

INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE OCCIDENTE



ITESO, Universidad  
Jesuita de Guadalajara

Apuesta estratégica :

Vías alternas para la Autoconstrucción Sustentable.

**PROYECTO DE APLICACIÓN PROFESIONAL ( P A P )**  
**Programa de Edificación y Vivienda**

# **REGLAMENTO DE CONSTRUCCIÓN EN MADERA PARA LA ZONA METROPOLITANA DE GUADALAJARA**

1K02 - TECNOLOGÍA APROPIADA PARA LA GENERACIÓN DE SISTEMAS  
CONSTRUCTIVOS

## **Presentan los alumnos:**

Lic. en Ingeniería Civil. Gonzalo Toral Cañedo

Lic. en Arquitectura. Militza Vidales López

Lic. en Arquitectura. Alan Uriel Freyria Zaragoza

## **ASESORES:**

Profesor PAP: Dr. Nayar Cuitláhuac Gutiérrez Astudillo

Asesor PAP: Mt. Melissa Selene Carrillo Rubio

Asesor PAP: Mt. Christian Hernández Cárdenas

Tlaquepaque, Jalisco, 2019

**ÍNDICE**

## Contenido

REPORTE PAP	3
Presentación Institucional de los Proyectos de Aplicación Profesional	3
Resumen	3
1. Introducción	4
1.1. Objetivos	4
1.2. Justificación	4
1.3 Antecedentes	5
1.4. Contexto	5
2. Desarrollo	5
2.1. Sustento teórico y metodológico	5
2.2. Planeación y seguimiento del proyecto	6
3. Resultados del trabajo profesional	7
4. Reflexiones del alumno o alumnos sobre sus aprendizajes, las implicaciones éticas y los aportes sociales del proyecto	8
5. Conclusiones	6
6. Bibliografía	7
Anexos (en caso de ser necesarios)	7

# REPORTE PAP

## Presentación Institucional de los Proyectos de Aplicación Profesional

*Los Proyectos de Aplicación Profesional (PAP) son una modalidad educativa del ITESO en la que el estudiante aplica sus saberes y competencias socio-profesionales para el desarrollo de un proyecto que plantea soluciones a problemas de entornos reales. Su espíritu está dirigido para que el estudiante ejerza su profesión mediante una perspectiva ética y socialmente responsable.*

*A través de las actividades realizadas en el PAP, se acreditan el servicio social y la opción terminal. Así, en este reporte se documentan las actividades que tuvieron lugar durante el desarrollo del proyecto, sus incidencias en el entorno, y las reflexiones y aprendizajes profesionales que el estudiante desarrolló en el transcurso de su labor.*

## Resumen

En este documento se presentan avances y análisis del reglamento de construcción de la ZMG, tanto la deducción de las ecuaciones de deflexión por flexión y por cortante en los elementos resistentes a fuerzas laterales tales como los muros y diafragmas de madera estructural y también se realizaron pruebas a probetas estandarizadas y normalizadas por la normativa internacional ISO para colaborar los valores de diseño actuales del reglamento de construcción de GDL 2019.

## 1. Introducción

### 1.1. Objetivos

La propuesta de realizar un reglamento de construcción en madera para la Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG), busca regular las construcciones en madera de esta zona, ya que este tipo de construcciones no son tan frecuentes debido a la falta de normativas claras para realizarlas.

Se propone generar un documento que sea de fácil entendimiento y a su vez se complemente con las normas AWC SDPWS (NTC GDL), también este deberá tener valores de diseño adecuados para la madera de la región (aserraderos) y a su vez deberá estar pensado para que la huella de carbono de estos sistemas estructurales sea mínima en comparación a los otros sistemas convencionales.

La metodología a seguir es la siguiente:

1. Traducción de las normas estadounidense AWC SDPWS
  - a. Texto Inglés a Español
  - b. Deducción de ecuaciones
  - c. Conversión de unidades
2. Pruebas de laboratorio a probetas de madera
  - a. Normas técnicas complementarias (Madera)
  - b. Verificación de hipótesis de valores de diseño (NTC GDL)

### 1.2. Justificación

Los modelos de desarrollo actuales han provocado con el paso del tiempo una crisis ambiental a nivel mundial, esta crisis fue causada por las emisiones de gases de efecto invernadero y la degradación ambiental, desgraciadamente nos dimos cuenta; demasiado tarde, que este tipo de desarrollos no son una opción sustentable. Debido a esto entramos a una época donde todos los sectores de la ciudad buscan alternativas sustentables; de este tipo de desarrollos, para disminuir las emisiones de CO<sub>2</sub>, generar más sentido de comunidad y reducir los costos de sus servicios por la concentración de los mismos. Todo esto, está haciendo necesaria la

aplicación de nuevos sistemas constructivos sustentables con los cuales se puedan construir edificios de una huella de carbono cero.

De los sistemas que puede producir una huella de carbono cero se encuentra la madera, la cual en la ZMG se ha está volviendo cada vez más frecuente su uso en la construcción.

### 1.3 Antecedentes

La ZMG es consciente de esta crisis, esto se puede ver en el POTMET, IMEPLAN y en la reducción del costo de la licencia de construcción para los proyectos inmobiliarios que tramitan la certificación de edificios sustentables LEED.

### 1.4. Contexto

Las normativas vigentes usa valores de diseño muy conservadores y no tiene un diseño formal para cuestiones de acciones accidentales tales como viento y sismo para muros y diafragmas estructurales de madera.

La actual clasificación de la madera estructural es meramente estructural; se busca que se relacione la densidad de la madera con respecto a la clasificación de grado estructural. Los aserraderos de la región cuentan con la materia prima (Madera) pero desconocen la clasificación estructural correspondiente a la densidad del material.

## 2. Desarrollo

### 2.1. Sustento teórico y metodológico

Partimos de las normas técnicas complementarias de GDL, CDMX y las normas estadounidenses AWC SDPWS ya que las dos primeras normas anteriormente mencionadas no cuentan con el diseño de muros y diafragmas estructurales en madera.

Las normas internacionales ISO; para la correcta realización de las pruebas de la madera sometida a flexión para colaborar los valores de diseño y tipificar la madera estructural de la región para la normativa propuesta en las normas técnicas complementarias de GDL 2019 en el apartado de diseño de estructuras de madera. A cargo del Mtro. Arq. Christian Hernandez Cardenas.

## 2.2. Planeación y seguimiento del proyecto

- Descripción del proyecto

Nuestro proyecto consta de la traducción de las normas AWC SDPWS y la deducción de las ecuaciones de diseño de las deflexiones debidas a flexión y la cortante de los muros y diafragmas estructurales de madera. Y de corroborar los valores de diseño actuales de la NTC GDL 2019.

- Plan de trabajo

Colaborador	Trabajo
Ing. Gonzalo Toral Cañedo	<ul style="list-style-type: none"><li>- De la normas estadounidenses AWC SDPWS: Traducción de la página 25-34.</li></ul>
Arq. Alan Uriel Freyria Zaragoza	<ul style="list-style-type: none"><li>- De la normas estadounidenses AWC SDPWS: Traducción de la página 14-19.</li><li>- Deducción de ecuaciones de diseño para revisión de deflexiones en muros y diafragmas.</li></ul>
Arq. Militza Vidales López	<ul style="list-style-type: none"><li>- De la normas estadounidenses AWC SDPWS: Traducción de la página 20-29, 35-38 y 40-44.</li><li>- Conversión de unidades</li></ul>

- Desarrollo de propuesta de mejora

La propuesta de mejora son meramente la interpretación de la norma AWC SDPWS y la deducción analítica de las ecuaciones de deflexión para la revisión y muros estructurales de madera. La metodología para realizar pruebas a probetas de madera estructural regional y la comparación y verificación de los valores de diseño.

### 3. Resultados del trabajo profesional

Los resultados obtenidos fueron satisfactorios, debido a que logramos nuestros principales objetivos. La deducción de las ecuaciones de deflexión en muros diafragmas estructurales fueron desarrollados a partir de los principios de la teoría de vigas a flexión y cortantes, con la hipótesis que tanto muros y diafragmas la resistencia por flexión sería tomada por sus elementos de borde y la resistencia por cortante sería tomado por el panel estructural por y/o los paneles estructurales que revisten a dichos elementos.

Las ecuaciones a las que llegamos son las siguientes:

$$\delta dia = \frac{5}{96} \frac{vL^3}{EAW} + \frac{1}{4} \frac{vL}{Gt} + \frac{\sum(\Delta_c X)}{2W}$$

$$\Delta_{muro} = \frac{2vh^3}{3EAb} + \frac{vh}{Gt} + da \frac{h}{b}$$

Las cuales se complementarán con las deformaciones por deslizamientos de los clavos y mencionados en La IBC 2015.

$$\Delta_{dia} = \frac{L en}{162.10}$$

$$\Delta_{muro} = \frac{h en}{40.60}$$

Logrando llegar a las deformaciones esperadas que se generan en los muros y diafragmas estructurales de madera.

$$\Delta_{dia} = \frac{5vL^3}{96EAW} + \frac{vL}{4Gt} + \frac{L en}{162.10} + \frac{\sum(\Delta_c w)}{2w}$$

$$\Delta_{muro} = \frac{2vh^3}{3EAb} + \frac{vh}{Gt} + \frac{h en}{40.60} + da \frac{h}{b}$$

La deducción de una línea de tendencia que relaciona el módulo de elasticidad con respecto a la densidad específica de la madera, de las pruebas realizadas en el laboratorio. La comparativa que se realizó fue entre nuestra línea de tendencia experimental contra los valores de módulo de elasticidad del percentil señalados las cuales mostraron una relación aproximados entre ambos valores.(Experimental - NTC GDL)

La línea de tendencia es la siguiente:

$$y=116.52x + 33685$$

Donde:

y= Módulo de elasticidad esperado al percentil (kg/cm<sup>2</sup>)

x= Densidad relativa de la madera con CH < 12% (kg/m<sup>3</sup>)

#### 4. Reflexiones del alumno o alumnos sobre sus aprendizajes, las implicaciones éticas y los aportes sociales del proyecto

- Aprendizajes profesionales

##### ***Militza Vidales Lòpez***

Aprendí mucho sobre la madera y su aplicación en la construcción de vivienda, actualmente esta se puede utilizar para hacer edificios de más de 3 pisos y puede ser muy útil para mejorar el ambiente térmico y sonoro de las edificaciones, además de producir una huella de carbono cero durante toda su vida útil. El uso de este sistema en las construcciones además de aportar a la mejora del medio ambiente, también puede crear espacios cálidos para quien lo habite.

##### ***Alan Uriel Freyria Zaragoza***

Este proyecto fue muy interesante por que puse a prueba mis conocimientos de resistencia de materiales y la teoría de vigas, y esto se debió a que debíamos de hacer nuestra deducción de las ecuaciones de deflexión de un diafragma y muro de madera, entonces se consideraba que los miembros podían analizarse como una viga simplemente apoyada (diafragma) y una viga en voladizo (muro), respectivamente se tenía que considerar las deformaciones por flexión que toman los elementos de borde y las deflexiones por cortante que se asumen que las toman los paneles estructurales. También fue muy interesante realizar los pruebas a las probetas de madera, por que fue muy fácil interpretar el comportamiento del material y poder relacionar las deformaciones con la carga aplicada para estimar el módulo de elasticidad del material.

##### ***Gonzalo Toral Cañedo***



A lo largo de este proceso de actualización de normas técnicas complementarias de Guadalajara, pude descubrir lo extenso que es el vocabulario de las normas extranjeras en cuanto a madera. Hay muchos términos en la madera, que al ser un material poco usado en México para la construcción, no existen algunos términos en español. Aprendí mucho sobre el diseño de elementos estructurales de madera de sismo y viento, porque para poder traducir, primero tienes que aprenderlo, y aprendí mucho sobre los muros de cortante y diafragmas de madera estructural.

- Aprendizajes sociales

### ***Militza Vidales Lòpez***

Este reglamento puede ayudar a crear edificaciones de madera de forma resistente y segura para quienes lo habiten, además de que su uso ayuda a la crisis ambiental en la que nos encontramos actualmente. También ayuda a impulsar el uso de este sistema constructivo en la construcción, ya que estas no son frecuentes por la poca información que se tiene sobre estas y la falta de reglamentos que puedan regular su construcción en la ZMG.

### ***Alan Uriel Freyria Zaragoza***

La búsqueda de este reglamento es incentivar a los constructores, arquitectos e ingenieros a optar por el uso de sistemas estructurales de madera. Esto se debe a que toma valores de diseño para certeros y mayores a comparación de los valores anteriores que eran menores. Se explica de forma detallada el diseño estructural de madera tanto para cargas gravitacionales y cargas laterales, lo que anteriormente solo toma en cuenta cargas gravitacionales en el reglamento anterior. Además, de que hoy en día estamos viviendo las consecuencias del cambio climático y es importante voltear a ver los sistemas constructivos sustentables los cuales en un futuro no muy lejano se van hacer casi obligatorios por la implicación de la contaminación y huella

de carbono de nuestro sistemas convencionales. Incentivar este tipo de sistemas constructivos también es generar un comercio interior que traería a su vez mayor estabilidad financiera para el sector forestal de nuestro estado.

### ***Gonzalo Toral Cañedo***

Para la construcción de edificaciones de madera en Mexico, faltan muchos pasos para que la cultura la adopte como un sistema constructivo usado urbanamente. Pero el primero de los obstáculos que ha tenido este sistema es la incertidumbre del cálculo diseño y construcción. Este reglamento de construcción será el primer paso, ya que ahora ya habrían unas normas en que respaldar el diseño y cálculo de las edificaciones de madera, y por consiguiente ayudará a la sociedad a tener edificaciones de 0 de huella de carbono.

- Aprendizajes éticos

### ***Militza Vidales Lòpez***

Esta experiencia PAP me ayudó a darme cuenta del gran daño que causa la industria del a construcción en nuestro medio ambiente, y como los sistemas constructivos de madera pueden ayudar a esta problemática. También es de suma importancia que uno como arquitecto implemente estos sistemas que durante toda su vida útil producen una huella de carbono cero y además los sobrantes o desechos de estas no crean ningún impacto en el medioambiente.

### ***Alan Uriel Freyria Zaragoza***

Esta experiencia PAP me invita a querer participar en el desarrollo e investigación sobre sistemas estructurales de madera, a poder participar en las normas técnicas complementarias y generar ejemplos de diseño prácticos de elementos estructurales. No se nos había pedido hacer las deducciones de las ecuaciones pero tuve la iniciativa de realizarlas para que este proyecto tuviera un carácter profesional y de

investigación. El realizarlas me da la pauta e iniciativa para querer desarrollar más hipótesis y deducciones a futuro sobre el comportamiento de elementos estructurales de madera.

### ***Gonzalo Toral Cañedo***

En las normas de construcción tuvimos que realizar un trabajo de calidad para que se pueda hacer un trabajo coherente con el diseño y cálculo de edificaciones de madera, y cuando se haga una construcción de este tipo haya la garantía de ser segura para los usuarios. En el PAP, vimos las maneras de emplear los sistemas constructivos para satisfacer las necesidades del usuario, esto implica el estar consciente de que es más importante la seguridad y el bienestar de usuario, que el dinero que uno pueda ganar o los intereses que se puedan adquirir.

- Aprendizajes en lo personal

### ***Militza Vidales Lòpez***

El PAP me ayudó a darme cuenta lo mucho que me gusta realizar viviendas con sistemas constructivos sustentables y diseñar espacios que tengan una fuerte conexión con el exterior. También me dio conciencia sobre las viviendas que se realizan en México, las cuales su ubicación, materiales y diseños de los espacios afectan la vida de quienes las habitan y su huella de carbono es significativa.

Mi proyecto de vida va a ser realizar este tipo de construcciones, porque éstas además de ser una modalidad se han vuelto necesarias para nuestro planeta.

### ***Alan Uriel Freyria Zaragoza***

Este proyecto me ayudó a darme cuenta de la capacidad que tienen las NTC GDL “Diseño de Madera” de generar una disrupción de los sistemas convencionales de construcción. Y esto se da gracias a la información que se brinda sobre cómo se construye, como se calculó y los cuidados especiales que se deben de tener. En mi

opinión al tener mayor información de calidad sobre un sistemas constructivo, invita al arquitecto y/o ingeniero a querer participar con diseños estructurales y/o arquitectónicos que sean más integrales en nuestra actualidad.

Me gustaría que mis proyectos tengan es búsqueda integral, que pueda unificar la estructura, espacio y diseño sustentable en cada proyecto que genere, y esto se debe al impacto que nosotros como arquitectos tenemos en la sociedad al tomar elecciones de sistemas constructivos, y el conocer un sistema constructivo sustentable me da la pauta para quererlo implementar.

### ***Gonzalo Toral Cañedo***

Yo aprendí mucho vocabulario técnico del diseño y de la construcción en madera, a partir de la traducción de las normas de diseño por sismo y viento en elementos estructurales de madera. Al estar traduciendo, aprendí mucho sobre el diseño y las restricciones para la construcción de muros de cortante y diafragmas de madera estructural.

A lo largo del PAP no solo aprendí sobre la madera, aprendí a formar equipo multidisciplinario con mis compañeros de arquitectura, y complementar nuestros conocimientos para llegar a un producto integral y de calidad. Todos los sistemas constructivos de los que hicimos pruebas le hacen honor al nombre del pap, y viendo el comportamiento de estos estoy seguro que en lo personal se como funcionan de una maner muy completa.

## 5. Conclusiones

### ***Militza Vidales López***

Creo que los alcances que tuvimos fueron muy satisfactorios. En un principio fue algo tedioso realizar la traducción y la conversión de las unidades de las normas AWC SDPWS, pero esto sirvió para darnos cuenta que las norma de construcción con madera de la CDMX no tenían ecuaciones para el diseño de muros y diafragmas (Ecuaciones que mis compañeras desarrollaron para nuestro reglamento de construcción en madera para la ZMG).

Las pruebas de laboratorio con las probetas de madera, fueron muy interesantes y dinámicas. Me hubiera gustado haber podido hacer más. Algo que podría haber ayudado mucho con las pruebas es haber utilizado probetas de madera de diferentes proveedores cerca o de la ZMG.

### ***Alan Uriel Freyria Zaragoza***

Fue muy interesante realizar la traducción de las normas AWC SDPWS, por que me hizo comprender cómo se realiza una revisión de un diafragma y un muro de madera, entender cuales son los requisitos generales para su debida y correcta construcción. Este trabajo ayuda a extrapolar información de una forma mas etica a comparacion de que solo tradujeramos y copiaramos las normas estadounidense a las normas técnicas complementarias de GDL. El generar las deducciones nos abre la puerta a poder implementar esas ecuaciones sin tener problemas con una copia de un documento oficial. Fue interesante realizar las deducciones y entender las hipótesis que se tenían que hacer para obtener una ecuación consistente. También me gusto el enfoque práctico que le dimos a este proyecto al realizar las pruebas, probablemente lo que nos faltó fue tener una mayor cantidad de elementos a analizar y tambien que tuvieramos probetas de diferentes zonas del estado. Estadísticamente pudiéramos vernos muy escasos, pero a su vez es interesante realizar las pruebas y comparar con los valores de diseño propuestos en las normas y darnos cuenta que nos encontramos en un margen característico donde se acerca bastante a dichos valores. Me siento muy satisfecho de nuestro alcance tanto teorico y practico por que me hace dar cuenta que este tipo de

sistemas constructivos tienen que ir de la mano el realizar pruebas experimentales y realizar deducciones analíticas para corroborarlas, además de que este sistema constructivo es amigable y respetable con nuestro medio ambiente.

### **Gonzalo Toral Cañedo**

A lo largo del PAP tuvimos oportunidad de aprender diferentes tecnologías de la construcción. La variedad de sistemas constructivos que exploramos con materiales como; arcilla, tierra, madera, bambú y compuestos de los mismos, fueron un gran aporte para el curso y para mi aprendizaje. Logré adquirir una gran variedad de métodos de construcción.

En el aporte que hicimos hacia las normas técnicas complementarias en el capítulo de madera descubrimos lo carente que estaban las normas técnicas de la CDMX en su capítulo de madera. Logramos realizar un aporte grande a este capítulo. Nuestra traducción más las pruebas que realizamos a las probetas de madera fueron un gran acercamiento al diseño de madera en México. Logramos observar que el desarrollo de información sobre la edificación de madera va avanzando cada vez más en la cultura Mexicana, y algún día será algo común ver edificaciones de madera.

## **6. Bibliografía**

Breyer, D., Cobeen, K., Fridley, K. and Pollock, D. (2015). *Design of wood structures ASD/LRFD*. 7th ed. Washington, DC: Mc Graw Hill Education.

Special Design Provisions for wind & Seismic. (2015). 1st ed. United States of America: American Wood Council.

## **7. Anexos**

El documento de traducción (PAP REGLAMENTO - AWC SDPWS) se encuentra anexo en la carpeta de este archivo.

## **PRUEBAS A PROBETAS DE MADERA**

## 1. Introducción

En este documento se presentará las pruebas de laboratorio realizadas a probetas de madera estufada de la región de Jalisco para el análisis de su comportamiento a flexión. Estas pruebas de madera estufada van enfocadas para la obtención de propiedades para su clasificación por región.

Además en este documento se presentarán los resultados y las ecuaciones, resultado de las pruebas, y se relacionarán con normas de otros reglamentos.

## 2. Objetivo

Se busca obtener el resultado del módulo de elasticidad de las probetas de madera estufada, para realizar una caracterización regional de la madera y hacer una clasificación por densidad.

Queremos obtener un resultado que sustente la investigación y suposiciones del Mto. Arq. Christian Hernández Cárdenas, al suponer una clasificación por densidad.

## 3. Hipótesis

Partimos de la hipótesis que hay una relación directa de la densidad del material con el módulo de elasticidad. Se piensa que teniendo la densidad de una madera estufada con un rango de contenido de humedad delimitado, no es necesario construir con una especie de madera específica, se podría construir con cualquier madera que cumpla el parámetro de contenido de humedad, y densidad.

## 4. Pruebas

### **4.1 Preparación de probetas**

Previamente se consiguió la madera y se cortó en probetas de 70 cm de longitud y 5cm de ancho, el espesor de las probetas variaba.

Para la preparación de las probetas de madera estufada, primero se enumeraron para poder identificar sus propiedades de forma, peso y contenido de humedad antes de ensayarlas.

PROBETA	W (kg)	C.H. (%)	b (cm)	h (cm)	L (cm)
1	0.545	9.6	5.00	2.368	7.00
2	0.565	9.5	5.00	2.374	7.00
3	0.725	9.0	5.00	2.470	7.00
4	0.480	8.1	5.00	2.185	7.00
5	0.765	8.0	5.00	2.485	7.00
6	0.740	8.4	5.00	2.518	7.00
7	0.440	8.9	5.00	2.540	7.00
9	0.600	8.9	5.00	2.389	7.00
10	0.595	8.6	5.00	2.403	7.00
11	0.375	8.1	5.00	2.345	7.00
12	0.445	8.2	5.00	2.548	7.00
13	0.445	9.1	5.00	2.540	7.00
14	0.435	8.1	5.00	2.518	7.00
15	0.335	8.4	5.00	2.448	7.00
16	0.335	8.6	5.00	2.435	7.00
21	0.385	7.9	5.00	2.401	7.00
22	0.605	8.8	5.00	2.445	7.00
23	0.720	8.8	5.00	2.482	7.00
26	0.395	9.1	5.00	2.385	7.00
27	0.605	8.9	5.00	2.436	7.00
28	0.480	7.6	5.00	2.215	7.00
30	0.440	8.8	5.00	2.553	7.00

#### 4.2 Selección de probetas aleatorias

Para hacer un análisis correcto de lo que queremos comprobar teníamos que agarrar probetas aleatorias para probar que la madera tipificada es parecida en cuanto a los valores de densidad - módulo de elasticidad.

PROBETA	W (kg)	C.H. (%)	b (cm)	h (cm)	L (cm)
15	0.355	8.4	5.00	2.448	70.00
23	0.720	8.8	5.00	2.482	70.00
9	0.600	8.9	5.00	2.389	70.00
26	0.395	9.1	5.00	2.385	70.00
1	0.545	9.6	5.00	2.368	70.00

#### 4.3 Desarrollo de la prueba

Una vez teniendo las probetas medidas en sus dimensiones, contenido de humedad y peso, pasamos a probarlas a flexión. Para esto colocamos 2 apoyos de acero bajo la prensa y apoyamos las probetas de madera para que quedara un claro de 14 veces el espesor de la probeta.



El promedio de las probetas era de 2.45cm de espesor y 9% de contenido de humedad. Y ajustamos la prensa hidráulica para que fuera a una velocidad de 4 mm por minuto. Estas especificaciones fueron tomadas de las normativas de las pruebas internacionales ISO. Una vez colocadas y centradas las probetas, pasamos a probarlas a flexión en la prensa y detuvimos los ensayos cuando la probeta llegaba a la ruptura (la primer falla). Repetimos el proceso con varias probetas y tomamos dichos datos para sacar los siguientes resultados:

PROBETA	W (kg)	C.H. (%)	b (cm)	h (cm)	L (cm)	L <sub>diseño</sub> (cm)	P (kg)	Δ (cm)
15	0.355	8.4	5.00	2.448	70.00	34.272	200.00	0.369
23	0.720	8.8	5.00	2.482	70.00	34.748	199.00	0.215
9	0.600	8.9	5.00	2.389	70.00	33.446	199.00	0.219
26	0.395	9.1	5.00	2.385	70.00	33.390	199.00	0.274
1	0.545	9.6	5.00	2.368	70.00	33.152	199.00	0.256

## 5. Cálculos y Análisis de datos

Obtuvimos los datos de las pruebas y los analizamos para obtener el módulo elástico a partir de la deformación y la carga aplicada, comparando esos datos con la densidad. A partir de las siguientes fórmulas de la mecánica de materiales, pudimos concluir en nuestra fórmula para la obtención del módulo elástico:

$$\Delta = \frac{PL^3}{48EI}$$

$$M = \frac{PL}{4}$$

(Fórmulas de deformación y momento para una viga simplemente apoyada con carga puntual)

$$E = \frac{ML^2}{12\Delta I}$$

(Fórmula a la que llegamos para sacar el módulo elástico)

Aplicando la fórmula obtuvimos los siguientes módulos elásticos:

PROBETA	E (kg/cm <sup>2</sup> )
15	74,363.1
23	126,989.8
9	124,670.3
26	99,645.3
1	106,651.6

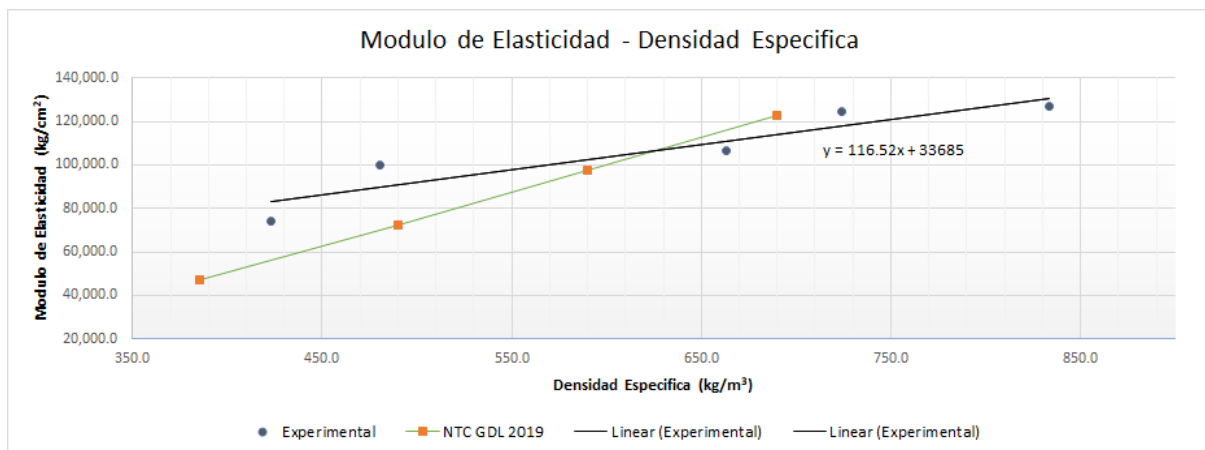
Graficamos los datos de densidad contra módulo elástico obtenido, y lo comparamos con la densidad y módulo elástico de las normas para ver el comportamiento de nuestras probetas respecto al comportamiento teórico. A continuación se presenta la gráfica comparativa de los resultados y su respectiva ecuación:

PROBETA	E (kg/cm <sup>2</sup> )	$\varphi_{12}$ (kg/m <sup>3</sup> )
15	74,363.1	422.9
23	126,989.8	833.2
9	124,670.3	723.7
26	99,645.3	480.3
1	106,651.6	662.9

Para la comparación de los valores obtenidos. comparamos los valores de resistencias y módulos de elasticidad de maderas coníferas del reglamento:

**Tabla 8.4-2 Valores especificados de resistencias y módulos de elasticidad de maderas de especies coníferas [kg/cm<sup>2</sup>]**

Resistencia / Módulo		Clasificación por Densidad ajustada al 12% de C.H.			
		C100	C250	C400	C550
Flexión	$f_{lu}'$	100	250	400	550
Tensión paralela a la fibra	$f_{tu,0}'$	55	130	210	290
Tensión perpendicular a la fibra	$f_{tu,90}'$	5	5	5	5
Compresión paralela a la fibra	$f_{cu,0}'$	130	210	240	305
Compresión perpendicular a la fibra	$f_{cu,90}'$	20	35	50	70
Cortante paralelo a la fibra	$f_{vu,0}'$	15	30	35	35
Módulo de elasticidad promedio, paralelo a la fibra	$E_{0,0.50}$	71,000	108,000	146,000	183,000
Módulo de elasticidad al 5 <sup>o</sup> percentil, paralelo a la fibra	$E_{0,0.05}$	47,000	72,500	97,500	123,000
Módulo de elasticidad promedio, perpendicular a la fibra	$E_{90,0.50}$	2,350	3,600	4,850	6,100
Módulo de cortante promedio, paralelo a la fibra	$G_{0,0.50}$	4,450	6,750	9,100	11,450
Módulo de cortante promedio, perpendicular a la fibra	$G_{90,0.50}$	445	675	910	1145
Densidad característica mínima, ajustada al 12% de C.H. [kg/m <sup>3</sup> ]	$\rho_c$	385	490	590	690
Peso específico de diseño [kg/m <sup>3</sup> ]	$\rho_{ud}$	490	590	690	900



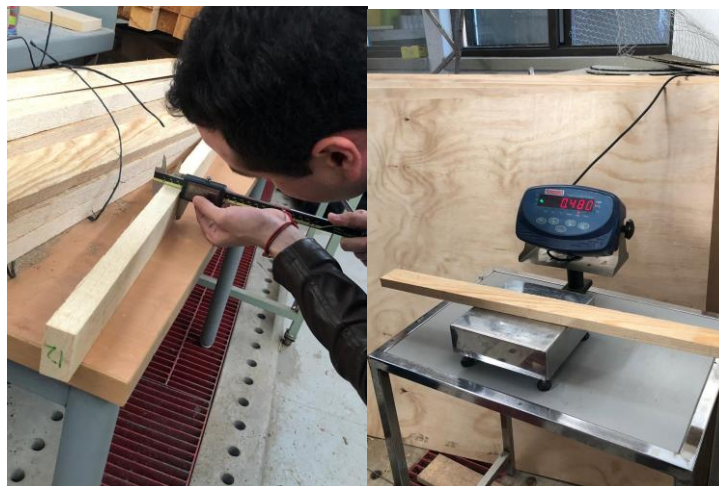
$$y = 116.52x + 33685$$

Obtuvimos una línea de tendencia a partir de los resultados de la prueba y la comparación con lo del reglamento. Como la línea de tendencia da superior a la del reglamento la prueba es satisfactoria.

## 6. Anexos fotográficos



*Medición de probeta*      *Marcando centro de la probeta*



*Medición de b y h*

*Peso de probeta*



*Humedad de probeta*



*Prueba de probetas*

## 7. Conclusiones

### ***Militza Vidales Lòpez***

Esta práctica me ayudó a comprender el comportamiento de la madera cuando se le aplica una carga. No sabía que cada probeta dependiendo de su composición podía medir diferente aunque todas tuvieran la misma longitud y dimensiones.

### ***Gonzalo Toral Cañedo***

Lo buscado en la práctica era seguir viendo el comportamiento de la madera de la región. Al ver y comparar que nuestras probetas dieron, en general, por encima de lo estipulado en las tablas, se puede decir de la clasificación es satisfactoria. Lo anterior debido a que las tablas tienen que ser valores aproximados pero además son límites, y obteniendo valores más grandes comprobamos que la madera cumple con los valores de la tabla.

Me sorprendió que a pesar de que las probetas, al inicio de la práctica, parecían iguales, en verdad variaron su densidad. Pero al probarlas y analizarlas vimos que tienen una distribución lineal en la gráfica de densidad contra módulo elástico, al ser madera de la misma especie.

### ***Alan Uriel Freyria Zaragoza***

Esta práctica me ayudó a entender más sobre el comportamiento de la madera sometida a flexión, y como la pendiente del módulo de elasticidad tiende a ser recta hasta el punto de falla. Es una prueba muy interesante por que se ve reflejado la relación directa que tiene la densidad específica de la madera con respecto a su módulo de elasticidad, por esta razón las normas técnicas complementarias hacen una propuesta de catálogo con base a la densidad del material para obtener valores de diseño. Me voy muy contento de tener la referencia de cómo generar pruebas experimentales a las probetas de madera y poder relacionar su comportamiento debido a la flexión con su densidad y su módulo de elasticidad.



**ITESO**

Universidad Jesuita  
de Guadalajara

**PAP PROGRAMA DE DESARROLLO DE TECNOLOGÍA APROPIADA PARA LA EDIFICACIÓN Y DISEÑO  
DE VIVIENDA I**

Dr. Nayar Cuitláhuac Gutiérrez Astudillo

Melissa Selene Carrillo Rubio

Christián Hernández Cárdenas

**Reporte de Práctica de Tierra: Quincha**

Alan Uriel Freyria Zaragoza - Ar684347

Diego Emilio Gallardo González - Ar697756

Oscar González del Castillo Monroy - Ar702600

Alonso Mendoza Leal - Ar702592

Militza Vidales López - Ar702748

José Antonio Nuñez Díaz del Castillo - Ic689699

Arturo Borrego Villela - Ar695115

José Alfredo Vaca Alfaro

24 de octubre de 2019

**Quincha**

El pasado jueves 24 de octubre tuvimos la oportunidad de hacer una práctica con tierra. Se dividieron los diferentes sistemas constructivos entre los 3 equipos que éramos y a nosotros nos tocó desarrollar el sistema de quincha.

El quincha es un muro de tierra reforzado interiormente, donde dicho refuerzos se basan en un refuerzo vertical de malla de alambres en zig-zag que le brinda resistencia a la compresión y a cortante y un refuerzo horizontal constituido de 8 varillas de alambre recocido que atraviesan la malla (Fig. 1) lo cual aumenta su capacidad a cortante.

La malla debía de estar dentro del molde pero respetando un perímetro exterior de 0.5 cm que debía de estar libre. Por lo que el doblar de la malla terminó siendo de 0.5 cm dentro del zig-zag.

Al tener un armado dentro de la cimbra (molde) era necesario tener una mezcla lo suficientemente líquida para vertirse en toda la cimbra pero a la vez lo suficientemente viscosa para que no se sedimenten los materiales. Su consistencia tenía que ser de fácil trabajabilidad, esto nos dio la sensación que su trabajabilidad se comportaba muy parecido al concreto. También es importante ir vertiendo la mezcla en el molde con un ritmo continuo e ir vibrando el molde para evitar oquedades cuando fragüe la mezcla.

MATERIAL	PROPORCIÓN
Arcilla	4
Arena	6
Agua	3 1/2
Cal	4% del total
Cemento	1% del total



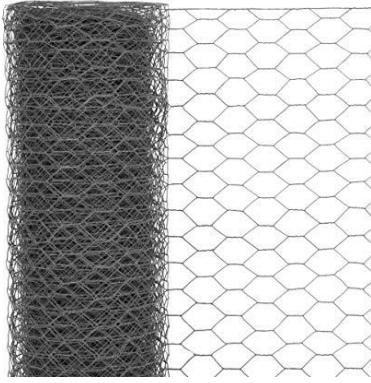


Fig. 1 Malla Pollera

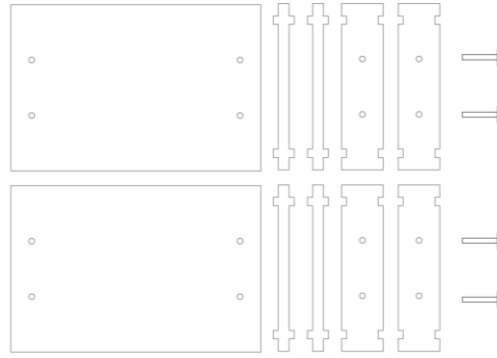


Fig. 2 Despiece de la cimbra

Posteriormente utilizamos un alambre recocido y la máquina de vibrado para eliminar cualquier burbuja de aire atrapado dentro de la mezcla y también para poder llevar el material a través de la malla pollera y al fondeo de la cimbra.

## Memoria Fotográfica



Fig. 3 Armado



Fig. 4 Colocación de armado



Fig. 5 Armado en cimbra



Fig. 6 Moler arcilla



Fig. 7 Cernir la arcilla



Fig. 8 Arcilla, arena, cal cemento



Fig. 9 Vertido de agua a la mezcla

Fig. 10 Mezcla terminada



Fig. 11 Colocación mezcla en la cimbra

Fig. 12 Vibrado



Fig. 13 Muro colado

Fig. 14 Desmoldamiento

## Aspectos a mejorar

A partir de que el resultado de la técnica no fue el deseado y nosotros seguimos las instrucciones y las proporciones al pie de la letra por lo que nos vemos obligados a pensar que pudieron haber fallado 2 aspectos: la calidad de los materiales usados o las proporciones de la mezcla no fueron las correctas.

Comentando este escenario con un constructor experimentado nos menciona que probablemente lo que pasó es que había una enorme carencia de cal y cemento en la fórmula.

Lo que hizo que su efectividad sea prácticamente nula y a la hora de secarse la mezcla no era más que tierra con tan solo el cementante necesario para mantenerla unida pero al mínimo contacto con alguna fuerza se deshacía como un mazapán.

Ya de nuestro lado pensamos que la tierra y el acero de la malla pollera no tienen posibilidad de trabajar juntas, no hay manera de que estos dos se adhieran lo que generaría que la tierra en compresión trabaje sola, a malla lo único que haría sería estructurar el muro solo en ciertos aspectos y en forma.

La forma como se dispuso la malla en zig zag pudo generar oquedades y esto se debe a que la manejabilidad del material no fue la adecuada y la disposición de la malla en lugar de beneficiar al muro lo perjudicó, por que no se acomodó correctamente el material cuando este se compactó género vacíos. Probablemente la idea de reforzar el muro no fue mala, si no que no fue la adecuada disposición (zig zag) y sería mejor si las hojas de la malla fueran paralelas a las caras exteriores, esto pudiera aportar mayor capacidad a cortante al muro. Sería muy buena idea reconsiderar la mezcla del muro y aportar mayor cantidad de cemento y también colocar paja para que la mezcla tuviera mayor adherencia entre sus componentes.

## **Conclusiones**

**Alan Uriel Freyria Zaragoza**

Trabajar con tierra es algo muy interesante, por que hay varias formas de poder formar un muro de este material, nosotros hicimos un muro denominado quincha. Este tipo de muro es interesante por que se genera un armado interior con malla pollera como armado vertical y como armado horizontal colocamos alambres, el relleno del muro es una consistencia muy parecida al concreto y fuimos vertiendo la mezcla y vibrando para que se llenaran las oquedades.

Es muy interesante poder hacer este tipo de prácticas por que nos abre el panorama sobre diversos sistemas de muros que nosotros podríamos proponer en proyectos, y entender cómo se construyen y se comportan es algo que aporta bastante a nuestro conocimiento.

### Jose Antonio Nuñez Diaz Del Castillo.

En esta práctica decidimos mi equipo y yo generar una cimbra fabricada para funcionar como tres módulos de fácil instalación y descimbrado todo esto fue para tener un control real y específicos de los espesores de nuestra quincha esto fue también para poder lograr una superficie más uniforme para la prueba de la prensa de cien toneladas. nos encontramos con diferentes situaciones en la ejecución de la prueba la primera fue que en mi forma de pensar el espesor de la pieza estaba demasiado angosto , aunque cernimos la arcilla para poder retirar cualquier agregado grueso o piedras de nuestra mezcla , fue complicado que nuestra mezcla se distribuya uniformemente en nuestra cimbra , también causado la mayor de los problemas fue la malla de gallinero , al momento puedo pensar que fue por la forma en v replicado al interior que pudo causar que no se distribuya bien .

Por otro lado cuando descubramos nuestra cimbra nos dimos cuenta de diferentes cosas , la primera cosa más notable fue que se infesto de arañas al interior , esto pudo ser si la arcilla estaba contaminada desde antes , el segundo tema a platicar sería que la arista tal vez no contaba con las propiedades adecuadas ya que con la mezcla del cemento pudo haber quitado la humedad de la arcilla y causar una reacción en nuestra mezcla , que cuando la tocamos se sentía como una pieza de talco compactada que simple vista se vea con propiedades relativamente rígidas , pero en cuanto lo tocabas se desmoronaba esto nos dio

como resultado una prueba apta para poderla colocar en la presa , lo que me hubiera gustado probar con una mezcla diferente con propiedades diferentes de longitudes espesor.

### Militza Vidales López

Esta fue una de mis practicas preferidas, me gusto mucho trabajar con tierra y que esta no me destrozara las manos como el concreto. Aprendí que con la tierra se puede tener un sin fin de tipos de mezclas, dependiendo del uso que a esta le vayas a dar;esto es algo que en concreto no tiene.

El muro que hicimos fue el más complejo de todos, se nos dificulta mucho poder acomodar correctamente la malla, y también el poder realizar la mezcla fue un poco complicado; no lo grabamos obtener la consistencia que necesitamos y además se nos termino el material. Todas estas complicaciones que tuvimos fueron los factores que tuvieron como resultado la falla del proyecto, el tipo de malla pollera ayudó a que la mezcla no se colara correctamente y al haberse terminado el material nuestra mezcla quedó muy blanda y con poca adherencia. Cuando realizamos las pruebas de todos los muros del salón, me sorprendió mucho como un sistema tan primitivo puede llegar a recibir tanta carga.

### Oscar González del Castillo Monroy

Definitivamente una de mis prácticas favoritas en el semestre. Trabajar con tierra además de ser muy relajante, en mi opinión te hace sentir en mayor contacto con la naturaleza y sentirte conectado con lo que estás construyendo.

En nuestro caso, no se me hizo tan complicado el procedimiento como se escuchaba en un principio. Creo que el mayor reto fue llegar a la consistencia perfecta y necesaria de la mezcla para que pudiera vestirse dentro del molde sin ningún problema, es decir, que fuera lo suficientemente líquida para ingresar en todo el espacio, pero lo suficientemente viscosa para que no se segregara la mezcla.

Es interesante ver como un sistema constructivo que parece ser a primera estancia tan primitivo y “no resistente”, con la ayuda de elementos como la malla pueden ayudarlo a ser un sistema mucho más resistente y confiable. Muchas veces es esto lo que no les da confianza

a los clientes para utilizar sistemas no convencionales, pero creo que si se mezclan sistemas antiguos con los modernos se puede llegar a un gran resultado.

### Diego Emilio Gallardo González

A pesar de que todavía no probamos la resistencia de las muestras que realizamos, fue muy valioso llevar a la técnica este tipo de sistemas constructivos con tierra, generalmente sabemos de su existencia con pura teoría, algunos ejemplos en la región y un par de infografías, pero la realidad es que nunca lo habíamos hecho, esto pues, te permite ver las implicaciones reales con las que te vas a presentar si algún día decides utilizarlo, en primera instancia, la planeación es muy importante, pues es necesario planificar el tiempo de construcción más el tiempo de secado, también es necesario diseñar una cimbra precisa, nuestro equipo desarrolló una cimbra en corte cnc y fue mucho más sencillo de manipular y ensamblar que otros que lo hicieron hechizo.

Algo que quizá fue el mayor aprendizaje de la práctica, consistió en el desarrollo de la mezcla perfecta, cada equipo tuvo su fórmula puesto que cada prueba representa diferentes características, aquí nos dimos cuenta de no existen fórmulas precisas en la tierra como lo logra haber en el concreto; sin embargo existen los conocimientos básicos para poder adecuarla a cada construcción en específico, siendo un resultado del tipo de tierra que utilices, y la combinación de los materiales necesarios para su mezcla.

En nuestro caso necesitábamos una mezcla que tuviera la cantidad de arcilla, agua y solidificante necesarios para que pudiera ser vertida sobre el molde y la estructura metálica, lo que implicaba una mezcla viscosa y líquida a la vez que con ayuda de la vibración pudiera compactar de nuevo para su secado. Sin más que decir, quedo con grandes expectativas de la prueba a la resistencia de los muros. Y también complacido con haber desarrollado nuevo conocimiento para una futura aplicación.

### Alonso Mendoza Leal

Me gustó mucho esta práctica porque fué uno de los momentos más prácticos que tuvimos en el semestre, no es lo mismo que te lo cuenten a hacerlo tu con tus propias manos, me gustaba mucho que en verano hiciéramos todo este tipo de experiencias y en este semestre no las he visto tanto.

Siempre es muy enriquecedor acercarnos a conocer otros sistemas constructivos que se pueden emplear y el de quincha lo veía bastante factible y de buena calidad, nuestro equipo siguió todas las instrucciones al pie de la letra y al final no se mostro ese potencial en el resultado, cuando descimbramos la probeta el sistema de quincha parecía mazapán y se deshacía muy fácilmente, ni siquiera pudimos probarlo, hubiera sido casi lo mismo que dejar tierra por si sola, creo que hace falta revisar bien las proporciones de la mezcla para que sean las correctas y el ejercicio pueda resultar efectivo.

Al final me quedo con una muy buena experiencia de la elaboración y el proceso, pero un poco decepcionado por el resultado y por no poder probar nuestro modelo y ver como fallaría en la prensa hidráulica.

### Arturo Borrego Villela

En esta ocasión no estuve presente en algún equipo, en la parte práctica, pero me tocó participar en la parte de prueba.

Pienso que trabajar con tierra es muy interesante, porque es un material proveniente de la naturaleza y es algo muy interesante ver como un material que vemos y podemos hasta tocar cada día, puede ser así de resistente, teniendo en cuenta que la combinación con otros materiales le agrega una mayor resistencia.

Saber que un sistema constructivo a base de materiales que cualquier persona tiene al alcance de sus manos y se podría decir mucho más económico que lo convencional puede ser una solución en el los ámbitos de la construcción, también por el hecho de los procesos de elaboración sabiendo que la construcción es una de las industrias con mayores índices de contaminación; siendo esta una solución alterna y viable para atacar estos problemas.

### José Alfredo Vaca Alfaro

En esta ocasión no pude estar presente en esta práctica, pero logre investigar un poco sobre el tema y sus proceso y todos los beneficios que nos puede traer el regresar a sistemas constructivos más ancestrales o artesanales los cuales pueden llegar a ser mejores proyectos que alguno construido con los sistemas constructivos actuales.

La tierra compactada nos puede traer muchos beneficios constructivos ya que obtenerla puede ser un proceso muy sencillo, sus capacidades térmicas y de aislamiento son increíbles y estéticamente es muy lindo ver un muro de tierra compactada, su proceso es totalmente amigable, estas como otras ventajas nos puede dar la tierra compactada ya que la podemos utilizar para el desarrollo de casas habitación y en algunos casos hasta en edificios de una mayor escala.

Es muy interesante como uno mismo le da cierta resistencia a través de los procesos de fabricación de este tipo de muro y como este trabajo se puede volver tan sencillo pero a la vez una excelente opción para construir.



**ITESO**

Universidad Jesuita  
de Guadalajara



**PAP PROGRAMA DE DESARROLLO DE TECNOLOGÍA APROPIADA PARA LA EDIFICACIÓN Y DISEÑO  
DE VIVIENDA I**

Dr. Nayar Cuitláhuac Gutiérrez Astudillo

Melissa Selene Carrillo Rubio

Christián Hernández Cárdenas

## **Reporte de Práctica: Gridshell con Bambú**

Oscar González del Castillo Monroy - AR 702600

*Jose Antonio Nuñez Díaz Del C - IC689699*

Alan Uriel Freyria Zaragoza - AR 684347

Alonso Mendoza Leal - AR 702592

Militza Vidales López - AR 702748

Ivan Francisco Toscano Vigil .- IC 702966

Luis Rey Salas Villaseñor - IC703322

Juan de Dios Morones Tapia - IC70361

Jorge Fernández Viteri

José Alfredo Vaca Alfaro- AR702251

Paulina Villaseñor Cabello - AR 698181

Omar López Gutiérrez - AR698829

José Ricardo Menchaca Robles - IC 702956

Gonzalo Toral Cañedo - IC 703192

Arturo Borrego Villela - AR695115

Diego Emilio Gallardo González- ar697756

Lorena Cristina Castro Assad- AR696869

María Guadalupe García Mora AR697487

07 de noviembre de 2019

## **Introducción**

El pasado 19 de septiembre de 2019 tuvimos la oportunidad y el reto de realizar un modelo de gridshell hecho solamente con tramos de bambú (que servirían como el elemento del entramado) y tiras de cámaras de aire para llantas (que servirían como el elemento de amarre).

Un gridshell es una estructura en la que se fusionan las características de la concha (shell) con las de un plano reticulado (grid). La estructura deriva su resistencia de su doble curvatura, pero está construida de una cuadrícula o enrejado. Ésta puede estar hecha de cualquier material, pero generalmente es de madera (similar al enrejado del jardín) o acero.

La estructura se prepara en plano tejiendo los elementos leñosos que la componen y forzándolos a asumir su posición final. Los tableros se entrecruzan formando mallas cuadradas planas, que luego se deforman y flexionan para dar origen a mallas romboidales. La estructura arquitectónica adquiere su forma definitiva con la colocación de los refuerzos diagonales constituidos por otros elementos de madera o por cables de acero.

## **Desarrollo de la Práctica**

La construcción de modelos, sea a escala o no, corresponde a la aprehensión del conocimiento y el entendimiento hacia el comportamiento de las estructuras de madera.

En este caso en particular, este modelo fue construido con elementos entramados de bambú de aproximadamente 2.40m de longitud. El entramado de los elementos de bambú se entrelazan y se colocan en una retícula esforzada para así, poder obtener un domo al aplicar las fuerzas de compresión en los extremos.

El método constructivo de Gridshell se realiza mediante piezas de madera en entramado o traslapado, fijado con elementos de acero (por lo general que atraviesan en su totalidad a los elementos que conforman el entramado). Esta metodología constructiva permite flexibilidad a una estructura y por lo regular se utiliza en cubiertas. El verdadero reto de llevar a cabo un modelo a escala con estas características fue conseguir la extravagante forma que tuviera suficiente capacidad estructural.

Para llevar a cabo la práctica, comenzamos por elegir los tramos de bambú (que eran cuartos de un tramo de bambú cortados de forma longitudinal) de mejor aspecto y uniformidad. Posteriormente entrelazamos dos tramos para formar un tramo útil de 2.40 metros, dicho entrelazado debía medir 0.30 metros, estar en el centro y tener un amarre con las tiras de hule.

Para poder realizar el armado, se necesitaron 14 tramos de 2.40 metros que estuvieran acomodados en una retícula de 0.40x0.40 metros.

Al forzar la estructura desde sus cuatro lados hacia el centro, se logró tener la doble curvatura característica de un gridshell, aunque la altura que se obtuvo no fue superior a 0.50 metros. La altura conseguida fue fruto de la longitud de las tiras, entre más largas las tiras, mayor el área de retícula y entrelazado y mayor la altura de la estructura.

Para mantener su forma de domo colocamos unas estacas hechas del mismo bambú y las clavamos en las cuatro esquinas que se apoyaban en el suelo. También se colocaron unos tramos de bambú que conectaban las esquinas las cuales sin los apoyos de las estacas estas volvían a un plano horizontal (estado original); esto se debe a que las estacas restringen la fuerza horizontal que genera al imponerse la doble curvatura del gridshell por ese motivo al colocar los tramos de bambú tratamos de contrarrestar la fuerza horizontal producida por las reacciones de los gridshell en los apoyos con la tensión que pudieran equilibrar los bambúes simulando unos tirantes (tensión) en arcos que se usan en la actualidad para equilibrar las fuerzas. Sin estas “soportes”, la estructura no podría mantener su forma ni garantizar una resistencia.

## Anexos Fotográficos



Fig. 1 Foto Armado



Fig. 2 Selfie Grupal

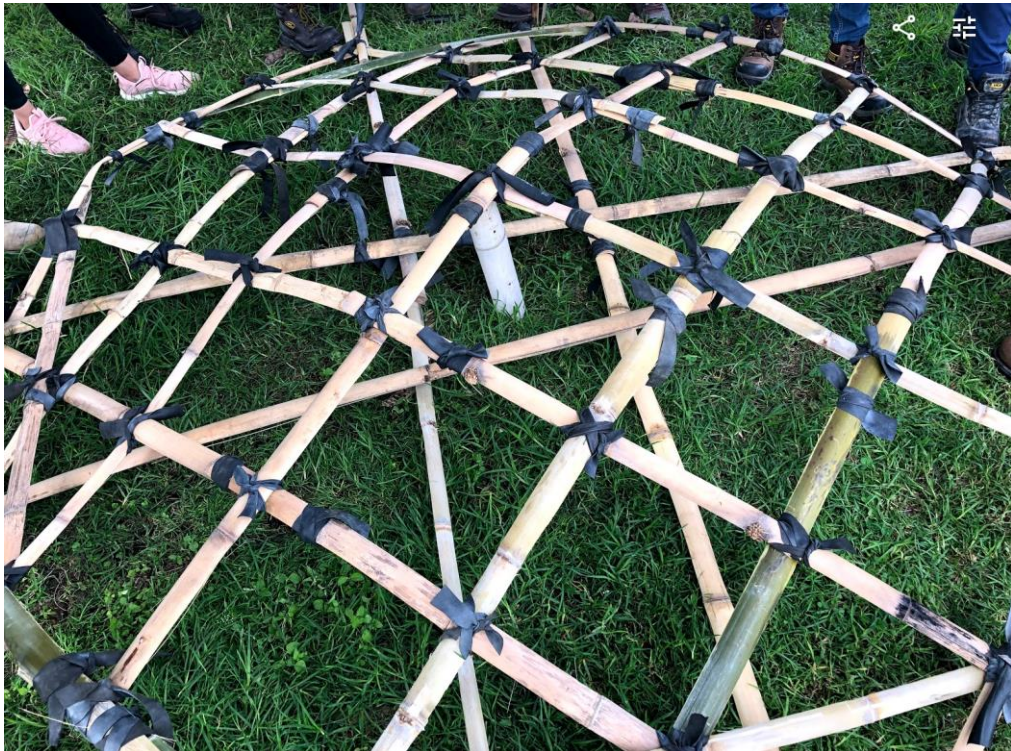


Fig. 3 Detalle Final del Gridshell

## Conclusiones

## Ivan Francisco Toscano Vigil

La práctica del gridshell es un gran reto a realizar cuando se lleva a cabo de una manera metodológica, como lo hicimos en este caso. La dificultad de la construcción de un modelo de esta índole recae en el campo de tensión que se tiene que hacer en la parte inferior de la estructura. La construcción de la retícula con los bambus y el amarre para producir el traslape, fue una manera adecuada de proceder debido a la complejidad del mismo.

Puedo decir con seguridad que la creación de este modelo y el poder lograr construirlo recae en la organización que existe detrás. La división de equipos y la implementación de tareas específicas para ensamblar todo al final, es un proceso laborioso pero que encaja de una excelente manera, al igual que el entramado de bambú.

En mi opinión, la práctica cumplió con su objetivo; supimos cómo realizar las tareas que llevaron a la construcción de la estructura. Es cierto que la finalidad del domo es que éste tuviera más altura, cosa que no se logró con tanto éxito. Dado lo anterior mencionado, es importante considerar puntos a mejorar; como lo son la disponibilidad de material, la calidad de ejecución y sobre todas las cosas, la manera de poder proporcionar tensión suficiente a la parte inferior del domo para que este pueda adoptar su forma final.

## Jose Antonio Nuñez Diaz Del Castillo

La práctica del gridshell fue bastante realista, que quiero decir con esto , nos enfrentamos con la realidad de los materiales ya que en la teoría suena muy fácil decir que tenemos materiales uniformes con una longitud promedio y con un grosor promedio .

la realidad es que contamos con diferentes materiales con diferentes humedades y resistencias , con diferentes grosores y diámetros , con polillas o con algún tipo de hongo o plaga . tomando esto en cuenta la selección de los materiales se vuelve un poco más complicado la selección para la construcción del gridshell .

Tomado en cuenta lo mencionado anteriormente lo el parámetro más importante fue la longitud promedio de los elementos , con el material que logramos obtener tuvimos que promediar un largo promedio aunque tuvimos que cortar la mayoría por cuestiones de insuficiencia de material. para concluir algo que también tengo que mencionar es el tiempo de amarre de las piezas , nuestro equipo y yo compramos una cámara de llanta de camión la cual tenía una capacidad de elasticidad de muy diferente a la ala cámara de bicicleta por la

cual que la recomiendo mucho por podías tener más los nudos sin comprometer el fallo del material.

Este sistema constructivo lo veo muy factible y eficiente solo contemplando que para lograr algo real necesitaríamos material con una longitud mayor a la que realizamos nuestro experimento de dos a tres veces más , para poder generar una curvatura mayor a lo que logramos tomando en cuenta que logramos una altura promedio de alrededor de 1 m al centro de gridshell.

Me hubiera gustado tener una mejor material para esta práctica ya que desde el corte del mismo bambú no fue una tarea fácil de ejecutar , ya que la pieza cortadora metalica de bambu contaba con algunos defectos de fabricacion. y constaba bastante tener avance del mismo .

### Oscar González del Castillo Monroy

La práctica del gridshell fue un gran reto para nosotros, teníamos que entender todo el salón las características generales de un gridshell, dibujar la retícula para saber cuántos elementos íbamos a necesitar, cortar en tiras las cámaras de llanta, elegir los mejores tramos de bambú, organizar a todo el salon en parejas y explicarles cómo haríamos el traslape para así poder tener las 14 piezas y armar la retícula. Luego hacer los amarres para posteriormente darle forma al domo.

Todo esto en tan solo tres horas. Creo que lo que logramos hacer fue muy bueno tomando en cuenta el tiempo, la corta medida del bambú y su no muy buena calidad en tema del secado, y el que es muy difícil coordinar a 19 personas y entender que en ciertos trabajos tanta gente en lugar de ayudar estorba.

Dejando todo esto a un lado me pareció una práctica que cumplió con su objetivo, el cual como su nombre lo dice es llevar el conocimiento teórico al campo práctico, en donde la mayoría de las veces logras entender con mayor claridad los conceptos. Además de que uno al final se da cuenta de qué cosas se hicieron mal y qué cosas se hicieron bien para así plantear mejores estrategias en un caso a futuro.

## Jorge Fernández Viteri

Me llama mucho la atención lo bien que trabajan los elementos ya que logran distribuir muy bien sus cargas y todo los movimientos que les pueden llegar, rápidamente puedes ver como se tensa la estructura entera y trabaja en conjunto. Especialmente conforme lo empezamos a amarrar con cámaras de llantas gruesas de camión y no bicileta, al igual que, cuando lo anclamos o generamos un anillo de contención. Se requiere mucha planeación y organización para cortar los bamboos, las cámaras, amarrarlas, etc. De lo más complicado fue hacer la trama para generar el gridshell, y todavía peor empezar a dar las dos curvaturas para generar el domo como debe de ser. Me hizo reflexionar acerca de los escenarios que este sistema constructivo puede ser protagonista y generar espacios funcionales, cómodos y sustentables.

## Alan Uriel Freyria Zaragoza

Fue muy interesante esta práctica porque tuvimos que ponernos de acuerdo para delegar actividades, mientras unos seleccionaban los bambúes más rectos y de mejor calidad otros iban haciendo los cortes de las tiras de hule y posteriormente otros iban amarrando 2 bambus para generar un elemento del gridshell. Realmente fue un muy buen trabajo en equipo, también se tuvo que improvisar un plano de cómo tenían que ir los elementos para formar el gridshell y esto nos orientó para saber exactamente cuántos elementos teníamos que tener y también evaluar cuántos tramos de hule íbamos a necesitar para colocarlos en las intersecciones.

Entender qué elementos individuales colocados de formas reticulares equidistantes y generando las correctas uniones entre elementos paralelos y perpendiculares para luego imponer una curvatura doble al elemento de cubierta nos permitió poder entender y adquirir el conocimiento de lo que es un gridshell (comportamiento y construcción)

## Militza Vidales López

Esta práctica fue un poco difícil en cuanto organizar las actividades que iba a realizar cada quien y la forma en que se iba a ejecutar la práctica. Ninguno de los integrantes de los equipos sabia como era un gridshell y mucho menos la forma de construirlo. Tuvimos que

trazar la retícula para saber cuantos elementos íbamos a necesitar y poder calcular cuánto bambú necesitábamos, también nos ayudó dibujarlo para saber como serian los traslapes los cuales los unimos con caucho de bicicletas.

No pudimos lograr del todo los resultados que esperábamos, pero creo que llegamos bastante lejos tomando en cuenta las condiciones del bambú, el corto tiempo que se tenía para ejecutarlo y que ninguno de los integrantes del equipo sabía lo que estaba haciendo.

### José Alfredo Vaca Alfaro

Es muy interesante ver como la fuerza de cada elemento anclado en sus extremos genera una fuerza al centro generando una contraflecha la cual puede llegar a funcionar como una cubierta, al trabajar en conjunto entrelazado de bambú este puede soportar cargas en su parte superior y transmitir las a sus extremos.

Generando una estructura uniforme y con las uniones correctas podemos lograr estructuras con menos material y una mejor eficiencia al trabajar en conjunto estas logran estructuras resistentes y con estas prácticas podemos confirmarlo, ya que se puede ver cómo se generan estructuras resistentes y a la vez versátiles.

### Paulina Villaseñor Cabello

Esta práctica fue la única que hicimos en conjunto con todo el salón y comenzamos dividiendonos en equipos para cortar las piezas de bambú en cuatro partes hasta juntar tiras de 2m de longitud con las que después armamos el gridshell.

Hicimos un diseño de gridshell que nos ayudó a entender cuantos metros lineales de bambú necesitábamos, cuantas piezas, cuántas uniones y el diseño de la cuadrícula sobre la cual nos basamos para empezar a armar esta cubierta.

Creo que fue un reto, porque por lo menos yo nunca había tenido un acercamiento así al bambú, ni tenía idea cómo íbamos a llevar a cabo este gridshell. Sin embargo entre todos logramos entrelazar las tiras de bambú. Creo que el resultado fue bueno, al haberlo hecho en tan poco tiempo y sin experiencia previa en el tema, sin embargo no estoy totalmente convencida de que me gustaría utilizar este método constructivo.



## Omar López Gutiérrez

En esta práctica trabajamos en fabricar un tipo gridshell, esta práctica la hicimos en equipo de todo el salón y como conclusión el trabajo en equipo fue un reto ya que como solo era un equipo fue muy difícil organizarnos y ponernos de acuerdo en las tareas que tenía cada integrante del equipo pero en cuanto unos empezaron con la práctica fuimos como tomando cada quien un rol, en mi caso me tocó hacer los tramos de una medida previamente acordada, utilice como herramientas el flexómetro, marcador, serrucho y después ayude a cortar las cámaras de camión con un cutter.

Por otro lado siento que no logramos cumplir al 100% por una parte el estado del bambú que teníamos no era el óptimo y no contábamos con el número suficiente de tramos para generar una curvatura más grandes pero pudimos ver como todos los elementos trabajaban en conjunto y el cómo se sometían a esfuerzos además de que logramos crear una curvatura mínima generando puntos de anclaje.

## Alonso Mendoza Leal

Creo que la dinámica de trabajar todo el salón en conjunto es una buena idea en teoría por la convivencia y aprender a trabajar coordinadamente en equipos grandes, pero en este caso fuimos muy poco efectivos, era demasiada gente y mucha gente estaba sin hacer nada mientras otros trabajamos, lo que hizo el trabajo mentalmente más frustrante, también cabe recalcar que tuvimos que usar bambú que estaba en muy mal estado y por eso el ejercicio no fue muy efectivo. Por otro lado me gustó haber trabajado con material que recolectamos en verano, porque esto significó que le dimos seguimiento al trabajo que ya habíamos realizado y pudimos ver el desenlace de este.

El chiste fué hacer una estructura de gridshell, pero en realidad me hizo saber que este tipo de estructuras aunque tienen sus ventajas y tienen potencial para aguantar claros muy extensos, no creo que sea la opción ni un sistema práctico de losa, y en realidad yo lo descartaría casi en su totalidad en el uso convencional de la arquitectura.

## Gonzalo Toral Cañedo

Creo que esta práctica tuvo muchísimos errores tanto de planeación como de ejecución. Para empezar creo que la cortadora del bambú era muy improvisada y no logramos cortar de forma adecuada el bambú. Después al realizar la malla para hacer el gridshell no logramos levantar mucho la estructura sin que se fracturaran las piezas.

El bambú es un material que si no es cuidado al momento de su crecimiento y corte no da las resistencias esperadas. Además muchas piezas de bambú estaban apolilladas, por lo que debilitaban las piezas.

## José Ricardo Menchaca Robles

Pienso que si hubiéramos hecho un mejor diseño y también tenido en mejores condiciones el material cada estría, el domo sería muy resistente. Hizo falta un anillo de compresión que se conectará todo el perímetro para que este no abriera y se mantuviera estable; nos faltó saber el proceso que íbamos a seguir para poder construirlo. En el cubo rojo se mostraron sistemas construidos con bambú, el primero era un puente y el otro era un domo, estos sistemas se veían estables y resistentes a cargas verticales y accidentales; lo cual es una opción de material que puede competir con acero solo se debe de tener un cuidado porque en México no se tiene un estándar de resistencia como en Colombia.

## Arturo Borrego Villela

Siendo la única práctica que hicimos todo el grupo en conjunto al principio fue un tanto difícil ponernos de acuerdo y repartir tareas para realizar; pero al momento de que los roles estaban definidos fue algo más rápido y eficiente. A mi parecer lo más importante del GRIDSHELL es el diseño que se va a emplear, ya que todo depende a partir de ello, el hecho de tener los elementos con una mayor o menor separación podríamos tener la ventaja de que fuera más resistentes o cubrir una mayor área al momento de elevarlo, otro aspecto importante es la longitud de los elementos fue algo que nos limitó un poco en la práctica, ya que no contábamos con una longitud adecuada para la elevación del domo.

El gridshell con bambú es una alternativa fácil y práctica, muy sencillos sus amarres que es una manera muy práctica de mantener unidos los elementos.

Se puede decir que es muy utilizable para temas de pabellones los cuales podrían ser temporales, por su practicidad y rapidez.

### Lorena Castro Assad

Esta práctica me parece que fue un poco complicada, ya que fue de todo el salón y tal vez necesitábamos un poco más de tiempo para poderla acabar con mayor eficiencia.

Me pareció que estuvo muy bien trabajar con bambú, ya que fue la primera vez que lo hago y veo cuales son sus propiedades, desde como se tenía que cortar y su elasticidad y resistencia. Lo otro que me pareció interesante fue el amarrado, ya que con muy pocos instrumentos se creó esta cubierta, siendo que los amarrados se crearon con el hule de las cámaras de las llantas de camiones y/o de bicicletas.

Al final, me parece que pudimos hacer la cubierta, tal vez no con el alto y el resultado que se esperaba pero al menos aprendimos a cómo se armaba, se amarraban las piezas de bambú, como actuaba a la tensión o flexión y que cuando la probamos resistió el peso de Militza.

### Juan de Dios Morones Tapia

Esta práctica sirvió en mucho para darte cuenta (si no se tenía una noción) del comportamiento de una armadura; todo recae en los nodos. En Ingeniería civil eso es lo importante y cuando los compañeros propusieron que se subiera una persona al domo fue de gran importancia que lo hiciera sobre las uniones de los elementos que lo conformaban ya que de no ser así podría fallar alguno de esos.

Por otro lado, también te da una idea de cómo son las cosas en la realidad, pues no todo lo hace una persona. Es de gran importancia la organización y la manera en cómo se trabaja para poder llegar al producto final.

### Diego Emilio Gallardo González

Esta es la segunda práctica que hicimos con bambú en mis dos semestres de PAP, y debo decir que esta fue más divertida, tal vez fue porque en esta ocasión no existió ninguna mediación con otras universidades y sobre todo porque ya tenía algo de experiencia en su desarrollo.

Las estructuras gridshell son un vívido ejemplo del trabajo en equipo y de la utilización de los materiales disponibles, en este caso utilizamos bambú y una de las limitantes era la diferencia de longitudes y espesores que teníamos, esto se solucionó mediante el corte del bambú y la unión de diferentes tiras con cámaras de llanta, si bien los resultados no fueron los óptimos, creo que fue porque el tiempo de elaboración fue muy corto, la organización muy confusa y sobre todo porque aparecieron problemas a medio camino como que el bambú no estaba del todo seco y que la herramienta para corte que hicimos el semestre pasado se rompió. Sin embargo considero valioso el acercamiento a este tipo de estructuras y materiales.

### Luis Rey Salas Villaseñor

Con la realización de esta práctica me di cuenta que el bambú es un material alternativo que trabaja bien estructuralmente hablando, siempre y cuando este se encuentre en las condiciones adecuadas, porque nosotros tuvimos el problema de que no todo el bambú contaba con la misma calidad, lo cual nos llevó a tener tramos más débiles ocasionando la falla en esos puntos. Sin embargo, si el material proporcionado hubiese sido de la mejor calidad, los resultados finales hubiesen sido mejores, no se hubiese presentado la falla tan repentina y la carga aplicada hubiese tenido un mayor periodo de duración.

Además, considero que para realizar un buen trabajo en equipo es indispensable contar con una buena organización, ya que si esta no se presenta, no se tiene un control de las actividades a realizar para cada integrante y andan vagando de actividad en actividad; en nuestro caso, la organización fue excelente, ya que mientras algunos cortaban las piezas, otros cortaban hule y el resto unía las piezas.

### María Guadalupe García Mora

Esta práctica de bambú se me hizo de las más interesantes del semestre. A pesar de no poder asistir al momento en que se cortó el bambú hacer la armadura del grishell me encantó.

Creo que la forma en que nos dividimos el trabajo fue algo peculiar pero al final todos pudimos dar nuestra opinión acerca de como deberíamos armar el gridshell.

Fue un poco desalentador ver como no nos quedó como hubiéramos deseado pero creo que el objetivo de esta práctica y del PAP en general es hacernos ver la funcionalidad que tienen los materiales que vemos como simples y creo que esto se logró a través de esta práctica porque con simples llantas y bambú pudimos hacer una estructura.



**ITESO**

Universidad Jesuita  
de Guadalajara

**PAP PROGRAMA DE DESARROLLO DE TECNOLOGÍA APROPIADA PARA LA EDIFICACIÓN Y DISEÑO  
DE VIVIENDA I**

Dr. Nayar Cuitláhuac Gutiérrez Astudillo

Melissa Selene Carrillo Rubio

Christián Hernández Cárdenas

**Reporte de Práctica: Paraboloide Hiperbólica**

*Jorge Fernández Viteri - Ar697350*

*Alan Freyria Zaragoza - Ar684347*

*Oscar González del Castillo Monroy - Ar702600*

*José Ricardo Menchaca Robles - Ic702956*

*Alonso Mendoza Leal - Ar702592*

*Jose Antonio Nuñez Diaz Del C- Ic689699*

*Militza Vidales López - Ar702748*

07 de noviembre de 2019

**Introducción**

El pasado jueves 10 de octubre en el salón de estructuras mayores en el Edificio H tuvimos el reto de generar una paraboloides hiperbólicas a partir de los siguientes requisitos:

- Generar una estructura que cuente con 4 puntos estructurales
- De esos 4 puntos 1 debe de estar fuera del plano
- La distancia mínima entre los 4 puntos debe de ser de 0.40 m
- La paraboloides hiperbólicas debe de resistir por lo menos 10 kg

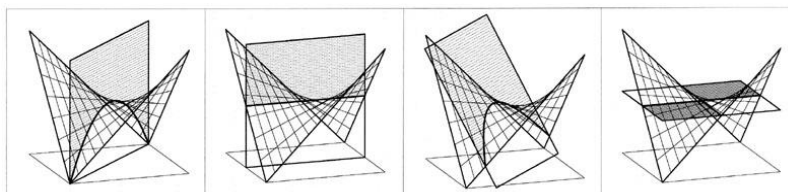
Contamos con los siguientes materiales:

- Madera de pino
- Hilo de Nylon
- Armellas pequeñas

Herramientas que se utilizaron:

- Taladro.
- Flexómetro.
- Clavos.
- Martillo.
- Caladora.

Como información introductoria, una paraboloides hiperbólicas es una superficie doblemente reglada por lo que se puede construir a partir de rectas. La propiedad más importante de esta superficie es que, aun siendo una superficie curvada, puede construirse con líneas rectas. Lo que se va haciendo es, variar el ángulo de inclinación de una recta que se mueve encima de otra curva. A este tipo de superficies se las denomina superficies regladas.



Las cubiertas formadas por paraboloides hiperbólicas se encuentran dentro de la categoría de las estructuras laminares, este tipo de estructuras se estudiaron de forma analítica hasta la primera mitad del siglo XX, para su desarrollo fue necesaria la combinación y aplicación de

diferentes disciplinas: geometría, resistencia de materiales, análisis estructural y sistemas de construcción.

Las estructuras laminares son elementos que cubren espacios con claros relativamente grandes, y su espesor es mínimo con respecto a sus dimensiones de base, ancho y altura. Su espesor por lo general es uniforme y se evitan discontinuidades bruscas y esto se debe a que la característica principal de las paraboloides hiperbólicas es que gracias a su doble curvatura y si la aplicación de la carga es relativamente uniforme en su superficie los esfuerzos generados son relativamente iguales, lo que nos aporta esta geometría es una compensación de esfuerzos equilibrados y distribuidos en toda su superficie. Los esfuerzos internos se suponen normales a su espesor efectivo eso quiere decir que se busca que el equilibrio interno se ajuste por sus respectivas compresiones y tensiones internas.

### Desarrollo de la Práctica

Al principio nos costó un poco entender por dónde iba la situación de la práctica y a que se refería con el punto fuera del plano, por lo que tuvimos que hacer un poco de investigación para hacernos a la idea de que era una paraboloides hiperbólica.

Al ya saberlo, decidimos hacer una base triangular (con los tres puntos estructurales que necesitábamos en el plano) y a partir de este plano, en el lado más largo en su centro colocamos un elemento a  $45^\circ$  generando el cuarto punto estructural. Después de que vimos que no estaba fijado correctamente el elemento, se nos ocurrió colocar un 5 elemento que se conectara con el 4 para generar mayor rigidez y un menor desplazamiento o rotación del 4 elemento por el tipo de conexión que tenía con la base triangular.

A partir de tener la estructura completa, colocamos las armellas en sus respectivos puntos estructurales, las cuales nos servirían para fijar y tensar el hilo de nylon. Comenzamos por unir los cuatro puntos con el hilo, formando una especie de rombo y posteriormente fuimos añadiendo una clase de entramado, primero colocando un hilo a la mitad, en los cuartos, octavos, etc. generando esta retícula, la cual le empezó a dar la forma curva a la paraboloides.



Era importante tensar lo suficiente el hilo para que le diera la forma correcta a la paraboloides hiperbólica, y que los elementos lineales de la retícula se entrelazan entre ellos por arriba y por debajo uno sí uno no, dándole la rigidez necesaria a la estructura.

## Anexos Fotográficos

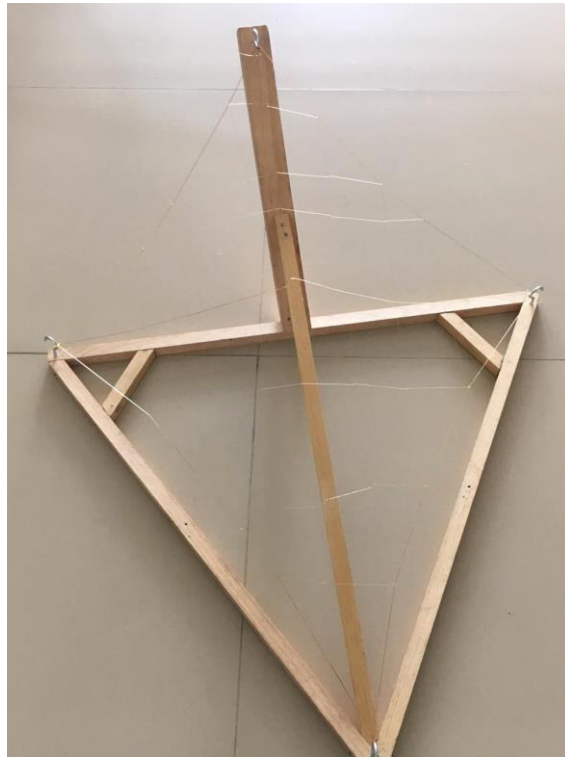


Fig.1 Resultado final

## Conclusiones

### Oscar González del Castillo Monroy

Esta fue una de las prácticas más rápidas del curso, ya que realmente no era muy compleja. Como se menciona en el cuerpo del reporte, nos costó, especialmente a mi entender como íbamos a hacer la figura, ya que en mi cabeza no le ponía forma a lo que era una paraboloides hiperbólica.

Pero después de ver como era, fue sumamente sencillo resolverla. Lo más interesante de la práctica, y que en mi opinión era uno de los objetivos, fue ver cómo a partir de rectas que se entrelazan entre sí, es posible generar una curva. Y que además gracias al entramado y la tensión que debe de tener el hilo o tela, le brinda una gran resistencia al plano.

También otro punto que era muy importante de resolver era seguir el entramado lo más exacto posible en las mitades, para que así el plano estuviera lo más simétrico y equilibrado posible y esto le brindara la mayor resistencia posible.

### Alonso Mendoza Leal

Puede que al principio la teoría de la paraboloides te suene confusa, pero después recordé que había un ejercicio muy similar que nos ponían en la primaria que se trataba de hacer una cruz y después ir conectando y dibujando con una línea de cierto punto hasta cierto punto, eventualmente se generaba una cruz curva de una manera muy peculiar, pero en realidad tú nunca hiciste ningún trazo curvo, esto era lo más especial de este ejercicio, como las apariencias de las cosas nos engañan.

A mi siempre me han interesado mucho las estructuras laminares, cuando iba a acompañar a mi madre al mercado de san juan de dios me sorprendían bastante, es una lastima que fueron una especie de moda y que ya no se usen tanto, obviamente funcionan, pero solo pueden ser usada para una azotea ya que prácticamente la posibilidad de hacer un entepiso es imposible, pero de ahí en más no entiendo la razón por la cual se dejaron de emplear.

### José Ricardo Menchaca Robles

Este tipo de sistemas estructurales los he visto en explanadas o terrazas, un ejemplo de esta es en calle 2, ya que son muy ligeras y aparte es que le genera una fuerza a las columnas por el textil hacia dentro es por esto que se colocan las columnas hacia afuera del textil para que sea estable. Puedes conseguir un claro libre muy importante porque solo tienes la carga muerta del textil. El único problema que veo de esto es que si se hace una mala colocación de este textil puede generar un espacio donde se pueda acumular agua y romperse el textil por exceso de peso o que las columnas fallen ya que no estaban diseñadas para eso.

## Jose Antonio Nuñez Diaz Del Castillo

Sobre todas las prácticas que realizamos en este periodo fue la que menos me gusto , porque en mi forma de pensar estaba más enfocada a las a la arquitectura , pero me gusto bastante las interesante las formas no convencionales de curvaturas logradas. aunque pude darme cuenta varias partes donde puede fallar la estructuración por ejemplo con grandes cambios de velocidad de vientos , se me figura que se puede generar una tipo vela de barco , tmabien cuandop tenemos muchas comulaciones de residuos tamvien puede causar un problma en la estructuración del material.

## Alan Uriel Freyria Zaragoza

Esta práctica es muy interesante por que nos hace darnos cuentas que la misma geometría de una superficie le puede brindar una estabilidad por su propia disposición natural. Entender que la búsqueda de esta práctica era la equidistancia de las cuerdas que sirven como nervios que se entrelazan perpendicularmente para así crear la doble curvatura fue algo muy interesante.

En general entender que la arquitectura, geometría, espacio y estructura están intrínsecamente unidas en la búsqueda del equilibrio de cualquier superficie. Entender que existen otro tipo de superficies nos da la apertura como arquitectos para realizar una búsqueda exhaustiva de diferentes formas de poder solucionar cubiertas y asu vez como ingenieros nos aporta el interés por saber que el cálculo de cubiertas no es sólo horizontal sino que nos podemos enfrentar a distintas formas de cubierta para darle una solución y seguridad estructural al proyecto.

## Militza Vidales López

Esta práctica se me complicó un poco ya que me costó imaginarme cómo iba a ser la figura de 3 puntos sobre el plano y uno fuera de este; creo que hubiera sido más fácil que nos dejaran dibujarlo desde un inicio. También como no sabia que hera una paraboloide hiperbólica desde un inicio me encontraba totalmente perdida, pero conforme íbamos haciendo la figura, fui entendiendo que era esto.

Al momento de pasar el hilo entre los puntos de la base he ir agregando elementos verticales y horizontales que se entrelazan entre sí, se formaba una curvatura a los lados de este, la cual era más notable conforme más elementos entrelazados esta tuviera.

Este tipo de ejercicio me ayudó a comprender cómo funcionan los techos de lona o de algún tipo de textil.

## Bibliografía

- [https://www.construmatica.com/construpedia/Paraboloide\\_Hiperb%C3%B3lico](https://www.construmatica.com/construpedia/Paraboloide_Hiperb%C3%B3lico)
- <http://historiasdematematicas.blogspot.com/2018/08/arquitectura-cubiertas-y-paraboloides.html>



**ITESO**

Universidad Jesuita  
de Guadalajara

**PAP PROGRAMA DE DESARROLLO DE TECNOLOGÍA APROPIADA PARA LA EDIFICACIÓN Y DISEÑO  
DE VIVIENDA I**

Dr. Nayar Cuitláhuac Gutiérrez Astudillo

Melissa Selene Carrillo Rubio

Christián Hernández Cárdenas

## **Reporte de Práctica: Marcos Recíprocos**

Jorge Fernández Viteri - Ar697350

Oscar González del Castillo Monroy - Ar702600

Alan Uriel Freyria Zaragoza - Ar 684347

Militza Vidales López - Ar702748

José Alfredo Vaca Alfaro - Ar702251

José Ricardo Menchaca Robles - IC 702956

Luis Rey Salas Villaseñor - IC 703322

Diego Emilio Gallardo Gonzalez - ar697756

07 de noviembre de 2019

### **Objetivo**

Realizar un marco recíproco conformado por núcleos con una geometría cuadrada y que este a su vez sea simétrico para ambos sentidos. De igual forma, realizar cortes (avellanar) a las piezas de madera para que la estructura quede fija y no presente deslizamientos que puedan afectar en la distribución de los esfuerzos a las otras barras en las que se apoyan.

### **Introducción**

El pasado jueves 17 de octubre de 2019 hicimos una actividad muy interesante en la que debíamos de aprender un sistema constructivo nuevo y poder transferirlo de manera oral a otra persona para que ésta lo pudiera desarrollar de manera correcta, metódica y asistida por alguien profesional.

El sistema constructivo que desarrollamos fue el de los marcos recíprocos. Lo interesante fue que la mitad del salón ya habíamos tenido la oportunidad de aprender que son los marcos recíprocos, así que tuvimos la oportunidad de transferirles a los demás compañeros el conocimiento que ya teníamos.

Al final, todos entendimos que un marco recíproco es una estructura formada por más de 3 o “n” número de elementos que se apoyan en cada uno de forma cíclica logrando una estructura autoportante.

En un marco recíproco existen diferentes elementos: el núcleo (el cual está formado por todos los puntos de apoyo formando una figura regular), la longitud de engarce o enlace (que es la longitud más corta del elemento que sale del núcleo), la longitud de ensamble (que es la que está en contacto) y la longitud de ala (que es la más larga del elemento y está en contacto con el piso).

En la práctica se pudo apreciar la importancia de conocer diferentes sistemas constructivos que no son convencionales y pueden llegar a alcanzar importantes claros con secciones pequeñas ya que trabajan como una malla que puede tener curvatura en un sentido o en los dos.

Son muy sencillas de construir ya que solo necesitan de una longitud de empalme para generar fricción y que no se deslice para que colapse la estructura, se pueden agregar unos huecos para que no se muevan las piezas o amarrarlos con cáñamo para generar una mejor unión entre las piezas que se encuentran.

Se puede hacer un núcleo con diferentes figuras dependiendo de cuantas barras estén en ese núcleo; hasta se puede crear un puente con este tipo de estructuras. Da Vinci fue el que creó este puente y funciona perfectamente.

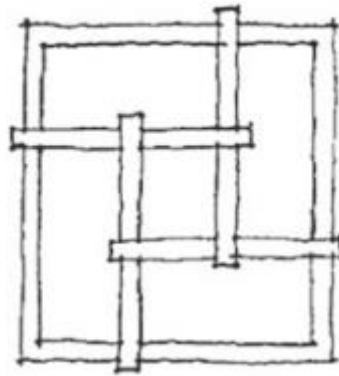


Fig. 1 Ejemplo de marco recíproco con un núcleo de 4 elementos

## Desarrollo de la Práctica

Se tomaron 22 barras de madera que tuviesen las mismas dimensiones, esto con la finalidad de que la estructura resultase simétrica; se fue planeando el acomodo de dichas barras de núcleo por núcleo, contemplando que la estructura fuese quedando simétrica. Esto nos llevó a generar una trama equidistante la cual tenía que levantarse desde un apoyo y se replicarse simétricamente para poder levantar la estructura.

Una vez que se habían utilizado todas las barras para la estructura de marcos recíprocos, se procedió a modificar de tamaño los núcleos de tal forma que estos quedaran iguales y simétricos; teniendo esto, se tomaron medidas para realizar los cortes necesarios para tener un tipo machihembrado en el punto de contacto y así darle mayor estabilidad a la estructura.

Al tener marcadas las distancias para los cortes, nos dirigimos al taller de carpintería del edificio Q5 para realizar los cortes. Por último, regresamos al edificio H para volver a construir la estructura y ver la diferencia en su comportamiento teniendo ya los cortes en la madera.

## Anexos Fotográficos



Fig. 2 Militza aprendiendo sobre Marcos recíprocos



Fig. 3 Núcleo de 5 elementos



Fig. 4 Militza y Alan probando la resistencia de su marco de cuatro núcleos



Fig. 5 Estructura previa a los cortes



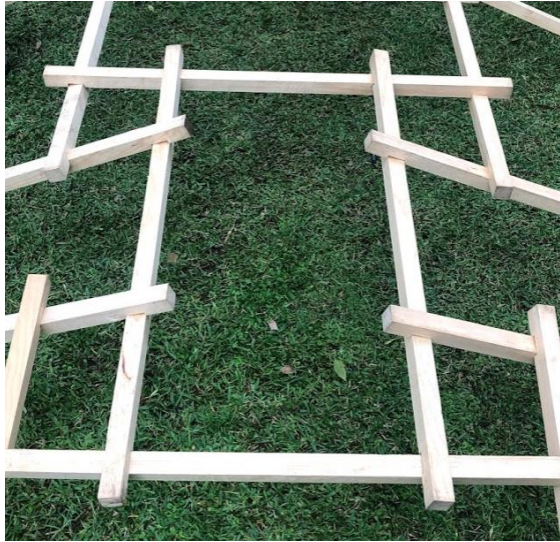


Fig. 6 Estructura con cortes



Fig. 7 Detalle del corte



Fig. 8 Núcleo de 3 elementos

## Conclusiones

José Ricardo Menchaca Robles

Los marcos recíprocos son un sistema constructivo que se puede aprovechar perfecto para lugares como terrazas, canchas techadas u otras cosas como el estilo, aparte de que es un sistema muy barato y que no necesita una mano de obra tan importante con 4 personas se puede construir algo muy grande y con un claro importante. Estas estructuras solo se le pone una textil o paja y ya con eso tienes una cubierta que puede resistir a la intemperie y a los fenómenos naturales.

## Luis Rey Salas Villaseñor

Considero que los marcos recíprocos son un buen sistema cuando se requiere construir una estructura en donde las barras tengan tanto las mismas dimensiones como propiedades, además de que la geometría de los núcleos a utilizar puede darte la solución al sistema de cubierta (textil). Por otra parte, arquitectónicamente hablando, hacen ver de buena manera a la construcción siempre y cuando se utilicen en el contexto adecuado.

## Oscar González del Castillo Monroy

Sinceramente esta práctica fue una de las que más me gustaron durante el PAP, ya que además de haber sido completamente práctica, tuvimos la oportunidad de interactuar con personas (en este caso con compañeros propios del PAP) que realmente no tenían ningún conocimiento ni del sistema ni del tema prácticamente, por lo que eso significaba un gran reto para nosotros, el cual es uno de los requisitos en PAP.

A diferencia de la actividad del pasado verano, la persona a la que le explique el sistema (Militza) lo comprendió rápidamente y en un abrir y cerrar de ojos ya estaba haciendo un domo con más de 4 núcleos con otro compañero que estaba aprendiendo también (Alan).

Fue interesante construir el domo previo a los cortes para así saber las distancias y el número de cortes que haríamos, pero también para ver con mayor claridad la diferencia del apoyo entre elementos (el cual era irregular y medio torcido) a diferencia de cuando ya tiene hecho los cortes que ayudan a tener un mejor apoyo y estabilidad entre los elementos, brindándole un poco de mayor resistencia a la estructura completa.

## Jorge Fernández Viteri

Me gusto que ya llegue con conocimiento de este sistema gracias al semestre pasado y vi que mi transferencia de conocimiento fue muchísimo más efectiva ya que supe que explicar y como explicar. Lo que más me gusto realmente de la práctica fue que lo llevamos al corte para evitar el deslice por vibraciones o falta de anillo de contención o una cimentación adecuada. Al agregarlos se fijaba super bien la estructura y soportaba muy bien todas las cargas tanto verticales como laterales que le aplicamos. Comprobé mi teoría que si podrías generar una techumbre interesante si logras controlar la vibración en los elementos, y en una techumbre podría ser una tela o algunos paneles de policarbonato, malla sombra, etc.

## José Alfredo Vaca Alfaro

Muchas veces de niños o jugando con materiales, llegamos a hacer estructuras que ni siquiera sin querer o por estar de curiosos, pero muchas de estas veces no nos preguntamos el porqué de las cosas y cómo es que las cosas se sostienen muchas veces entre sí o accidentalmente provocamos que se sostengan. Esta práctica fue muy interesante porque con 3 elementos logramos hacer un tipo de cubierta la cual logró resistir una carga la cual en un principio creí que sería insostenible.

luego de varias pruebas fuimos agregando más elementos y cada vez se lograba tener claros más largos y se generaba una estructura más fuerte en la cual todos los elementos trabajaban y así lograr entender cómo distribuir las cargas en todos los elementos para generar mejores estructuras.

## Alan Uriel Freyria Zaragoza

Fue muy interesante esta práctica porque tuvimos que recordar los principios que aprendimos en el verano del pap y ahora nuestra tarea era transmitirlo a nuestros compañeros para que ellos pudieran ejecutar la práctica de una manera sencilla. En mi opinión fue más fácil hacer la transferencia de conocimiento en esta ocasión por que de cierto modo ya nos habíamos apropiado del conocimiento al replicarlo en diferentes ocasiones en el verano. Es muy importante entender bien el principio del equilibrio que van adoptando los marcos recíprocos para poder extrapolarlo y generar conjuntos de marcos recíprocos que forman una cubierta de dimensiones mayores. Aplicar los principios de estabilidad mediante una practica nos ayuda a entender que la teoría y la práctica son indivisibles, y que no solamente nos tenemos que quedar en un cálculo teórico, sino llevar a cabo ese cálculo a la práctica para entender mejor el fenómeno que estamos evaluando.

## Militza Vidales López

Esta práctica me ayudó mucho a entender el funcionamiento de los marcos recíprocos de una forma más interactiva, clara y divertida, lo cual no hubiera logrado sin la ayuda de mi compañero de equipo Oscar Gonzalez. No sabía de la existencia de este tipo de marcos y mucho menos que se pudiera realizar este tipo de estructuras con el principio de equilibrio.

Este tipo de estructuras pueden llegar a ser muy útiles para la construcción de domos o terrazas las cuales serían estéticas, funcionales, duraderas y sobre todo económico.

Se me hizo muy buen ejercicio para comprender este sistema y también un buen método para poder conocer mejor a mis compañeros del PAP y mejorar nuestro trabajo en equipo

### Gonzalo Toral Cañedo

En esta práctica, me gustó mucho que elaboramos el ejercicio de transferencia de conocimiento verbal, donde los que ya habíamos tenido lo de marcos recíprocos en verano les enseñamos a los demás que es y cómo hacer un marco recíproco con 3 elementos de madera. Creo que ese ejercicio nos ayudó más a comprender como grupo el funcionamiento para realizar nuestro marco con cortes. A pesar de que nuestros cortes no fueron tomados con el ángulo que debería para que abonara a la perfección si se generaba una unión consistente.

### Diego Emilio Gallardo González

Esta práctica fue muy interesante pues me hizo pensar diferentes posibilidades para la construcción en madera, en este caso ver como con pura geometría podemos lograr una transmisión de cargas efectiva, y lograr el equilibrio de la estructura sin necesidad de otros componentes ajenos a la madera me recuerda la importancia del diseño de las estructuras consiente a su material, la madera es un material óptimo para este tipo de estructuras pues funciona mecánicamente a tensión y compresión, además de su sencilla maleabilidad para generar ensamblajes sencillos que logren conectar todas las piezas entre sí, es muy útil pensar de esta manera al desarrollar domos o cubiertas simétricas que tengan poca carga en su recubrimiento, como lonarías o palapas.



**ITESO**

Universidad Jesuita  
de Guadalajara

**PAP PROGRAMA DE DESARROLLO DE TECNOLOGÍA APROPIADA PARA LA EDIFICACIÓN Y DISEÑO  
DE VIVIENDA I**

Dr. Nayar Cuitláhuac Gutiérrez Astudillo

Melissa Selene Carrillo Rubio

Christián Hernández Cárdenas

**Visita de Obra: Tequila**

Oscar González del Castillo Monroy - Ar702600

*Alonso Mendoza Leal - Ar702592*

*Juan de Dios Morones Tapia - IC703641*

*Ivan Francisco Toscano Vigil - IC702966*

*Diego Emilio Gallardo Gonzpalez -ar697756*

*José Alfredo Vaca Alfaro - AR702251*

*Gonzalo Toral Cañedo - IC703192*

## Introducción

El pasado sábado 09 de noviembre de 2019 tuvimos la oportunidad de hacer un viaje al Pueblo Mágico de Tequila para ver algunas construcciones hechas con sistemas constructivos con tierra, como por ejemplo el adobe o el BTC.

La visita se dividió en dos partes:

- Visita a Radial Biomateriales creado por estudiantes egresados del ITESO
- Visita a Tequila

### Radial Biomateriales

Un verdadero placer haber asistido a esta visita y ver como gente como nosotros, egresados del ITESO son capaces de desarrollar un producto innovador, capaz de transformar el mundo en el que vivimos, ayudando al medio ambiente y dando alternativas a diferentes materiales o productos contaminantes que usamos día a día.

Los dos arquitectos de la empresa, Amador Duarte González y Ricardo Muttio Limas nos compartieron un poco de lo que han venido trabajando a lo largo de los últimos 5 años después de haber terminado su carrera.

Teniendo la preocupación de materiales que usamos cotidianamente como el unicel utilizado en paquetería (el cual es sumamente contaminante y realmente se tira a la basura al instante en que sacas el producto del empaque), o los casetones de poliestireno (los cuales generan muchos residuos contaminantes al cortarlos en obra), quisieron crear una alternativa a dichos materiales.

Se dedican a crear biomateriales a partir de sustratos como el aserrín, la paja y el bagazo de agave (el cual consiguen de las 70 toneladas que la empresa de José Cuervo desecha a la semana) con un elemento poco común, el hongo (Fig. 1). El hongo sirve como el elemento

solidificante del material, ya que usando su raíz (micelio) en la mezcla de las fibras, éste comienza a crecer hasta solidificar la pieza en el molde (Fig. 2).



Fig. 1 Hongo saprófito



Fig. 2 Moldes

Al trabajar en un laboratorio, era necesario tener hongos saprófitos (que se alimentan de organismos muertos) ya que no era posible tener un árbol o una fauna viva dentro del laboratorio. Por lo que también les fue necesario contar con fibras muertas para el alimento del hongo.

El proceso que tienen para desarrollar su primer material (Fig. 4) (suplemento al unicel de paquetería) es el siguiente:

- Llega la materia prima (sustrato)
- Se tritura el sustrato
- Se agrega agua para estabilizar el Ph y hacer una mezcla líquida
- Se esteriliza o pasteuriza
- Y por último se para al laboratorio en un molde donde se agrega el hongo para que crezca (Fig. 3)



Fig. 3 Proceso de crecimiento del hongo



Fig. 4 Material terminado

La resistencia del material depende del tipo de sustrato y grano del mismo y por cada kilo que producen generan 0.88 kg de  $\text{CO}_2$ , lo cual es muy bajo comparado a la competencia.

## Tequila

Es importante mencionar que antes de llegar al pueblo de Tequila, en una parada que hicimos a una abarrotera, pudimos observar una barda hecha de BTC (Fig. 5) de muy buena calidad. Lo que nos llamó la atención además de la muy buena mano de obra que proyecta es como la hilera de hasta arriba tiene dos vasos de plástico colados al block para servir como tapa del murito.



Fig. 5 Barda de BTC

Lo que también pudimos observar fue como a causa de no tener unas buenas botas, es decir un tipo de contracimiento de concreto que evitara el contacto directo con el agua, los blocks de abajo ya se veían muy enlaminados y a causa de la capacidad de absorción de agua que tiene la tierra, se ve como esa humedad subió (Fig. 6).





Fig.6 Enlamado del Block

Finalmente llegamos a Tequila, donde lo primero que vimos fue un muro de adobe en el estacionamiento (Fig. 7), el cual a pesar de parecer tener muchos años, se veía en muy buen estado. A pesar de su gran estado, pudimos notar que no tenía buenas botas ni sombrero por lo que se veía como la humedad ya había erosionado mucha área de la parte de abajo (Fig. 8).



Fig.7 Muro de estacionamiento



Fig.8 Muro de Estacionamiento erosionado

Lo primero que hicimos fue ir a la Casa Tequila Orendain, donde merodeamos por accidente y pudimos leer y observar curiosidades de la historia del pueblo y de el tequila. Además tuvimos la suerte de probar un rico mojito (cosa con la que Oscar difiere) .



Fig.9 Piñas de Agave



Fig.10 Casa Tequila Orendain

Posteriormente, nos dirigimos rumbo a los lavaderos, donde a lo largo del camino pudimos ver diferentes construcciones hechas en adobe, como el muro lateral (Fig. 11) del camino el cual no tenía separaciones o castillos aparentes, era un muro totalmente continuo, lo que nos llamó mucho la atención.



Fig.11 Muro Continuo

Casi llegando a los lavaderos, nos topamos con una hacienda abandonada donde pudimos notar en su fachada (Fig. 12) cómo a través del tiempo los sistemas constructivos han ido

cambiando: en el basamento se puede notar un visible mamposteado de piedra que es muy importante para proteger el adobe del agua del riachuelo que pasa por debajo de ella, le sigue un sistema de bloques de adobe de gran dimensión y conforme pasó el tiempo se ve como los bloques fueron disminuyendo de tamaño. Además de que por las tonalidades se nota que utilizaron tierras de diferentes tipos. También logramos observar intervenciones que se le dieron a la construcción pero ya con ladrillo de lama.

La fachada de la Hacienda se convirtió entonces en un popurrí de sistemas constructivos.



Fig.12 Fachada Antigua



Fig.13 Muro de Adobe  
con intervenciones visibles

Al llegar a los lavaderos (Fig. 14) nos tomamos una de las bebidas típicas de Tequila, el cantarito. Después de disfrutar nuestro delicioso cantarito nos dirigimos de regreso al estacionamiento para volver a Guadalajara pero no antes de que en el camino nos topáramos con la entrada a la Hacienda abandonada que comentamos antes, a la cual sin ninguna duda entramos.

Dentro de la Hacienda pudimos observar como los muros de adobe estaban enjarrados (Fig. 16), pero por el tiempo dicho enjarre se estaba desprendiendo de ellos. También pudimos reiterar lo que observamos en los muros de afuera, que tenía muchas partes intervenidas donde se notaban diferentes sistemas constructivos.

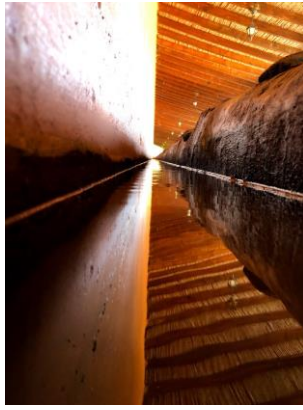


Fig.14 Detalle Lavaderos



Fig.15 Vano sobre escalera



Fig.16 Detalle Enjarre

## Conclusiones

### Oscar González del Castillo Monroy

#### Radial Biomateriales

Sin duda una de las mejores visitas que he hecho en el PAP, no solamente por el contenido, es decir, por los materiales que están desarrollando los cuales tienen una finalidad de ayuda directa al ambiente del planeta. Si no porque es emocionante y retador ver como gente como nosotros, egresados del ITESO están desarrollando este tipo de tecnologías. Que como ellos lo mencionaron, solo falta un poco de curiosidad y de entrega para poder llevar a cabo algo interesante y que posiblemente sea de mucha ayuda para la humanidad. También me llamó la atención como dos arquitectos terminaron trabajando en algo de ese ámbito, y me hace reflexionar a lo que ellos nos compartieron; uno ya no debe de hacer simplemente lo que nuestra carrera nos enseñó, si no ser un poco más de eso, no ser un todólogo, pero si saber muchos más temas que solo los involucrados en tu profesión.

#### Tequila

Para mí esta visita fue muy especial, ya que era la primera vez que iba al pueblo de Tequila, por lo que no solo iba con la intención de observar construcciones y elementos hechos de tierra, si no que también iba a aprovechar la ida para conocer un poco del pueblo mismo.

Fue muy interesante ver como la mayoría de las construcciones estaban hechas en algún sistema constructivo en tierra, conforme nos acercabamos a Tequila se iban viendo más construcciones de esta característica.

## Alonso Mendoza Leal

En el pap pudimos ir a muchas visitas, pero ésta definitivamente fué muy provechosa y una de mis favoritas, a pesar de que estaba muy desvelado me gustó mucho la convivencia que se llevó a cabo entre todo el salón y la dedicación del profesor para llevarnos hasta tequila por un recorrido tan cultural y nutritivo para nuestro aprendizaje.

Uno de mis aspectos favoritos del viaje además de las cazuelitas obviamente, fué el muro o fachada antigua que vimos a través del puente de acero blanco, para mi esta fachada fue muy especial porque era como si nos estuviera contando ella misma su propia historia. A falta de algún enjarre o recubrimiento los muros se mostraban ante tí de manera muy honesta y podías entender perfectamente cómo estaban hechos, de que tierra fueron sacados o las diferencias entre tonalidades de adobe te hacía pensar que se pudieron haber construido en diferentes etapas o en diferentes tiempos, o tal vez al mismo tiempo pero de dos bancos de materiales diferentes. Otra cosa que esta fachada nos decía es lo importante que es tener una buena cimentación para el sistema constructivo que estás usando, en este caso pasaba un pequeño arroyo debajo de esta fachada entonces se construyó un basamento de piedra sobre el que después de unos metros de altura se empezó a colocar el adobe, sin este basamento de piedra que combate humedades este muro ya se hubiera derrumbado, es impresionante lo que puede aprender uno solo viendo como las cosas se han hecho en el pasado y todo es por una razón. como ejemplo de una de las cosas que reflexioné y que solo con este viaje me di cuenta es que antes a los muros de adobe les ponían su “sombrero” en forma de un techito con tejas, esto sirve para impermeabilizar el muro y que no se deteriore con el agua, pero ahora ponen ese mismo “sombrero en construcciones de ladrillo o concreto que ya no tiene ni pie ni cabeza, se quedó como una tradición estética.

También disfruté enormemente el haberme salido de mi área de experiencia e ir a Radial Biomateriales, me gusta mucho cuando puedo tener la oportunidad de conocer algo que tiene que ver con innovación y sustentabilidad, porque te llena como profesional y nunca sabes cuando puedes utilizar la información extra que vas acumulando, el conocimiento nunca está de más.

## Juan de Dios Morones Tapia

La visita que hicimos a la empresa “Radial Biomateriales” me agradó mucho pues desconocía que se podían hacer tantas cosas con los hongos. Desde que llegamos y pude observar los distintos hongos que tenían a la vista captó mucho mi atención, aún más cuando comentaron que todo era biodegradable. Comenzaron con el tema del sustituto del poliestireno y cuando mencionaron el tema instantáneamente vino a mi mente las losas nervadas pues siempre ha sido un tema de discusión para mí, ya que cuando me ha tocado ver la construcción de dicho sistema de entepiso existe algo de desperdicio de aligerante (poliestireno) y queda varado por todos lados, si este material biodegradable sustituye al poliestireno quedaría una losa nervada como el de “Plaza del Sol” que queda el hueco y no afecta en lo más mínimo si es que se considera al momento del diseño de los elementos.

Una vez terminado el tema del poliestireno nos mostraron muestras de la “piel” que habían generado mediante los hongos y un material parecido a la madera, me agradó mucho como es que se han logrado cosas de este tipo.

## Ivan Francisco Toscano Vigil

Esta visita de obra que estuvo dividida en dos partes; visita a la empresa Radial Biomateriales y Tequila, fue una visita de obra con motivo de analizar estructuras y de inmiscuirse un poco en las categorías emprendedoras de materiales biológicos. La primera intención era Radial, en la cual fueron muy amables al recibirnos y explicarnos todo acerca de lo que hacen en la empresa.

Los hallazgos encontrados por nuestra cuenta en la empresa de Radial nos dejan anonadados al pensar en la inmensa cantidad de posibilidades que el trabajar con hongos para el desarrollo de materiales biológicos tiene. La realidad es que, de todas las categorías que existen para el trabajo con materiales orgánicos, la categoría de biológicos es la que yo podría considerar como la más apegada a la sustentabilidad; esto por el hecho de que los materiales

utilizados son completamente materia orgánica y ofrecen un gran reemplazo a cosas que utilizamos en el día a día; la mayoría hechas de plástico.

Quisiera agregar que, la primer causa por la cual se estos jóvenes decidieron emprender en esta categoría fue con el propósito de encontrar algún reemplazo para material estructural. Creo que esta causa todavía puede ser perseguida, mediante la unión de lo que se hace en la empresa con todo aquello relacionado con nanotecnología.

### Diego Emilio Gallardo González:

De todas las visitas que hicimos en el semestre, esta fue de las más inspiradoras, las anteriores fueron muy ilustrativas en cuanto a la situación actual de la vivienda y otros ejemplos sin embargo esta fue una visita de exploración. Tuvimos acercamiento a diferentes fenómenos que están sucediendo en nuestra región y eso nos ayuda a abonar al bagaje de materiales a la hora de construir.

Me interesó especialmente la visita a Radial, sabía de la existencia del desarrollo de biomateriales pero nunca había tenido un acercamiento a ellos ni los había visto en físico mucho menos su producción, fue motivador ver como otros egresados del Iteso están enfocando su trabajo a un mejor desarrollo de industria en general y cómo esto se desarrollo de la pura curiosidad y ganas de hacer las cosas, superando las limitantes de nuestro contexto. En cuanto a la visita a Tequila, bueno, siempre son divertidas las visitas a Tequila, sin embargo esta ocasión estuvimos merodeando el centro en busca edificios en Adobe, es bastante común verlos en Mexico y mas en lugares como estos, y eso fue lo mejor, el darnos cuenta de que nuestra tradición constructiva, al menos hasta hace unos 100 años era sustentable y resistente pues los edificios siguen en pie, abre las puertas a una nueva crítica sobre las prácticas que hemos optado para la construcción específicamente el acero y el concreto que se han vuelto en una industria altamente contaminante, tal vez lo que necesitemos sea regresar a nuestros orígenes y redescubrir antiguas técnicas de construcción para ser más conscientes con nuestro medioambiente.

### José Alfredo Vaca Alfaro:

Nuestro recorrido comenzó muy interesante, con una visita a Radial, lo cual es una start-up que se dedica generar biomateriales a base del crecimiento de los hongos,

complementandose con residuos agrícolas, nos dieron una breve introducción, y nos explicaron sus procesos de producción, pudimos ver cómo se desarrollaba el hongo y como tambien podian detener su crecimiento.

En esta visita nos mostraron varios productos que realizan con estos procesos, estos productos son similares a madera, piel y al poliestireno, con características visuales muy similares y con muchos más beneficios.

En el transcurso a nuestra segunda parada pasamos por una pequeña localidad antes de pasar por el municipio del arrenal en esta nos paramos en una tienda de abarrotes la cual nos llamó mucho la atención por tener un pequeño espacio con muros bajos de BTC los cuales estaban muy bien contruidos y desde mi punto de vista era una introducción a lo que íbamos a ver en tequila.

Al llegar al Pueblo Mágico de Tequila, pudimos dar un paseo por su centro histórico y observar un poco de la cultura, forma de vida y turismo de este lugar el cual es muy acogedor y simpático para los visitantes, después de caminar varias cuadras entrar al museo del tequila, y conocer algunos de los procesos del tequila, nos dedicamos a buscar ciertas fincas de adobe con las cuales pudiéramos analizar este sistema constructivo, al verlas nos damos cuenta de la resistencia que puede obtener ya que podíamos estimar cierta longevidad de los muros, también podemos notar cómo este material se adapta al contexto y que la forma de trabajarlo se daba en este sitio ya que no era solo una finca de adobe si no que eran varias las que podías ver solo en unas cuadras. Continuando nuestro recorrido cultural fuimos a los famosos lavaderos los cuales nos mostraban la forma en que vivían tiempo atrás las personas y cómo se adaptan a los recursos y la topografía del lugar.

### Gonzalo Toral Cañedo

En la visita a la empresa de egresados del ITESO, Radial Biomateriales, vimos que el conocimiento que deja la carrera es solo una pequeña parte de las cosas que se pueden hacer. Estos egresados de arquitectura crearon una empresa que hace materiales con raíces de



hongos. Creo que es una muy buena idea y se puede utilizar su producto para sustituir muchos materiales dentro de la construcción, no únicamente el polietileno en las losas aligeradas.

Creo que ellos fueron más allá en encontrar materiales para la construcción diferentes a los convencionales, a pesar de que actualmente no los utilizan para eso. Siguen desarrollando su producto así que veo en un futuro no muy lejano que los biomateriales se usen mucho para sustituir materiales muy contaminados en la construcción.

En la visita de tequila se vieron muchas cosas muy interesantes, en el caso de los primeros bloques que se hicieron con vasos de plástico reusados, creo que es un sistema para muro muy bueno debido a que está hecho para que se hagan muros del tamaño que se requiera y tiene espacio para pasar instalaciones entre esos bloques. Lo malo, que se tienen que proteger contra la humedad, porque si no, tendrán problemas como lo vimos en las fotos.

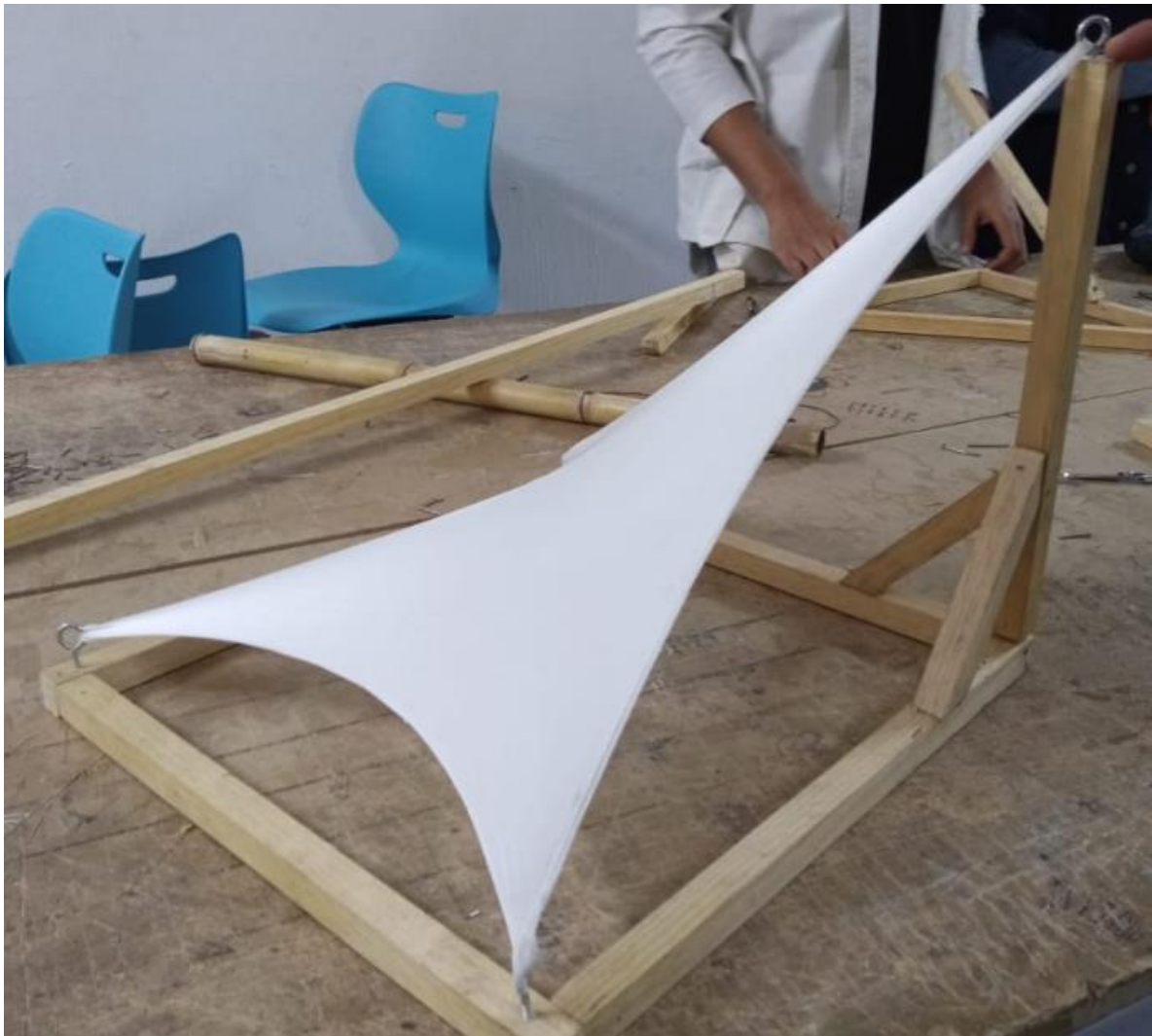
Una vez en tequila, viendo los muros de adobe, pudimos darnos cuenta que es un material muy usado en tequila, pero también vimos que se deteriora muy fácil con la humedad y con la erosión de la lluvia.

Visitamos una fábrica abandonada de tequila donde no solo vimos una construcción de adobe en ruinas sino pudimos apreciar diferentes tamaños de adobe en los muros, lo que significa que no hacían una medida estandarizada para la construcción de sus muros.

A pesar de que la fábrica estaba prácticamente en ruinas, había muchos muros y zonas de la fábrica que con algo de restauración se podría volver a usar, quedamos sorprendidos ver que una construcción de adobe tan alta y sin mantenimiento siga en pie y todavía “habitabile”. A partir de esta visita, donde al final vimos bloques más estandarizados de adobe, cambié mi pensamiento sobre la construcción del adobe. El problema no es el material sino la forma de emplearlo.

## Bibliografía

- [https://www.construmatica.com/construpedia/Paraboloide\\_Hiperb%C3%B3lico](https://www.construmatica.com/construpedia/Paraboloide_Hiperb%C3%B3lico)



# REPORTE PARABOLOIDE HIPERBÓLICA

OTOÑO 2019

Gonzalo Toral Cañedo

Arturo Borrego Villela

**Introducción:**

Un paraboloides hiperbólico es uno de los tipos de paraboloides. Los paraboloides pueden ser elípticos o hiperbólicos, según sea que sus términos cuadráticos tengan igual o distinto signo. Es una figura utilizada como principio en los textiles estructurales, o lanarias de techumbre.

**Objetivo:**

El objetivo de esta práctica es utilizar los principios de tensión para generar la forma de un paraboloides hiperbólico con la ayuda de algún textil o hilo. Queremos realizarlo a partir de un marco donde un punto este fuera del plano.

Buscamos lograr, no solo percatarnos de la forma, sino también de la fuerza necesaria en los puntos apoyados para generar la figura.

**Preparación de práctica:**

Necesitamos madera para hacer el marco, y en nuestro caso conseguimos un textil elástico para que fuera el material que tomaría la forma del paraboloides hiperbólico. Además, conseguimos armellas que sería el punto de conexión de la tela al marco y serviría como nodo para detener la tela.

**Desarrollo de la práctica:**

Primero colocamos los elementos de madera y los cortamos a las medidas necesarias para generar un marco para nuestra figura, este marco eran simplemente 4 piezas de madera unidas en el mismo plano formando un cuadrado, y otra madera en uno de los puntos que sale del plano. Esto lo hicimos para que a la hora de colocar las armellas en las esquinas hubiera una armella fuera del plano que nos ayudaría a darle la figura a nuestro paraboloides hiperbólico.

Una vez construido nuestro marco, colocamos las armellas en los 4 nodos que propusimos. Las armellas fueron colocadas con la ayuda de un taladro. Después

cortamos una sección de tela con dimensiones mucho menores al del marco para que fuera estirada y los esfuerzos de tensión logaran que tomara la forma deseada.

Preparamos la tela para que pueda sujetarse en cada una de las 4 armellas y la fuimos colocando en cada uno de los nodos uno por uno con cuidado de no desgarrar la tela. Una vez colocada la tela, con la pura fuerza de tensión de mantenerse en los 4 puntos, logró generar la forma del paraboloides hiperbólico.

### **Conclusiones:**

#### **Gonzalo Toral Cañedo**

Pudimos ver el fenómeno causado con la tensión en la tela, y así como con un textil, con el hilo se puede lograr el mismo efecto, aunque es más tardado y dependiendo de la cantidad de hilos usados es la claridad en la que se define el paraboloides hiperbólico.

También se puede concluir que es necesario ejercer una fuerza considerable para que el elemento agarre la forma, de no ser así no será suficiente para que la forma se manifieste.

#### **Arturo Borrego Villela**

En esta práctica nos pudimos dar cuenta de cómo el hecho de resolver una cubierta no siempre debe ser algo plano, algo a lo que estamos acostumbrados por ser algo convencional.

Conocer acerca de las paraboloides hiperbólicas es una alternativa que se pone a nuestro alcance para futuros proyectos, como a partir de un textil o una entrelazada de hilos se puede cubrir una superficie de forma permeable y no solamente rígida.

Esta práctica me dejó intrigado con el hecho de hacer un modelo más grande o sino solucionar alguna cubierta con este método.

**INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE OCCIDENTE**



**ITESO**  
Universidad Jesuita  
de Guadalajara

**PROYECTO DE APLICACIÓN PROFESIONAL (PAP)**

**TECNOLOGÍA APROPIADA PARA LA GENERACIÓN DE SISTEMAS  
CONSTRUCTIVOS II**

**REPORTE**

**MURO DE TIERRA COMPACTADA**

**ALUMNOS**

**JOSÉ RICARDO MENCHACA ROBLES**

**JUAN DE DIOS MORONES TAPIA IC703641**

**LUIS REY SALAS VILLASEÑOR IC703322**

**GONZALO TORAL CAÑEDO IC703192**

**IVAN FRANCISCO TOSCANO VIGIL IC702966**

**ASESORES**

**DR. NAYAR CUITLAHUATL GUTIÉRREZ ASTUDILLO**

**MTRA. MELISSA SELENE CARRILLO RUBIO**

**MTRO. CHRISTIAN HERNÁNDEZ CÁRDENAS**

**TLAQUEPAQUE, JALISCO. 07 DE NOVIEMBRE DE 2019**

## Introducción

Desde la antigüedad, el hombre ha tenido la necesidad de contar con un lugar donde habitar, esto con la finalidad de estar resguardados tanto de las condiciones climáticas como de animales. Se desconoce la época y el lugar exactos en los que se comenzó a emplear esta técnica, se cree que los primeros usos fueron hace 5000 años por el neolítico, después en China con la construcción de la Muralla China; en cuestión del continente americano, la utilización de esta se dio aproximadamente hace 2000 años, antes de la llegada de los españoles, en donde principalmente se utilizaba en los climas secos.

Con el paso del tiempo las técnicas constructivas de este sistema han ido mejorando, ya que se han podido realizar pruebas de este y ver los aspectos a mejorar; en la actualidad aún existen construcciones con este tipo de muros y se sigue construyendo, es importante destacar que antes, dichas construcciones no estaban diseñadas para resistir sismos, lo cual en la actualidad se ha ido implementando.

## Objetivo

Construir un muro de tierra compactada con arcillas arena y cal para probarlo en laboratorio y verificar resistencia vertical del mismo.

## Desarrollo

Se tuvo que crear una cimbra para hacer el muro; la cimbra tenía unas dimensiones 40x40x5 cm fue hecha con triplay y pedazos de madera que estos funcionaron para que no se pandeara el triplay, se utilizaron tornillos para poder cerrar esta cimbra y poder retirarla fácilmente.

Primeramente, se consideraron las proporciones para cumplir con el volumen solicitado de acuerdo con las dimensiones de la cimbra, para esto fueron; 5 litros de arena y 3 arcilla. Un detalle fue que tuvimos que cribar la arcilla con la malla No.16 ya que venía seca y sus partículas estaban pegadas formando piezas imposibles de manipular. Por otro lado, para la arena también fue necesario cribar con la malla No.4

para apartar las rocas de la arena. Al principio se utilizó un litro doscientos de agua para comenzar a amasar la mezcla de arena y arcilla, pero esta mezcla quedó muy plástica ya que para comprobar si era suficiente o en exceso el agua se deshacía una bola de la mezcla y se dejaba caer a la altura de 1.5 m de altura en caída libre. La primera prueba la bola no se deshizo, es por esto por lo que se agregó 2 litros de arena y un tercio de litro. Se volvió a lanzar la bola al suelo y está ya se deshacía. Se agregó un tercio de litro de cal y un cuarto de litro de cemento, se revolvió todo esto para mezclar correctamente todos los componentes y tener una mezcla homogénea.

Una vez obtenida la mezcla se colocó un plástico debajo de la cimbra para que esta se pudiera desplazar, después se procedió a colocar capas de 5 centímetros de la mezcla creada y se apisonó con un pedazo de madera. Se repitió este proceso hasta que se llenó todo el molde de triplay, cuando estaba todo lleno se enrasó con el mismo elemento de madera que con el que se apisonó

## Pruebas

Para poder realizar la prueba fue necesario primero retirar la cimbra del muro teniendo el cuidado de no agrietar este, esto se tuvo que realizar unos días antes para que el muro no estuviera del todo húmedo.

La prueba consistió en aplicar carga vertical en el muro, dicha prueba se basa en aplicar una fuerza al elemento a probar con una velocidad de deformación constante hasta que se obtengan los resultados buscados, o el elemento falle.

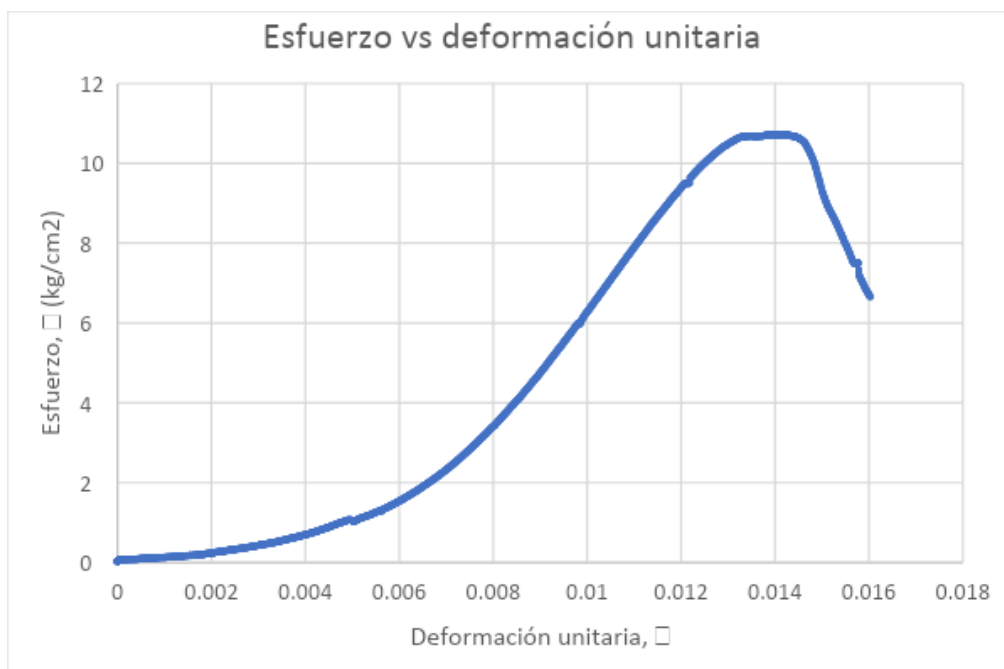
En la prensa también se hicieron algunos ajustes; primero se limpió correctamente la zona en donde se colocaría el muro, se procedió a colocar cal en la zona de contacto entre el muro y la parte superior de la prensa, esto para evitar una concentración de esfuerzos en donde pudiese existir alguna deformidad en la base del muro. Por último, se colocó una placa de madera paralela al eje largo, con la finalidad de distribuir la carga correctamente al muro y que no se concentrara en un solo punto.

## Resultados

En la siguiente gráfica se puede apreciar la fuerza que resiste el muro de tierra compactada y la deformación que presenta.



Para obtener la gráfica de esfuerzo y deformación unitaria se tomó el área donde se aplicó la carga (50x5 cm) para el esfuerzo y se utilizó la altura para deformación unitaria (40 cm).





## Comparativa con los otros muros

A diferencia de otros muros, nosotros cuidamos mucho la cimbra, y a pesar de no ser reforzado con acero, fué el que más carga aguanto antes de su falla. Uno de los equipos lo que les falló fue el confinamiento, y al otro no le ayudó la malla pollera ya que separaba la tierra y desde que se descimbró sufrió daños.

En los sistemas de tierra compactada, lo más importante es su cuidado y calidad a la hora de fabricación y con una cimbra adecuada que resista el empuje que recibe al compactar las capas de tierra.

## Conclusiones Personales

*José Ricardo Menchaca Robles*

Hay opciones en algunos sistemas constructivos antiguos que pueden hacerle competencia a los convencionales que se utilizan en la época actual. Estos sistemas constructivos si están bien concebidos pueden durar más de 200 años como existen algunas edificaciones que siguen en pie y en perfecto estado. El único problema que veo sobre las construcciones con estos materiales es que a compresión tiene una resistencia muy competitiva con el ladrillo y mortero, pero a cortante se deben de tomar ciertas recomendaciones aparte de que son muros más pesados y generan mayor cortante basal a las edificaciones.

Por compresión se puede apreciar que tiene una resistencia de 2000 kg lo cual esto significa que tienen una buena resistencia a compresión, faltó hacer una prueba compresión diagonal y ver cómo trabaja a cortante.

*Juan de Dios Morones Tapia*

Es interesante observar cómo se comportan los muros de tierra compactada. Tienen la función de un muro de mampostería, pero solo por carga vertical ya que en cargas horizontales (sismo) el comportamiento y resistencia bajaría mucho. Es una buena opción, pero creo que solo para lugares en donde el sismo es prácticamente nulo. En lo personal, yo no estoy muy a favor de usar estos tipos de muros por los tipos de fallas que se presentan en sismos.

*Luis Rey Salas Villaseñor*

Respecto a lo realizado con esta práctica, considero que los muros de tierra compactada cuentan con una resistencia a la compresión muy similar respecto a los muros convencionales de mampostería o a los muros de tierra armada; sin embargo, al momento de construir con estos se debe de tomar en cuenta que es necesario reforzar contra sismo, ya que la resistencia a cortante de estos es muy baja.

Estoy consciente que estos muros eran muy utilizados en México, ya que en el pueblo donde vivía (Mascota, Jalisco), aún se observan construcciones de estas y me parece que queda muy bien con la arquitectura del pueblo, ya que lo hace ver de forma antigua.

Me sorprendió el resultado dado por el muro, ya que antes de este se probaron otros de los cuales se esperaban mejores resultados, sin embargo, el nuestro fue el que más fuerza resistió 2.2 toneladas. Lo cual me lleva a la conclusión, que las construcciones con tierra pueden ser muy funcionales, teniendo en cuenta que se deben de reforzar contra sismo y debe de tenerse la mano de obra adecuada para que se realice de la mejor manera posible.

*Ivan Francisco Toscano Vigil*

La metodología que existe detrás de los bloques de tierra compactada (BTC; mismo principio aplicado al muro de tierra compactada hecho) es sencilla, efectiva y fácil de aplicar en cualquier ambiente de transferencia de conocimiento. Al llevar a cabo esta práctica, me percaté que la auto construcción guiada con los conocimientos teóricos y prácticos adecuados puede ser una solución y respuesta al problema de mucha de la vivienda de escasos recursos en México. Por un lado, tenemos que abonar a la transferencia de conocimiento efectiva y por otro a los métodos alternativos de construcción.

Creo que optar por métodos alternativos de construcción es algo necesario en nuestro contexto actual; hemos llevado la construcción a un punto en el cual incide demasiado en la contaminación global, razón por la cual es necesario que llevemos a cabo una revisión de las metodologías alternativas para proponer y crear nuevas y mejores soluciones combinadas. Esta práctica responde adecuadamente al principio de transferencia de conocimiento para replicar la misma; con la consideración de que

sería necesario el acompañamiento de personas capacitadas en el tema para llevarla a cabo correctamente.

*Gonzalo Toral Cañedo*

Al probar nuestro muro, yo pensaba que no iba a aguantar mucho porque no tenía ni confinamiento ni refuerzo de acero. Me llevé la sorpresa de que al probar el muro aguantó mucho. Después de esta práctica me di cuenta de que el material de tierra compactada con la arcilla, cal y cemento es muy buen material de construcción.

Al estar realizando la prueba, probablemente la cimbra fue clave para los resultados que obtuvimos. El utilizar una cimbra de madera muy gruesa que aguantar el empuje de la tierra al compactarla hizo que al descimbrar nuestro muro quedara uniforme. Así que la resistencia de la tierra compactada es muy delicada ya que depende del cuidado de construcción.

## Anexos fotográficos





