

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

INFORME FINAL DE SERVICIO SOCIAL

Datos del presentador del servicio social

División:

Ciencias y Artes para el Diseño

Nombre:

Luis Adrian Zetina Rodriguez

Teléfono local:

5590797564

Correo electrónico:

2173068803@alumnos.xoc.uam.mx

Licenciatura

Lic. en Arquitectura

Matricula:

2173068803

Teléfono celular:

5545135462

Datos del proyecto del 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. Cal

Clave del proyecto:


XCAD000349

Lugar de realización:

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

Período de realización:

Mayo de 2022 a Noviembre de 2022



Responsable del proyecto

Dr. Francisco Javier Soria López

Introducción

La construcción de espacios ha estado arraigado en la vida del ser humano a lo largo de su evolución en el tiempo, esta surge en un principio, de la necesidad de refugio y seguridad y ha ido modificándose a lo largo del tiempo, dotándolos de distintas funciones, según las necesidades que se requieran (salud, recreación, educación, transporte, entre otros.) tomando en cuenta su propio entorno y siendo en retrospectiva, un reflejo claro del tiempo, espacio y lugar en el que habita el ser humano.

La solución a dichas necesidades previamente mencionadas, ha sido todo un reto con forme estas fueron apareciendo y cambiando, por lo que la utilización de métodos y sistemas constructivos-estructurales, que fueron creados como respuesta a estas necesidades y limitaciones en torno a la tecnología y materiales de construcción de las distintas épocas, han logrado que dichos recintos, que en un principio eran de carácter primitivo (edificados con el uso de tierra, piedras, madera, pieles de animales, hojas y ramas, entre otros. Y teniendo un sistema constructivo-estructural simple) cambiaran y mejoraran, permitiendo con ello que el ser humano pudiese edificar en los distintos entornos y limitaciones que estos impliquen, grandes obras más elaboradas, que deberían satisfacer las necesidades por las cuales fueron pensadas y posteriormente materializadas. Para ello se emplearon sistemas constructivos-estructurales más desafiantes al igual que materiales más industrializados en la actualidad, optándose por la utilización de cerámicos, aglutinantes, vidrios, metales, compuestos y plásticos-polímeros entre tantos otros más. Los cuales poseen características físicas y químicas bastantes superiores a sus predecesores, permitiendo lograr una mayor eficiencia, reduciendo el tiempo de construcción, mano de obra y costos, en la mayoría de casos.

Pese a todas estas ventajas, a diferencia de sus antecesores, estos materiales tienen un impacto bastante severo en el medio ambiente, el uso y la demanda de estos materiales para la construcción de edificaciones pequeñas y de gran tamaño ha sido bastante frecuente desde finales del siglo anterior y se ha mantenido presente hasta nuestros tiempos. A nivel mundial, el sector de la construcción, es

considerado como uno de los más contaminantes en el mundo, debido a la sobre explotación de los recursos naturales para la obtención de la materia prima, los procesos de creación de los materiales de construcción, los gastos energéticos de las construcciones no sostenibles y por si solos, los materiales industrializados, provocan un gran impacto debido a su enorme tiempo para poderse degradar.

Es por esto que en este proyecto, se opta por la utilización de materiales de bajo impacto ambiental en su gran mayoría, los cuales a través de sistemas constructivos-estructurales que se acoplen a estos y brinden resultados similares o iguales a su contraparte más moderna, puedan ser de utilidad para poder edificar un aula, la cual cuente con todo lo necesario a nivel espacial y funcional, para poder llevar a cabo diversas actividades dentro de ella y que además, pueda ser un ejemplo de construcción que respete y cuide a su vez del medio ambiente y no sea disonante o ajeno a este.

Objetivo general

Adquisición del conocimiento teórico y práctico para poder llevar a cabo la construcción de un aula, utilizando en su gran mayoría, materiales de bajo impacto ambiental y sistemas constructivos-estructurales óptimos para estos, apoyando para esto, en diferentes aspectos.

Actividades realizadas

Apoyo en:

- Fabricación de elementos estructurales (armaduras y módulos de soporte de bambú).
- Análisis del proceso constructivo (se contemplan tiempos y estrategias para aumentar la eficiencia de fabricación de los elementos de bambú).
- Capacitación del personal (con los conocimientos teóricos y prácticos adquiridos, se prevé el enseñar y guiar al personal).
- Montaje de los elementos fabricados (colocación, ensamble y fijación de las estructuras fabricadas).
- Supervisión del procedimiento constructivo.

Actividades

Capacitación propia.

En primera instancia, la actividad realizada fue el montaje del sistema de cubierta para una construcción rectangular ya existente, para ello se empotraron sobre la cadena de cerramiento de los muros más largos de la construcción con tornillos expansivos y rondanas, placas de anclaje en "L", (las cuales ya estaban previamente ranuradas), colocando un total de 32 placas de anclaje, distribuyendo en espejo, 16 placas en pareja en cada cadena de cerramiento.

Para el sistema de cubierta, se emplearon armaduras "tipo Warren planas" fabricadas con bambú (las cuales ya estaban construidas), para soportarlas se cortaron bambús enteros de 1.00 y 0.20 m de largo con un diámetro 4", fijándolos a las placas con espárragos, rondanas y tuercas, para lograr dar una pendiente considerable a la cubierta. Como refuerzos, se utilizó bambú cortado por la mitad en su eje longitudinal y bambú entero para utilizarlo como diagonales de apoyo en la parte interior y exterior de la construcción, fijándose de igual manera con espárragos, rondanas y tuercas, apoyándose también de pijas auto perforantes de diferentes tamaños y latillas de bambú, para tener una mejor unión y rigidez, cuidando que las armaduras estuvieran a nivel vertical.

El proceso anterior se realizó en cada una de las armaduras planas de bambú, siendo un total de ocho armaduras colocadas y fijadas, las cuales se rigidizaron entre ellas con latillas de bambú y pijas auto perforantes, que las unen y brindan mayor estabilidad en sus apoyos de cada una de las armaduras.

Nota: como parte final de esta cubierta, se cubrió con lonas para protegerlas del sol y la lluvia, y poder dar pie a la construcción del aula principal.

Fabricación de elementos estructurales y capacitación del personal.

Para dar comienzo con el aula principal, se realizó la construcción del primer módulo estructural de los muros (módulo triangular), para ello se trazó sobre la mesa de trabajo, una plantilla con las dimensiones de dicho módulo y seguido a esto, se empleó bambú cortado por la mitad en su eje longitudinal con un diámetro nominal

de 4" y un grosor que no sobrepasara los 8 mm, para formar los cordones superiores e inferiores, así como las diagonales y montantes que conforman el módulo, colocando estas mitades de bambú, contrapuestas entre sí y empleando latillas y pijas auto perforantes para fijarlos.

Nota: el diámetro del bambú que mayormente se utilizó para la construcción de todos los elementos estructurales del aula fue el de 4".

Durante la construcción de estos primeros módulos, se fue capacitando a los trabajadores para poder tener una mejor eficiencia en el ensamblaje de los mismos al igual que se garantizaba con esto, que la calidad de los módulos fabricados fuese la más óptima y que también, tuviesen las bases para poder realizar la construcción de los siguientes elementos, obteniéndose una mejoría, velocidad y calidad en la mano de obra propia y de los trabajadores.

A la par de la construcción de los primeros módulos, se empezó a construir el segundo módulo estructural de los muros (módulo rectangular), para ello se trazó de igual manera, sobre la mesa de trabajo la plantilla con las dimensiones del módulo utilizando también bambú y siguiendo el mismo proceso constructivo previamente visto, adaptándolo a este módulo. Para tener una mayor eficiencia, se decidió repartir el trabajo entre los empleados, dividiéndose en parejas y asignando tareas específicas a cada uno, para lograr una mayor rapidez en la construcción de ambos elementos, aclarando durante todo este proceso, las dudas que fueron surgiendo durante la construcción y corrigiendo los defectos que se presentaron.

Una vez que se finalizó con la construcción de los módulos estructurales de los muros, se empezó a construir las armaduras de soporte de la cubierta, reorganizando en primera instancia, la ubicación de las mesas de trabajado, ya que las dimensiones de esta armadura son bastante superiores a los módulos previamente construidos. Una vez reubicadas, se trazó a lo largo de las mesas, la plantilla de la armadura y en este caso se empleando el mismo diámetro utilizado del bambú pero con un grosor de 1 cm, con el fin de que la armadura fuese más rígida y tuviese un mejor comportamiento y resistencia a las fuerzas de flexión y compresión a las que se someterá. Para agilizar la construcción de estas

armaduras, se asignaron a cada uno de los trabajadores, actividades específicas para aumentar la rapidez de ensamble de la armadura, analizando la calidad y el comportamiento de los elementos y sus uniones y corrigiendo errores que se llegaron a presentar a lo largo de este proceso, ya que en parte por las dimensiones superiores a los 8.00 m de esta armadura y los ángulos de corte que tenían sus elementos que la conforman, se dificultó en un comienzo su construcción, y por otro lado, el problema principal que atrasó en un comienzo, fue el bambú en sí mismo, ya que este presentaba defectos considerables en su forma que hacían bastante lento y tedioso su construcción, pese a seguir con el mismo proceso constructivo del bambú utilizado con anterioridad, logrando con el paso de los días, una gran mejoría y rapidez en el trazó, corte, colocación unión y ensamblaje de las armaduras de soporte de la cubierta.

Nota: se protegió con barniz para madera, las armaduras de soporte de la cubierta para evitar que estas presenten deformaciones, rupturas o cualquier otro defecto ocasionada por agentes bioclimáticos, ya que estas se encontraran expuestas a la intemperie.

Durante el proceso de construcción de los elementos estructurales de bambú se realizó supervisión y seguimiento de la terminación del proceso constructivo de la cadena de desplante de los muros (la cual está ubicada sobre la cimentación del aula) y la colocación de las placas de anclaje de los módulos estructurales de los muros que van embebidas dentro de la misma, tomando en cuenta para ello que la ubicación de las placas fuera la adecuada según lo que marcaba el plano, asegurándose que se respetarán las distancias de separación entre las placas y la parte exterior del muro, su orientación, distribución, nivel horizontal y vertical, apoyándose de los planos, nivel de burbuja e hilo para colocar un "reventón" que guiará las placas y quedarán alineadas según su correspondiente ubicación en la cadena de desplante.

Montaje de los elementos estructurales.

Una vez que se finalizó la construcción de todos los módulos de los muros, de las armaduras de soporte de la cubierta y de la cadena de desplante con las placas de

anclaje, se procedió a montar sobre las placas, los dos tipos de módulos estructurales del muro distribuyéndolos acorde a las indicaciones del plano y el supervisor y fijándolos con espárragos de 3/8" con rondanas y tuercas, reforzándolos con latillas de bambú tejidas entre si y pijas auto perforantes, cuidando que quedaran a nivel horizontal y vertical, rectificando que cada módulo de muro respetara su separación con la parte exterior del muro y su altura, usando para ello, varios "reventones" que aseguraran estos aspectos.

Ya que, todos los muros estuviesen colocados y fijados, se montaron sobre ellos las armaduras de soporte de la cubierta, distribuyéndolas en parejas por cada módulo de muro y fijándolos a estos, con abrazaderas de bambú y espárragos de 3/8" con rondanas y tuercas, asegurándose que quedaran alineadas y niveladas verticalmente, apoyándose del nivel de burbuja y un "reventón" a manera de guía para lograrlo. Cabe destacar que este procedimiento de montaje resulto bastante complejo a diferencia del anterior, debido a las dimensiones propias del aula y de las armaduras al igual que su peso, ya que hacían bastante difícil el poder maniobrar y subirlas sobre los muros para fijarlas, además de que por su tamaño, el poder nivelarlas y sujetarlas como fue con los muros, resultaba complejo y tardado.

Con las armaduras ya colocadas, se fijó con pijas auto perforantes a manera de refuerzo, bambú partido por la mitad, el cual une a todas las armaduras de soporte de la cubierta en la parte baja y alta donde se une con el muro, respetando los espacios donde van las ventanas en la parte alta de la armadura y agregando latillas de bambú tejidas al muro en ambas partes donde se apoyan para dar continuación y brindar también, más rigidez a la estructura.

Construcción de los muros

Durante el proceso de montaje de las armaduras de soporte de la cubierta, se comenzó con el proceso de relleno de los muros, para esto se requirió de personal capacitado en esta área, el cual preparo la mezcla que daría volumen al muro, empleando tepetate fino (harneado), bentonita, paja molida y agua, en una proporción de 19 botes de tepetate, 1 bote de bentonita, 5 botes de paja y 12 botes de agua (los botes son de 19 litros), los cuales se mezclaron *in situ* hasta obtener la

consistencia adecuada de la mezcla, para seguido a esto, colocarla con la mano sobre los muros, empezando por rellenar toda la parte inferior del muro con la mezcla y continuando por los bordes para posteriormente rellenar la parte central y rectificarla con una regla, hasta cubrir con la mezcla la altura del muro en su totalidad en el caso de los muros continuos y dejando un espacio en el centro, en los módulos de muro que soportan las armaduras, rellenando y compactando estos últimos con paja con forme se construían estos módulos de muro y utilizando el mismo procedimiento de relleno y rectificado.

Nota: en los módulos de muro, el relleno empleado en sus caras largas tiene un grosor de 10 cm de ancho y en las caras cortas tiene el grosor de 5 cm de ancho. En el caso de los muros continuos el relleno abarca el grosor del módulo que es de 8 cm.

A la par del relleno de los muros, se colocaron y fijaron PTR de 2" por 4" y uno extra de 1" x 2", en los marcos donde van a ir las ventanas, puerta principal y puerta secundaria, esto con el fin de que se empotraran a los módulos de los muros y que quedaran unidos también por la mezcla que da volumen al muro.

Una vez terminado el relleno que da volumen al muro, se prosiguió a realizar un repellado sobre este, para esto se dosifico la mezcla con 18 botes de tepetate fino (harneado), 1 bote de bentonita, 3 botes de paja (la cual se volvió a moler para que quedara más fina) y 14 botes de agua (los botes son de 19 litros), mezclándolos nuevamente *in situ* hasta obtener la consistencia adecuada y poderla colocar sobre los muros, empleando nuevamente los mismos procedimientos de aplicación a mano y con una regla para rectificar, siendo más rápida su aplicación ya que la superficie de los muros era más uniforme y el grosor del repellado solo fue de 2 cm lo cual agilizó y facilitó su colocación.

Como punto a destacar, esta parte del proyecto es de las más tardadas ya que el proceso de preparación de la mezcla se realizó a mano al igual que su colocación, la cual, aunque facilita bastante darle volumen a los muros, demoraba considerablemente el tiempo de término de estos, siendo el mayor problema de esta parte.

Montaje de la cubierta

Como parte final y a lo largo del proceso de construcción de los muros, se comenzó a montar el sistema de cubierta sobre las armaduras de soporte, para esto se utilizaron bambús con un diámetro de 3" y 4" cortados en su eje longitudinal para posteriormente barnizarlos al igual que las armaduras de soporte, con el fin de protegerlos de los agentes bioclimáticos. Seguido a esto, se utilizó un reventón guía para colocar y fijar con pijas auto perforantes, los bambús sobre las armaduras, de tal manera que estos quedaran a manera de "U" evitando durante su montaje que estos tuvieran separaciones excesivas utilizando más pijas auto perforantes para unirlos entre si y rectificando que las deformaciones propias del bambú no afectaran estructuralmente a la cubierta, cubriendo en casi toda su totalidad el área de la cubierta con bambú, exceptuando las partes donde se encuentran las ventanas de los muros y dejando una marquesina a lo largo de los muros cortos de 0.50 m. Posteriormente, se colocó una mezcla de 15 botes de paja sin moler, 3 botes de tepetate, ½ bote de bentonita y 12 botes de agua (los botes son de 19 litros), sobre toda el área de la cubierta de bambú con un espesor de 5cm, para sellar todas las aberturas entre los bambús, sirviendo además, como aislante térmico y acústico para la cubierta.

Nota: Las deformaciones del bambú mencionadas anteriormente, presentaron un reto a la hora de colocarlos en la cubierta, ya que generaban separaciones y desniveles considerables que afectan negativamente a la cubierta además de que estéticamente no lucían agradables a la vista, por lo que su corrección fue prioridad en este proceso.

Resultados y conclusiones

El poder estar presente durante el proceso constructivo de este proyecto, durante sus inicios hasta su culminación estructural, ha sido bastante retroalimentante en mi propio ámbito profesional. El utilizar y emplear elementos y métodos de construcción a los cuales no había estado en contacto, han favorecido de manera placentera mis conocimientos, ya que el participar en la construcción, protección, supervisión y montaje de los elementos hechos con bambú y otros elementos de bajo impacto

ambiental, me brindo conocimientos en un nuevo campo y me hizo reflexionar en parte por la enorme carga que es el llevar a cabo una construcción ya que el pensar en características de diseño, estructura y funcionamiento de estos ha sido una prioridad que se le ha dado mucho a las construcciones contemporáneas, lo cual no está mal, pero se deja de lado en muchos casos, el gran impacto que estos tienen en el medio ambiente a corto, mediano y largo plazo, y como parte de mi formación como profesional, el tener esta experiencia y adquirir los conocimientos teóricos y prácticos en la construcción con este tipo de materiales y sistemas constructivos-estructurales, me ayudo a reflexionar sobre la enorme responsabilidad como arquitecto y el gran impacto que un proyecto tiene en cada uno de los diferentes contextos, por lo que priorizar y dar la misma importancia a estas consideraciones es de suma importancia para garantizar desde mi perspectiva un buen proyecto.

Por otra parte pero no menos importante, el poder trabajar en equipo para poder llevar a cabo las tareas asignadas en el día a día, considero que fue demasiado importante durante todo el proceso de construcción del aula, ya que el formar una relación de equipo de trabajo, acatar indicaciones al igual que darlas, formalizar una buena comunicación y desempeño en las tareas, fue algo que en un principio costo, pero poco a poco fue mejorando y mucho más importante beneficio y agilizo el proceso constructivo de este proyecto. Por consecuente y como reflexión personal, el trabajar en equipo y tener una buena comunicación es indispensable durante cualquier proyecto, ya sea para poder agilizar y ser eficaz las actividades, dar solución a los distintos problemas que se presenten, analizar y tomar las mejores decisiones y sobre todo aprender y adquirir conocimientos nuevos.

En general y como cierre, el poder ser parte de este proyecto me enseñó la perspectiva más práctica de un proyecto, me dotó de nuevos conocimientos y me ayudo a entender que pese a la utilización de diferentes materiales al igual que sistemas constructivos-estructurales no tan convencionales, se puede llegar a obtener un resultado similar o incluso mejor a emplear otros más convencionales y modernos, por lo que su contemplación y utilización es algo que considero imprescindible en la construcción de espacios de diferente carácter y uso.

Recomendaciones

Como puntos a mejorar en las futuras construcciones con este modelo constructivo que forman parte de este proyecto, destaco:

- El bambú: emplear bambú entero en lugar de bambú ya partido por la mitad, ya que este al momento de secarse presentaba distintas deformaciones las cuales dificultaron bastante el proceso constructivo en general. Como punto extra, darle tiempo al bambú para que este seque y que cuente también, con su proceso de tratamiento para su protección considero que es indispensable para poder utilizarlo con mayor facilidad.
- La utilidad de los materiales: más específicamente del bambú, ya que al final del proyecto se desperdició bastante bambú, siendo estas partes del sobrante de los cortes y rectificaciones del mismo.
- La supervisión: en general el poder brindar y aclarar dudas así como guiar y dar indicaciones a detalle o con planos de las actividades y procesos constructivos.
- Herramienta de trabajo: adquisición de herramienta que haga falta y cambio de herramienta deteriorada para evitar accidentes.

Reporte fotográfico



Fotografía 1: Armadura tipo Warren plana



Fotografía 2: Colocación de las placas de anclaje en la cadena de cerramiento



Fotografía 3: Montaje y fijación de la armadura plana



Fotografía 4: Colocación de refuerzos diagonales



Fotografía 5: Protección de las Armaduras con lonas



Fotografía 6: Primer módulo estructural del muro



Fotografía 7: Segundo módulo estructural del muro



Fotografía 8.1: Armadura de soporte de la cubierta



Fotografía 8.2: Armadura de soporte de la cubierta



Fotografía 9.1: Colocación de las placas de anclaje en la cadena de desplante del muro



Fotografía 9.2: Colocación de las placas de anclaje en la cadena de desplante del muro



Fotografía 10: Colado de una sección de la cadena de desplante del muro



Fotografía 11: Alineación de las placas de anclaje del módulo de muro



Fotografía 12: Cimentación y cadena de desplante con placas de anclaje



Fotografía 13: Ensamblaje del muro



Fotografía 14: Presentación de los muros



Fotografía 15: Montaje de los muros



Fotografía 16: Zonificación de los muros ya fijados



Fotografía 17: Sistema de fijación de los muros modulares



Fotografía 18: Sistema de fijación de los muros continuos



Fotografía 19: Unión entre los muros



Fotografía 20.1: Montaje de las armaduras de soporte de la cubierta



Fotografía 20.2: Montaje de las armaduras de soporte de la cubierta



Fotografía 20.3: Montaje de las armaduras de soporte de la cubierta



Fotografía 21: Tejido de los muros



Fotografía 22: Colocación de los PTR y los marcos de las ventanas



Fotografía 23: Marcos de las ventanas



Fotografía 24: Elementos estructurales de bambú montados y fijados



Fotografía 25: Sistema de unión de las armaduras de soporte de la cubierta y los muros



Fotografía 26: Elementos estructurales de bambú montados y fijados



Fotografía 27: Relleno de los muros



Fotografía 28: Colocación de la paja



Fotografía 29.1: Proceso de construcción de los muros



Fotografía 29.2: Proceso de construcción de los muros



Fotografía 29.3: Proceso de construcción de los muros



Fotografía 30.1: Repellado de los muros



Fotografía 30.2: Repellado de los muros



Fotografía 31.1: Proceso de montaje de la cubierta



Fotografía 31.2: Proceso de montaje de la cubierta



Fotografía 31.3: Proceso de montaje de la cubierta



Fotografía 31.4: Proceso de montaje de la cubierta



Fotografía 31.5: Proceso de montaje de la cubierta



Fotografía 31.6: Proceso de montaje de la cubierta



Fotografía 32: Montaje de la cubierta terminado