia de la necesidad de incorporar al estudio de la arquitectura tradicional todos los elementos históricos, sociales y naturales como parte de una herencia cultural, sin importar la escala ni los materiales predominantes. Por lo tanto es importante reflexionar que el diseño de nuevos espacios, el rescate y la conservación deberían ser parte constituyente del desarrollo y evolución sustentable de una localidad.

La técnica de la tapia muestra el uso de un material abundante en el territorio y una técnica tradicional repetida, con algunas modificaciones, desde un pasado ancestral. Es quizás una de las técnicas más antiguas y extendidas en Europa y en algunas regiones de América, que en la actualidad se realiza del mismo modo que en el pasado.

Una de sus cualidades es que el material de la tierra se encuentra a pie de obra, la construcción se desarrolla en el sitio y se realiza por los propios usuarios, con la ayuda de un maestro. Tiene un coste mínimo económico, material y técnico.

El uso de arquitectura de tierra podría facilitar una reincorporación de diversas tradiciones culturales y tradicionales, donde se genere un vínculo continuo entre la historia, el presente y el futuro. La fusión de los conocimientos de las técnicas tradicionales con el desarrollo de construcción contemporánea y nuevas experiencia tecnológicas, podría generar una práctica profesional más cercana a las comunidades y una praxis impregnada de cultura local.

Fig. 2.



BIBLIOGRAFÍA

- Anon., s.f. *Auroville Earth Institute*. [En línea] Available at: <http://www.earth-auroville.com/>[Último acceso: julio 2016].

- Bails, B., 1796. *Elementos de Matemáticas. De la Arquitectura Civil*. Madrid: Imprenta de la viuda de Don Joaquin Ibarra.

- Bails, B., 1802. *Diccionario de la Arquitectura Civil*. Madrid: Imprenta de la viuda de Ibarra.

- Baños Lozano, S. & Sánchez Ruiz, S. S., 2015. *Estudio de la Torre Vigía Musulmana de Godelleta en Valencia, siglos XII-XIII*. En: *Construcción con Tierra: Investigación y documentación*. s.l.:Grupo Terra.

- Biodiversidad, C. N. p. e. C. y. u. d. l., s.f. *Biodiversidad Mexicana*. [En línea] Available at: <http://www.biodiversidad.gob.mx/>[Último acceso: 24 Agosto 2016].

- Caballero, J. & Delcy, S., 2007. *Aspectos a tener en cuenta en la vulnerabilidad sísmica para edificaciones en tierra pisada en la ciudad de BUCARAMANGA*. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico-mecánicas.

- Caniggia, G. & Maffei, G., 1995. *Tipología de la edificación. Estructura del espacio antrópico*. Madrid: Celeste.

- Chanfón Olmos, C., 1994. *Arquitectura del siglo XVI. Temas escogidos*. México: Facultad de Arquitectura.

- de Villanueva, J., 1827. *Arte de Albañilería*. Madrid: Oficina de Don Fco Martínez Dávila. Impresor de Cámara de S.M..

- Doat, P. y otros, 1990. *Construir con tierra*. Bogotá: Fondo Rotatorio Editorial.

- Dollfus, J., 1955. *Aspectos de la arquitectura popular en el mundo*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili.

- Edward, B., 2001. *Guía básica de la sostenibilidad*. Barcelona: Gustavo Gili.

- Erlwein, S., Mirá, J. & Velasco, A., 2009. *Proceso de elaboración del pulque, su importancia económica y concepción social en Apan, Hidalgo*. Ciudad de México: ENAH (Escuela Nacional de Antropología e Historia).

- Font, F. & Hidalgo, P., 2009. *Arquitecturas de Tápia*. Castelló: Col·legi Oficial d'Aparelladors i Arquitectes Tècnics de Castelló.

- Font, F. & Hidalgo, P., 2011. La tapia en España. Técnicas actuales y ejemplos. *Informes de la Construcción*, Volumen 63, pp. 21-34.

- Fuentes, V., 2004. *Clima y Arquitectura*. Ciudad de México: UAM Unidad Azcapotzalco.

- Gamio, M., 1979. *La población del Valle de Teotihuacán*. México: Instituto Nacional Indigenista.

- García-Mendoza, J., 2012. *México, país de magueyes*. La Jornada, 18 febrero.

- Ger y Lobe, F., 1898. *Tratado de Construcción Civil*. Badajoz: Establecimiento tipográfico La Minerva Extremeña.

- Guerrero Baca, L. F., 2013. *Rescate de estructuras prehispánicas de barro crudo en la Costa veracruzana, México*. En: C. J. d. V. F. G. d. I. U. d. Valladolid, ed. *Construcción con tierra. Pasado, presente y futuro*. Cuenca: s.n.

- Guerrero, L. F., 1998. *Tipología y conservación del Patrimonio construido*. *Revista En Síntesis*, p. 26.

- Guerrero, L. F., 2014. *Tradición constructiva con tapial en las faldas orientales del Iztaccíhuatl*. *Pálapa*, II(1), pp. 68-81.

- Hernández, E., 2002. *Arquitectura de Tierra en el Municipio de San Andrés Calpan, Puebla*. Ciudad de México: ENCRyM.

- INEGI, I. N. d. E. y. G., 2014. *Anuario estadístico y geográfico de Tlaxcala, México*: INEGI, Gobierno del Estado de Tlaxcala.

- Informática, G., s.f. *Mapa de Carreteras*. [En línea]
Available at: <http://www.mapacarreteras.com/156-mapa-mexico-pais/>[Último acceso: 20 Agosto 2016].

- Jimenez Villanueva, V., 2001. *Fray Diego de Landa y su Relacion de las cosas de Yucatan : un análisis historiográfico*. Ciudad de México: s.n.

- Kusuhara, I., 2008. *La Arquitectura de Haciendas mexicanas y el clima*. Ciudad de México: UNAM. Programa de Maestría y Doctorado en Arquitectura.

- LAB, P. y. S. C. T., 2016. UNAM. *Facultad de Arquitectura*. [En línea] Available at: <http://arquitectura.unam.mx/procedimientos-y-sistemas-constructivos.html> [Último acceso: 20 Agosto 2016].

- Maldonado, L., Vela Cossío, F. & Hoz, J., 2003. *Diccionario de Construcción Tradicional. Tierra*. San Sebastián: Nerea.

- Marcos y Bausá, R., 1879. *Manual del Albañil*. 2003 ed. Madrid: Biblioteca Enciclopedia Popular Ilustrada.

- Meraz, L. & Guerrero, L. F., 2011. *Calpan (México), historia, urbanismo y tapial*. En: *Construcción con tierra. Tecnología y Arquitectura*.. Valladolid: Universidad de Valladolid, pp. 33-46.

- Mileto, C., Vegas López-Manzanares, F. & Cristini, V., 2012. *Rammed Earth Conservation*. s.l., s.n.

- Mileto, C. & Vegas, F., 2007. *Renovar Conservando. Manual para la restauración de la arquitectura rural del Rincón de Ademuz*. Mncomunidad de Municipios Rincón de Ademuz ed. s.l.:A.G. El Rincón S.L.

- Mileto, C. & Vegas, F., 2014. *Aprendiendo a Restaurar*. Valencia, España: Generalitat Valenciana.

- Mileto, C. & Vegas, F., 2014. *La Restauración de la Tapia en la Península Ibérica. Criterios, técnicas, resultados y perspectivas*. Valencia: ARGUMENTUM/ TC Cuadernos.

- Mileto, C., Vegas, F., García Soriano, L, Cristini, V.: *Earthen Architecture: Past, present & future*. CRC Press, London 2015

- Minke, G., 1994. *Manual de construcción con tierra*. 2010 ed. España: Ediciones EcoHabitar.

- Minke, G., 2001. *Manual de construcción para viviendas antisísmicas de tierra*. Segunda edición 2005 ed. s.l.:Universidad de Kassel.

- Olgyay, V., 1998. *Arquitectura y clima. Manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas*. 1º ed. 1963 ed. Barcelona: Editorial Gustavo Gili.

- Pays, A. M. d., s.f. *Le Pisé en Pays Voironnais, Charavines: Villes D'art & d'histoire*.

- Prieto, V., 1978. *Vivienda Campesina en México*. Ciudad de México: Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas. SAHOP.

- Prieto, V., 1994. *Vivienda Campesina en México*. México, D.F.: Secretaria de Turismo; SEDESOL; INFONAVIT.

- Quesada, S. & José, G. L., 2011. *Las Torres medievales del Valle de Segura de la Sierra o la Construcción del Paisaje..* En: *Construcción con Tierra. Pasado, presente y futuro.* Cuenca de Campo: Tierra, Grupo, pp. 109-121.

- Río Muñoz, M. & Sáinz Esteban, A., 2010. *La de los sistemas constructivos de Tierra.* Congreso de Arquitectura de Tierra en Cuenca de Campos. En: G. Tierra, ed. *Construcción con tierra. Tecnología y arquitectura.* Cuenca de Campos: s.n.

- Rocha, M. & Jové, F., 2015. *Técnicas de Construcción de Tierra.* España : ARGUMENTUM.

- Rodríguez Licea, M., 2014. *El uso de la tapia en las Haciendas de Tlaxcala. Un sistema constructivo alternativo para la arquitectura del presente y futuro.* D.F.: UNAM. Programa de Maestría y Doctorado en Arquitectura.

- Rodríguez, M., 2014. *El uso de la tapia en las haciendas de Tlaxcala. Un sistema constructivo para la arquitectura del presente y el futuro.* México: Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Investigaciones Históricas.

- Sánchez, A., 2006. *La casa maya contemporánea, Usos, costumbres y configuraciones..* Ciudad de México: Posdoc, DGAPA, UNAM.

- Sólís, F. y otros, 2006. *Cholula: La Gran Pirámide.* México, D.F.: CONACULTA-INAH.

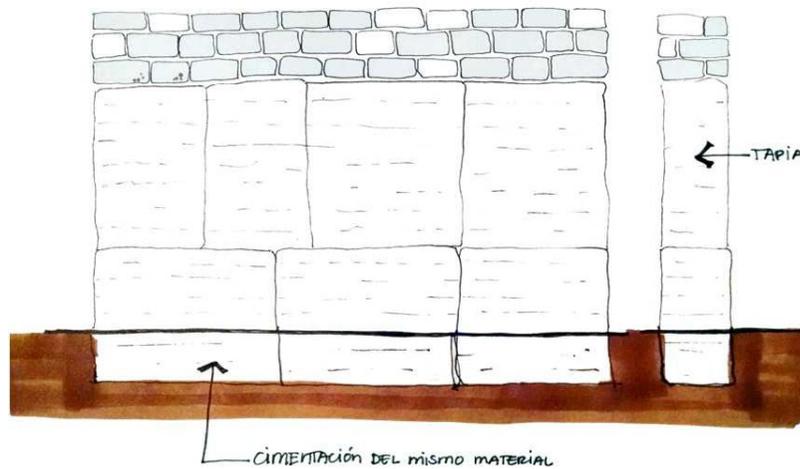
- Valles Molina, N., 2010. Tesis. *Muros de tierra compactada-tapia: caracterización de sus propiedades.* D.F.: Programa de Maestría en arquitectura campo tecnología. UNAM.

- Vieira, M., Negrini, F. & Falleiros, A., 2011. *Tapia.* En: *Técnicas de Construcción con Tierra.* s.l.: FEB-UNESP / PROTERRA, pp. 46-61.

CIMENTACIÓN A BASE DEL MISMO MATERIAL



CROQUIS

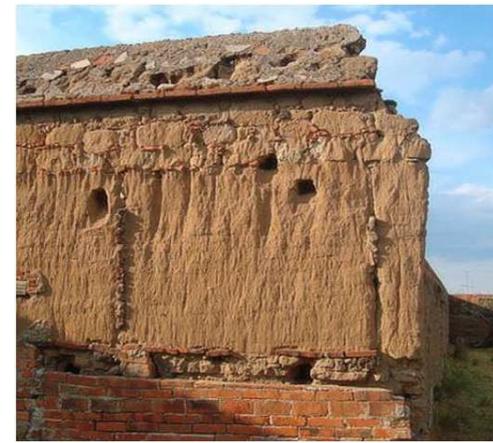
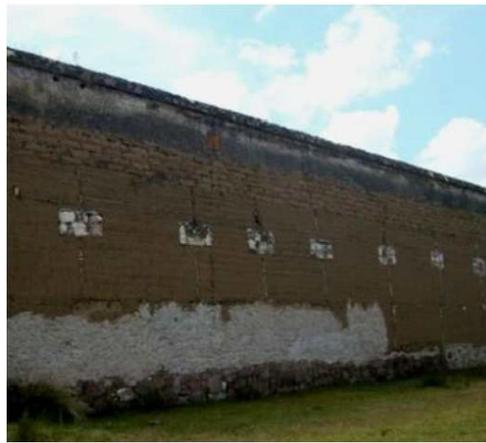


DESCRIPCIÓN

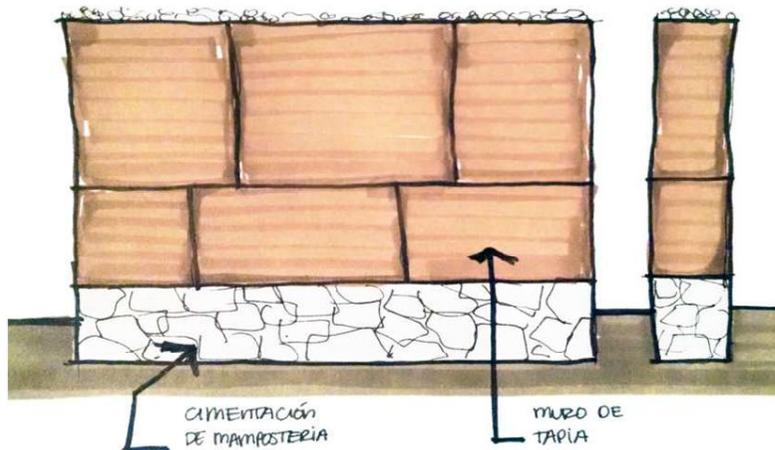
Cimentación a base del mismo material.

Esta solución consiste en la prolongación al subsuelo del muro de tapia, con la misma sección existente. Este tipo de cimientos se utilizaba con frecuencia para la construcción de viviendas y muros perimetrales. Los zócalos de piedra normalmente se utilizaban para elementos con cierta importancia jerárquica dentro de la localidad. La cota del plano de apoyo de esta cimentación en el subsuelo depende de las características morfológicas de cada suelo, sin embargo un aproximado de los muros que se han podido verificar es de 0,40 a 0,50, con cepas aproximadamente de 0,80, pero esto depende del ancho del muro de tapia. Esta solución al estar en contacto directo con el suelo, puede producir deterioros por la humedad por capilaridad.

CIMENTACIÓN DE MAMPOSTERÍA



CROQUIS



DESCRIPCIÓN

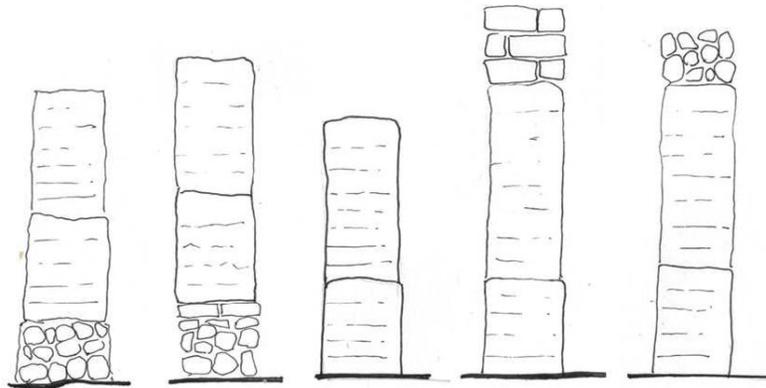
Cimentación de mampostería de piedra y/o ladrillo para evitar la filtración de la humedad del propio terreno al muro de tapia.

Este tipo de muros se encuentra habitualmente en los conjuntos arquitectónicos de gran formato, para iglesias y haciendas, edificios que tenían cierta importancia dentro de la comunidad. La solución consiste en un muro de mampostería de piedra o ladrillo, de la misma sección que el de tapia. La cota del plano de apoyo de esta cimentación en el subsuelo depende de las características morfológicas de cada suelo, sin embargo un aproximado de los muros que se han podido verificar es hasta de 0.60 metros. Asentados con mortero de cal, en algunos casos sobresalen del nivel del suelo, siendo los zócalos del muro a partir de 0.30m. En algunos casos, los remates de las cabezas de los muros, se terminaban también con el mismo mampuesto, para generar protección contra la humedad en ambas direcciones.

SECCIONES DE MUROS



CROQUIS



DESCRIPCIÓN

Secciones de los muros de tapia (0.80m)

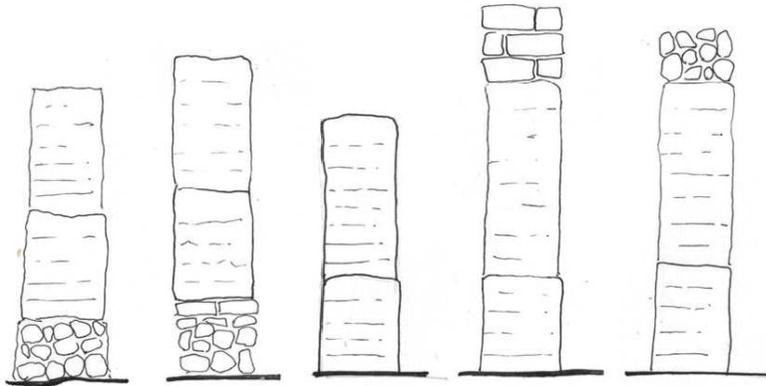
Las secciones de los muros pueden variar dependiendo de las características morfológicas de la tierra en cada zona, sin embargo, existen diferencias de los espesores si comparamos con la altura y necesidades de los muros de cerramiento de una hacienda. Estos son de mayor tamaño, debido a las grandes alturas que tienen.

El aproximado de estos muros es de 0.80m, con variaciones de menor o mayor tamaño. Este espesor también podía variar de acuerdo al recubrimiento, si era de mortero de cal simple, o si tenía agregados de mampostería de piedra.

SECCIONES DE MUROS



CROQUIS



DESCRIPCIÓN

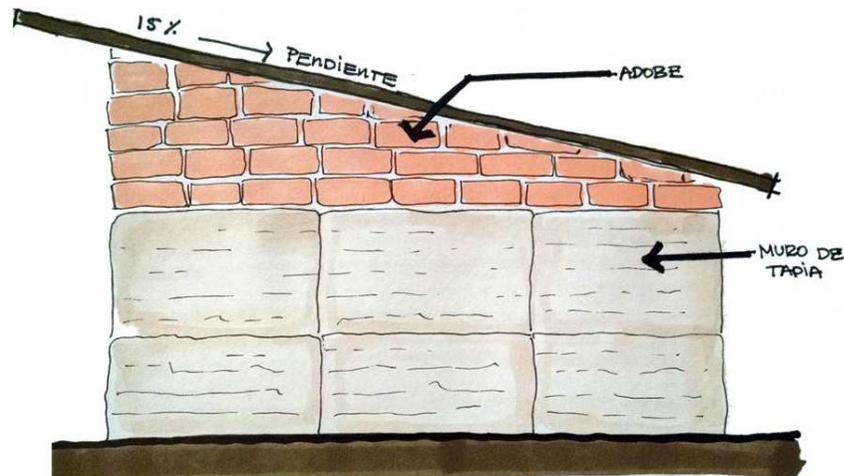
Secciones de los muros de tapia (0.30 a 0.50m)

Como se mencionó antes, las secciones de los muros pueden variar dependiendo de las características morfológicas de la tierra en cada zona, sin embargo, existen diferencias de los espesores si comparamos con la altura y necesidades de los espacios que protegen. Los muros de cerramiento y los muros para vivienda tradicional tienen un espesor menor, que los que se ubican en las grandes haciendas.

La sección aproximada varía de entre los 0.30 metros, hasta los 0.50 metros. Este espesor no varía mucho dependiendo de los recubrimientos, debido a que son capas ligeras de mortero de cal, en el caso de que los tengan.



CROQUIS



DESCRIPCIÓN

Muros con remate de adobe para dar pendiente a la cubierta

Debido a las condiciones climáticas del lugar y los periodos de lluvias fuertes, es necesaria la construcción de pendientes en las techumbres. Estas vertientes de los techos se orientan hacia el interior de los predios, por lo que en la calle, no se evidencian tejados.

La pendiente de la cubierta es de aproximadamente 15%, debido a la uniformidad de los bloques de tapia está pendiente se logra mediante la incorporación de hiladas de adobe en la corona de los muros. En los laterales de las viviendas se logra tallando las piezas.

REMATES DE MUROS



CROQUIS

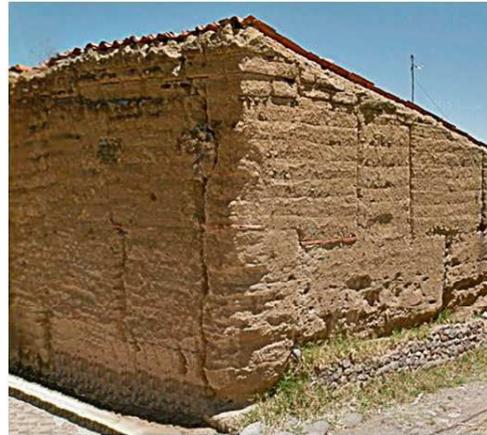


DESCRIPCIÓN

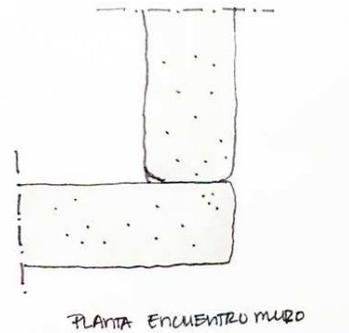
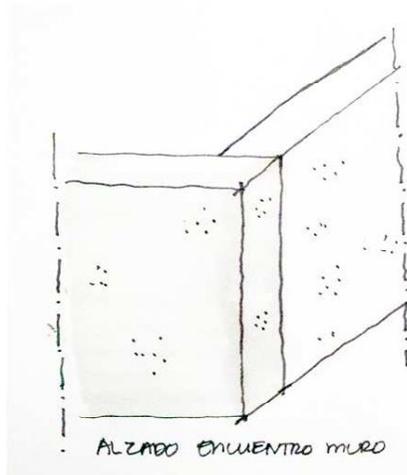
Coronas de muros. Elementos de protección contra la intemperie y la lluvia.

Debido a las características propias del muro de tapia, es necesario protegerlo contra la intemperie y el agua de lluvia. Por lo que en su corona se construye algún elemento de refuerzo, puede ser mampostería de piedra, de canto rodado o de ladrillo, con mortero de cal. En el caso de que el muro sea la continuación de una vivienda, este elemento es protegido por la misma cubierta de teja y no se requiere dicha corona.

ENCUENTROS DE MUROS



CROQUIS



DESCRIPCIÓN

ENCUENTROS DE MUROS. CONTINUAS

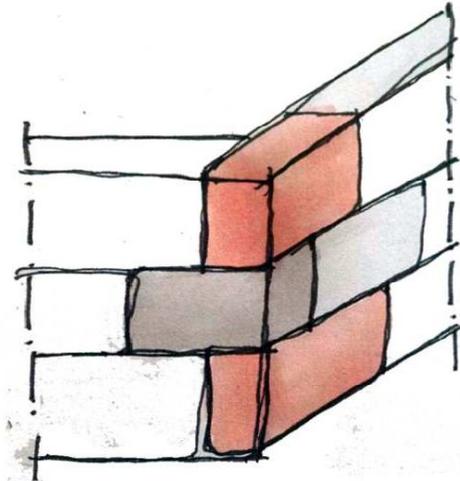
JUNTAS

Debido a la continuidad del aparejo en los bloques de tapia, los encuentros de los muros en las esquinas pueden tener problemas estructurales, no existe el traslape de los mismos, por lo que es muy fácil generar grietas por los empujes horizontales. En la zona de estudio, debido a la falta de especialización técnica de los constructores, este descuido se presenta de manera continua.

ENCUENTROS DE MUROS



CROQUIS



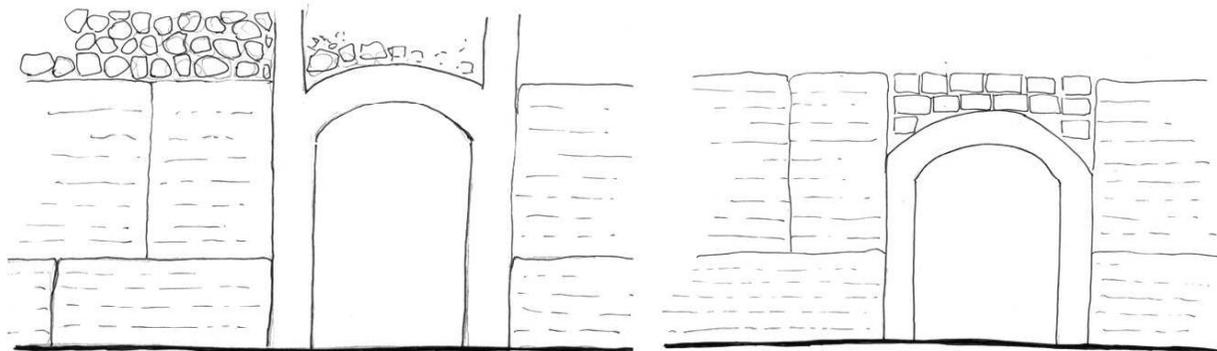
DESCRIPCIÓN

ENCUENTRO ENTRE MUROS. JUNTAS TRABADAS

Los encuentros de los muros de las esquinas al tener las juntas trabadas, tienen mayor resistencia y evitan los empujes horizontales. Esta técnica en la zona se puede observar en edificios de mayor formato y de mayor amplitud.



CROQUIS



DESCRIPCIÓN

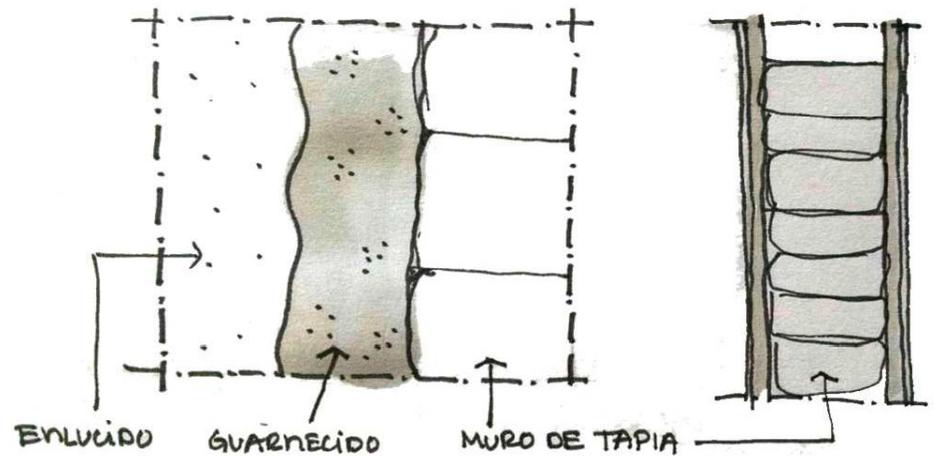
Dintel de madera, ladrillo y/o piedra.

Las ventanas se abren hacia el interior de los predios. Se utiliza la técnica de la horadación, se perforaban con cincel y martillo, una vez que el tapial había secado perfectamente. Primero se efectuaba una cala en el muro en una línea horizontal que permitía la introducción de un dintel de madera. Una vez que era colocado se terminaba de horadar la ventana y se le daba la forma rectangular o cuadrada característica. Para los exteriores, los dinteles pueden ser de piedra labrada o de ladrillo enlucido. En algunos casos se dejaba el vano para la puerta y se cerraba con adobe, al tener la misma altura que las tapias y de acuerdo a la continuación de las hiladas de adobe

REVESTIMIENTO ENLUCIDO



CROQUIS



DESCRIPCIÓN

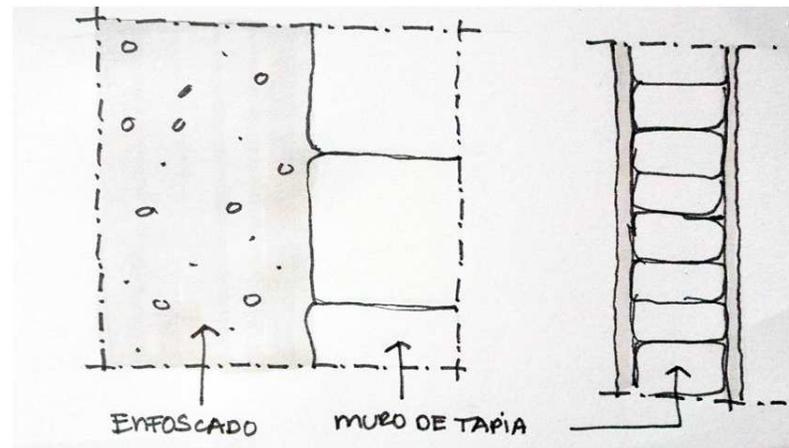
Revestimiento enlucido.

El enlucido es el recubrimiento que se aplica en las fachadas, que tiene un acabado más uniforme y de mejor apariencia. Se aplica en dos o tres capas. La primera es un árido más grueso y la siguiente uno mucho más fino. Se realiza con mortero de cal. Sin embargo debido a las malas intervenciones es posible encontrar algunos revestimientos de cemento, que a la larga deterioran el material y producen humedad y el desprendimiento del mismo enlucido.

REVESTIMIENTO ENFOSCADO



CROQUIS



DESCRIPCIÓN

Revestimiento enfoscado

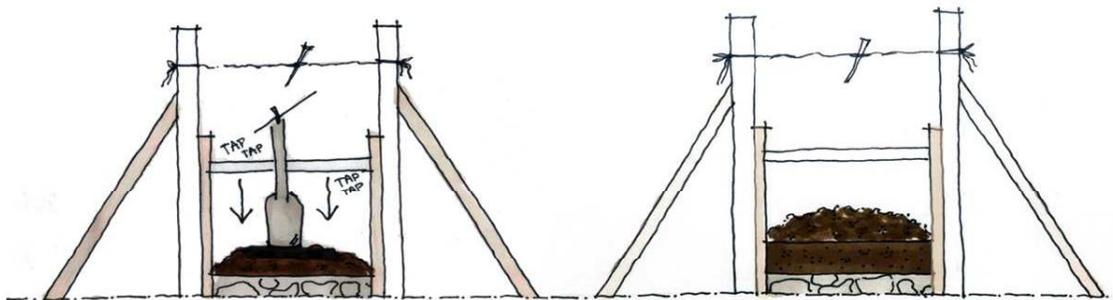
El enlucido es el recubrimiento rústico o tosco, que cubre las fachadas como elemento de protección de la intemperie. Su acabado no es fino, es de realización inmediata. Se realiza con mortero de cal, o de cal y barro, se le puede agregar cenizas a la mezcla, dando un acabado del mismo tono y siendo un revestimiento de protección.

Se han observado ejemplos que tienen revestimiento con piedras colocadas en mampuesto para darle un mayor espesor al muro de tapia.

TONGADAS / ESPESORES CAPAS DE TIERRA



CROQUIS



DESCRIPCIÓN

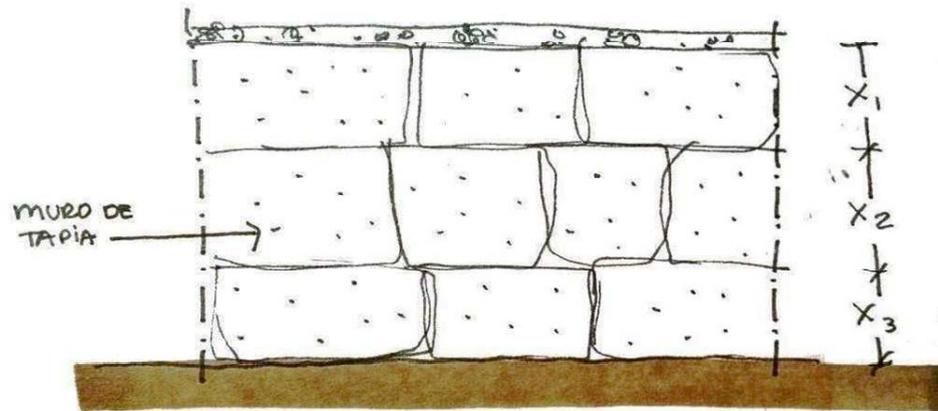
ESPESORES DE CAPAS DE TIERRA

Los espesores de las capas de tierra, también llamadas tongadas, en su mayoría registradas en la zona del municipio de Calpan son de 30cm de altura, pero aun así existen variantes en su fabricación. Mientras que En el estado de Tlaxcala existen registros de que en su mayoría son de 20cm. Por lo que es muy difícil establecer una medida puntual en el tamaño de la tongada, esto demuestra que pueden variar de acuerdo al sitio y las características propias de la tierra.

ALTURAS DE MUROS



CROQUIS



DESCRIPCIÓN

ALTURA DE MUROS: TRES BLOQUES

Se han identificado estas medidas estándar en la zona central, a pesar de que no es posible estandarizar las medidas, porque varían de acuerdo al constructor, la técnica y la tierra, se han encontrado varios ejemplos de estas medidas, que sirven de referente.

Bloques 1. De 1.00 x 2.00 metros de largo.

Bloques 2. De 1.80 x 1.80 metros de largo.

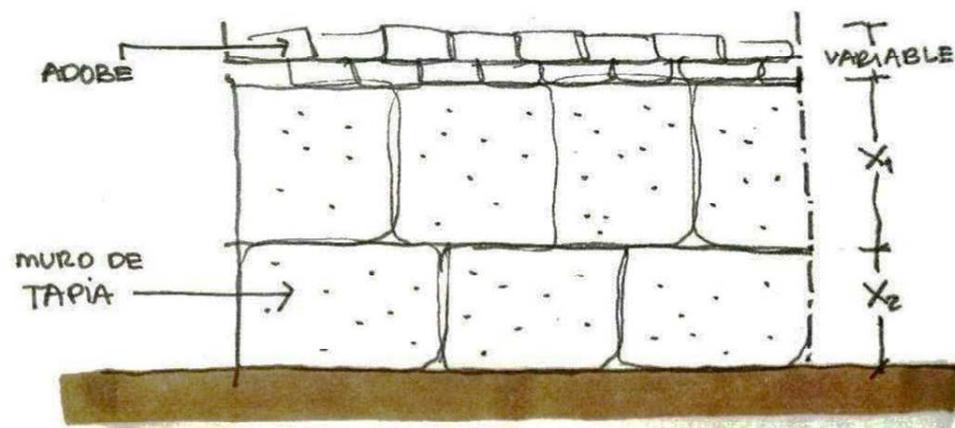
Bloques 3. De 1.00 x 1.50 metros de largo.

El número máximo de bloques a utilizar debido a las condiciones sísmicas de la zona es de tres. Estos solo se utilizaban en edificios de carácter religioso o de mayor importancia y uso, como en el caso de las Haciendas y las Iglesias.

ALTURAS DE MUROS



CROQUIS



DESCRIPCIÓN

ALTURA DE MUROS: DOS BLOQUES

Se han identificado estas medidas estándar en la zona central, a pesar de que no es posible estandarizar las medidas, porque varían de acuerdo al constructor, la técnica y la tierra, se han encontrado varios ejemplos de estas medidas, que sirven de referente.

Bloques 1. De 1.00 x 2.00 metros de largo.

Bloques 2. De 1.80 x 1.80 metros de largo.

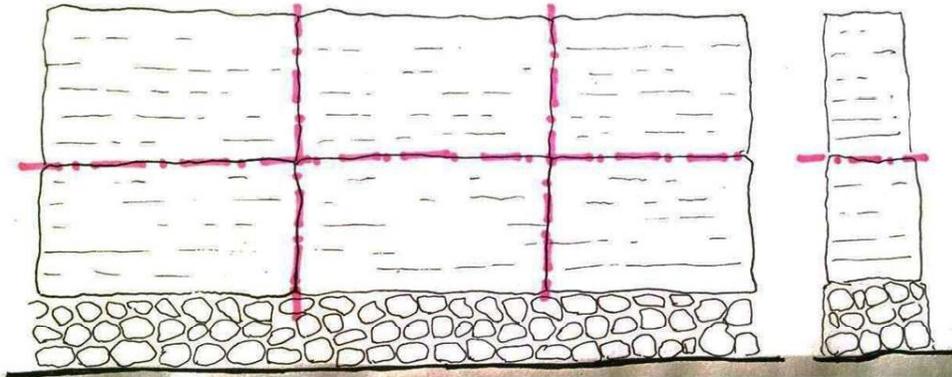
Bloques 3. De 1.00 x 1.50 metros de largo.

En las viviendas tradicionales y muros perimetrales, los bloques utilizados para dar las alturas normalmente eran de dos hileras de altura.

DISPOSICIÓN DE LAS JUNTAS



CROQUIS



DESCRIPCIÓN

DISPOSICIÓN DE LAS JUNTAS. CONTINUAS JUNTAS

El muro de tapia es monolítico, sin embargo debido a su sistema de construcción da la impresión de ser un muro aparejado, dividido por grandes secciones de bloques.

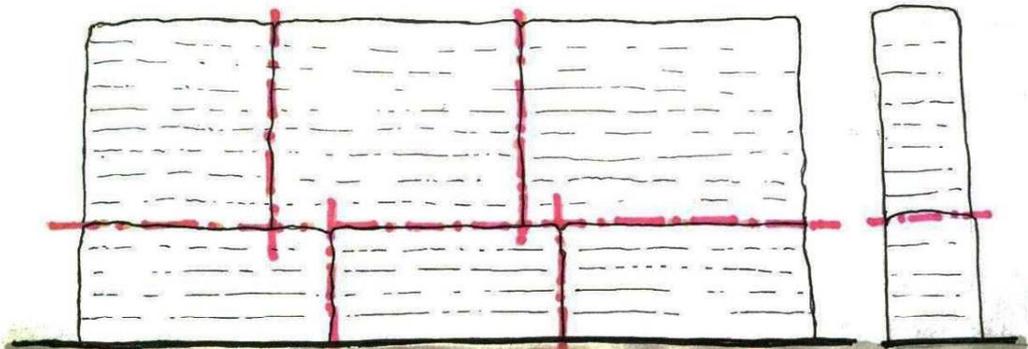
La modulación de los bloques de tapia para tener mayor resistencia debe de tener discontinuidad en el aparejo, esto es que no genere juntas que por falta de traba produzcan deterioros y fragmenten la continuidad de la tapia, haciéndola perder su resistencia.

En la zona de estudio, debido a la falta de especialización técnica de los constructores, este descuido se presenta de manera continua.

DISPOSICIÓN DE LAS JUNTAS



CROQUIS



DESCRIPCIÓN

DISPOSICIÓN DE LAS JUNTAS. JUNTAS TRABADAS

Como se mencionó antes, el muro de tapia es monolítico, debido a su sistema de construcción da la impresión de ser un muro aparejado, dividido por grandes secciones de bloques.

La modulación de los bloques de tapia para tener mayor resistencia debe de tener discontinuidad en el aparejo, de esta forma se evitan las fisuras de forma vertical, que debilitan la continuidad del muro, esta es la forma adecuada de realizar el tapial.

HUMEDAD DE ASCENSIÓN POR CAPILARIDAD



CONSERVACIÓN: ADECUADO
 Esta tapia está constituida por una base de mampuestos de canto rodado, por lo que no presenta humedad por capilaridad en su base.



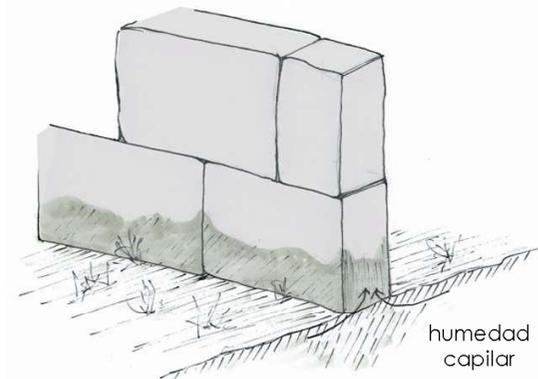
CONSERVACIÓN: MEJORABLE
 La tapia de la segunda imagen no cuenta con una base de mampostería, por lo que aparecen problemas como la humedad por capilaridad en su base.



CONSERVACIÓN: DEPLORABLE
 En este caso se ha repuesto la base afectada por la humedad, pero con elementos ajenos a la construcción con tierra como son los bloques de hormigón.

DESCRIPCIÓN PATOLOGÍA

Se presenta en los arranques de los muros, como consecuencia de las cimentaciones pobres, en ausencia de drenajes adecuados y falta de aireación. A partir de esta patología aparece otra, la pérdida de material en la parte de la base del muro afectada por la humedad capilar. Para reparar este problema en algunos casos se han repuesto las bases con mampostería de canto rodado asentada con mortero de cal i arena. En otros casos se reponen con materiales incompatibles con la tierra produciendo así un mayor deterioro.





CONSERVACIÓN: ADECUADO

El nivel de erosión que se encuentra en este muro de tapia resulta muy bajo i no llega a producir ningún problema estructural.



CONSERVACIÓN: MEJORABLE

En este caso la erosión de la base del muro ya empieza a ser considerable, por lo que se debería actuar sobre el muro antes de llegar a un estado peor.

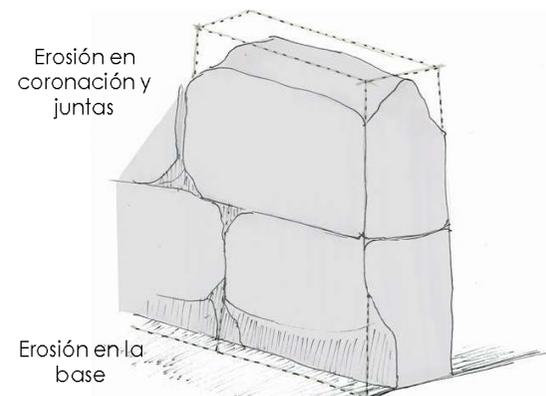


CONSERVACIÓN: DEPLORABLE

Por último caso, un ejemplo de la reparación de la superficie muy erosionada mediante materiales totalmente ajenos a la tapia.

DESCRIPCIÓN PATOLOGÍA

La erosión genérica del muro puede responder a diversos fenómenos concretos. Principalmente afectan los fenómenos meteorológicos a los que esta expuesta de manera continuada la tapia. Entre dichos fenómenos se encuentran las humedades por agua de lluvia o por filtraciones, las heladas o los cambios continuos de temperatura. En los paramentos más erosionados se realizan reposiciones de material que, en la mayor parte de los casos, se ejecutan con materiales incompatibles con la construcción original.





CONSERVACIÓN: ADECUADO

En este muro han empezado a aparecer eflorescencias en el revestimiento exterior, siendo aún simples manchas en el paramento.



CONSERVACIÓN: MEJORABLE

El segundo caso es el de un muro que ya ha perdido su capa superficial y siguen apareciendo humedades de todo tipo, por lo que las eflorescencias serán cada vez más evidentes



CONSERVACIÓN: DEPLORABLE

Por último, un ejemplo en el que ya se ha desmoronado parte del muro y las grandes manchas siguen siendo muy evidentes en toda su superficie.

DESCRIPCIÓN PATOLOGÍA

Son un fenómeno que consiste en la recristalización de sales que han sido conducidas hasta la cara externa del paramento. Estas sales pueden tener su origen en los propios materiales utilizados, o pueden ser externas, provenientes del terreno,

El agua de lluvia o el vapor de agua que atraviesa el cerramiento diluyen estas sales y las arrastran consigo hasta el exterior donde cristalizan y se depositan en la superficie formando una característica veladura blanquecina que delata su presencia.





CONSERVACIÓN: ADECUADO

En este paramento se observa la concentración de ensuciamiento en su coronación, pero ésta aún conserva su forma y composición original.



CONSERVACIÓN: MEJORABLE

En el segundo ejemplo la suciedad se aglutina en la coronación del muro también, pero éste se encuentra desprotegido en su coronación y la suciedad penetra al interior.

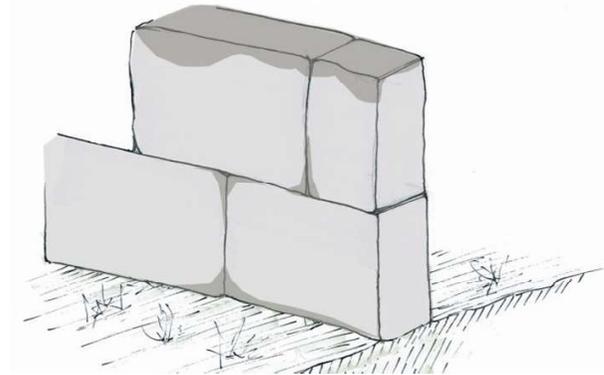


CONSERVACIÓN: DEPLORABLE

En este último caso, la suciedad no solo se concentra en la coronación, sino que aparece también en otras partes del paramento.

DESCRIPCIÓN PATOLOGÍA

Depósitos de humos, hollín y polvo que por la acción de la humedad se aglutinan formando depósitos de coloración negra, creando una pátina con gran poder de penetración en las superficies de los poros. Aparece sobretudo en la parte superior del muro, que es la más expuesta a los agentes contaminantes i al agua de lluvia. No se ha tomado ninguna solución para este tipo de patologías.





CONSERVACIÓN: ADECUADO

En este muro de tapia aparece una coronación con mampostería y arranca desde ella una cubierta inclinada de teja, que protegerá al paramento de la lluvia.



CONSERVACIÓN: MEJORABLE

Sin una coronación suficientemente resistente al agua, el material de la superficie del muro es arrastrado erosionando cada vez mas la tapia.

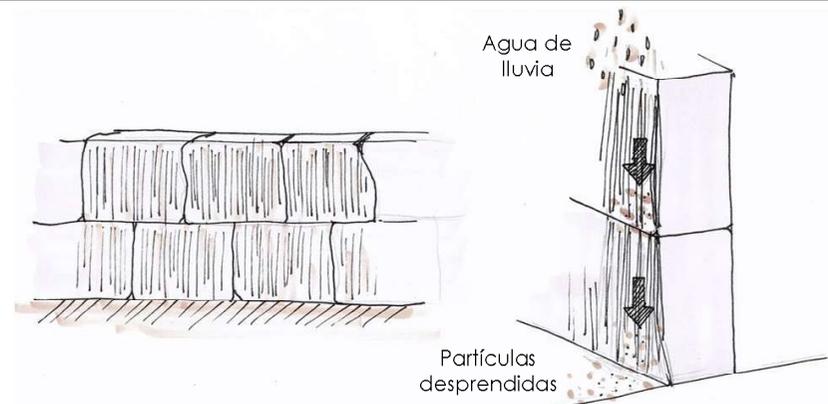


CONSERVACIÓN: DEPLORABLE

En el caso que se hayan ejecutado refuerzos de hormigón armado como en la fotografía, la acción del agua arrastra sales y partículas del cemento a lo largo de toda la superficie de tapia.

DESCRIPCIÓN PATOLOGÍA

Acción erosiva sobre la obra de tapia que elimina y arrastra materiales y depósitos superficiales de suciedad o materiales ajenos depositados sobre el paramento. Este fenómeno produce una gran erosión en paramentos de poca resistencia superficial como es la tierra. Para evitar que se siga erosionando el paramento es necesario proteger la coronación del muro de tapia del agua de lluvia, en los casos en que se encuentra protegido, la aparición de esta patología es mínima.





CONSERVACIÓN: ADECUADO

En la primera imagen se han dispuesto contrafuertes de piedra i mortero de cal y arena a lo largo de todo el muro para evitar desplomes.



CONSERVACIÓN: MEJORABLE

En este caso se construye un contrafuerte por la parte exterior del muro para corregir los desplomes existentes en el muro.

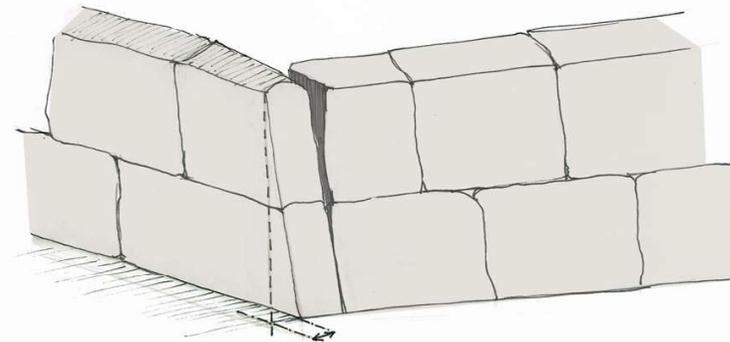


CONSERVACIÓN: DEPLORABLE

En la última imagen, no se ha corregido el desplome y aparecen grietas que ponen en peligro la estabilidad de la construcción.

DESCRIPCIÓN PATOLOGÍA

Perdida de la geometría inicial del elemento a consecuencia de cargas que actúan sobre él sin llegar a romperlo. Los empujes horizontales producen desplomes. Dichos empujes pueden provenir tanto de elementos horizontales (forjados, cubiertas, terreno, etc) como de verticales (muros de esquina e interiores). La pérdida de verticalidad del muro pone en peligro su estabilidad y ha requerido intervenciones como pequeños contrafuertes en la parte exterior con piedra volcánica asentada con mortero de cal-arena, y otras no tan adecuadas como tirantes metálicos en las partes altas de los muros.



EROSIÓN DEL MATERIAL DEL REVESTIMIENTO



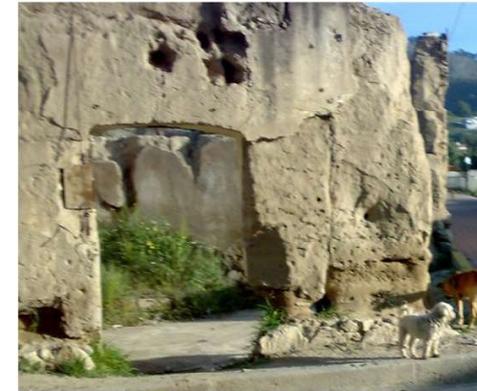
CONSERVACIÓN: ADECUADO

El nivel de erosión de este muro es avanzado pero no aparecen oquedades profundas ni se ha producido ningún fallo estructural.



CONSERVACIÓN: MEJORABLE

En este caso la erosión del revestimiento ha dado lugar a una posterior erosión del material interior del muro y la creación de oquedades importantes.

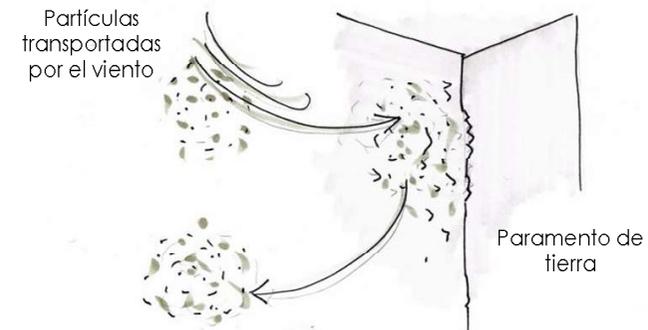


CONSERVACIÓN: DEPLORABLE

En último lugar, este muro ha sido muy erosionado hasta aparecer grandes huecos en el paramento y la parte inferior esta gravemente dañada.

DESCRIPCIÓN PATOLOGÍA

Esta patología se produce por la acción de diversos factores sobre el paramento. La resistencia mecánica con que cuenta el revestimiento del muro de tapia es escasa frente a acciones mecánicas o fenómenos medioambientales que puedan actuar sobre él. Por la acción de las partículas que transporta el aire y chocan contra el paramento, junto con la acción de la lluvia, se va produciendo una pérdida de material que puede llegar a provocar problemas estructurales.



PARTES FALTANTES DEL MURO



CONSERVACIÓN: ADECUADO

En este caso se ha reconstruido la parte superior del muro con tapia, siguiendo el mismo sistema que en la construcción original.



CONSERVACIÓN: MEJORABLE

En otras ocasiones se reconstruye por el interior del muro de tapia la parte que falta con bloques de hormigón, pero sin que éstos interfieran en la composición del muro de tapia.

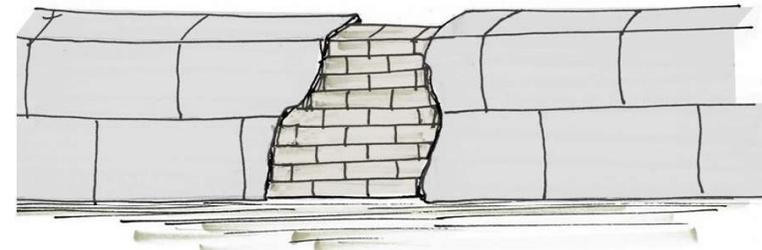


CONSERVACIÓN: DEPLORABLE

Por último, aparecen los casos en que la reconstrucción con bloques de hormigón se realiza sobre el mismo muro de tapia, alterando su composición y estructura.

DESCRIPCIÓN PATOLOGÍA

Por desconocimiento de las características de ésta técnica constructiva no se restaura a tiempo en muchas ocasiones y se producen desmoronamientos de partes completas del muro de tapia. Para reconstituir estas partes de la tapia es frecuente usar materiales como los bloques de hormigón o el cemento, que son completamente incompatibles con la construcción con tierra. La utilización de estos materiales producirá posteriormente otras patologías como falta de adherencia, manchas y eflorescencias.





CONSERVACIÓN: ADECUADO

En esta imagen, se observa la utilización del adobe en la parte superior de la tapia para conformar las cubiertas inclinadas



CONSERVACIÓN: MEJORABLE

En segundo caso se muestra como se disponen los refuerzos de hormigón armado excavando en la tapia los huecos para empotrarlos, sin seguir la modulación original.

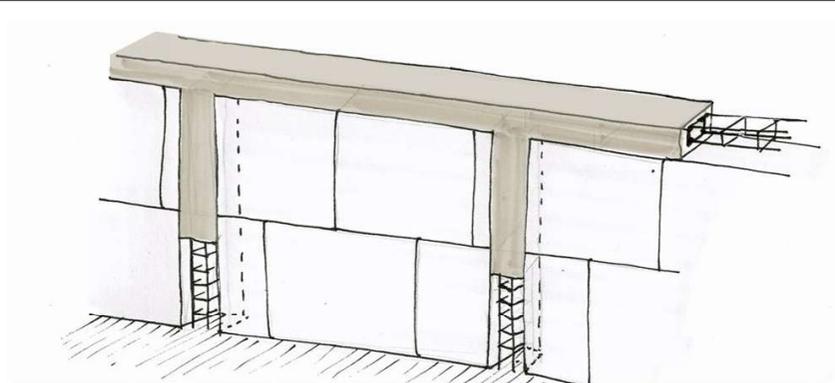


CONSERVACIÓN: DEPLORABLE

Por último, se observan tapias a las que se les realiza el corte, se coloca la armadura metálica en el interior y se abandona sin terminar los refuerzos.

DESCRIPCIÓN PATOLOGÍA

Se introducen elementos estructurales en los muros de tapia para mejorar su comportamiento. En la construcción tradicional se utilizaba el adobe como parte superior de la tapia para realizar la pendiente y el encuentro con las cubiertas inclinadas. En la actualidad se refuerzan los muros con hormigón armado, realizando soportes y zunchos excavados y empotrados en la tapia. Esta medida resulta contraproducente ya que el hormigón no se adhiere a la arcilla, y no trabaja conjuntamente con ésta.





CONSERVACIÓN: ADECUADO

En este muro el vano ha sido construido al mismo tiempo que el resto de paramento, mediante técnicas tradicionales



CONSERVACIÓN: MEJORABLE

En este caso, se ha abierto el vano posteriormente reforzando con cemento los laterales de éste.

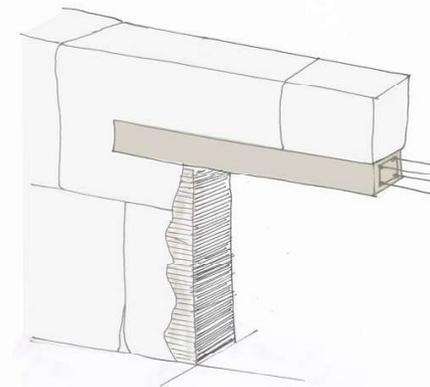


CONSERVACIÓN: DEPLORABLE

Por último, existen vanos como el de la imagen que perforan completamente el muro y se refuerzan en jambas y dinteles con hormigón armado.

DESCRIPCIÓN PATOLOGÍA

En cuanto a la apertura de vanos en el muro de tapia, aparecen casos en los que se ha construido el hueco al mismo tiempo que la tapia y otros casos en que la apertura es posterior. Usualmente para aperturas posteriores se emplea el hormigón armado en dinteles y el cemento en las jambas. Debido a los problemas de falta de adherencia y peso propio del material, este tipo de vanos alteran la resistencia del tapial.





CONSERVACIÓN: ADECUADO

En primer lugar aparecen revestimientos o acabados con tierra, que son totalmente compatibles con el muro, aunque ya se encuentran en mal estado.



CONSERVACIÓN: MEJORABLE

Posteriormente aparecen revestimientos de cal y arena que no dejan transpirar al muro y ocasionan lesiones como la pérdida del mismo revestimiento.

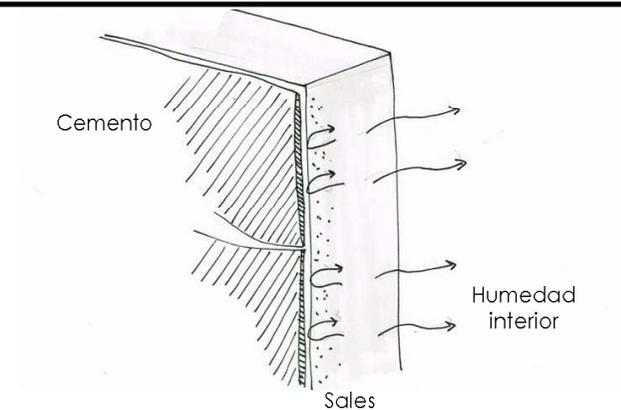


CONSERVACIÓN: DEPLORABLE

Por último, los revestimientos con cemento crean una capa totalmente impermeable ni transpirable que no se adhiere al muro ni proporciona ninguna buena cualidad.

DESCRIPCIÓN PATOLOGÍA

Los revestimientos están formados por recubrimientos con tierra. Otro tipo de revestimientos son los que cuentan con cemento, que son posteriores a la construcción del muro y son nocivos debido a que no permiten intercambiar aire y agua con el exterior, además de no dejar respirar al muro, le aporta sales al material interior y nunca se adhiere a éste.





CONSERVACIÓN: ADECUADO

En este caso las instalaciones discurren por encima de la construcción y se sostienen en un poste situado al lado de ésta.



CONSERVACIÓN: MEJORABLE

Otro caso es el de las instalaciones ancladas al paramento de tierra, como postes o placas identificativas de cada calle.

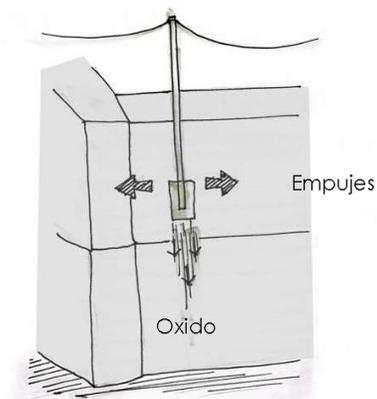


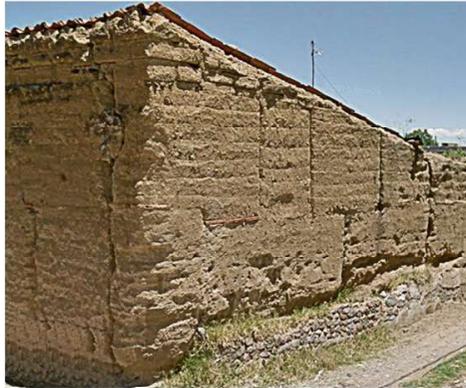
CONSERVACIÓN: DEPLORABLE

Por último, vemos los daños ocasionados por los movimientos diferenciales de instalaciones ancladas en las fachadas de tierra.

DESCRIPCIÓN PATOLOGÍA

La disposición de instalaciones sobre el muro de tierra es un hecho que puede derivar en otras lesiones de mayor gravedad, pues los elementos metálicos de las instalaciones dilatan de forma muy distinta que el muro y provocan roturas de la tapia. Por otra parte, el agua de lluvia crea depositos de oxido arrastrado de los elementos metálicos en el paramento de tierra. Además, el muro no cuenta con la capacidad resistente adecuada para soportar esfuerzos tangenciales derivados de los postes.





CONSERVACIÓN: ADECUADO

La vegetación empieza a aparecer en la base del muro en esta imagen, pero aún no ha provocado ninguna lesión de mayor embergadura.



CONSERVACIÓN: MEJORABLE

En la segunda imagen, la vegetación se ha apoderado de toda la base del muro y de la coronación, empieza a raizar en las juntas y a extenderse por el paramento vertical.

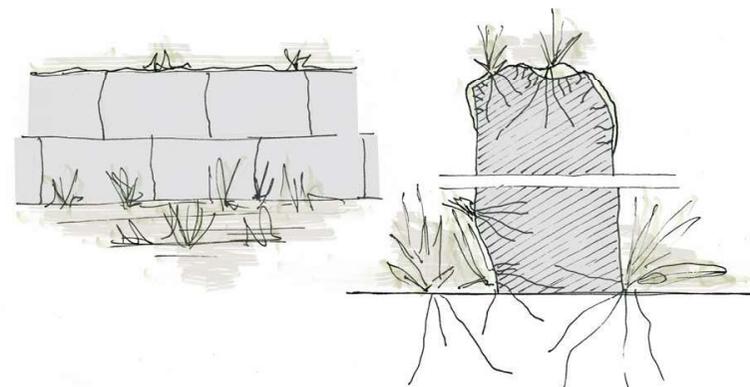


CONSERVACIÓN: DEPLORABLE

En ésta última imagen, se observa el muro sin resistencia alguna, desmoronándose por la gran cantidad de raíces que hay en su interior.

DESCRIPCIÓN PATOLOGÍA

Las condiciones favorables de humedad y el transporte de semillas con el viento o el agua son la causa de la aparición de vegetación sobre el paramento. El mayor problema que conlleva esta lesión es producido por las raíces, ya que puede provocar la rotura del material del muro generando nuevas vías de penetración del agua y acelerando el proceso de colonización vegetal.





CONSERVACIÓN: ADECUADO

En este muro no aparece ninguna lesión ocasionada por actos vandálicos.



CONSERVACIÓN: MEJORABLE

En la imagen se observa un paramento sobre el cual se ha realizado un grafiti con productos químicos como acto vandálico.

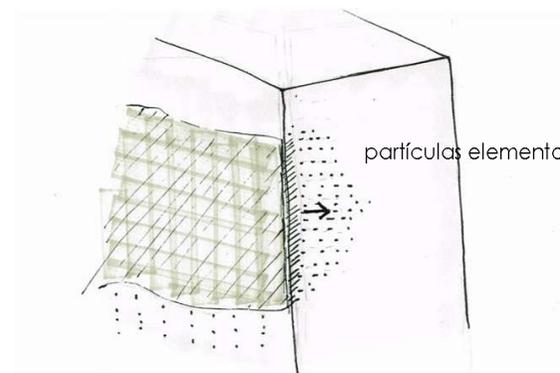


CONSERVACIÓN: DEPLORABLE

Otro caso es el de los anuncios publicitarios pintados intencionadamente sobre el propio muro, que son igual de perjudiciales como los grafitis.

DESCRIPCIÓN PATOLOGÍA

Los agentes antropicos más comunes son la disposición de elementos impropios y la realización de grafitis u otras pinturas sobre el paramento. En este segundo caso, los dibujos se realizan mediante productos químicos que pueden ocasionar daños en la composición del paramento, además de cambiar totalmente su aspecto original. Estas pinturas pueden ser objeto de actos vandálicos como los grafitis o con intención publicitaria.



GRIETAS POR MOVIMIENTOS DIFERENCIALES



CONSERVACIÓN: ADECUADO

La grieta más frecuente es la que aparece en la esquina, en la unión de dos paramentos perpendiculares, debido a las contracciones y dilataciones diferentes de uno y otro.



CONSERVACIÓN: MEJORABLE

En este caso aparece una grieta entre la tapia y la continuación del muro con adobe, por comportamientos distintos entre un material y el otro.

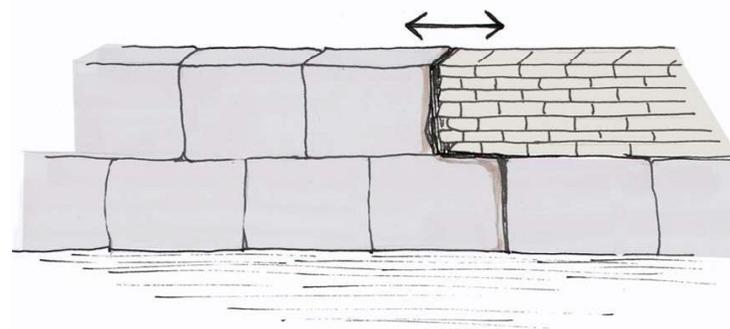


CONSERVACIÓN: DEPLORABLE

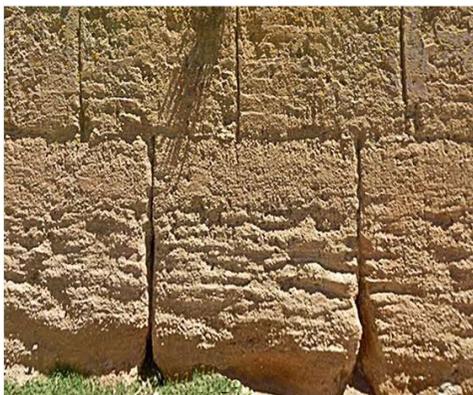
La grieta que se forma en la esquina debido a movimientos diferenciales de ambos paramentos en este caso se abre desde arriba provocando problemas de estabilidad.

DESCRIPCIÓN PATOLOGÍA

Este tipo de grietas vienen producidos por cambios térmicos en grandes paños (dilatación y contracción) y cambios de humedad en zonas puntuales como bases y coronaciones. Dichos movimiento se convierten en empujes horizontales que provocan las consiguientes grietas. En los casos donde la obra sea mixta (tapiales con mahones o entramados con adobe) la junta constructiva entre dos materiales es más débil que el resto y se abre fácilmente.



GRIETAS POR DISCONTINUIDAD DEL APAREJO



CONSERVACIÓN: ADECUADO

El caso más frecuente es el de las grietas que aparecen por falta de material en las juntas constructivas del tapial.



CONSERVACIÓN: MEJORABLE

Las mismas juntas de construcción del tapial pueden llegar a erosionarse de forma avanzada y poner en peligro el conjunto del muro



CONSERVACIÓN: DEPLORABLE

La junta longitudinal que aparece en las esquinas por falta de traba de los dos muros perpendiculares es erosionada y ampliada posteriormente por movimientos diferenciales.

DESCRIPCIÓN PATOLOGÍA

Las juntas formadas por el sistema constructivo de la tapia son las que posteriormente serán objeto de una mayor erosión por tratarse del punto más débil del muro. Las juntas verticales en el mismo paramento no son tan susceptibles como las juntas entre paramentos perpendiculares, ya que las primeras se encuentran trabadas y las segundas no se encuentran trabadas en esquina. Por tanto, son objeto de una gran erosión y ampliación debido también a movimientos diferenciales como los de dilatación y contracción térmica.

