

Mtro. Jaime Francisco Irigoyen Castillo

Director de la División de Ciencias y Artes para el Diseño

UAM Xochimilco

INFORME FINAL DE SERVICIO SOCIAL

Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco

Área de Investigación de Conservación y Reutilización del Patrimonio Edificado

Periodo: **19 de junio de 2014 a 19 de diciembre de 2014**

Proyecto: **Desarrollo de materiales y técnicas de construcción de bajo
impacto ambiental para el diseño arquitectónico y la conservación del
patrimonio edificado. Cal**

Clave 054.14.6.2014

Luis Enrique Martínez Barrón

Matrícula: **209328457**

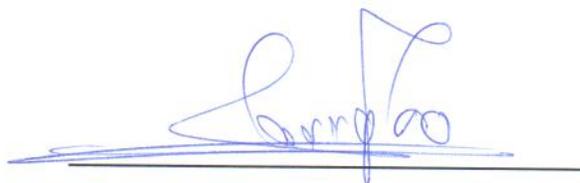
Licenciatura: **Arquitectura**

División de Ciencias y Artes para el Diseño

Tel: 22-30-75-76

Cel: 044-55-40-34-28-29

Correo electrónico: luis90192@gmail.com



Responsable del proyecto: Dr. Francisco Javier Soria López

Profesor Investigador del Cuerpo Académico y Área de Investigación de Conservación y Reutilización del Patrimonio Edificado

INTRODUCCIÓN

Desde que el ser humano se volvió sedentario, la tierra cruda fue uno de los principales materiales utilizados para solucionar la necesidad de vivienda, y en México no fue la excepción, desde la época prehispánica se han creado y utilizado muchos sistemas constructivos para la edificación de pueblos y ciudades, tales como cob, bajareque, adobe y tapial, pero todos ellos con un factor en común: el bajo impacto ambiental.

En las construcciones de tierra, cuando la calidad de la materia prima es adecuada y las condiciones climatológicas lo permiten, reciben procesos de mantenimiento periódico a partir del uso de tierra en combinación con sustancias de origen orgánico para proteger sus superficies del viento y de lluvias con bajas y medianas intensidades. Pero en regiones con climas extremos o con altas precipitaciones pluviales, las estructuras de tierra tuvieron que ser preservadas mediante el uso de materiales más resistentes como la piedra y la cal, así como implementaciones arquitectónicas para evitar la incidencia directa de dichos factores ambientales sobre las superficies construidas.

Sin embargo, a pesar de sus muy buenos resultados, la aplicación de la cal como material estabilizante en la arquitectura de tierra ha sido escasamente estudiada. Desde tiempos remotos se utilizaron pequeñas proporciones de hidróxido de calcio para incrementar la resistencia mecánica de la tierra, así como para disminuir las afectaciones derivadas de agentes climáticos como la lluvia, humedad o viento, esta cultura constructiva que todavía en los años cincuenta y sesenta del siglo XX era muy frecuente, paulatinamente fue desplazada por la modernidad, el uso de componentes constructivos industrializados como el cemento, así como el tabicón o el block, que a su vez son derivados de éste material.

En años recientes, a partir del auge que presenta la arquitectura sostenible, el uso de la cal y la tierra en conjunto, paulatinamente va adquiriendo una nueva dimensión al ponerse en evidencia sus cualidades económicas, ecológicas y sanitarias, así como el incremento de la resistencia a la compresión de ambos elementos estabilizados en algunos casos con materiales puzolánicos. La arquitectura de tierra poco a poco va recuperando terreno frente a los materiales de alto impacto ambiental, principalmente a la industria del concreto y el acero.

En el laboratorio de materiales de la UAM-X se estuvieron elaborando diversos prototipos para buscar mejorar y economizar diferentes sistemas de construcción con tierra a través de estabilizaciones con distintos tipos de materiales sin perder de vista el dañar lo menos posible a la naturaleza, así como el desarrollo de una nueva técnica de construcción denominada “tierra vertida”, con el cual conseguimos bajar los costos de producción, debido a que la mayoría del material constructivo debe ser el propio de la región y no se requieren operarios tecnificados para su elaboración, a su vez, se crean módulos de bajo impacto ambiental y un largo ciclo de vida, logrando así, tener una mejor armonía con el medio ambiente.

OBJETIVO GENERAL

- Desarrollo de materiales y técnicas de construcción de bajo impacto ambiental

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Recolección de información de arquitectura de tierra.
- Estabilizaciones de tepetate con cemento y/o cal, y puzolanas dependiendo la composición de la tierra usada como material base.
- Usar lo menos posible material contaminante como el cemento.
- Manufactura de especímenes de laboratorio.
- Pruebas de laboratorio para elegir las mejores estabilizaciones.
- Fabricar de un nuevo tipo de cimbra que agilice la elaboración manual de un nuevo tipo de adobes estabilizados.
- Realizar un prototipo experimental de bajo impacto ambiental con algún sistema de tierra estabilizada.
- Elaborar un manual de autoconstrucción con la técnica de tierra vertida.
- Control e informe de resultados para saber si la técnica resultó confiable.

METODOLOGÍA UTILIZADA

Recopilar información respecto a los diversos sistemas de construcción para obtener un panorama general acerca de la arquitectura de tierra, así como la composición de algunos tipos de suelo a través de pruebas de sedimentación (gravas, arcilla, limo y arenas).

Hacer cubos de 5x5x5cm con distintos tipos de tierra y estabilizaciones establecidos (compuestos por un material base, un cementante y una puzolana), esto para buscar una nueva composición que funcione similar al concreto en cuanto a compresión y capilaridad, pero sin usar, o usar lo mínimo posible, materiales de alto impacto ambiental, como lo es el cemento.

Cada uno de los cubos se dejará reposar por más de 28 días, después de este tiempo, se realizarán con ellos pruebas de compresión en la prensa hidráulica para saber cuántos kilogramos podrá resistir la estabilización por centímetro cuadrado, a su vez, también se realizarán pruebas de capilaridad a las primeras muestras para saber cómo reacciona el material ante la absorción de humedad.

Las adoberas son moldes para hacer adobes, los modelos rústicos son de operación manual, son eficaces pero presentan una debilidad, después de cierta cantidad de uso, la madera se patea y comienza a deformar las nuevas piezas, ante esto, debemos desarrollar nuevos moldes con otros materiales y probar si logran ser aún más eficientes en el punto de desgaste del instrumento, que las realizadas de manera artesanal.

Fabricación de un núcleo en el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (CINVESTAV) en el cual desarrollaremos el sistema constructivo de tierra vertida en estado plástico, así como un manual de autoconstrucción en el cual detallaremos paso a paso el proceso de construcción del mismo.

ACTIVIDADES REALIZADAS

Comencé los trabajos con la limpieza y organización de la zona de labores, el cual fue el laboratorio de materiales de la Universidad Autónoma Metropolitana unidad Xochimilco, a su vez se hizo el reconocimiento del mismo y la ubicación de los materiales, herramientas y equipo que se utilizaron durante los 6 meses de duración de la prestación de servicio.

Recabé información acerca de límites líquidos y límites plásticos, así como de pruebas de Atterberg, esto con la finalidad de tener una introducción y conocimiento de qué estamos haciendo y posteriormente realizarlo correctamente. Con dicha información se pudo obtener masas de tierra entre ambos límites debido a que es la consistencia deseada para poder realizar los especímenes de laboratorio, además se adquirió el conocimiento para realizar pruebas de sedimentación.

Los especímenes de laboratorio en su mayoría son cubos de 5x5x5cms (realizados en moldes de cobre), así como adobes de 10x15x30cms (realizados en moldes de 3 materiales distintos), los cuales me permitían hacer series de 3 muestras, teniendo así este número de piezas por cada mezcla. Se realizaron en total 52 diferentes estabilizaciones con 4 diversos tipos de tierra como material base.

Pasando los 28 días de fraguado establecidos en cada estabilización, se realizaron pruebas de resistencia mecánica a la compresión en la prensa hidráulica, para tener el conocimiento de cuántos kilogramos por centímetro cuadrado resistían cada uno de ellos al límite, y comprobando de ésta manera la reacción de las puzolanas y cementantes con los 4 tipos diferentes de tierras a trabajar.

Para confeccionar los adobes de 10x15x30cms, se trabajaron con 4 moldes para manufactura manual, ya se contaba con dos de ellos, uno es el tradicional hecho en madera para 3 piezas, el segundo es un molde de herrería que pesa alrededor de 25 kg en vacío, con la capacidad de albergar 5 adobes al mismo tiempo. Se desarrollaron otros dos en materiales alternativos, uno en aluminio, cuyo peso total es de 10.5kg, y otro realizado en un material llamado Nylamid XL, que son polímeros de Nylon extra lubricados, tiene una carga de aceite a nivel molecular que hace que su coeficiente de fricción sea relativamente bajo, lo que nos ahorra la colocación y el gasto en líquido descimbrante al interior del molde, además, a diferencia de la madera, evitamos la pérdida de humedad de los adobes ya que presenta un coeficiente muy bajo de absorción de humedad, además de su alta resistencia al desgaste mecánico. Su peso es de 2.9kg.

Como parte de mi formación académica adicional, acudí al Congreso Mundial de Estudiantes de Arquitectura, organizado por el Foro Mundial de Estudiantes, celebrado en la ciudad de Cancún, en el municipio de Quintana Roo, donde pude asistir y participar en el taller de desarrollo de habilidades empresariales para universitarios, así como en alguna mesa de trabajo compartir la experiencia de lo realizado hasta el momento en mi servicio social en el campo de desarrollo de materiales de bajo impacto ambiental, además de lo que se ha estado realizando en la Universidad Autónoma Metropolitana en la parte de arquitectura de tierra buscando mostrar éstas estructuras como una alternativa constructiva que siempre ha existido y que poco a poco se ha ido perdiendo, para combatir los daños al ambiente, buscando ser amigables con la madre tierra y nunca olvidar que debemos generar casi ninguna consecuencia en él.

El módulo elaborado en el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (CINVESTAV) fue una muy buena oportunidad para aprender el sistema de tierra vertida con un modelo a escala 1:1, en el sitio se encontraban ya diversos núcleos con diferentes sistemas constructivos, esto es parte de un proyecto llamado "Evaluación de Bio-helio-arquitectónico", ejecutado por alumnos y docentes del Instituto Politécnico Nacional.

Las dimensiones exteriores del núcleo son 2.60mx2.60mx2.85m, y con 2.40m interiores entre muros, docentes del IPN nos especificaron que el elemento no debería contener puerta, se dotó de 4 vanos de 1.20m x 1.20m a partir de 1.20m de altura, orientados cada uno a cada punto cardinal. Para observar qué se debía hacer en cuanto a masa de muros, se elaboró una prueba de sedimentación con la tierra del lugar y se decidió la estabilización más conveniente, el cual es, por cada 12 botes de tierra local, 1.5 de cal y 1 de cemento.

Se realizó la inspección de obra para verificar que los 2 trabajadores asignados a obra realizaran las tareas como es debido, así como maximizar el rendimiento de material y de mano de obra, y llevar acabo las mezclas con las estabilizaciones indicadas desde un inicio. Una vez terminada la obra negra, se procedió a la fabricación de pintura a base de cal, mucílago y sal, así como su aplicación sobre el modelo, se llevó acabo también la inspección del colocado de ventanas, además la observación del comportamiento del núcleo un mes después de su finalización para verificar que no tuviera ninguna anomalía que pusiera en riesgo su estabilidad, así como la integridad de la población flotante del lugar.

Además de los trabajos realizados en el CINVESTAV, se auxilió al responsable del proyecto, Dr. Francisco Javier Soria López, en su participación en el Taller Interdisciplinario de Conservación y Restauración de Arquitectura de Tierra (TICRAT), organizado por el Instituto Nacional de Antropología e Historia y el H. Ayuntamiento de Totolapan, que se llevó a cabo en dicho municipio, en el estado de Morelos. En este taller, hubo un mecanismo de rotación de equipos para que todos los asistentes participaran en los distintos campos de enseñanza de técnicas de construcción con tierra, conservación, y restauración que impartían los expertos invitados.

DESARROLLO DE PROYECTO

Para efecto de identificación de tierras, denominaremos con letras los 4 diferentes tipos que trabajamos a lo largo del servicio social, siendo éstas:

Tierra "A".- Entregada por el Dr. Luis Fernando Guerrero Baca usada en trabajos anteriores de servicio social. Tierra compuesta por mayor cantidad de arena y cerca de un 10% de arcillas.

Tierra "B".- Recogida de Av. Canal Nacional, producto de una donación, tierra compuesta por mayor cantidad de arena y alrededor de 5% de arcillas.

Tierra "C".- Suministrada por el Dr. Francisco Javier Soria López, Tierra compuesta por gran parte de arenas y una porción cercana al 35% de arcillas.

Tierra "D".- Perteneciente a mi comunidad, Xico, en Valle de Chalco Solidaridad, Estado de México, tierra compuesta casi en su totalidad de arenas y 1% de arcillas.

La tierra "A" fue tepetate que se encontraba en el laboratorio de materiales, con el cual se habían hecho algunas pruebas con anterioridad, así que únicamente se agregaron los materiales puzolánicos y cementantes. Primero se hizo una serie de 5 estabilizaciones con cal en pasta y cada una con diferente puzolana, las cuales fueron tezontle, ladrillo, diatomeas, zeolita, pómez y por último una adicional con cemento (eliminando aquí la cal) y posteriormente otras 5 con cal en polvo repitiendo las mismas puzolanas, además de una última serie con el doble de material base. Estos especímenes fueron representados en forma de cubos de 5x5x5cm.

	PUZOLANA	CAL EN PASTA	TEPETATE	AGUA
1	Tezontle (50 ml)	50 ml	500 ml	200 ml
2	Ladrillo (50 ml)	50 ml	500 ml	200 ml
3	Diatomeas (50 ml)	50 ml	500 ml	170 ml
4	Zeolita (50 ml)	50 ml	500 ml	170 ml
5	Pómez (50 ml)	50 ml	500 ml	150 ml
6	Cemento (50 ml)	////////	500 ml	200 ml

Tabla 1. Proporciones para cada serie de 3 especímenes de laboratorio. Tierra "A" y cal en pasta.

	PUZOLANA	CAL EN POLVO	TEPETATE	AGUA
1	Tezontle (50 ml)	50 ml	500 ml	230 ml
2	Ladrillo (50 ml)	50 ml	500 ml	210 ml
3	Diatomeas (50 ml)	50 ml	500 ml	240 ml
4	Zeolita (50 ml)	50 ml	500 ml	220 ml
5	Pómez (50 ml)	50 ml	500 ml	200 ml
6	Cemento (50 ml)	////////	1000 ml	325 ml

Tabla 2. Proporciones para cada serie de 3 especímenes de laboratorio. Tierra "A" y cal en polvo.

La tierra “B” fue recogida de Av. Canal Nacional, a espaldas de la universidad, dicho material se encontraba ya en malas condiciones debido a factores ambientales como lluvias, humedad y viento, además, poco a poco la población acabó con ella tomando algunas porciones, así como tirando cascajo y basura sobre el tepetate, por lo cual se realizaron labores de limpieza una vez que se tuvo el material en el laboratorio; posteriormente se hicieron trabajos de trituración y tamizado por la malla de 1mm hasta tener una masa homogénea de la misma granulometría.

Esta tierra se empleó tanto para hacer cubos de 5x5x5cm como para hacer los especímenes correspondientes a adobes del molde de herrería mencionado con anterioridad en este texto. La serie de cubos fueron realizados con los mismos materiales estabilizantes que la tierra “A” y se agregó un nuevo material puzolánico, el tepojal, pero se omitió la cal en pasta, los adobes fueron estabilizados únicamente con tepojal o tezontle y cal en polvo.

	PUZOLANA	CAL EN POLVO	TEPETATE	AGUA
1	Tezontle (250 ml)	250 ml	5000 ml	1500 ml
2	Diatomeas (250 ml)	250 ml	5000 ml	1500 ml
3	Zeolita (250 ml)	250 ml	5000 ml	1350 ml
4	Pómez (250 ml)	250 ml	5000 ml	1500 ml
5	Cemento (500 ml)	////////	5000 ml	1300 ml
6	Tepojal (250 ml)	250 ml	5000ml	1500ml
7	Natural	////////	5000 ml	1500ml
8	Natural	250 ml	5000 ml	1500 ml

Tabla 3. Proporciones para cada serie de 3 especímenes de laboratorio. Tierra “B”, cubos.

No.	TEPETATE	CAL EN POLVO	PUZOLANA	AGUA
1	5500 ml	////	////	1800 ml
2	5000 ml	500 ml	Tepojal (500 ml)	1600 ml
3	5000 ml	500 ml	Tepojal (1000 ml)	1700 ml
4	5000 ml	500 ml	Tezontle (500 ml)	1550 ml
5	5000 ml	500 ml	Tezontle (1000 ml)	1550 ml
6	4200 ml	600 ml	Tezontle (1200 ml)	1500 ml

Tabla 4. Proporciones para serie de 6 especímenes de laboratorio. Tierra “B, adobes.

La tierra “C” fue suministrada por el Coordinador del proyecto, se adquirieron 15 bultos de tepetate, que para poder trabajarlo, (igual que la tierra “B”) se elaboraron tareas de separación, pues traía un poco de grava y otros tipos de compuestos rocosos que alterarían la composición de nuestro material base, enseguida se procedió a la trituración con un marro y una tarja de aluminio, posteriormente, se tamizó el tepetate para quedarnos únicamente con toda aquella partícula que pudiera pasar por la malla de 1mm. Se hizo este procedimiento con todo un costal de materia prima hasta terminar con él.

Al efectuar la prueba de sedimentación, observamos que tenía una alta concentración de arcillas, lo cual nos iba a hacer un poco difícil el colocado de material dentro del molde de acero, pues se tiene que poner una pequeña porción de mezcla y con una madera delgada, ir apisonando no con el fin de compactar, sino únicamente de acomodar la revoltura en todo rincón y evitar tener burbujas de aire al interior de cada cubo o adobe.

De esta tierra se realizaron estabilizaciones con tezontle, polvo de ladrillo, diatomeas, zeolita, pómez y tepojal como puzolanas, así como el uso de cemento, cal, y arena solo con tepetate, además de un testigo (únicamente material base).

	PUZOLANA	CAL EN POLVO	TEPETATE	AGUA
1	Tezontle (50 ml)	50 ml	500 ml	190 ml
2	Polvo de Ladrillo (50 ml)	50 ml	500 ml	190 ml
3	Diatomeas (50 ml)	50 ml	500 ml	150 ml
4	Zeolita (55 ml)	55 ml	550ml	230 ml
5	Pómez (50 ml)	50 ml	500 ml	130 ml
6	Tepojal (50 ml)	50 ml	500 ml	180 ml
7	Cemento (60 ml)	/////	600 ml	100 ml
8	Natural	/////	600 ml	100 ml
9	Natural con Cal	60 ml	600 ml	180 ml
10	Natural con arena (195ml)	/////	455 ml	100 ml

Tabla 5. Proporciones para serie de 3 especímenes de laboratorio. Tierra "C".

También se realizó una muestra utilizando esta tierra en las adoberas, tanto en el módulo de aluminio, como en el de Nylamid XL, usando en ambas las mismas proporciones, que fueron 6300 ml de tepetate (90%) por 700 ml de cemento (10%), adicionando 2450 ml de agua (35% del total), buscando cual molde presentaba más facilidad tanto para el descimbrado manual inmediato, como para disminuir la carga de trabajo y desgaste del módulo, teniendo más éxito el segundo prototipo. Cabe especificar que no se trata de adobes como tal, pues deben contener material fibroso en su interior, cosa que estos especímenes no tienen, sin embargo se refiere a adobe como pieza, pero usando para su fabricación, el método de tierra vertida o barro colado.

La tierra "D" fue traída de mi comunidad, esto con el fin de observar que sistema constructivo puede ser aplicable, así como el tipo de estabilización más adecuado en caso de requerirlo. Al momento de hacer la prueba de sedimentación, tuve un poco de complicaciones debido a la coloración de la materia prima que, tanto arenas, como limos y arcillas presentan aproximadamente la misma tonalidad, pero pude observar que es una tierra arenosa casi en su totalidad, así que decidí hacer prototipos en cubos con mezclas de cal o con cemento en diferentes proporciones, así como el material en sí, sin ningún tipo de estabilización, solo compactado.

	TIERRA NATURAL	CEMENTO	CAL EN POLVO	AGUA
1	650 ml (100%)	///////	///////	130 ml
2	585 ml (90%)	///////	65 ml (10%)	120 ml
3	520 ml (80%)	65 ml (10%)	65 ml (10%)	140 ml
4	520 ml(80%)	130 ml (20%)	///////	170 ml
5	585 ml (90%)	65 ml (10%)	///////	130 ml
6	617.5 ml (95%)	32.5 ml (5%)	///////	160 ml

Tabla 6. Proporciones para serie de 3 especímenes de laboratorio. Tierra "D".

El módulo de tierra vertida en el CINVESTAV después de casi medio año de realización, sigue de pie, sin ninguna variación en su forma ni estabilidad, se apoyó en este caso a la inspección de obra y de proporciones, así como asistencia en mano de obra cuando fue necesario, para más detalles de dicho trabajo, se encuentra un manual de autoconstrucción en poder del coordinador del proyecto, en dicho manual, se explica paso a paso todo el procedimiento que se llevó a cabo desde que se hizo el trazo del núcleo en la losa de cimentación ya existente en el sitio, hasta la preparación de la pintura a base de cal y mucílago, y su aplicación al módulo dejándolo listo solo para la colocación de data loggers por parte de alumnos del IPN.

OBJETIVOS Y METAS ALCANZADOS

Conseguí hacerme un panorama más aproximado hacia la realidad de construcciones alternas (cuando sí y cuando no) a materiales con fabricación de alto impacto ambiental, no hay nada más saludable que lo que la misma naturaleza nos brinda. Tuve la oportunidad de conocer lugares donde han utilizado diversos sistemas de construcción con tierra, así como grandes personalidades involucradas en el medio, además de tener la experiencia de realizar una obra construida con tierra vertida.

Logré conocer la composición de diferentes tierras de la ciudad, y saber cómo estabilizarlas dependiendo de su estructura en caso de ser necesario. Gracias a las diferentes pruebas realizadas se pudo observar cómo se comportarían las estabilizaciones en caso de construir con dichos sistemas y ver que son opciones muy viables para espacios habitables a bajo costo.

La búsqueda de un material alternativo como cimbra para adobes fue muy exitosa al encontrar el nylamid xl, la única desventaja es el costo de fabricación del molde pero se justifica con el tiempo de duración y ligereza que puede brindarnos respecto a otros materiales, en un futuro sería bueno desarrollar una cimbra en este material para el sistema de tierra vertida. Pude observar el comportamiento de la tierra de distintas zonas además de mi región y eso me hace pensar en generar una serie de proyectos a corto y mediano plazo en cuanto al desarrollo de espacios habitables a bajo costo en una zona social y económicamente marginada.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Las siguientes tablas pertenecen a las diferentes estabilizaciones en cuanto a su comportamiento en pruebas de compresión realizadas en la prensa hidráulica, cada estabilización tiene dos filas anexas, resultado del trueno de 2 cubos de cada mezcla, que contienen la cantidad de centímetros cuadrados de contacto, así como la cantidad resistida por el prototipo, dando como resultado los kilogramos por centímetro cuadrado que resistió el modelo ante la fuerza de compresión.

Abreviaciones:

TN	Tierra Natural	TEZ	Tezontle
Z	Zeolita	POM	Pómez
A	Arena	DIA	Diatomeas
CPA	Cal en Pasta	TPJ	Tepojal
CPO	Cal en Polvo	TX	Tierra de Xico
TEP	Tepetate	CEM	Cemento
L	Polvo de Ladrillo		

Estabilización	Área (cm ²)	Resistencia (kg)	Total (kg/cm ²)
TEP + CPA + Z	22.56	441	19.54
	24	423	17.62
TEP + CPA + DIA	24.01	351	14.61
	24	387	16.12
TEP + CPA + POM	23.04	441	19.14
	23.52	360	15.3
TEP + CEM	23.52	747	31.76
	23.52	693	29.46
TEP + CPO + POM	24.5	468	19.1
	24.5	459	18.73
TEP + CPO + Z	24.5	450	18.36
	23.52	432	18.36
TEP + CPO + L	24.5	468	19.1
	24.5	441	18
TEP + CPO + DIA	23.52	414	17.6
	24.01	450	18.74
TEP + CPO + TEZ	24	432	18
	24.5	459	18.73
TEP + CEM	23.52	576	24.48
	23.52	585	24.87
TEP + 1/2 CEM	22.56	558	24.73
	22.56	531	23.53

Tabla 7. Resultados prueba de compresión tierra "A". Cal en pasta y cal en polvo (Ver tabla 1 y 2).

Estabilización	Área (cm²)	Resistencia (kg)	Total (kg/cm²)
TEP + CPO + TEZ	24.01	468	19.49
TEP + CPO + DIA	//////	//////	//////
TEP + CPO + Z	25	414	16.56
TEP + CPO + POM	24	387	16.12
TEP + CEM	//////	//////	//////
TEP + CPO + TPJ	24	414	17.25
TEP + CPO	//////	//////	//////
TN	//////	//////	//////

Tabla 8. Resultados prueba de compresión tierra "B", cubos (Ver tabla 3).

Nota: Muchos prototipos de ésta serie se desfragmentaron muy fácilmente, evitando así que tuviéramos el resultado de todos los cubos, tenían consistencia similar a un polvorón y se tuvieron que desechar. La prueba fue realizada por cuestión de curiosidad con los especímenes sobrevivientes.

Estabilización	Área (cm²)	Resistencia (kg)	Total (kg/cm²)
TN	429.2	5994	13.96
	230.49	2664	9.8*
TEP + CPO + TPJ	442.5	2697	6.1
	25	468	18.72
	25	495	19.8
TEP + CPO + TPJ	447	3627	8.11
	25	378	15.12
TEP + CPO + TEZ	435.12	2538	5.83
	25	477	19.08
TEP + CPO + TEZ	420.42	1602	3.81
	24.5	264	10.77
TEP + CPO + TEZ	//////	//////	//////

Tabla 9. Resultados prueba de compresión tierra "B", adobes (Ver tabla 4).

NOTA: Última prueba fallida, se tronó el adobe sin que la prensa hidráulica arrojara algún resultado.

Estabilización	Área (cm²)	Resistencia (kg)	Total (kg/cm²)
TEZ + CPO + TEP	24.01	495	20.61
	24.01	495	20.61
L + CPO + TN	24.01	486	20.24
	24.01	504	20.99
DIA + CPO + TN	24.01	513	21.36
	24.01	486	20.24
Z + CPO + TN	23.04	495	21.48
	23.04	577	25.04
POM + CPO + TN	24.01	486	20.24
	24.5	477	19.46
TPJ + CPO + TN	25	531	21.24
	24.01	486	20.24
CEM + TN	22.09	1269	57.44
	22.096	1449	65.59
TN	23.04	963	41.79
	23.04	963	41.79
TN + CPO	24.01	522	21.74
	24.01	522	21.74
TN + A	24.01	1098	45.73
	24.01	188	49.47

Tabla 10. Resultados prueba de compresión tierra "C" (Ver tabla 5).

Estabilización	Área (cm²)	Resistencia (kg)	Total (kg/cm²)
TX(100%)	24.5	513	20.93
	24	558	23.25
TX + CPO(10%)	25	22	20.88
	25	531	21.24
TX(80%) + CPO + CEM	24.5	522	21.3
	24.5	513	20.93
TX + CEM(20%)	23.52	522	22.19
	24.01	513	21.36
TX + CEM(10%)	25	540	21.6
	25	531	21.24
TX + CEM (5%)	24.5	558	22.77
	24.5	540	22.04

Tabla 11. Resultados prueba de compresión tierra "D" (Ver tabla 6).

Se comprueba que, aunque no a los alcances del cemento en cuanto a resistencia mecánica, la tierra es un excelente material para construcción.

Se conocieron distintos tipos de tierra que, dependiendo de esto, es el sistema constructivo que se va a utilizar, depende mucho la zona y los materiales que se encuentren en la región para determinar la solución más adecuada a la posible problemática.

El desarrollo de viviendas a bajo costo y con un amplio ciclo de vida construidos con los materiales propios de la región es muy importante en estos tiempos en los cuales estamos viviendo consecuencias climatológicas ocasionadas por no pensar a futuro, dicho tema me hizo adentrarme aún más al proyecto del servicio social, encaminarme a dar mi siguiente paso y pensar en continuar con estudios posteriores a través de una maestría en la misma UAM, pues el desarrollo de materiales de bajo impacto ambiental es un tema con mucho campo por investigar y dar a conocer, tiene mucho futuro y busco ser parte de él.

RECOMENDACIONES

Difusión de la arquitectura de tierra en los mismos alumnos de la universidad, pues sólo se comienza a tener conocimiento de dicho campo hasta los últimos tres trimestres de la licenciatura, y únicamente en uno de los 4 grupos existentes.

Comenzar el uso de maquinaria nueva que se encuentra en el laboratorio de materiales desde hace meses, pues según algunas personas cercanas al área, por cuestiones burocráticas aún no se han podido dar un uso, y dicha maquinaria hubiera auxiliado tanto a los usuarios del laboratorio como a mí en mis tareas en cuanto a la trituración de material.

BIBLIOGRAFÍA Y MESOGRAFÍA

- Van Lengen Johan, "Manual del arquitecto descalzo", Ed. Árbol, México D.F. 1997
- Fathy, Hassan, "Arquitectura para los pobres", traducción de Ricardo Reyes, Ed. Extemporáneos, 2ª ed. México D.F. 1982
- Vélez González, Roberto, "La ecología en el diseño arquitectónico", Ed. Trillas, 2ª ed. México D.F. 2007.
- <http://www.es.lowtechmagazine.com/2011/08/construir-con-tierra2-eficiencia-energetica.html> (20-agosto-2014)
- <http://www.castearth.com/Pages/cedesc.html> (20-agosto-2014)
- http://www.greenhomebuilding.com/poured_earth.htm (21-agosto-2014)
- <http://www.michaelfrerking.com/poured.html> (22-agosto-2014)
- <http://www.youtube.com/watch?v=0j4hGcoLYBc> ; Dream Builder, Poured Earth Technology (22-agosto-2014)
- <http://www.youtube.com/watch?v=3zKv0f6hXaM> ; Building a rammed earth Wall (25-agosto-2014)
- <http://www.youtube.com/watch?v=A3Qj0jXASdo> ; Rammed earth building (25-agosto-2014)
- <http://www.youtube.com/watch?v=X4Zqqj-slis>; The Process of Building Rammed Earth Walls. Alternative Construction Methods (25-agosto-2014)
- <http://www.rammedearthmountainlodge.com/gallery/gallery.html> (27-agosto-2014)
- <http://ecohabits.net/building-home-poured-earth/#sthash.HgV4Ouhn.dpbs> (29-agosto-2014)
- <http://www.sustainable.com.au/energy-efficient-construction.html> (29-agosto-2014)

FOTOGRAFÍAS



Fig.1. Prueba de sedimentación



Fig.2. Tamizado



Fig.3. Mezcla



Fig.4. Hidratación



Fig.5. Adobes en Madera



Fig.6. Adobes en Herrería



Fig.7. Prototipos en cubos



Fig.8. Serie de Prototipos



Fig.9. Adobes y cubos descimbrados



Fig.10. Prensa Hidráulica



Fig.11. Espécimen a tronar



Fig.12. Espécimen tronado



Fig.13. Cantidad resistida



Fig.14. Serie de prototipos



Fig.15. Herramienta usada en el servicio

FOTOGRAFÍAS



Fig.16. Construcción de módulo en CINVESTAV



Fig.17. Módulo en CINVESTAV



Fig.18. Consistencia de mezcla usada en CINVESTAV



Fig.19. Comienzo de muro de tierra vertida en Totolapan



Fig.20. Avance de muro prototipo en Totolapan



Fig.21. Ejemplos vistos en rancho experimental san isidro



Fig.22. Ejemplos vistos en rancho experimental san isidro



Fig.23. Visita a rancho experimental san isidro