

Arq. Francisco Haroldo Alfaro Salazar
Director de la División de Ciencias y Artes
para el Diseño UAM Xochimilco

INFORME FINAL DE SERVICIO SOCIAL

Datos del proyecto de Servicio Social.

Nombre del proyecto:

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

Clave:

XCAD000349

Lugar de realización:

**Av. Aquiles Serdán S/N, Santiago Tulyehualco, Xochimilco, 16700
Ciudad de México, CDMX.**

Periodo de Realización:

29 de Noviembre de 2021 – 30 de Mayo de 2022

Datos del prestador del servicio social.

Nombre:

Edgar Rodriguez Santamaria

Matrícula:

2173031931

Licenciatura:

Lic. en Arquitectura, división de Ciencias y Artes para el Diseño.

Correo electrónico:

2173031931@alumnos.xoc.uam.mx

Teléfono:

55 67 72 67 81

Responsable del proyecto
Dr. Francisco Javier Soria López

Introducción.

La construcción a lo largo de la historia, ha ido cambiando conforme al contexto y avances tecnológicos del momento; la correcta elección de las distintas técnicas y métodos constructivos, así como también, los diferentes materiales empleados en la construcción, ayudan a definir el futuro de la edificación, así como también, su impacto en el entorno en el que se encuentra.

En la actualidad, el uso de los materiales de construcción más industrializados, tales como el concreto y el acero, genera un gran impacto ambiental. Cada vez que se piensa en edificar un patrimonio, se opta por materiales industrializados, ya que sí, es más fácil y rápida la construcción con los mismos. Sin embargo, el uso excesivo de estos materiales, así como también, las consecuencias ambientales que dichos están cobrando, nos han obligado a buscar nuevas técnicas de construcción de bajo impacto ambiental con materiales más “sustentables”, esto con el fin de reducir esa gran huella ecológica que hemos creado con el pasar del tiempo y así poder crear una cultura de construcción más sustentable.

En este proyecto se pretende utilizar la menor cantidad de materiales de alto impacto ambiental, utilizando en mayor porcentaje, materiales de bajo impacto ambiental, así como también, el aplicar “nuevas” técnicas y procesos constructivos que permitan el desarrollo de conocimientos para el correcto uso de estos materiales y técnicas; esto con el fin de poder edificar un aula que cubra todas las necesidades espaciales y funcionales, del mismo modo, que sirva como un modelo para la construcción futura de distintas aulas.

Objetivo integral del alumno (Actividades a realizar)

Apoyo en:

- Diseño y representación de especímenes y prototipos experimentales a desarrollar.
- Fabricación de especímenes de laboratorio.
- Análisis del proceso constructivo para conocer alternativas que permitan una mayor eficiencia al momento de fabricar elementos del aula.
- Capacitación de personal para la fabricación de estructuras de bambú para la construcción de un aula.
- Supervisión del correcto procedimiento constructivo para garantizar la seguridad de la edificación.
- Dibujo y modelado de los distintos elementos estructurales.
- Revisión bibliográfica en la materia.

Actividades realizadas

1. Construcción y primer contacto con la estructura.

La primera actividad realizada fue la fabricación de un elemento estructural para los muros del aula. Este elemento fue construido sobre una mesa de trabajo en la cual, previamente se había trazado a detalle la plantilla del mismo. Se fabricó con bambú cortado por la mitad y unido con latillas del mismo material; el diámetro del bambú que mayormente se utilizó para este elemento fue de 4". Para la unión entre diagonales, montantes, barras superiores e inferiores, se utilizaron pijas autoperforantes de distintos largos (dependiendo de la profundidad y grosor que se iba a unir).

Se construyeron 4 muestras de la armadura lateral que conforma el muro, esto con el fin aprender de manera detallada el proceso constructivo de este elemento y así poder capacitar a los trabajadores que posteriormente se presentarían a laborar. Durante el proceso de construcción de estas cuatro muestras, se logró obtener mejor eficiencia de producción tanto constructiva como en tiempo, conforme se iban armando las mismas.

En el proceso de armado de estas armaduras, se comenzó también a construir una de las armaduras portantes de la cubierta. Al igual que la anterior, se armó sobre una mesa de trabajo en la cual previamente se trazó la forma de la armadura. Se construyó con la misma premisa constructiva que la armadura anterior (bambú cortado por la mitad y unido con latillas del mismo material), solo que este caso. El bambú utilizado fue de un grosor mayor que el anterior, esto con el fin de garantizar una mayor resistencia a la flexión y compresión de la estructura.

De principio, la armadura portante de la cubierta supuso un mayor reto en su construcción, esto debido a que su tamaño era mayor que las armaduras de los muros, llegando a medir en su lado mayor, 8 metros de largo. Uno de los elementos que más trabajo requirió, fueron las diagonales; debido a que sus trazos y, sobre todo, sus cortes en los extremos, resultaban complicados por los ángulos que estos presentaban. Sin embargo, con el constante análisis de cómo mejorar el tiempo de construcción de este elemento, se llegó a la conclusión de que al hacer uno de los cortes en diagonal, el otro corte respondía

directamente si se tomaba como referencia el primer corte, apoyándolo perpendicularmente sobre la sierra, sin mover el ángulo previamente establecido en la misma.

2. Capacitación del personal de trabajo.

Una vez que se realizaron estos cinco modelos (4 armaduras de 2.18 m x 0.50 m y una armadura de 8 metros de largo) se comenzó con la capacitación del nuevo personal de trabajo. Esta actividad fue de mucha importancia, ya que debíamos garantizar la mejor calidad en la fabricación de estos elementos, además de poder transmitir de manera eficiente y clara todo el conocimiento que fuimos adquiriendo durante el proceso de la construcción de las armaduras previamente armadas.

En un inicio, el trabajo de los carpinteros fue lento, sin embargo, al igual que pasó con nosotros, conforme se fueron armando los distintos elementos, el tiempo se fue reduciendo. Durante este proceso también se encontraron nuevos métodos que permitían reducir aún más el proceso de construcción. Se formaron grupos de trabajo para distribuir mejor la eficiencia de trabajo, así como también, se le asignaron tareas específicas a cada trabajador de acuerdo a sus habilidades, por ejemplo, había trabajadores que los cortes se les facilitaban más; otros tenían más habilidad armando y uniendo los elementos y unos eran más meticulosos y precisos con las medidas.

Durante este proceso de capacitación, se resolvían todas las dudas que llegaban a surgir por parte de los trabajadores, mostrándoles de manera práctica, las técnicas aprendidas con anterioridad. Una vez que aprendieron y dominaron de manera más precisa el proceso constructivo de estos elementos, la supervisión fue un paso importante en el proceso; ya que al momento de que terminaban una armadura, se supervisó meticulosamente si es que existía algún detalle que pudiera ocasionar una falla en dicho elemento, y si se presentaba esta falla, inmediatamente se les comentaba sobre el error para su pronta corrección.

3. Montaje de la estructura portante.

Una vez contruidos todos los elementos estructurales, se procedió al montaje de los mismos sobre la base en la que reposarían; esta base está formada por la propia cimentación sobre la cual se construyó una cadena de desplante que soporta todo el peso de la estructura perimetral y de la cubierta. Durante este proceso se involucraron diversos contratiempos que retrasaron

el proceso constructivo de la obra, los cuales fueron causados principalmente por una falla en la colocación de las placas de anclaje de la estructura de los muros. Sin embargo, al resolverse ese detalle, el montaje fue rápido.

Ya que se ubicaron en su sitio todos los módulos de muros, se fijaron a las placas de anclaje mediante espárragos de acero de 3/8" de diámetro. También, se pusieron a plomo todos y cada uno de ellos, esto con el fin de que toda la estructura quedara perfectamente nivelada. Este proceso fue tardado, debido a que se rectificaron varias veces si es que el módulo estaba en perfecto nivel, y ya que se terminó de realizar todo este proceso, se procedió con el montaje de las armaduras portantes de la cubierta.

La colocación de las armaduras superiores, al igual que la colocación de los módulos de los muros, fue tardado, y esto debido a que, de igual manera, se buscó garantizar que estos elementos estuvieran perfectamente nivelados. Para mantener estas armaduras fijas entre sí, se utilizaron latillas de bambú que fungieron como tensores, las cuales proporcionaron rigidez a la estructura. Durante este proceso se observó que a pesar de que se incluyeron tensores, la estructura portante de la cubierta presentaba cierto movimiento, por lo cual, se pensó en una solución que más adelante se explicara con más detalle.

4. Relleno y aplanado de muros.

Cuando la estructura portante estuvo perfectamente anclada y nivelada, se procedió a rellenar los módulos de muro con paja, con el fin de que sirviera de sostén para poder aplicar el aplanado inicial (primera mano) del muro, dejando un pequeño firme de 30 cm hecho con la mezcla del aplanado. Esta mezcla inicial se obtuvo tras la experimentación *in situ* con distintas cantidades de los materiales que la conforman, con el fin de llegar a una mezcla final que permitiera tener una consistencia adecuada para poder aplicarla en el muro (*Ver Tabla 1. Dosificación final de materiales para mezclas de tierra. Pág. 18*).

El aplanado inicial se comenzó a aplicar ya que todos los módulos de muro se rellenaron con la paja. Este se aplicó en su mayoría con la mano, haciendo pequeñas esferas con el mismo material de aproximadamente 10 cm de diámetro y aplicándolas uniformemente hasta formar una capa de no más de 4 cm de espesor. Este proceso fue algo tardado; si bien, aplicarlos con las manos resultó más manejable y preciso, el tiempo de

trabajo se extendió. La primera mano se aplicó tanto en el exterior como en el interior de las caras de los muros, así como también, en las caras interiores y exteriores de las dos armaduras de cada fachada.

Una vez aplicada la primera capa, se procedió a aplicar la segunda mano. Esta mezcla fue de igual dosificación que la primera, variando solamente la paja, la cual se utilizó molida para poder utilizar más fina la mezcla (*Ver Tabla 1. Dosificación final de materiales para mezclas de tierra. Pág. 18*). Esta capa se aplicó en las mismas zonas que la capa anterior. Su colocación se siguió aplicando con las manos, sin embargo, resulto más fácil debido a que se aplicó en una zona más lisa en contraste con la anterior, que su superficie fue más dispareja y complicada hasta cierto punto. En esta capa se usó una regla para aplicarla de manera uniforme y nivelada.

Para le tercera y última capa, se realizaron cinco pruebas con distintas proporciones de materiales, esto para poder obtener la mejor mezcla que resultara sin cuarteaduras en su secado final. Una vez teniendo la mezcla final (*Ver Tabla 1. Dosificación final de materiales para mezclas de tierra. Pág. 18*), se colocó sobre la misma superficie que las dos capas anteriores, aplicándose con una llana lisa y ya seca la mezcla, se le vertió agua para poder utilizar una flota lisa y así, darle el acabado final. Este último proceso se realizó tres veces, aplicando en la segunda vez, una capa muy fina de la mezcla final.

5. Colocación de la cubierta.

Mientras se realizaban los trabajos de aplanado, se fue colocando la estructura de la cubierta. Primero se tendió una cama de bambús de aproximadamente tres pulgadas, los cuales se partieron por la mitad y se colocaron con su cara convexa hacia abajo. Estos bambús se anclaron con pijas de $1 \frac{1}{4}$ de pulgada sobre la parte superior de las armaduras de 8 metros. Mientras se ubicaban todos los bambús, se fueron realizando las perforaciones en ellos para poder ocultar las tuberías y cajas eléctricas que pasaban por encima de ellos; esto se logró cortando pequeños rectángulos de aproximadamente 1 cm por 3 cm (para las tuberías) y 10 cm por 10 cm (para las cajas cuadradas de la instalación eléctrica).

Ya que toda la cama de bambú se colocó, se procedió a recubrir con una capa de 2 cm de mezcla de tierra, arcilla y paja (*Ver Tabla 1. Dosificación final de materiales para mezclas de*

tierra. Pág. 18), la cual serviría como aislante térmico y acústico, y una vez seca, se comenzaron a colocar las láminas de polialuminio; estas se anclaron sobre la cama de bambú con espárragos de 1/8 de pulgada, rondanas plásticas y tuercas. Su anclaje fue rápido, sin embargo, requirió de cierto detalle para poder garantizar que los orificios quedaran al centro de cada bambú, esto con fines meramente estéticos. Se colocó una celosía con latillas de bambú en las armaduras de la fachada noreste, dejando un espaciamiento entre las latillas de 4 cm.

6. Puertas, ventanas, instalaciones y acabados finales.

La instalación de las puertas y ventanas se realizó una vez se terminó de colocar por completo la cubierta. La construcción de las ventanas fue a base de marcos de aluminio y cristal templado; su colocación fue rápida, a pesar de las formas triangulares que se utilizaron en las dos fachadas.

El piso se colocó hasta que se terminó de armar la cubierta y de barnizar todas las armaduras interiores. Para su colocación, primero, se dejó una cenefa de concreto perimetral, ya que esto ayudó a que la colocación del piso fuera exacta y sin ningún desperdicio, utilizando piezas completas.

Para la bajada de aguas pluviales, se colocó un canalón de lámina galvanizada ubicado en la fachada noroeste, al cual, en los dos extremos, se le ubicaron los tubos de PVC para poder dirigir las aguas pluviales hacia los registros previamente construidos. Su anclaje fue directamente en la cama de bambú de la cubierta, utilizando pijas de 3 pulgadas para su sujeción. La instalación eléctrica y la instalación de voz y datos fue muy rápida. Esta se comenzó hasta que el piso, cubierta y cancelería estaban listos; se utilizaron lámparas colgantes ancladas en la cama de bambú y las tapas de las cajas de registro se pintaron de color arena, esto con el fin de unificar los colores del interior.

Como parte final, se martelinó toda la cadena perimetral del antepecho, tanto exterior como interior. Se construyó un pequeño andador en todo el perímetro del aula, excavando 30 cm para que posteriormente se rellenara con una mezcla de tepetate y cal, apisonándola para obtener el acabado final. Se realizaron trabajos de limpieza tanto interior como exterior, esto con el fin de dejar lo más presentable posible la obra.

Conclusiones y recomendaciones.

La participación que tuve a lo largo de este proyecto fue muy satisfactoria. Aprender a emplear materiales que son muy poco utilizados fue un reto muy interesante. Si bien, el proceso constructivo fue largo y hasta cierto punto tedioso (esto último debido a que en un momento de la obra ya no se veía ningún avance), el aprendizaje fue muy grande.

La observación y la experimentación, fueron factores que ayudaron resolver problemas suscitados en la obra. El utilizar como base este proyecto, resulta importante debido a que los errores cometidos en él, permitirán obtener mejores resultados en futuras construcciones. La experimentación, sobre todo, fue un factor determinante para tomar decisiones en la obra; el experimentar con los materiales, con las cantidades y mezclas de los mismos, permitió obtener diferentes resultados que, después de analizar su comportamiento, nos permitieron elegir el mejor de todos ellos.

En general, este proyecto fue una pieza clave para comprender como es que la utilización de estos materiales y técnicas constructivas generan espacios totalmente diferentes; espacios que además de tener una estética impresionante, son amigables con el medio ambiente. Considero que la realización de este proyecto permitirá crear nuevas rutas de trabajo, nuevos métodos constructivos, y, sobre todo, crear un paradigma que ayude a considerar este tipo de construcción como una alternativa eficaz para la construcción en general.

A continuación, agrego una lista con mis recomendaciones según mi experiencia en la participación en este proyecto:

1. Mejorar la supervisión de la obra, refiriéndome a la optimización de tiempos de construcción.
2. Mejorar el rendimiento de los materiales, ya que observé que hubo mucho desperdicio a lo largo de la obra.
3. Mantener la proporción de la mezcla del aplanado final, agregando estiércol de caballo, ya que en una de las muestras que se realizaron, esta no presentó agrietamientos ni fisuras.
4. Ocultar de mejor manera las instalaciones, o en su defecto, dejarlas aparentes pero que no luzcan mas que la construcción.

ANEXO A

REPORTE FOTOGRÁFICO



Ilustración 1. Primera armadura realizada.



Ilustración 2. Construcción de almacén de bambú.



Ilustración 3. Capacitación de carpinteros.



Ilustración 4. Armado de módulo de muro.



Ilustración 5. Armado de cadena de desplante para muros de bambú.



Ilustración 6. Colocación de estructura principal del aula.



Ilustración 7. Firme de mezcla de tierra y relleno de muros con paja.



Ilustración 8. Aplanado de muros perimetrales: primera mano.



Ilustración 9. Tendido de bambús para cubierta.



Ilustración 10. Aplanado de muros: segunda mano.



Ilustración 11. Muestras para aplanado fino.



Ilustración 12. Aplanado fino.



Ilustración 13. Colocación de capa de tierra en cubierta.



Ilustración 14. Colocación de lámina de polialuminio.



Ilustración 15. Talud con acabado deslavado.



Ilustración 16. Colocación de cenefa y porcelanato.



Ilustración 17. Instalación de luminarias.



Ilustración 18. Celosía con latillas en fachada.

ANEXO B

Tabla 1. Dosificación final de materiales para mezclas de tierra.

	TIERRA	ARCILLA	PAJA	AGUA
PRIMERA MANO	10 botes de 20 l	2 ½ botes de 20 l	25 bloquesitos o 3 carretillas (triturada)	18 botes de 20 l
SEGUNDA MANO	10 botes de 20 l	2 ½ botes de 20 l	12 bloquesitos o 1 ½ caretillas	18 botes de 20 l
TERCERA MANO (FINO)	4 medidas *harneada con harnero de 0.5 cm	1 medida	-	1 ½ medidas
RELLENO DE CUBIERTA	2 medidas	1/8 de medida	2 medidas	1 ½ medidas