



ENSEÑANZA DE CONSTRUCCIÓN CON TIERRA EN EL ÁMBITO UNIVERSITARIO DE LA FRONTERA NOROESTE DE MÉXICO

Tonatiuh Magaña Guzmán¹, Cristina Sotelo Salas², Daniel Antonio Olvera García³

¹Escuela de Ciencias de la Ingeniería y Tecnología, Universidad Autónoma de Baja California, tonatiuh.magana@uabc.edu.mx

Facultad de Arquitectura y Diseño, Universidad Autónoma de Baja California, ²cristina.sotelo@uabc.edu.mx;

³daniel.olvera@uabc.edu.mx

Palabras clave: taller de construcción con tierra, enseñanza universitaria, educación sostenible

Resumen

El consumo elevado de energía en edificaciones se atribuye en gran medida a su operación y construcción. La falta de adecuación climática de los materiales de la envolvente, así como la energía consumida en su transformación exacerba el cambio climático local y global. Se considera que la transformación ideológica previa a la transformación tecnológica puede iniciar en las instituciones de educación superior para su integración en la formación de arquitectos y constructores. El objetivo de este artículo es exponer la necesidad de transferencia tecnológica de sistemas constructivos de tierra en Baja California, de tal manera que se considere una alternativa viable a sistemas constructivos convencionales, debido a la abundancia de recursos naturales apropiados en la región, así como la pertinencia de llevarla a cabo a través de una asignatura a nivel universitario; se describe a su vez, el origen de la asignatura taller de construcción natural, su evolución y prospectiva. La asignatura se desarrolla en sesiones teóricas y prácticas. La interrelación de la parte teórica y práctica es necesaria para un mejor aprovechamiento del alumno, busca dar bases conceptuales como punto de partida para la práctica, donde experimenta lo aprendido. El principal producto del taller es la difusión sobre el uso de la tierra como material de construcción vigente, así como la revaloración de sistemas de construcción de los primeros pobladores de la región, apropiados para su uso contemporáneo por sus propiedades térmicas y parasísmicas. Adicionalmente, está en proceso la gestión de un diplomado de construcción con tierra, como parte de la extensión universitaria de la Universidad Autónoma de Baja California.

1 CONOCIMIENTO TRADICIONAL AL AULA

Las construcciones de tierra han sido parte del desarrollo de poblaciones debido a su abundancia (Minke, 2001), esto se puede observar en WHEAP (Grandreau; Delboy, 2012) donde destacan las regiones en las que existe construcción con tierra en todo el mundo, así como los principales sitios patrimoniales construidos con este material.

En este sentido el conocimiento de las tradiciones constructivas de los diferentes pueblos se ha perdido paulatinamente como menciona Guerrero (2010), además que este tipo de edificio ha sido sustituido por construcciones “modernas” que no tienen relación con el contexto o el clima, a diferencia de sus predecesoras. Las cualidades bioclimáticas de las construcciones con tierra eran entendidas por los usuarios de estas construcciones, a las que solamente hacían adecuaciones de forma para mejorar por medio de sistemas pasivos el control ambiental del edificio.

Como resultado de lo anterior están las tipologías arquitectónicas de las construcciones de tierra, en las que no solo la forma sino también la manera en que se solucionan elementos como las cimentaciones y las cubiertas generan diferencias y se especifican de acuerdo con la región geográfica en la que se hicieron. En ese sentido particular a la cultura; su uso y aplicación durante un período de tiempo en un lugar específico, se le llama tradición constructiva o arquitectura vernácula, la cual es fruto de numerosas adaptaciones arquitectónicas para responder a un lugar, al clima, y a una cultura específica, lo cual hace que obtenga identidad con el paso de los años (Rowenczyn, 2011).

La proveeduría de los materiales es también factor para la construcción con tierra, su uso reduce la extracción y transporte de materiales (cemento y gravas) desde sitios lejanos al lugar de la obra, lo que en épocas anteriores significaba un gran esfuerzo por parte de los constructores, y los impulsaba a realizar las adaptaciones antes mencionadas, con lo que se generaba una identidad de las construcciones según el lugar y el clima donde se realizaran.

Es así, que la tierra ha demostrado a lo largo del tiempo ser un material útil para la construcción, pero que en el siglo XX pasó por desprestigio debido a diferentes factores, entre ellos, el hecho de que se relacione con un estatus de pobreza o subdesarrollo, además del deterioro atribuido a los sismos y el mantenimiento inadecuado. En este sentido, es necesario documentar el conocimiento constructivo y llevarlo a las nuevas generaciones de arquitectos y constructores, no de una manera estándar como se hace con los materiales industrializados, sino de una manera regional como se aprendía anteriormente, al conocer las propiedades y características de los materiales locales, como especifica Minke (2001) sobre la tierra, en la que su composición depende del lugar donde se extrae.

Por tanto, respaldar la construcción vernácula y obra nueva con las investigaciones de expertos en el tema puede devolver la confianza en los sistemas constructivos con tierra, y de manera más específica con las nuevas generaciones de arquitectos.

En la enseñanza de la arquitectura, los talleres de diseño suelen priorizar la idea sobre la ejecución, en el taller de construcción natural se busca enseñar a través de la materialización de la idea y el conocimiento de la materia prima, de tal manera que los alumnos perciban a la construcción como parte del proceso creativo y recuperen la esencia artesanal del trabajo del arquitecto.

El aprendizaje basado en trabajo manual y el desarrollo de habilidades manuales, ayudan a entender y expresar problemas. La relación directa de la mano en contacto con la materia incentiva la creatividad (Manzini, 1992; Trachana, 2012). Adicionalmente, el vínculo del arquitecto con el material transformado contribuye a la identidad arquitectónica del lugar al introducir lenguaje arquitectónico como resultado de la generación de patrones de acuerdo con la zona climática y a los recursos naturales locales (Sotelo et al., 2016).

El estado de Baja California es el segundo productor de trigo del país, con una producción de 6,2 toneladas por hectárea (FIRA, 2007). El grano de trigo representa el 45% de la biomasa creada por este cultivo, el restante es principalmente paja. Construir con pacas de paja permite un desempeño térmico favorable en las zonas climáticas templadas y cálidas de la región debido a su resistencia térmica alta (Taha et al, 2010). Además, Mexicali posee un recurso abundante de suelos vertisoles¹ (Oliva, 2014) y a pesar de que este tipo de arcilla es susceptible al hinchamiento (Neves et al., 2009) este efecto se puede controlar a través de la estabilización del suelo.

2 TALLER DE CONSTRUCCIÓN NATURAL

Al exponer las ventajas pedagógicas y ambientales de la asignatura, se describen las experiencias obtenidas en la impartición de ésta en dos campus de la Universidad Autónoma de Baja California (UABC), Mexicali y Valle de las Palmas.

Los municipios de Mexicali y Tijuana con menos de 130 años de fundación se localizan al sur de Estados Unidos de América y colindan con el estado norteamericano de California. Los campus universitarios citados, tienen acceso fronterizo. Su ubicación dista en promedio de 3.000 km de Ciudad de México (CDMX), capital del país, donde se concentra la mayoría de la oferta de talleres de capacitación, proyectos y arquitectura histórica relacionada con la construcción con tierra.

En este estado fronterizo, es la única universidad que oferta una asignatura formal de construcción con tierra, sin estar dentro de las referidas por Jorquera (2015, p. 79). La

¹ Compuestos principalmente por montmorillonita dentro del área urbana (Oliva, 2014, p. 67).

asignatura tiene como antecedente los seminarios de bioarquitectura de los años 2013 y 2014 organizados por la Facultad de Arquitectura y Diseño (FAD) de la UABC, Campus Mexicali. En 2015 los autores desarrollan la carta descriptiva de la materia y en febrero de 2015 se ofertó por primera vez en Mexicali; en 2017 se realizó el tercer seminario de Bioarquitectura, como parte de los esfuerzos continuos de divulgación de la construcción con tierra en la región. Los seminarios de bioarquitectura son abiertos para alumnos, docentes y público en general y comprenden sesiones teóricas y prácticas. La información provista por los ponentes y talleristas de los seminarios de bioarquitectura se integraron al material didáctico de la asignatura.

Actualmente, la clase se oferta cada semestre en la FAD en el campus Mexicali y en la Escuela de Ciencias de la Ingeniería y Tecnología (ECITEC) en el campus Valle las Palmas, al ser una asignatura optativa admite alumnos provenientes de otras carreras (Ingeniería Civil e Ingeniería en Energías Renovables), así como alumnos de movilidad académica nacional e internacional.

La materia tiene como objetivo principal enseñar a los alumnos de manera práctica y teórica los principios básicos de cuatro sistemas de construcción con tierra, así como motivar a los alumnos a proponer en sus anteproyectos la implementación de distintos sistemas térreos como una construcción de menor impacto ambiental.

2.1 Trabajo en el aula

La teoría se imparte dentro de un salón de clases, se toma como guía la carta descriptiva de la materia, la cual se divide en cuatro unidades, las dos primeras y la última se abordan de manera teórica, en el apartado teórico marca la enseñanza de los cuidados y mantenimiento que requiere una construcción edificada con materiales naturales, se hace hincapié en los cimientos, rodapié, estructuras y cubiertas con aleros, todo ello apoyado con material digital.

Las clases teóricas se complementan con material de apoyo digital desarrollado por los docentes, donde se hace referencia a normas, manuales, así como libros de expertos en el tema. En la figura 1 se muestra una de las láminas de la presentación de pruebas a materiales térreos, en la cual se aprecia el proceso de granulometría por tamizado y en la figura 2 se muestra la práctica en campo del test Carazas, como apoyo al material visto en el aula.



Figura 1. Presentación electrónica, material digital del apartado teórico (Magaña, 2017)



Figura 2. Práctica de campo: Test Carazas (Sotelo, 2019)

2.2 Trabajo en campo

Todas las prácticas de prueba son una introducción a la materia, una referencia para que puedan conocer el lenguaje (texto, específico, definiciones), se les incita a continuar la lectura y búsqueda de información con el criterio del cuestionamiento. Se inicia con prácticas de prueba a los materiales como la sedimentación, se solicita a los alumnos llevar una

muestra del suelo de su casa o espacios colindantes, se realizan ejercicios de prueba a sustratos arcillosos apoyados en los métodos de control propuestos en la publicación Selección de suelos y métodos de control en la construcción con tierra, prácticas de campo (Neves et al., 2009). Se practican las técnicas sobre un modelo a escala de 1:3 de una edificación, se hacen ejercicios que requieren destreza técnica para el desarrollo de habilidades. Se elaboraron piezas de adobe con materiales locales con la finalidad de construir un arco con cimbra, muros de adobe, tapial y bajareque.

Adicionalmente, bajo el apartado de acabados, se enseñan los revoques grueso y fino, y las pinturas naturales a base de cal y tierras de colores. La práctica de revestimientos se realiza siguiendo las indicaciones sugeridas para aplanados de cal y arena y pigmentos naturales, se apoya en el manual de la Red PROTERRA (Guerrero, 2011, p. 75). Se trabaja sobre cuatro tipos de acabado: zarpeado de cal, pinturas a la cal, acabado de barro con paja molida y pinturas de arcilla. Dentro de la clase se han realizado ejercicios de fabricación de arcos con cimbra y para mostrar a los alumnos la distribución de las cargas, se prueba con una carga viva, en este caso un alumno con un peso aproximado de 68 kg, como se muestra en la figura 3. Al final del ciclo escolar se concluye con una práctica de elaboración de muestras de pinturas, en la figura 4 se observan las tierras de distintos colores, propuestas para acabados de interior.



Figura 3. Alumno prueba arco construido en clase (Magaña, 2017)



Figura 4. Pruebas de pintura de barro (Magaña, 2018)

3 RESULTADOS

Los alcances de la materia han sido la elaboración de muestras de técnicas constructivas en tapial, adobes, bajareque, cob. Ejercicios a escala de edificación cambiando las diversas técnicas y en la que se hacen ejercicios de mezclas de mortero para pegado de adobes, acabados con cal y acabados con pigmentos de arcillas de distintos colores.

Otro de los logros ha sido enseñar a los alumnos el manejo de herramientas y con su uso fabricar moldes para los adobes, tapial, colocación de cimbras y retos técnicos, en las imágenes se aprecian bancas en la técnica de tapial con formas rectas y curvas, se ha trabajado sobre la edificación de pequeños muros en técnicas de tapial, adobe y cob. Además, los alumnos han comenzado a proponer sus trabajos de anteproyecto en las materias de diseño, traducidos a propuestas de edificación donde se considera la tierra como materia prima.

Los ejercicios de construcción en clase son sometidos a discusión y aprobación en grupo, se procura la dificultad técnica a fin de incentivar a los alumnos a resolver la necesidad de moldes especiales, en la figura 5 se aprecia la técnica de tapial en un molde circular. En la figura 6 se aprecia la técnica de tapial con aplicación de óxidos de hierro.



Figura 5. Banca experimental (Magaña, 2017)



Figura 6. Bancas de tapial (Sotelo, 2017)

4 CONSIDERACIONES FINALES

Además del beneficio ambiental obtenido por la implementación y valoración de la construcción con tierra en la región, se considera que, a través de la autoconstrucción, se pueden aminorar los efectos de fenómenos sociales de degradación urbana como el abandono y deterioro de las edificaciones de construcción con tierra, de igual manera se pueden brindar opciones económicas y confortables de vivienda para la ola de migrantes que buscan cruzar la frontera, pero permanecen por períodos indeterminados en ambas ciudades.

En el ámbito académico, se busca generar investigaciones en conjunto con otras carreras como Ingeniería Civil, para la realización de pruebas, por el conocimiento de normas y por la infraestructura de laboratorios. Se deben hacer muestras de piezas de adobe, tapial y cob con materiales locales con la finalidad de generar pruebas de resistencia mecánica, térmica y acústica, a documentarse.

En los dos municipios ambos campus comparten las instalaciones de ingeniería civil, y se plantea llevar a cabo pruebas de resistencia mecánica en los laboratorios de ingeniería civil. Se pretende generar información cuantitativa factible de ser utilizada en el proceso de diseño y construcción apoyados en las normas: ASTM D422-63 (1998), código de construcción con tierra de Nuevo México (NMAC 14.7.4., 2009), guía estándar ASTM E2392 (2016), método de análisis del tamaño de las partículas de suelo, método del hidrómetro de Bouyoucos, análisis granulométrico por medio del hidrómetro INV E-124 (2007), prueba a materiales referida en la norma mexicana M-CMT-1-01/02 (2002) como el conocimiento del contenido de piedras, gravilla, arena, limos y arcilla por tamizado indicado en el manual de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) de México M-MMP-1-06/03 (2019) en las que se basan las normas, para la granulometría de materiales compatibles para terracerías, mismo que se compara con lo descrito en el documento de la Red PROTERRA (Neves et al., 2009).

Finalmente, se busca consolidar la información producto de estas prácticas y seminarios previos mediante un diplomado de construcción ofertado por la misma UABC dirigido al público en general.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASTM D-422-63 (1998). Standard test methods for particle-size analysis of soils. USA: ASTM International
- ASTM E2392 (2016). Standard guide for design of earthen wall building systems. USA: ASTM International

- FIRA (2007). Rentabilidad del trigo en el ciclo OI 2006/2007 y costos del cultivo de trigo en el ciclo 2007/2008. Fideicomisos Instituidos en relación con la Agricultura. Disponible en http://www.fira.gob.mx/Nd/TRIGO_OI_Sonora_y_BC_-_Rentabilidad_2006-2007_Costos_2007-2008.pdf
- Grandreau, D.; Delboy, L. (2012). World heritage inventory of earthen architecture. WHEAP. UNESCO/CRAterre/ICOMOS/ICCROM/EPA/CHDA/CERKAS. Disponible en <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000217020>.
- Guerrero, L. F. (2010). La herencia de la arquitectura tradicional. Alarife, 20, p.8–26.
- Guerrero, L. F. (2011). Revestimientos. In: Neves, C.; Faria, O. B. (Org). Técnicas de construcción con tierra. Bauru: FEB-UNESP/PROTERRA. p. 72-77. Disponible en <http://www.redproterra.org>.
- INV E-124-07 (2007). Análisis granulométrico por medio del hidrómetro. Colombia: Instituto Nacional de Vías
- Jorquera, N. (2015). Enseñanza, investigación y difusión acerca de la construcción con tierra. Actas del 1er encuentro nacional de arquitectura y construcción con tierra Enacot 2014. p. 78-83. Disponible en <http://www.academia.edu/33046569/boletin-enacot-2015>
- Manzini, E. (1992). Artefactos. Hacia una nueva ecología del ambiente artificial. Madrid: Ediciones Celeste.
- M-CMT-1-01/02 (2002). Características de los materiales. Secretaria de comunicaciones y transporte.
- Minke, G. (2001). Manual de construcción en tierra. La tierra como material de construcción y su aplicación en la arquitectura actual. Montevideo. Editorial Fin de Siglo.
- M-MMP-1-06-03 (2019). Métodos de muestreo y prueba de materiales. Suelos y materiales para terracerías. Granulometría de materiales compatibles para terracerías. Secretaria de comunicaciones y transporte. Disponible en <http://www.normas.imt.mx>
- Neves, C.; Faria, O. B.; Rotondaro, R.; Cevallos, P. S.; Hoffmann, M. V. (2009). Selección de suelos y métodos de control en la construcción con tierra – prácticas de campo. PROTERRA. Disponible en <http://www.redproterra.org>.
- NMAC 14.7.4. (2009). New Mexico earthen buildings materials code. Santa Fe, USA: Construction Industries Division of the regulation and Licensing Department
- Oliva, M. (2014). Habitar la tierra. Tesis de maestría. México: Facultad de Arquitectura, UNAM.
- Rowenczyn, L. (2011). Architecture vernaculaire et nature. Comment intégrer la modernité dans le respect de la tradition. Matieres a penser. Ecole d'architecture de la vile & des territoires.
- Sotelo, C., Olvera, D. Muñoz, J., Romero, R. (2016). Natural building workshop for architecture students in north-western Mexico. 32nd International Conference on Passive Low Energy Architecture. Cities, Buidlings, People: Towards Regenerative Environments. Proceedings. Los Angeles. USA. p. 1929-1934.
- Taha, A., Hansjorg, W., Heiko, G., Bockisch, F., Wei, W. (2010). The influence of natural reinforcement fibres on insulation values of earth plaster for straw bale buildings. Materials & Design. 31 (10). p. 4674-4685.
- Trachana, A. (2012). Las manos. La liberación de las manos para la creatividad e innovación. Universidad Politécnica de Madrid.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Dra. Ramona Romero Moreno y al Dr. Ricardo Gallegos Ortega por su apoyo durante la realización de este trabajo, así como a la Facultad de Arquitectura y Diseño y la Escuela de Ciencias de la Ingeniería y Tecnología de la Universidad Autónoma de Baja California, por permitir la apertura de la asignatura y proveer el espacio para su continua realización.

AUTORES

Tonatiuh Magaña, maestro en arquitectura con especialidad en materiales naturales, diseñador industrial, profesor de asignatura en ECITEC de la Universidad Autónoma de Baja California. Asesor y constructor con materiales naturales.

Cristina Sotelo Salas, maestra en arquitectura con especialidad en edificación y energías renovables, máster en arquitectura y sostenibilidad, arquitecta, profesor de asignatura en la Facultad de Arquitectura y Diseño de la Universidad Autónoma de Baja California.

Daniel Antonio Olvera García, doctor en arquitectura con especialidad en patrimonio edificado, maestro en arquitectura, arquitecto, profesor asignatura en la Facultad de Arquitectura y Diseño de la Universidad Autónoma de Baja California.