

Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente

Dependencia de adscripción al PAP

Departamento del Hábitat y Desarrollo Urbano

PROYECTO DE APLICACIÓN PROFESIONAL (PAP)

Nombre de la APUESTA

Vivienda Emergente-Transicional de Bambú

Nombre del PROGRAMA

Programa de edificación y vivienda



Nombre del PAP y clave

PAP1F04 Tecnología Apropriada Para la Generación de Sistemas Constructivos

“Nombre del Proyecto y del Reporte en Específico”

Vivienda Emergente-Transicional: El proyecto inicio en primavera del 2017

PRESENTA

Programa educativo.

Lic. en Arquitectura
Lic. en Arquitectura
Lic. en Ingeniería Civil

Nombre completo del alumno.

Francisco Aguayo Guizar
Oscar Adrián Ruíz Galán
Sergio Hernández Alvarado

Profesor(es) PAP: Nayar Cuitláhuac Gutiérrez Astudillo
Melissa Selene Carrillo Rubio

Tlaquepaque, Jalisco, lunes 8 de mayo de 2017.

ÍNDICE

Presentación de los Proyectos de Aplicación Profesional	3
Resumen ejecutivo (abstract)	4
Introducción	5
Capítulo I. Identificación del origen del proyecto, de la problemática y de los involucrados	6
1.1 Antecedentes del proyecto	6
1.2 Identificación del problema. Problemática atendida	7
1.3 Identificación de la(s) organización(es) o actores que influyen o son beneficiarios del proyecto	7
Capítulo II. Marco conceptual o teórico del proyecto.	9
Capítulo III. Diseño de propuesta de mejora	19
3.1 Enunciado del proyecto. Localización geográfica	19
3.2 Objetivos y alcances del proyecto	19
3.3 Metodología	20
3.4 Cronograma o plan de trabajo	20
Capítulo IV. Desarrollo de propuesta de mejora	24
Capítulo V. Productos, resultados e impactos generados	49
5.1 Productos obtenidos	49
5.2 Resultados alcanzados	49
5.3 Impactos generados	57
Capítulo VI. Aprendizajes individuales y grupales	58
6.1 Aprendizajes profesionales. Competencias reforzadas. Conocimientos adquiridos	58
6.2 Aprendizajes sociales	59
6.3 Aprendizajes éticos	60
6.4 Aprendizajes en lo personal	61
Capítulo VII. Conclusiones y Recomendaciones	63

7.1 Conclusiones	63
7.2 Recomendaciones	64
7.3 Retroalimentación por parte de la organización	64
Referencias Bibliográficas (formato APA)	65

REPORTE PAP

Los Proyectos de Aplicación Profesional (PAP) del ITESO

Los Proyectos de Aplicación Profesional es una modalidad educativa del ITESO en la que los estudiantes aplican sus saberes y competencias socio-profesionales a través del desarrollo de un proyecto en un escenario real para plantear soluciones o resolver problemas del entorno.

A través del PAP los alumnos acrediten tanto su servicio social como su trabajo recepcional, por lo que requieren de acompañamiento y asesoría especializada para que sus actividades contribuyan de manera significativa al escenario en el que se desarrolla el proyecto, y sus aprendizajes, reflexiones y aportes sean documentados en un reporte como el presente.

En este proyecto de aplicación profesional llamado “Tecnologías Alternativas Para la Generación de Sistemas Constructivos” se enfoca en la investigación, análisis e implementación de materiales y sistemas constructivos innovadores con la finalidad de generar propuestas y proyectos alternativos para dar una solución adecuada a un contexto específico. Sin olvidar los factores sociales y culturales, los cuales pueden definir la aceptación, adaptación o rechazo del proyecto propuesto.

Abstract

Los desastres naturales no son previsibles, al igual tampoco se sabe cuánto daño puede causar un huracán a pesar de la magnitud que este presenta antes de tocar tierra, el daño y las dificultades que puede traer una inundación, o las afectaciones materiales por un temblor. En México esto no es la excepción, y a pesar de prever dichas afectaciones con fondos económicos como el FONDEN, este puede llegar tardío o insuficiente a las comunidades afectadas.

Los poblados aledaños a las costas son los principales afectados por estos tipos de desastres, debiéndose principalmente a su geolocalización en términos naturales, así como por el tipo y la calidad de las construcciones en términos culturales. Por esta razón la propuesta planteada, trata de responder la necesidad de una vivienda en estas situaciones, utilizando el bambú como elemento principal para la construcción de la misma, tomando en cuenta las condiciones geográficas y naturales para su cultivo, al igual que la cercanía del cultivo al poblado a intervenir, sin olvidar las propiedades mecánicas y versátiles que tiene esta planta como material de construcción.

Palabras Clave: vivienda emergente, vivienda transicional, vivienda sustentable, construcción con bambú, desastre natural.

Introducción

Cuando sucede un desastre natural por lo general, la afectación produce problemas de acceso a sitios seguros de refugio y alojamiento adecuado para las personas más vulnerables por este tipo de eventos, aún más esta situación dificulta una inmediata atención acorde a las necesidades existentes. Los recientes desastres naturales, que se han presentado con mayor frecuencia y a gran escala, permiten identificar la necesidad de disponer de talento humano con experiencia y conocimiento en el manejo de albergues temporales, a la vez es importante garantizar la adecuada formación en temas relacionados con estrategias en refugios, acceso adecuado, herramientas requeridas, lineamientos y recursos técnicos.

Partiendo de este postulado es importante fundamentar principios en proyectos e intervenciones, y las soluciones que se le dieron en los recientes desastres, ya que las conclusiones de los informes evaluativos de cada uno de ellos indican la necesidad de una mayor inversión en el desarrollo de estrategias, políticas, infraestructura, dotación, capacitación y una mejor preparación para afrontar este tipo de situaciones. La innovación surge de la necesidad de facilitar la vida de las personas, siendo un factor de cambio que se involucra en varios aspectos que lo rodean, buscando la solución de problemas de la manera más eficiente posible, tomando en cuenta una problemática cercana a nosotros.

El presente trabajo busca exponer las principales características del bambú como material constructivo para una vivienda de carácter emergente-transicional, sus usos y aplicaciones en general. Por esta razón, este documento pretende la profundización del conocimiento existente de las técnicas constructivas que existen en este material, con la finalidad de aplicarlo como una alternativa, ecológica y medioambiental, sin dejar a un lado el aspecto arquitectónico y estructural, para dar solución a los problemas de vivienda después de una catástrofe natural.

A pesar de la existencia de reglamentaciones para el tema de vivienda emergente (la cual debe de cumplir con áreas mínimas y características específicas) al igual de tener un costo asequible por vivienda. Se pretende hacer una serie de análisis tomando en cuenta es aspecto social, cultural, económico, técnico y estructural, para la obtención de un resultado más acertado acorde a las necesidades de la región a intervenir.

Capítulo I. IDENTIFICACIÓN DEL ORIGEN DEL PROYECTO Y DE LOS INVOLUCRADOS

1.1 Antecedentes del proyecto

En la actualidad a nivel nacional, se utiliza poco el bambú como material de construcción a pesar de que gran parte del país (exceptuando los estados áridos), tienen condiciones propicias para el cultivo de esta planta. Se tienen vestigios de construcciones en Asia y Centroamérica que utilizaban este material para la construcción de viviendas, y en la actualidad sigue siendo preferido sobre la madera por su abundancia, su rapidez en términos de producción y explotación, además de ser un elemento con una buena relación entre resistencia y peso, características contrarias a la madera (Bambuterra, 2014).

Las soluciones actuales para la vivienda emergente en México, están sujetos a construcciones artesanales que requieren un grado de especialización por los amarres, cortes y uniones que presentan las propuestas, o el uso de sistemas prefabricados. Estos últimos, a pesar de reducir los tiempos de ejecución de un proyecto, suelen ser poco sustentables por el transporte de los elementos de su área de producción al lugar de la catástrofe, que comúnmente en las costas son las inundaciones por huracanes o desbordamiento de ríos.

A su vez, existen propuestas arquitectónicas estilizadas, exponiendo unas condiciones de vivencia superiores a las casas emergentes existentes, sin embargo, al ser soluciones generalizadas suelen ser un fracaso en un entorno real, por el choque cultural y social donde son desplantadas. Estas suelen ser abandonadas o modificadas en un espacio diferente por las necesidades reales de los usuarios.

Actualmente en México, se han implementado los primeros concursos para la generación de ideas y modelos de vivienda utilizando sistemas prefabricados de bambú, con la finalidad de minimizar el impacto ambiental que actualmente genera el sector de vivienda en el país. Si bien, en el periodo actual no hay concursos para trabajar y participar en un proyecto en específico, se pretende dar solución al problema de vivienda tras una catástrofe natural en un área específica, sin dejar a un lado la mejora de calidad de vivienda para las personas a las que va destinado el proyecto, mediante la investigación, desarrollo e innovación de los procesos constructivos para una vivienda sustentable y emergente.

1.2 Identificación del problema. Problemática atendida

Actualmente, los problemas de vivienda a causa de desastres naturales en las costas son previsible, en gran parte por el tipo de construcción. Los cuales en su mayoría está basado en muros de ladrillo o block de jalcreto, y techos de lámina galvanizada soportada por elementos de madera fungiendo como vigas. Al observar este tipo de construcción, uno podría inferir que existen limitaciones económicas o constructivas en la región, sin embargo, las personas locales tratan constantemente con una humedad con alto contenido de salinidad y huracanes. Esto hace que otro tipo de construcción sea inviable por el costo y mantenimiento del mismo, sin olvidar que ante una catástrofe natural tiene las mismas posibilidades de colapso.

En México, la temporada de huracanes en el área del pacifico inicia generalmente en verano (temporal de lluvias), comprendido en los meses de julio a octubre. A pesar de que cada año el número de ciclones en el país puede variar por factores globales, son más el número de huracanes que tormentas tropicales en los pronósticos anuales (Servicio meteorológico nacional, 2016).

Como consecuencia de este aumento de ciclones, incluyendo la actividad humana en las regiones costeras, trae como consecuencia desastres naturales de mayor magnitud a comparación de décadas anteriores. Tal es el caso del municipio de Cihuatlán Jalisco, el cual con el desarrollo de "Grand Bay", ha causado un deterioro ambiental y cambios hidrológicos, cambiando el patrón natural de circulación del agua y así los procesos naturales de erosión y depositario. Disminuyendo la resiliencia del sistema costero para su autoregeneracion. Sin omitir otras actividades que influyen como el relleno, desecado o tala del mangle y la infraestructura sobre la duna costera por la construcción con cimentaciones inapropiadas que incrementan la erosión en el sitio (Agustín del Castillo, 2013).

1.3 Identificación de las organizaciones o actores que influyen o son beneficiarios del proyecto

Para este caso, el proyecto está basado en una familia promedio dentro poblado de San Patricio, perteneciente al municipio de Cihuatlán Jalisco. Se toma como referencia una familia promedio de 4 integrantes (INEGI, 2017).

Una organización que tiene influencia en este caso es CAEMBA, el cual ha trabajado previamente y con éxito las viviendas emergentes construidas en bambú en Ecuador. Quizá no exista un trabajo de forma directa con dicha organización, sin embargo, se tomaron ciertas pautas y experiencias referente a la construcción con este material y vivienda, que nos fueron mostrados mediante una videoconferencia en una sesión PAP. Sin dejar a un lado la experiencia en construcción con este material de la maestra y asesora de PAP Melissa Selene Carrillo Rubio.

Capítulo II. MARCO CONCEPTUAL O TEÓRICO DEL PROYECTO

La vivienda en las regiones costeras en México, tienen la particularidad de ser construcciones sencillas con la finalidad de tener un bajo coste en su construcción como en su mantenimiento. Sin embargo, este tipo de construcciones que anteriormente daba solución adecuada de vivienda a los pobladores, se ve afectado constantemente por el aumento del número catástrofes naturales e intensidad de los mismos (INECC, 2009).

Este factor, fue una de las principales razones que le dio sentido al proyecto. Por esta razón se planteó la profundización del uso del bambú como principal elemento de construcción para una vivienda emergente-transicional, con la capacidad de resolver una necesidad de vivienda ante una catástrofe natural en una zona costera del suroeste del estado de Jalisco.

En la actualidad, el uso del bambú es una opción versátil para la construcción de este tipo de viviendas por la poca energía empleada para su producción, lo cual además de bajar costes en la vivienda favorece al medio ambiente, sin embargo, para hacer un buen uso del mismo es necesario el conocimiento de sus propiedades y características.

Existen dos tipos de bambú, el herbáceo y el leñoso. A comparación con otras plantas, la lignina de las fibras del bambú con el paso del tiempo tiende a endurecerse como la madera, aunque esta es más ligera y flexible. Lo cual ha hecho del bambú un material versátil tanto para un uso estructural en las construcciones como elemento estético en la fabricación de muebles o diversos objetos.

Desde hace siglos el bambú es una planta importante en algunas regiones de Asia y Centroamérica, debido a su abundancia y su facilidad de trabajo. A pesar de tener referencia de su uso en países en vías de desarrollo, cada vez se pueden encontrar este material en construcciones en regiones urbanas y desarrolladas. El bambú puede llegar a actuar como un elemento capaz de resistir diferentes tipos de esfuerzos, aunque también puede ser un elemento de refuerzo como elemento secundario en elementos estructurales sin restar su importancia en el sistema.

En la siguiente tabla se muestra las especies de bambúes más utilizados en la construcción, así como de sus principales características.

#	Especie	Origen	Altura (m)	Temp. (°C)	Usos principales							
					M. Amb.	Agric.	Allim.	Constr.	Artesan.	Lamin.	Móveis	Papel
1	Bambusa vulgaris	China	25	-2	x	x				x		x
2	Bambusa tuldoides	China	12	-9	x	x	x	x	x		x	x
3	Bambusa oldhami	China	18	-9	x	x	x	x	x		x	
4	Guadua angustifolia	América do Sul	25	-2	x	x		x	x	x	x	
5	Guadua chacoensis	América do Sul	28	-2	x	x		x	x	x	x	
6	Dendrocalamus giganteus	Índia	30	-2	x	x	x	x	x	x	x	x
7	Dendrocalamus latiflorus	China	24	-4	x	x	x	x	x	x	x	x
8	Phyllostachys aurea	China	10	-20	x	x	x		x		x	
9	Phyllostachys pubescens	China	20	-15	x	x	x	x	x	x	x	
10	Phyllostachys bambusoides	China	20	-18	x	x	x		x		x	

Temp. Temperatura mínima que la planta soporta.

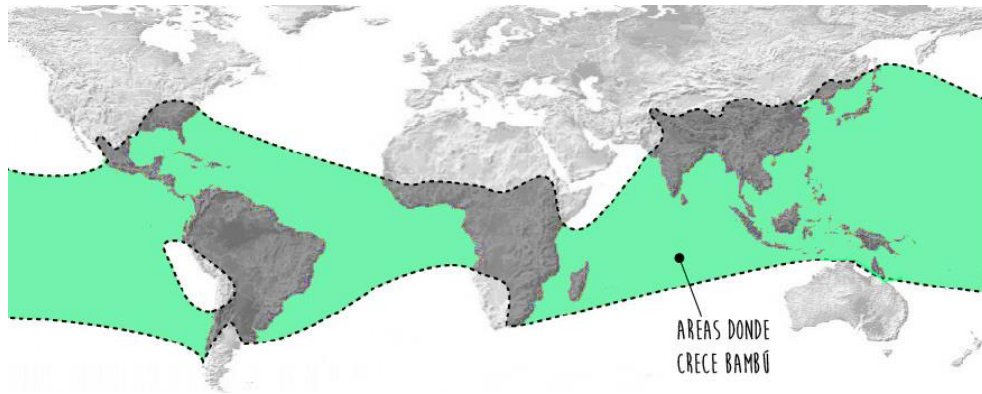
Géneros y características de diferentes especies de bambú. Fuente: [V. Cusack y D. Farrelly]. (Brasil 2017). BambúSC.

En base a la tabla anterior, se puede decir que hay dos regiones donde se utiliza con mayor frecuencia para un uso estructural. Por un lado, está la parte del sureste del continente asiático y la parte central y sur del continente americano.

En Asia, el género de bambú utilizado con fines estructurales es el *Dendrocalamus*, dentro de la cual existe el *Dendrocalamus giganteus*. El cual es una de las especies de bambú más grande que existen con diámetros alrededor de los 30 centímetros. Esta especie con las condiciones óptimas puede crecer 30 centímetros por día, pudiendo alcanzar los 30 metros de altura.

En América, la especie más predominante es la *Guadua angustifolia*, la cual tiene como características un diámetro que ronda entre los 9-15 centímetros en promedio, aunque en condiciones óptimas se pueden obtener tallos de hasta 21 centímetros. Su crecimiento diario es de 12 centímetros, alcanzando su altura máxima en 4 meses, llegando a tener como altura máxima de 15-30 metros.

El bambú pertenece a la familia de las gramíneas, por lo que son plantas que crecen generalmente en selvas de clima cálido, bosques mesofítico caducifolio y xerofítico caducifolia en Asia, así como en bosques tropicales lluviosos o en sombra de los bosques cálidos. Dependen de la humedad, la sombra y una temperatura cálida. Lo cual estas características se llegan a encontrar en los trópicos y subtropicos del planeta, con algunas especies con características leñosas en regiones con temperaturas frías. (Álvarez Castilla, 2012).



Áreas donde crece el bambú Fuente: [Luisa Fernanda Correa Giraldo]. (México 2014).
Bambuterra.

Fabricación y procesado de los materiales:

La obtención del bambú debe de ser selectiva para así asegurar su sustentabilidad. Si se trata de especies monopoidales, las mismas se realiza el cortado solamente de las cañas que están maduras. Si se trata de especies que forman matas, la recolección selectiva se realiza en un lapso de 2-4 años solo obteniendo un 30% de dicho cultivo.

Las estaciones adecuadas para la recolección del material son en otoño e invierno. No se deben de recortar las cañas por encima de 30 centímetros del suelo, y preferentemente utilizar el machete en vez de una sierra para provocar la putrefacción de la raíz, con la finalidad de obtener nuevos brotes.

Para la poda se debe dejar que los bambúes se sujeten unos con otros para evitar el encorvamiento de los mismos. Por cada cuatro cañas maduras se generará una nueva, por esta razón se tarda cuatro años para remplazar las cortadas. Dentro de una mata, la producción de bambú varia con la especie entre un 10-38%, siendo un método eficaz para la producción continua la determinación de producción en un año sobre el promedio de los últimos 15 años.

La primera recolección puede empezar cuando la mata alcance su madurez aproximada a 6 años después de su plantación. Con un periodo de rotación de 3 años, se pueden obtener entre 3000-15000 cañas por hectárea. Durante el abatimiento de las cañas, las ramas se deben de quitar con

cuidado con la finalidad de no dañar la corteza que la protege de la humedad y de patógenos externos. (Bárbaro, 2006)

Para su tratamiento deben de estar colocadas horizontalmente sobre soportes continuos para evitar el encorvamiento. A su vez, deben de estar protegidas del sol, la lluvia y la humedad del suelo. El secado al aire necesita entre 6-12 semanas, mientras que en un horno el tiempo se reduce a 2-3 semanas. Existen especies de bambú que no soportan un secado rápido, generando agrietamientos a lo largo de la caña.

Para su almacenamiento es recomendable el uso de estantes, donde las primeras piezas no deben de estar por debajo de los 50 centímetros del suelo, con la finalidad de garantizar la circulación del aire y la revisión de las piezas de manera individual. Mientras que los bambúes afectados por hongos o insectos se tienen que eliminar o retirar de los bambúes sanos.

La versatilidad del bambú se debe en gran parte a su estructura anatómica y morfológica. Su sección circular ahuecada presenta cualidades estructurales en comparación con las secciones solidas de otros materiales. Requiriendo el 57% de su masa cuando es usado como una viga, y un 40% cuando es usado como una columna.

Las características del bambú estarán ligadas al tiempo de corte de la caña. Mostrándose a continuación sus principales usos en la construcción en base al tiempo de corte:

- Los primeros seis meses y el primer año: El bambú adquiere una dureza suficiente para ser manipulado y usarse en tejidos.
- Dos años: El bambú es rígido, siendo aplicado en la fabricación de estirillas (resistentes a la abrasión y humedad), muebles y diversos objetos.
- Tres años en adelante: El bambú ya es lo suficientemente rígido para su uso como elementos estructurales tanto como elemento principal o secundario.

A continuación, se muestran las diferentes partes del bambú, sus longitudes y su uso principalmente (Oscar Hidalgo López, 1981):

- Rizoma: Es un tallo modificado, subterráneo, que se conoce popularmente como caimán. Se usa generalmente en decoración, muebles y juegos infantiles.
- Cepa: Sección basal del culmo de mayor diámetro, debido a sus entrenudos más cortos proporciona una mayor resistencia y tiene una longitud aproximada de 3 metros. Se utiliza en columnas en construcción y para cercos.
- Basa: Parte de la guadua que mayores usos tiene, debido a su diámetro intermedio. Es la sección más comercial y tiene una longitud de 8 metros aproximadamente. De esta sección se elabora generalmente la esterilla, la cual tiene múltiples usos: en construcción de paredes, casetones y planchas. A su vez es utilizada como vigas y columnas en construcciones nuevas.
- Sobre basa: Es un tramo de guadua con de buen uso comercial debido a su diámetro, lo cual permite un uso variado. Tiene una longitud aproximada de 4 metros. Es utilizada como elemento de soporte en estructuras de concreto de edificios en construcción. También se emplea como viguetas para formar planchas y como postes de espalderas en cultivos.
- Varillon: Es la sección de menor diámetro. Su longitud tiene aproximadamente 3 metros. Se utiliza en la construcción como correa de techos con tejas de barro o de paja. Se emplea como tutor en cultivos transitorios.
- Copa: Parte apical de la guadua con una longitud de 1.20-2 metros. Se replica en el suelo del guadual como aporte de materia orgánica.

Recomendaciones de diseño con bambú:

Por las características mecánicas que presenta el bambú, puede utilizarse en diversos elementos en una estructura. Al ser un material de origen biológico, se deben de tener cuidados con la finalidad de prolongar su durabilidad. Tales cuidados son el evitar el contacto directo con el agua, aislando los elementos del suelo y la exposición directa al sol, aunque esta última tiene menos afectaciones que el agua.

Con lo anterior, las áreas menos indicadas para el uso del bambú en las estructuras se encuentran en la parte de la cimentación y la cubierta, a pesar de que es común encontrar esta última en las edificaciones, por la durabilidad y abundancia del material. Además de aprovechar la forma de las cañas de bambú como sistema de desagüe de los tejados, evitando así la acumulación de humedad.

Propiedades mecánicas (generos *phyllostachys*, *guadua*, *bambusa*):

Peso específico: oscila entre los 700-850kg/m³ con un 18% de humedad. A su vez depende de la porción de caña analizada: a la base pesa alrededor de 0.57kg/dm³ por su mayor composición hueca, y en la cima de 0.76kg/dm³ (Bárbaro, 2006).

Conductividad térmica: dependerá de la dirección de la propagación del flujo de calor. Si la propagación es en dirección perpendicular a las fibras en material secado al horno es de 0.088 Kcal/mh°C para el bambú frente a 0.104 Kcal/mh°C de una madera de pino. Si la propagación es en dirección paralela los valores son de 0.143 Kcal/mh°C frente a 0.191 Kcal/mh°C respectivamente (Bárbaro, 2006).

Compresión: la resistencia a la compresión es alta, sin embargo, esta varía dependiendo de la relación de esbeltez del elemento y el tratamiento del bambú previo a su uso. Siendo a mayor humedad, menor resistencia a la compresión.

Tracción: esta resistencia dependerá de la zona del elemento (base, centro o cima), del porcentaje de humedad y la presencia de los nudos. Los métodos para su ensayo no son los adecuados para establecer dicha resistencia y por lo tanto estos valores no son muy comunes.

Módulos de elasticidad: esta decrece entre un 5-10% con el aumento de la carga. A su vez depende del tipo de esfuerzo aplicado y el tipo de fibra que puede ser interna o externa de la sección.

Cortante: la mayoría de estos esfuerzos están reflejados en el corte paralelo de la fibra. En cañas con paredes de 10 milímetros de espesor, el esfuerzo es aproximadamente un 11% más bajo que en cañas con paredes de 6 milímetros de espesor, esto es debido a la mayor distribución de las fibras en la sección transversal (Rodríguez y Morales, 2008).

Propiedades Mecánicas	Promedio (MPa)	D.E (MPa)	C.V %
Compresión paralela a la fibra.			
Esfuerzo máximo	48.0	3.0	5%
Esfuerzo en el límite proporcional	36.0	2.0	6%
Módulo de elasticidad	19137	1625	9%
Compresión perpendicular a la fibra			
Esfuerzo máximo radial	5.0	0.6	12%
Esfuerzo máximo tangencial	6.8	0.9	13%
Tracción paralela a la fibra.			
Esfuerzo máximo	132.0	24.1	18%
Módulo de elasticidad	17468	3655	21%
Tracción perpendicular a la fibra			
Esfuerzo máximo radial	1.1	0.3	22%
Esfuerzo máximo tangencial	1.8	0.4	21%
Corte paralela a la fibra			
Esfuerzo máximo	9.4	1.2	13%
Flexión			
Esfuerzo máximo radial	74.0	10.6	14%
Módulo de elasticidad radial	9523	1100	12%
Esfuerzo máximo tangencial	87.0	12.8	15%
Módulo de elasticidad tangencial	11456	1450	13%

D.E.=Desviación estándar, C.V.=Coeficiente de Variación.

Resumen de resultados de propiedades mecánicas del bambú guadua [Lee, Bai, Bangi].
(1998). Selected properties of laboratory-made laminated-bamboo lumber.

Uniones y conexiones:

Los puntos más débiles del bambú en un uso estructural se encuentran en las uniones. Sumando a esto, el bambú al tratarse de elementos con diámetros y características físicas diferentes entre sí (a pesar de provenir de una misma especie y cultivo), el uso de las conexiones estandarizadas es limitado (Samuel Martínez García, 2015).

Las conexiones a base de pernos o amarres son las más comunes en las construcciones de bambú, sin embargo, existen dificultades en las uniones que se someterán a esfuerzos a tracción. Las cerchas que se han construido para tal finalidad, trabajan pobremente a tracción y generalmente los pernos o clavos utilizados en las mismas terminan rajando los elementos.

El planteamiento general para el diseño de conexiones, debe de tener como referente el evitar la presencia de esfuerzos que generen rajaduras en las piezas de bambú. A su vez, hacer hincapié en la simplificación de las uniones para lograr los objetos que se plantean, atendiendo en este sentido las estructuras ligeras y de fácil construcción.

Especies de bambú en México:

En México existen 8 géneros y 36 especies nativas de bambúes leñosos, de las cuales 30 son endémicas. A su vez, se han introducido alrededor de 30 especies provenientes de California y Colombia.

Chiapas es el estado que presenta una mayor importancia en especies de bambúes nativos, sin embargo, Oaxaca es el estado que tiene un mayor número de especies endémicas con escasas poblaciones. Veracruz es el estado donde se ha cultivado y trabajado el bambú del tipo guadua para la construcción sobre todo en las regiones de Orizaba y Xalapa (Cortes Rodríguez, 2000).

La guadua puede alcanzar los 25 metros de altura con diámetros de entre 10-20 centímetros, y un espesor de las paredes de hasta 2 centímetros. El 45% de las especies de este género son de origen amazónico y se distinguen por sus cúmulos gruesos, largos y espinosos, por las bandas de pelos gruesos en la región del nudo y por las hojas de forma triangular, sin embargo, la característica más importante es la presencia de quillas aladas en la palea del flósculo de espiguilla, la presencia

de 3 estigmas plumosos al final del estilo, seis estables de estomas en ambas superficies de la lámina de follaje y de un número cromosómico de $2n=46$ (Villegas, 2003:25).

Se clasifica dentro de la familia de las poaceas, subfamilia bambusoideae, subtribu guaduinae y género guadua. De este género existen 26 especies en América que abarca desde el centro de México hasta el norte de Argentina. Pueden encontrarse entre los 0 a 2200 metros sobre el nivel del mar, aunque es más abundante por debajo de los 1500 metros (German Rubio Luna, 2007).

Las especies de guadua que existen en México, son las más grandes que existen entre los bambúes del país. Estas son: *Guadua aculeta*, *Guadua amplexifolia*, *Guadua paniculata* y la *Guadua angustifolia* (Cortes Rodríguez, 2000).

Guadua aculeta: Puede medir hasta 25 metros de alto con un tallo de 25 centímetros de diámetro de base. Es el más frondoso de todos los bambúes nativos de México, sus rizomas producen culmos robustos con entrenudos cortos en la base. Es una de las especies más utilizadas en el país para la construcción de viviendas y objetos. Por sus espinas presentes en todos los nodos se ha utilizado como cerca.

Guadua amplexifolia: Se caracteriza por su altura y tallos gruesos. Como todas las Guaduas es espinoso, aunque hay tallos donde no tienen espinas. Es formado por grandes grupos de tallos donde los mismos son sólidos, presentan grandes vainas de color pardo que envuelven al tallo, alcanzando hasta 25 centímetros de largo y 20 centímetros de ancho, cubiertas con un pelo rígido y fino. Esta especie de bambú es comúnmente utilizada en las vigas, techumbres, cercas en casas y como leña. En México crece en los estados de Sinaloa, Tamaulipas, Hidalgo, San Luis Potosí, Hidalgo, Veracruz, Morelos, Oaxaca, Tabasco y Chiapas.

Guadua paniculata: Presenta espinas en los nodos, lo cual hace que sea de difícil acceso para el corte. Sus rizomas paquimorfos con producción de culmos separadas es determinante en la especie de la planta, ya que no se aprecia como en las otras especies de Guaduas. Los culmos secos se utilizan para la construcción. Se le puede conocer también como Otate.

Guadua angustifolia: Se caracteriza por una banda blanca en los nodos. Es una especie nativa de América, utilizada principalmente en Colombia, Ecuador y otros países del Centro y Suramérica. Se conoce una *Guadua angustifolia* llamada bicolor, por la presencia de líneas amarillas que hacen contraste con el verde del tallo. Esta especie se encuentra en los estados de Veracruz, Jalisco y Chiapas.

Existen dos especies de *Otatea acuminata*, la cual es un bambú leñoso y endémico de México, característico por ocupar grandes superficies en donde todo el crecimiento proviene de una sola planta. La *Otatea acuminata* es la especie más utilizada por las poblaciones rurales en el país, ya que con sus tallos se construye el sistema constructivo de bahareque, el cual es principalmente utilizado en las casas tradicionales de los estados de Jalisco y Veracruz (Cortes Rodríguez, 2000).

Capítulo III. DISEÑO DE PROPUESTA DE MEJORA

3.1 Enunciado del proyecto

Con este proyecto se busca crear un modelo de vivienda emergente-transicional tomando en cuenta el bambú como principal elemento estructural y de construcción. Esto con la finalidad de obtener un modelo de vivienda emergente y versátil, con la posibilidad de construirse sobre una vivienda de un solo nivel hecha con materiales tradicionales de construcción, o en un área segura para la construcción después de una catástrofe natural. Para ello se buscaron las necesidades de una familia que habita en una vivienda de un solo nivel (las más vulnerables a pérdidas por inundaciones), con la finalidad de obtener un diseño con calidad espacial, eficiente y sustentable.

Para los elementos estructurales se buscó que las dimensiones fueran adecuadas para su transporte, como para su uso en la construcción. A su vez, se buscó la utilización de eco técnicas (baño seco dependiendo del desplante), para aumentar la sustentabilidad e higiene importantes ante estas situaciones.

3.2 Objetivos y alcances del Proyecto

Los alcances propuestos para el curso Primavera 2017 del PAP del Tecnología Apropriada Para la Generación de Sistemas Constructivos se concentran principalmente en 2 puntos principales.

El primer punto, se diseñarán modelos de estructuras de bambú que den una posible solución a una vivienda emergente-transicional, tomando como referencia proyectos que hayan abordado esta problemática. Con base a lo anterior se generarán propuestas de uniones y amarres entre elementos, los cuales serán sometidos a diferentes esfuerzos. Esto además de obtener un acercamiento de primera mano de las propiedades físicas y mecánicas del material, generará una noción sobre la versatilidad y calidad de dicho material desde la forma de trabajarlo, el resultado obtenido de la construcción realizada por personas sin experiencia trabajando dicho material, el costo y disponibilidad del material en la región y el tiempo requerido para su obtención o fabricación (tratamiento para su uso constructivo).

El segundo punto, con base a los conocimientos y experiencias del material, se diseñará un modelo de vivienda que cumpla con los principales requerimientos de la población de San Patricio Melaque en Cihuatlán Jalisco, en caso de suceder otro desastre natural. Promediando las necesidades de las familias y pobladores, así como generar las condiciones que debe de cumplir un refugio, tal como la protección de las condiciones meteorológicas, garantizando seguridad tanto para los usuarios como para sus bienes materiales y suministros alimenticios. Dependiendo del avance o características del producto, podría proponerse la implementación de ecotecnicas para la captación de agua pluvial, el uso de baños secos o el aprovechamiento de las energías eólicas y solares a nivel vivienda.

3.3 Metodología

Previo a la proyección y propuesta, para abordar la problemática se generará un sistema de preguntas de carácter descriptivo, que ayudaran a dar una dirección al análisis. Este sistema de preguntas está enfocado a cuatro ejes principales:

- Ambiental sustentable.
- Social cultural.
- Técnico constructivo.
- Económico y financiero.

Se recabará información tanto cualitativa como cuantitativa de las investigaciones. En base a las respuestas generadas de las preguntas se comenzará a resolver los problemas, partiendo de bases bibliográficas, manuales de construcción con bambú y antecedentes históricos, con la finalidad de tener información necesaria para la toma de decisiones y obtener una justificación valida y sustentada.

3.4 Cronograma o plan de trabajo

Para el desarrollo de este proyecto y otras actividades extracurriculares del mismo PAP, el plan de trabajo se divide en 4 etapas principales, las cuales engloban puntos fundamentales para una aproximación de uso del material. De esta manera se prevé dar una solución adecuada al

problema planteado sobre la propuesta de una vivienda emergente-transicional para el poblado de San Patricio Melaque Jalisco.

Estas etapas representaran un proceso de aprendizaje, las cuales aportarán con las herramientas e información suficiente para la toma de decisiones de una forma lógica a la propuesta, sin embargo, a pesar de que las actividades se pretenden llevar a cabo de una manera cronológica lineal, es probable que en algunas etapas del desarrollo del proyecto, este salte o retorne a etapas anteriores en busca de un replanteamiento del proceso.

Etapa 1: Investigación del bambú como material de construcción y soluciones de viviendas emergentes construidas con este material.

Esto servirá como introducción al tema y conocimiento del material desde una perspectiva técnica para el manejo del bambú; se dará inicio al desarrollo del proyecto analizando a profundidad todo lo referente al material y su uso en la construcción. A su vez, se analizarán las opciones de viviendas emergentes construidas con este material y en condiciones similares al sitio donde se está proponiendo con la finalidad de observar los aciertos y posibles mejoras en los sistemas constructivos.

Esto ayudará para que el desarrollo de propuestas sea coherente en la etapa de proyección, para que cualquier boceto conceptual tenga una noción de escalas, dimensiones y elementos los cuales presenten una razón útil y sustentada.

Etapa 2: Pruebas de material y actividades extracurriculares.

Teniendo una noción técnica de lo que es el material en cuanto a lo que se puede llegar a hacer con el mismo y características mecánicas promedio en diferentes condiciones, se experimentara en primera persona su uso y sus características en cuanto al manejo del mismo como elemento constructivo. Para ello se harán cortes especiales y amarres para medir sus propiedades mecánicas, con la finalidad de conocer las limitantes de un usuario en un primer acercamiento con el mismo. Lo cual aportará al conocimiento de las habilidades y herramientas mínimas que serán necesarias para la construcción de los elementos propuestos.

Como primera actividad extracurricular está, se llevó a cabo la construcción de un elemento estructural hecho con los materiales trabajados en este PAP (bambú, madera, tierra y desechos). El cual a cada cierta distancia hace un cambio de material (cada equipo es encargado de diseñar en un material y construir el proyecto de otro), dicho elemento deberá de auto portarse y soportar una carga externa 2kg en cada uno de sus extremos de manera aleatoria. Esta actividad además de servir para relacionar todos los equipos del PAP, tiene como finalidad la comunicación gráfica para que una tercera persona pueda hacer la propuesta sin necesidad de que el responsable del proyecto esté presente. Lo cual mejoró la comunicación gráfica en la propuesta en caso de observar deficiencias en este trabajo.

Una segunda actividad es la colaboración con la universidad de Surrey, el cual consistió en el diseño de una estructura metálica con las características y limitantes de elementos que el proyecto indique, y a su vez, de su parte nos diseñaron una estructura de bambú con las características y limitantes de elementos que les indicamos. Los equipos al ser de diferentes nacionalidades tienen diferentes formas de comunicación, pensamiento y trabajo, lo cual sirvió para el desarrollo de habilidades y destrezas en ambos equipos, para la obtención del resultado propuesto esperado.

Etapa 3: Generación de la propuesta arquitectónica, técnica y estructural.

Se pretende que cada integrante del equipo bajo un mismo concepto de vivienda genere una solución desde su perspectiva y especialidad. De esta manera existirán cuestionamientos entre las propuestas y resolviendo los problemas planteados donde todos los integrantes converjan, afortunadamente hay integrantes tanto de ingeniería civil como de arquitectura, por lo que se espera obtener una aproximación con cualidades tanto arquitectónicas como estructurales y constructivas.

Etapa 4: Representación de la propuesta.

Esta etapa considera tanto la generación de planos constructivos, laminas, análisis estructurales y económicos, con la finalidad de tener todos los elementos necesarios para que el proyecto sea integral y pueda ser interpretado por personas ajenas a la especialidad. Por cuestiones de tiempo, solo se plantea llegar al diseño de la propuesta fundamentada con todos los elementos técnicos abordados en el desarrollo de la misma, sin embargo, se pretende que el proyecto no solo

sea un modelo de vivienda emergente y quede catalogado como una propuesta más, sino también con la posibilidad de construirse en una escala 1:1. Esto con la finalidad de que las próximas generaciones que planteen un proyecto de vivienda emergente-transicional de bambú, puedan criticar, mejorar o reinventar esta propuesta, con la posibilidad de concluir si este modelo es viable como se planteó.

A continuación, se muestra a manera de grafico las actividades a realizar a lo largo del curso. Se debe de tomar en cuenta que esto es un supuesto y por lo tanto puede existir modificaciones en la realización de las actividades.

Mes	Febrero				Marzo				Abril				Mayo	
Semana	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2
Actividad														
Elección del material	■													
Elección del contexto		■												
Definición del problema			■											
Elaboración del protocolo y revisión			■	■										
Elaboración de propuestas				■	■									
Pruebas del material en base a las propuestas					■	■								
Entrega y construcción de proyecto grupal						■	■							
Pruebas del proyecto grupal						■	■							
Contextualización del material/población						■	■							
Elaboración del proyecto en planos constructivos							■	■						
Revisión estructural								■	■					
Resultados actividad Surey									■	■				
Pre entrega									■	■				
Corrección del proyecto										■	■			
Correcciones de reporte PAP												■	■	
Entrega del reporte PAP													■	■
Presentación del reporte PAP														■

Capítulo IV. DESARROLLO DE PROPUESTA DE MEJORA

4.1 Memoria Descriptiva del Proyecto

Propuesta para el proyecto de vivienda emergente-transicional de bambú.

San Patricio (Melaque), Jalisco, México.

Propuesta para una familia de 2-4 integrantes en viviendas pérdidas de 1 nivel.



San Patricio se localiza en el municipio de Cihuatlán en la región suroeste del estado de Jalisco. Al ser un poblado dentro del municipio de Cihuatlán no tiene una extensión territorial definida (registrada), tiene 6,351 habitantes, 3079 hombres y 3272 mujeres (IIEG, 2016).

El territorio que ocupa este poblado es llano. Está situado en "latitud 19°13'31"N, longitud 104°42'04"O, con una mediana altura de 10 metros sobre el nivel del mar" (Gobierno del estado de Jalisco, 2013).

El clima de la región es clasificado como tropical, teniendo precipitaciones en verano con una media aproximada de 872mm anuales. La temperatura promedio es de 26.4°C, siendo agosto el mes más caluroso y febrero el mes más frío. Los vientos dominantes son en dirección de norte a sur. Al ser una región costera, no se han registrado heladas (INEGI, 2009).

La composición de los suelos a nivel municipal (Cihuatlán), pertenecen al tipo de Regosol, Cambisol y Leysol eutrítico como dominantes. Tiene 41,400 hectáreas de bosques donde predominan especies de pino, encino, oyamel, caoba, nogal y cedro principalmente. La flora consiste en tules, lirios, verdolagas, palmeras, flor de pato, guamúchil, mango y plantas tropicales. Sus recursos minerales son los yacimientos de oro, hierro, cobre, níquel y sílice. Los usos del suelo son utilizados principalmente para la agricultura y la ganadería. Los giros comerciales predominantes son la venta de productos de primera necesidad y comercios mixtos donde se venden en pequeña escala artículos diversos. Se prestan servicios turísticos, financieros, técnicos, sociales, personales y de mantenimiento (Gobierno del estado de Jalisco, 2013).

En el tema de la vivienda en San Patricio (Melaque) hay un total de 1566 viviendas, de las cuales 48 tienen piso de tierra y 192 consisten de una sola habitación. La mayoría de las viviendas cuenta con servicios de agua, drenaje y electricidad. El tipo de construcción predominante en la región son muros de ladrillo o block, con techumbres de bóveda (de cuña, con aligerantes o llena), lámina galvanizada, teja u hoja de palma dependiendo del tipo de vivienda. El poblado ofrece a sus habitantes los servicios de agua potable, alcantarillado, alumbrado público, seguridad pública y plazas o jardines (IIEG, 2016).

Propuesta

La propuesta de vivienda que tenemos para este proyecto fue pensada de manera modular, por lo tanto, tenemos dos tipos de viviendas, la doble y la sencilla, en la doble está pensada para que sea habitada por 4 o 8 y la sencilla de 2 a 4 personas.

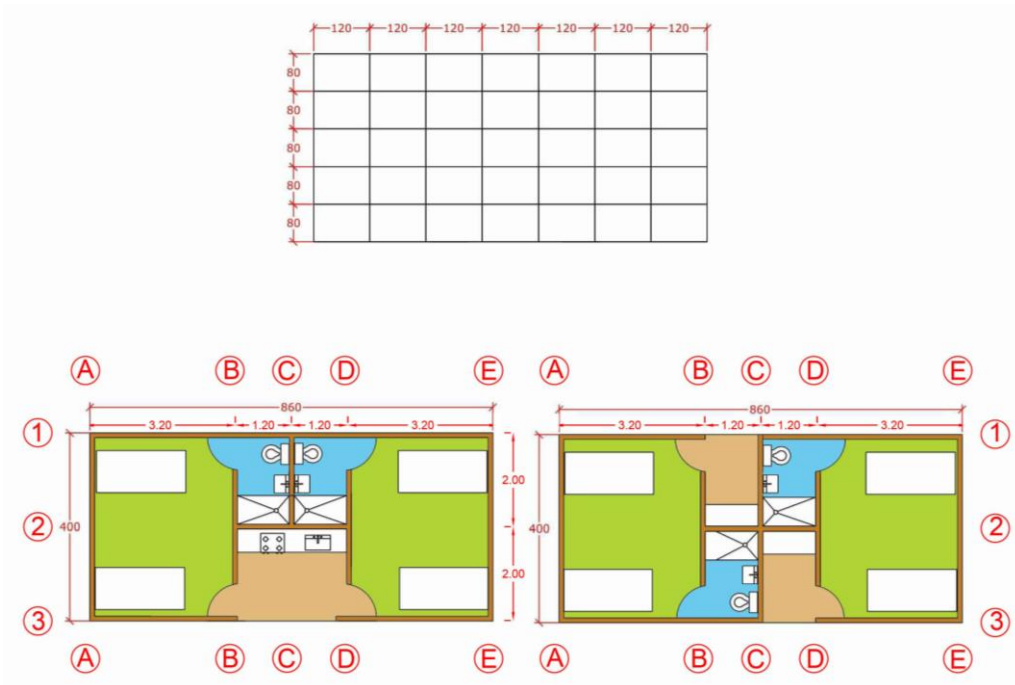
La modulación de la vivienda va en base a las dimensiones de los pallets de madera (que funcionan como losa de entrepiso) estos pallets tienen una dimensión de 80 cm por 1.20m.

En la vivienda doble tenemos una modulación de 7x5 pallets que nos da una cantidad de 35 pallets, esta abarca un área de 33.6m², esta vivienda cuenta con los servicios básicos, como cocineta, área de dormir y baño seco, dejando ese servicio en el área de en medio para aprovechar los lados para el área de cuartos o zona de estar.

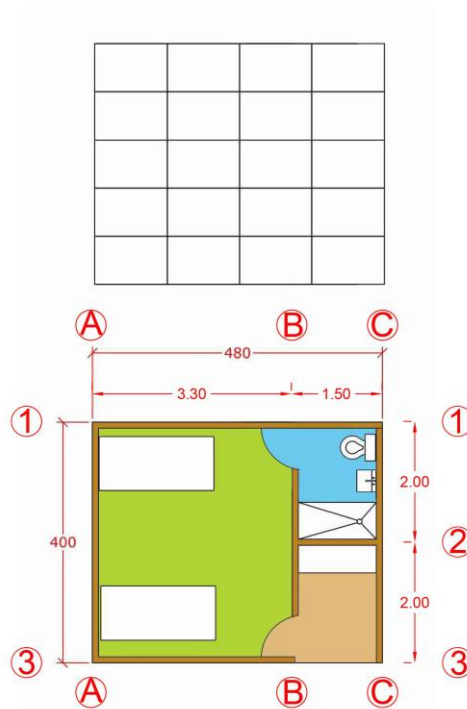
En la vivienda Sencilla tiene una modulación de 4x5 pallets que nos da una cantidad de 20 pallets, esta abarca un área de 19.2 m² al igual que la otra esta también cuenta con los mismos servicios que son cocineta área de dormir y baño seco.

Si bien, estas medidas no cubren los 38 metros cuadrados de vivienda social mínima que maneja el Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores (INFONAVIT) (Araly Castañón, 2013). Si cubre las dimensiones mínimas para una vivienda emergente de 3.5 metros cuadrados de techumbre por persona de acuerdo a la Federación Internacional de Sociedades de la Cruz Roja y la Media Luna Roja, siendo de 14 metros cuadrados en la vivienda de 4 personas y de 28 metros cuadrados para la vivienda de 8 personas (International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies, 2017).

Al ser esta una vivienda modular, nos facilita las dimensiones y los espacios adecuados para lograr un buen orden en distribución de área, además esta facilita de mucho a la hora de la construcción de la vivienda ya que solo hay que repetir los pasos de construcción de cada módulo, por lo que se puede ir construyendo poco a poco o hacer una ampliación de la vivienda en caso de ser necesario.

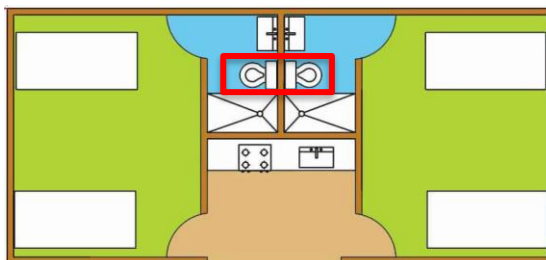


Planta y modulación de la vivienda doble.

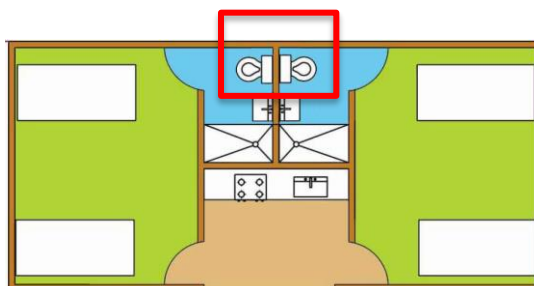


Planta y modulación de la vivienda sencilla.

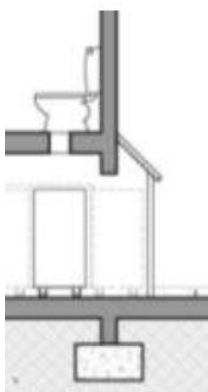
Para que el uso del baño seco con separación de orina sea implementado con un contenedor (tambo de 200litros), es indispensable localizar el inodoro cerca de un área donde dicho contenedor pueda retirarse.



Esta distribución no es adecuada, ya que impide o dificulta la instalación y tratamiento de un baño seco.

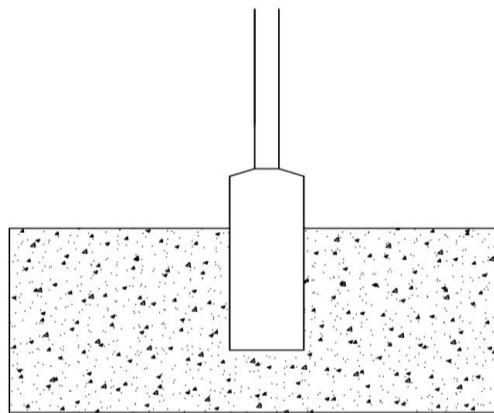


Esta distribución es la adecuada para este fin.

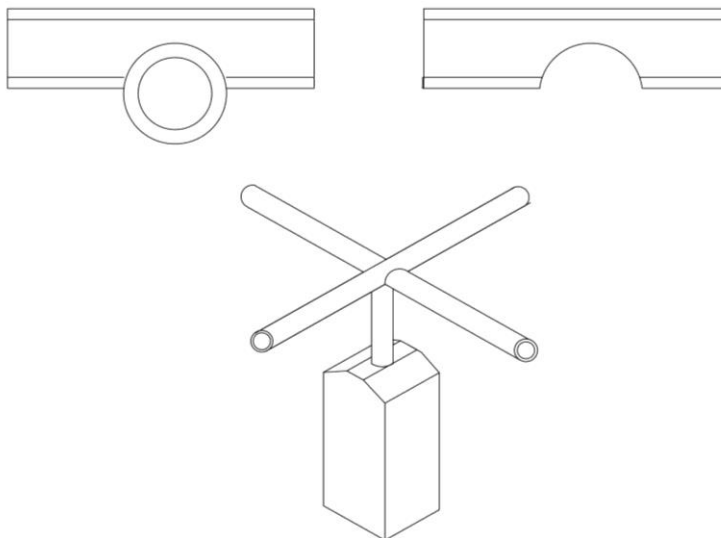


Sección de un baño seco con separación de orina. Fuente: [Instituto Nacional de Tecnología Industrial 2016]. (Buenos Aires). Sistemas de Saneamiento Seco con Separación de Orina (Baño Seco)

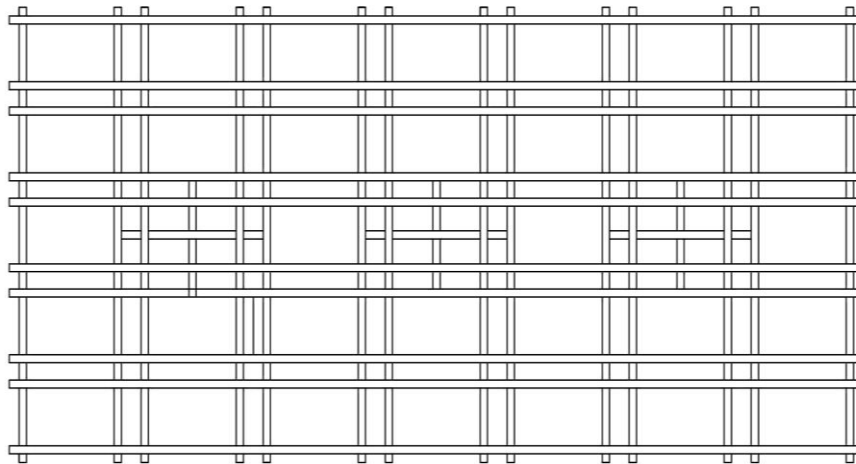
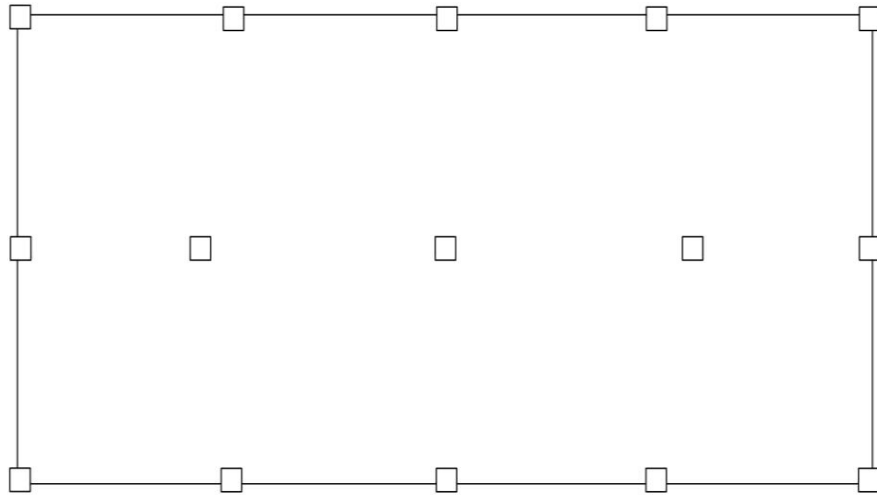
La cimentación de esta propuesta consta de dados de concreto con dimensiones de 30cm x 30cm que sostienen cada una de las columnas de bambú, así como la de los apoyos del centro para darle más rigidez a la estructura.



Detalle de cimentación.

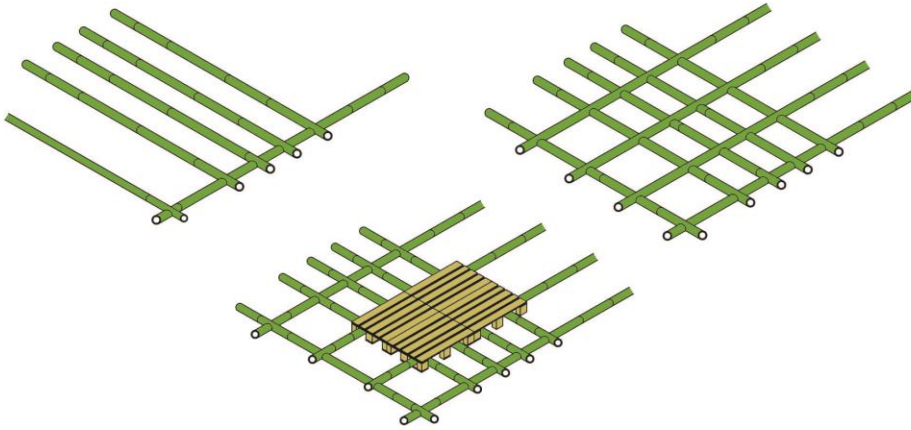


Detalle de apoyos centrales.



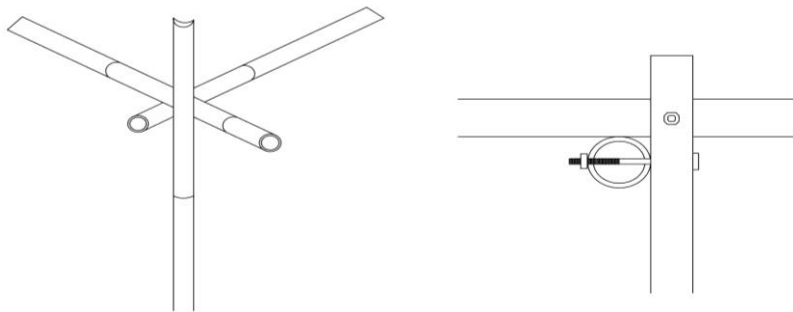
Planta de cimentación y planta de vigas de bambú en losa.

La losa consta de una rejilla de bambúes que se ensamblan unos con otros ambos teniendo el apoyo de ellos en los costados de todo el perímetro de la vivienda, una vez que los bambúes se ensamblan arriba de ellos se colocan los pallets de madera y se clavan unos con otros para tener más rigidez y estabilidad en la losa, al tener bambúes con un claro amplio se optó por colocar 3 apoyos en el centro que ayudan a la rigidez de la estructura y evita alguna falla a flexión por parte de los bambúes que van en sentido longitudinal.



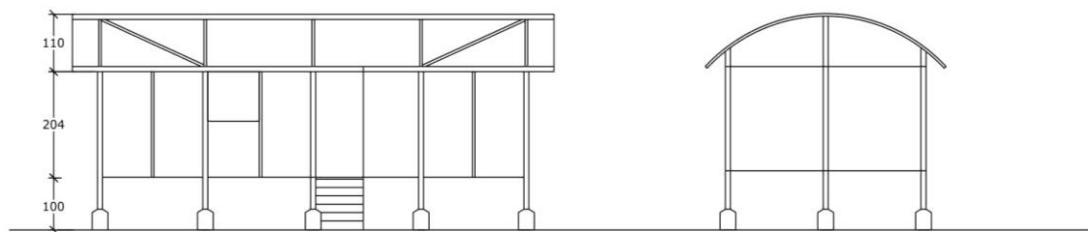
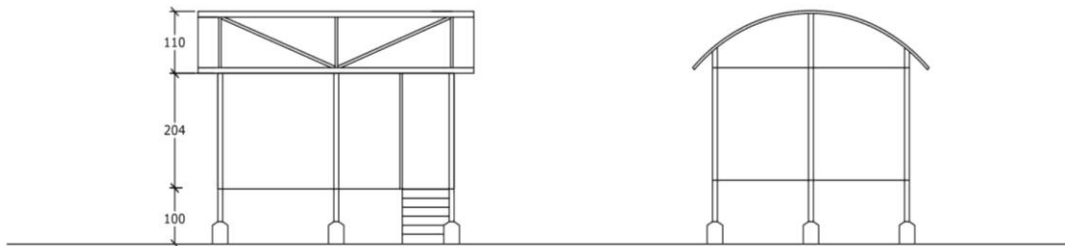
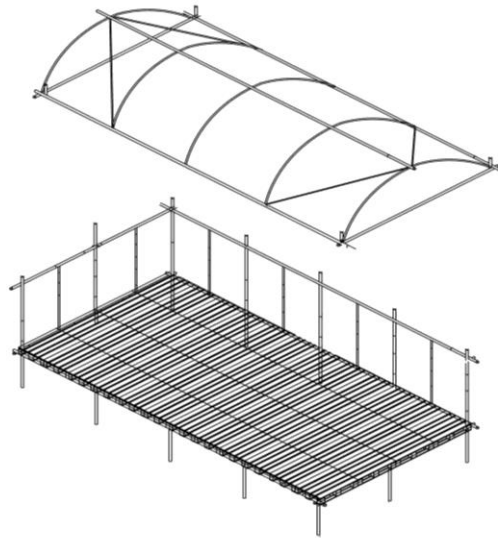
Proceso de montaje de losa.

Las conexiones de la propuesta son de la siguiente manera, la primera que tenemos son ensamblajes en la parte de la losa, de tal manera que uno se apoya en el otro, logrando una buena rigidez y el otro tipo de bambú que están en las esquinas son hechos con pernos que atraviesan dos bambús haciendo una unión fuerte en cada una de ellas y por último se refuerza con tiras de cámara de llanta que amarran las esquinas para darle una mayor garantía a la estructura.



Detalle de conexión en esquinas.

La cubierta de este proyecto consta de elementos curvados de bambú con dimensiones de 2 pulgadas aproximadamente que forma un techo curvo a dos aguas que se sostiene por las columnas del mismo, teniendo 4 elementos más de que sirven como refuerzos a compresión en la cubierta, 2 de cada lado de la vivienda, por último, se coloca una lona especial para cubrir el claro del techo, esta es fijada a base de amarres con hilaza a los bambúes.



La ventilación del proyecto es muy buena ya que siendo esta una vivienda modular se puede jugar con el acomodo de las ventanas que el usuario quiera teniendo vientos que ingresan en todos los sentidos, sur este oeste y norte, y tiene la ventaja de que la cubierta de igual manera tiene una entrada de aire, así mismo la iluminación natural es muy buena por las mismas razones de tener ventanas en todas las fachadas por lo que es innecesario la iluminación artificial en el día.



4.2 Proyecto Estructural

Análisis de cargas

a- PESOS UNITARIOS

Pallets 20 kg/m²

Bambú 2.15 kg/ml

b- CARGA MUERTA

Concepto	peso	cantidad	Peso/m ² (kg)
Pallets	20	1	20
Bambú	2.15	8	<u>17.2</u>
			37.2 kg/m ²

c- CARGA VIVA = 190 kg/m² entrepiso
= 40 kg/m² azotea

Área total de azotea = 19.2 m²

Área*Cv = 768 kg ; se divide en 4 elementos = 192 kg

Esta carga es el total que carga cada viga secundaria y se divide entre los metros de la misma más el peso propio del bambú para obtener la carga distribuida:

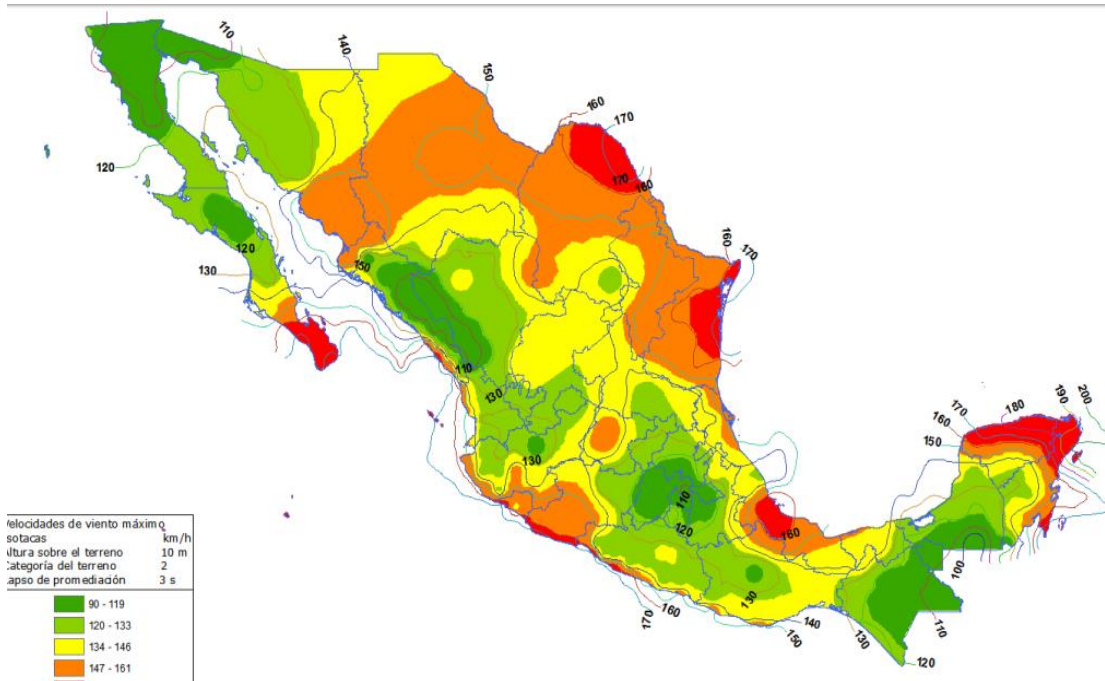
$(192 / 4.8) + 2.15 = 42.15 \text{ kg/ml}$

Carga total del entrepiso = 227.2 kg/m²

Carga total de azotea = 40 kg/m²

Diseño por viento

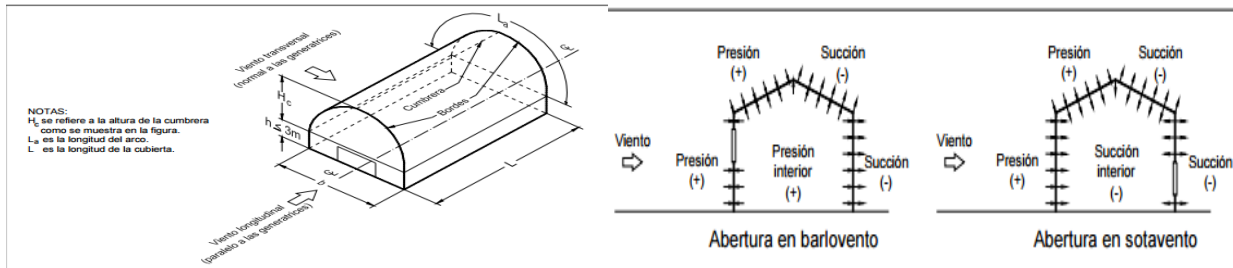
La localidad en la cual vamos a intervenir se localiza en la costa de Jalisco. Siguiendo el mapa de Isotacas con un periodo de retorno de 50 años del manual de diseño por viento de la CFE obtenemos una velocidad regional de 155 km/h.



El terreno donde se encuentra la localidad se clasifica como terreno 1 según el manual.

Cat.	Descripción	Ejemplos	Limitaciones
1	Terreno abierto, prácticamente plano, sin obstrucciones y superficies de agua	Franjas costeras planas, zonas de pantanos o de lagos, campos aéreos, pastizales y tierras de cultivo sin setos o bardas alrededor, superficies nevadas planas.	La longitud mínima de este tipo de terreno en la dirección del viento debe ser de 2000 m o 10 veces la altura de la construcción por diseñar, la que sea mayor.

Después de obtener los datos de la localidad se procedió a diseñar según el reglamento de la CFE del 2008.



Cálculo

DATOS DEL LUGAR			
terreno	alpha	delta	c
	1.00	0.10	245.00
velocidad regional	V_r	155.00	km/h
factor de exposicion	F_r	1.14	n/a
factor de topografía	F_t	1.00	n/a
presion	760.00	mm de Hg	
temperatura	26.20	°C	
PRESION DINAMICA DE BASE			
velocidad de diseño	V_d	176.24	km/h
factor por temperatura	G	1.00	n/a
presion de base	q_z	148.44	kg/m ²

$$V_D = F_T F_r V_R$$

$$G = \frac{0.392 \Omega}{273 + \tau}$$

COEFICIENTES DE PRESION (Cp)		
paredes		
barlovento	0.8	frente
sotavento	0.5	atrás
cubierta		
paralelo	0.4	frente
normal	0.4	lado
PRESION EXTERIOR (Pe)		
factor tamaño de area	Ka	1.00
factor local	Kl	1.00
paredes		
barlovento	118.76	kg/m2
sotavento	74.22	kg/m2
cubierta		
de frente	59.38	kg/m2
de lado	59.38	kg/m2

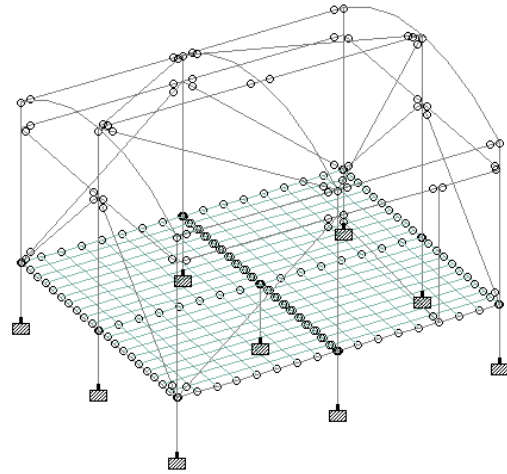
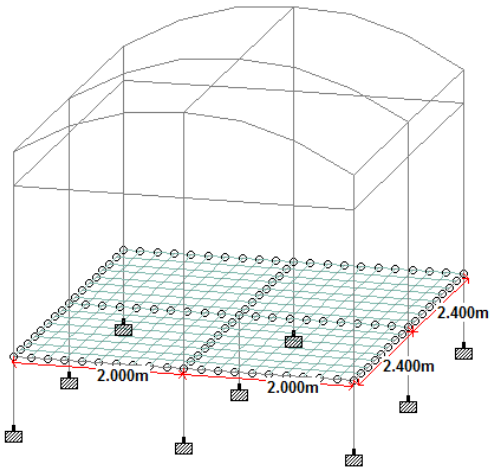
$$q_z = 0.047 G V_D^2$$

$$q_z = 0.0048 G V_D^2 \text{ (en kg/m}^2\text{)}$$

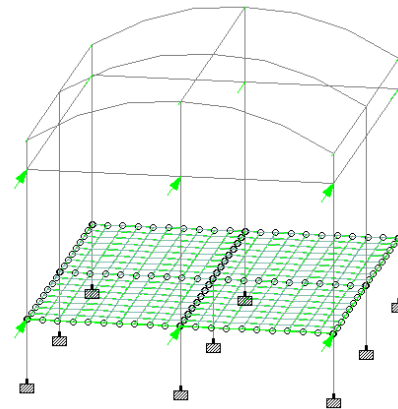
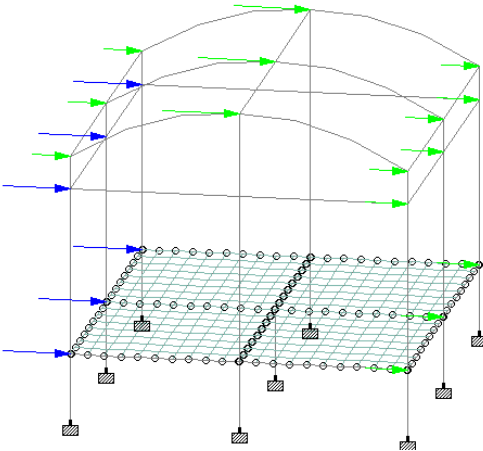
$$p_e = C_{pe} K_A K_L q_z$$

Cálculo de esfuerzos en STAAD

Se modelo la estructura en el programa y se le agregaron las cargas muertas y vivas. A la estructura propuesta por los arquitectos se le agregaron contravientos tanto en la cubierta como en los muros. Ya que las uniones de bambú hacen que los elementos trabajen como simplemente apoyados y sin los contravientos la estructura no resistiría. Con el fin ilustrativo solo se agregó una imagen de la estructura real calculada y todas las demás son de la estructura sin contravientos para facilitar la comprensión del lector.



Posteriormente se metieron los datos de las cargas por viento. Para esto se sacó la fuerza total que pegaba en cada cara y se dividió equitativamente en los nodos que están presentes en cada cara como carga puntual. Se realizó un análisis diferente para los 2 sentidos de la estructura.



Combinaciones de carga usadas:

- 1.2 CM + 1.6 CV
- 0.9 CM + 1.3 Vx
- 0.9 CM - 1.3 Vx
- 0.9 CM + 1.3 Vz
- 0.9 CM - 1.3 Vz

Estas combinaciones se propusieron de acuerdo a las recomendaciones del LRFD.

Programa para diseño de elementos

Se introdujeron una serie de comandos en el programa MATLAB con el fin de diseñar los elementos estructurales de bambú. Las fórmulas para el diseño se obtuvieron de la revista “The Structural Engineer” volumen 95, inciso 3.

Se realizaron 3 programas diferentes. El primero para revisar elementos a flexión que en este caso son los elementos del entrepiso y de la cubierta. En este programa se revisa la flexión, así como el cortante y la deformación.

%%--miembros a flexión (vigas)

```

q=0.3; % kg/cm (carga distribuida de viga)
Mact=750; % kg*cm (momento actuante)
Vact= 30; % kg (cortante actuante)
D=1; % cm (diámetro exterior)
t=0.8; % cm (espesor de pared)
L=200; % cm (longitud de elemento)
Xf=1000; % kg/cm2 (resistencia a flexión)
Xv=50; % kg/cm2 (resistencia a cortante)
E=152957; % kg/cm2 (modulo de elasticidad)
Kmod=1.05;
Ksys=1.1;
Ym=1.5;
Xmd=Kmod*Ksys*Xf/Ym;
Selastic=pi*(D^4-(D-2*t)^4)/(32*D);
Mdis=Xmd*Selastic;
Kcr=0.5;
Vdis=Xv*Kcr*(3*pi*t*(D^4-(D-2*t)^4))/(8*(D^3-(D-2*t)^3));

while Mdis < Mact
    D=D+0.5;
    Kmod=1.05;
    Ksys=1.1;
    Ym=1.5;
    Xmd=Kmod*Ksys*Xf/Ym;
    Selastic=pi*(D^4-(D-2*t)^4)/(32*D);
    Mdis=Xmd*Selastic;
    while Vdis < Vact
        D=D+0.5;
        Kcr=0.5;
        Vdis=Xv*Kcr*(3*pi*t*(D^4-(D-2*t)^4))/(8*(D^3-(D-2*t)^3));
    end
end
end

```

```

while Vdis < Vact
    D=D+0.5;
    Kcr=0.5;
    Vdis=Xv*Kcr*(3*pi*t*(D^4-(D-2*t)^4))/(8*(D^3-(D-2*t)^3));
end
Kmod=1.05;
Ksys=1.1;
Ym=1.5;
Xmd=Kmod*Ksys*Xf/Ym;
Selastic=pi*(D^4-(D-2*t)^4)/(32*D);
Mdis=Xmd*Selastic;
Kcr=0.5;
Vdis=Xv*Kcr*(3*pi*t*(D^4-(D-2*t)^4))/(8*(D^3-(D-2*t)^3));
A=(pi/4)*(D^2-(D-2*t)^2);

I=pi*(D^4-(D-2*t)^4)/64;
def=5/384*q*(L^4)/(E*I);
defpermissible=L/240;

disp('el diámetro optimo con ese espesor es (cm)')
D
disp('o usar una sección con área mayor a (cm^2)')
A
Mdis
Vdis
def

if Mdis>Mact
    disp('si pasa por flexión')
else
    disp('no pasa por flexión')
end
if Vdis>Vact
    disp('si pasa por cortante')
else
    disp('no pasa por cortante')
end
if def<defpermissible
    disp('si pasa por deformaciones')
else
    disp('no pasa por deformaciones')
end
end

```


Este programa primero revisa la flexión y el cortante. Se propone un diámetro y un espesor de elemento. Si el elemento no pasa con el área transversal que tiene el programa va analizando diámetros más grandes de medio en medio cm. Una vez que llego al diámetro mínimo con el que pasa el elemento vuelve a hacer un análisis completo con ese diámetro.

El segundo programa analiza elementos en flexo compresión. Estos elementos son las columnas.

```
%%-- FLEXOCOMPRESION
L=250; % cm (longitud elemento)
D=6; % cm (diámetro)
t=0.8; % cm (espesor bambú)
k=1; % s/u (coeficiente de longitud efectiva)
Xc=1200; % kg/cm2 (resistencia a compresión)
E=152957; % kg/cm2 (modulo elástico)
E5=130000; % kg/cm2 (modulo elástico 5%)
Ye=1.5; % s/u (factor de seguridad)
Cact=200; % kg (carga que recibe el elemento)
Mact=750; % kg*cm (momento actuante)
Xf=1000; % kg/cm2 (resistencia a flexión)
% análisis compresión
A=(pi/4)*(D^2-(D-2*t)^2);
I=pi*(D^4-(D-2*t)^4)/64;
Le=L*k;
r=sqrt(0.9*I/A);
esbeltez=Le/r
Ck=pi*sqrt(E5/(Ye*Xc));
if esbeltez>150
    disp('ERROR esbeltez mayor a 150')
end
if esbeltez<30
    Frc=Xc*A
elseif (30<esbeltez)&&(esbeltez<Ck)
    Frc=A*Xc*(1-(2/5)*(esbeltez/Ck)^3)
elseif (Ck<esbeltez)&&(esbeltez<150)
    Frc=pi^2*A*E5/(Ye*esbeltez^2)
else
    disp('ERROR')
end
% análisis flexión
Kmod=1.05;
Ksys=1.1;
```

```

Ym=1.5;
Xmd=Kmod*Ksys*Xf/Ym;
Selastic=pi*(D^4-(D-2*t)^4)/(32*D);
Mdis=Xmd*Selastic
% análisis flexo compresión
Ne=pi^2*E*I/L^2;
FC=Cact/Frc+(Mact/(Mdis*(1-1.5*Cact/Ne)))
if Mdis>Mact
    disp('si pasa por flexion')
else
    disp('no pasa por flexion')
end
if Cact>Frc
    disp('no pasa por compresion')
else
    disp('si pasa por compresion')
end
if FC<1
    disp('si pasa por flexocompresion')
else
    disp('no pasa por flexocompresion')
end

```

Primero revisa el elemento a compresión y luego a flexión. Después hace una relación de los 2 esfuerzos en el cual la relación debe ser menor a 1. Este programa no propone diámetros, pero te dice si paso o no paso por cada solicitud. Hay que estar cambiando manualmente el diámetro y el espesor hasta que se encuentra la sección óptima.

El tercer programa revisa elementos en pura compresión y tensión. Estos elementos son los contravientos y estos solo trabajan a tensión o compresión.

```

%%- Para análisis a compresión y tensión (diagonales)
Fa=400; % kg (fuerza actuante)
L=250; % cm (longitud elemento)
D=5.8; % cm (diámetro)
t=0.8; % cm (espesor bambú)
k=1; % s/u (coeficiente de longitud efectiva)
Xc=1200; % kg/cm2 (resistencia a compresión)
E5=130000; % kg/cm2 (modulo elástico 5%)
Ye=1.5; % s/u (factor de seguridad)
A=(pi/4)*(D^2-(D-2*t)^2)
I=pi*(D^4-(D-2*t)^4)/64

```

```

Le=L*k;
r=sqrt(0.9*I/A)
esbeltez=Le/r
Ck=pi*sqrt(E5/(Ye*Xc))
if esbeltez<30
    Fr=Xc*A
elseif (30<esbeltez)&&(esbeltez<Ck)
    Fr=A*Xc*(1-(2/5)*(esbeltez/Ck)^3)
elseif (Ck<esbeltez)&&(esbeltez<150)
    Fr=pi^2*A*E5/(Ye*esbeltez^2)
else
    disp('ERROR')
end
if Fa>Fr
    disp('no pasa')
else
    disp('si pasa')
end

```

Al igual que los otros programas al final te dice si el elemento pasó o no paso y hay que cambiar manualmente el diámetro hasta encontrar la sección óptima.

Resultados

Se hicieron unas tablas en Excel en las cuales se vaciaron todos los datos del análisis estructural proporcionado por el programa STAAD. En las tablas solo se metieron los datos que se necesitan para el cálculo de cada tipo de elemento.

Estos datos se metieron en los respectivos programas de MATLAB y nos dio un resultado para cada elemento. Para el diseño se consideró un espesor de 1cm para toda la estructura y en base a este espesor y las cargas actuantes el programa nos dice que diámetro se necesita para que la sección pase. Se agregó en la tabla de cada elemento el espesor óptimo arrojado por los diseños estructurales.

Columnas

En la siguiente tabla están los resultados del análisis de las columnas. Los elementos llamados “C-#b” son las columnas de las bases y los “C-#” son las columnas de los muros. Se quiso

hacer un análisis por separado de estas ya que las bases están mucho más cargadas y por ende tienen diámetros mayores. En caso de que se quisiera dejar como un solo elemento se debe usar el diámetro mayor.

En las columnas cortas la sollicitación más importante era la de cortante. Mientras que en las columnas de los muros la parte más crítica en unos casos era la esbeltez y en otros casos era la flexo-compresión.

COLUMNAS (flexo-compresión)						
Elemento	L (cm)	Mz (kn*m)	Mact (kg*cm)	Fy (cortante)	Fx (comp.)	D optimo (cm)
C-1b	80.00	1.09	11115.00	267.00	863.00	8.00
C-2b	80.00	1.15	11727.00	286.00	1108.00	8.50
C-3b	80.00	1.13	11523.00	279.00	868.00	8.50
C-4b	80.00	1.10	11217.00	266.00	837.00	8.00
C-5b	80.00	1.10	11217.00	267.00	821.00	8.00
C-6b	80.00	1.17	11930.00	293.00	847.00	8.50
C-7b	80.00	1.10	11217.00	267.00	815.00	8.00
C-8b	80.00	1.06	10809.00	258.00	841.00	8.00
C-1	200.00	0.29	2967.00	25.00	80.00	5.00
C-2	200.00	0.29	2937.00	23.00	415.00	6.00
C-3	200.00	0.28	2886.00	23.00	80.00	5.00
C-4	200.00	0.86	8749.00	80.00	102.00	6.50
C-5	200.00	0.31	3120.00	26.00	80.00	5.00
C-6	200.00	0.30	3008.00	23.00	84.00	5.00
C-7	200.00	0.30	3100.00	26.00	79.00	5.00
C-8	200.00	1.25	12746.00	117.00	103.00	6.50

Vigas de entrepiso

Para estos elementos se hizo un análisis simple en lugar de extraer los datos del STAAD. El programa daba resultados extraños por la forma en la que está conformado el piso y por eso se optó por hacerlo a mano. Los resultados del análisis se metieron en el programa de MATLAB al igual que los demás elementos. En la tabla los elementos llamados "Vep-#" son las vigas de entrepiso principales las cuales cargan el peso completo del entrepiso. Las vigas "Ves-#" son las vigas de entrepiso secundarias que se encargan de recibir y repartir la carga a las principales.

En estos elementos la parte más crítica fue la deformación. Hubieran podido pasar con diámetros muchos menores sino fuera por el análisis de la deformación. Habrá que revisar si los diámetros que se necesitan caben por los huecos de las tarimas que se tengan. Si se agregan elementos de madera transversales en la losa se reducen los claros y los diámetros serían mucho menores. Estos elementos pudieran ser del mismo bambú también.

VIGAS DE ENTREPISO								
Elemento	Kg/m2 piso	A tribut.	P dist (kg/m)	L (cm)	P dist (kg/cm)	Mact (kg*cm)	Fy (cortante)	D optimo (cm)
Vep-1	227.20	1.20	113.60	240.00	1.14	8179.20	136.32	9.5
Vep-2	227.20	1.20	136.32	200.00	1.36	6816.00	136.32	8.5
Ves-1	113.60	0.20	22.72	240.00	0.23	1635.84	27.26	6
Ves-2	113.60	0.30	34.08	200.00	0.34	1704.00	34.08	5.5

“Cerramientos” en muros

Estas vigas son las horizontales que se encuentran en la parte superior de los muros. En los elementos de 2 metros rige la compresión mientras que en los elementos de 2.4 metros rige la esbeltez.

HORIZONTALES SUPERIORES (comp. Y tens.)				
Elemento	L c(m)	Fc (kg)	Ft (kg)	D optimo
V-1	2.40	344.00	343.00	6.00
V-2	2.40	262.00	261.00	6.00
V-3	2.00	696.00	697.00	6.00
V-4	2.00	791.00	790.00	6.00
V-5	2.40	272.00	272.00	6.00
V-6	2.40	348.00	347.00	6.00
V-7	2.00	789.00	788.00	6.00
V-8	2.00	696.00	695.00	6.00

Contravientos

Estos elementos son todas las diagonales de la estructura. La nomenclatura de estos elementos es la siguiente: “D” = diagonal, “t” o “c” = techo o cara y la última letra dice la parte de la casa = frontal, posterior, izquierda, derecha.

Estos elementos trabajan tanto en tensión como en compresión dependiendo de la dirección del viento. El bambú es muy resistente a tensión por lo que en ningún caso rigió este esfuerzo. En los contravientos de las caras de 2 m rigió la compresión ya que este esfuerzo era muy grande. En todos los demás elementos rigió la esbeltez ya que los esfuerzos no eran tan grandes pero los claros sí.

DIAGONALES (compresión y tensión)				
Elemento	L c(m)	Fc (kg)	Ft (kg)	D optimo
Dtd-1	318.00	286.00	316.00	7.50
Dtd-2	318.00	342.00	342.00	7.50
Dti-1	318.00	283.00	323.00	7.50
Dti-2	318.00	339.00	339.00	7.50
Dcf-1	312.00	659.00	679.00	7.50
Dcf-2	250.00	299.00	326.00	6.00
Dcp-1	312.00	469.00	464.00	7.50
Dcp-2	312.00	471.00	465.00	7.50
Dci-1	282.00	1128.00	1122.00	8.00
Dci-2	282.00	1135.00	1129.00	8.00
Dcd-1	282.00	1131.00	1126.00	8.00
Dcd-2	282.00	1139.00	1132.00	8.00

Vigas secundarias azotea

Estos elementos reciben directamente la carga de la losa de azotea y la transmiten a las vigas principales que son los elementos curvos. En estos elementos con el fin de analizar lo susceptibles que son a las deformaciones se obtuvieron 2 diámetros. El primero es con el cual el elemento pasa por flexión y cortante. El segundo es el que se necesita para que el elemento pase también por deformaciones. Se aprecia una diferencia de 3 cm para que cumpla por deformaciones.

VIGAS SECUNDARIAS AZOTEA (flexión)							
Elemento	L (cm)	Mz (kn*m)	Mact (kg*cm)	Fy (cortante)	q (carga dist) kg/m	D optimo	D optimo
VA-1	240.00	0.48	4854.00	80.90	42.15	4.50	7.00
VA-2	240.00	0.48	4854.00	80.90	42.15	4.50	7.00
VA-3	240.00	0.93	9463.00	158.00	82.15	5.50	8.50
VA-4	240.00	0.93	9463.00	158.00	82.15	5.50	8.50
VA-5	240.00	0.48	4854.00	80.90	42.15	4.50	7.00

VA-6	240.00	0.48	4854.00	80.90	42.15	4.50	7.00
------	--------	------	---------	-------	-------	------	------

Vigas principales azotea

Estos elementos son los curvos que se encargan de recibir toda la carga de la cubierta y pasarla a las columnas. En estos elementos por su curvatura son más resistentes a la flexión lo cual hace que se necesiten secciones chicas ya que rige el análisis del momento. Hay que cuidar también esbeltez del elemento ya que por ser curvo trabaja ligeramente a compresión.

VIGAS PRINCIPALES AZOTEA (flexión)					
Elemento	Mz (kn*m)	Mact (kg*cm)	Fy (cortante)	Fx (comp.)	D optimo (cm)
VP-1	0.61	6261.00	94.00	312.00	5.00
VP-2	0.72	7301.00	127.00	431.00	5.00
VP-3	0.61	6230.00	94.00	310.00	5.00

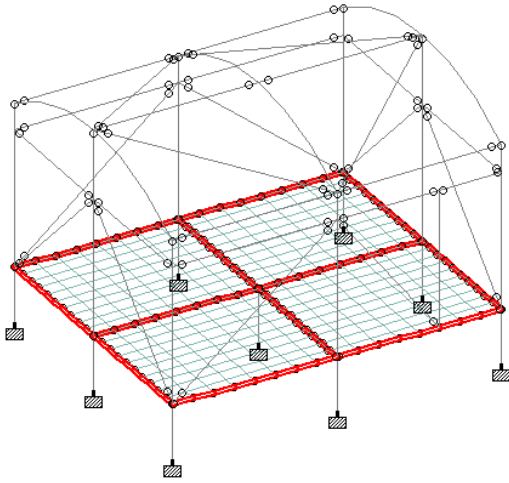
Longitudes de bambu

A continuación, se muestra una tabla con las longitudes necesarias de bambú para construir la propuesta y sus diámetros óptimos.

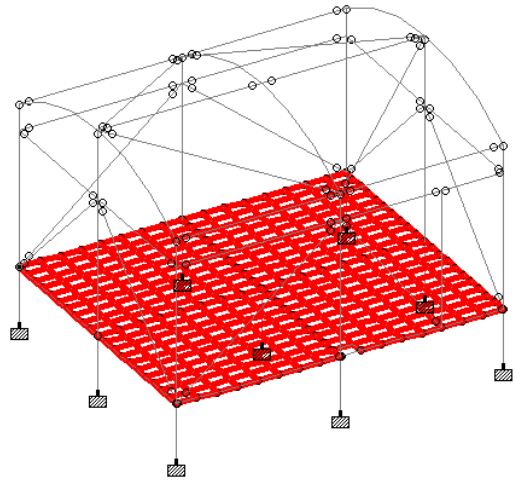
ELEMENTOS	L (cm)	D (cm)
Vigas principales entrepiso	2640.00	9.50
Vigas secundarias entrepiso	14240.00	6.00
Vigas principales cubierta	1260.00	5.00
Vigas secundarias cubierta	1440.00	7.00
Columnas	2040.00	8.50
Cerramientos	1760.00	6.00
Contravientos	3586.00	8.00
	26966.00	

Se puede simplificar esto usando diámetros de 6cm y 9.5cm para el entrepiso y 8.5 cm para todo lo demás.

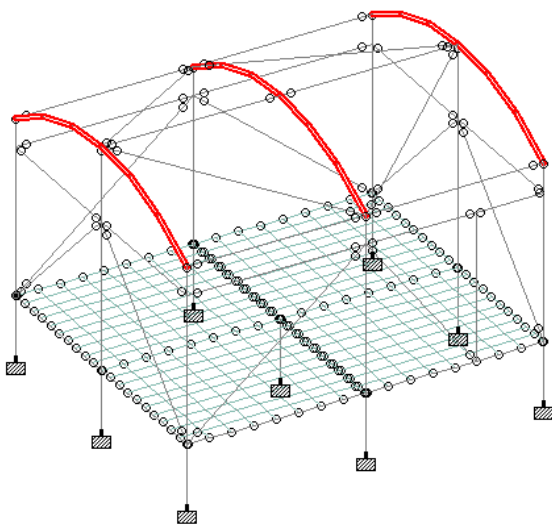
Vigas principales de entrepiso (9.5cm)



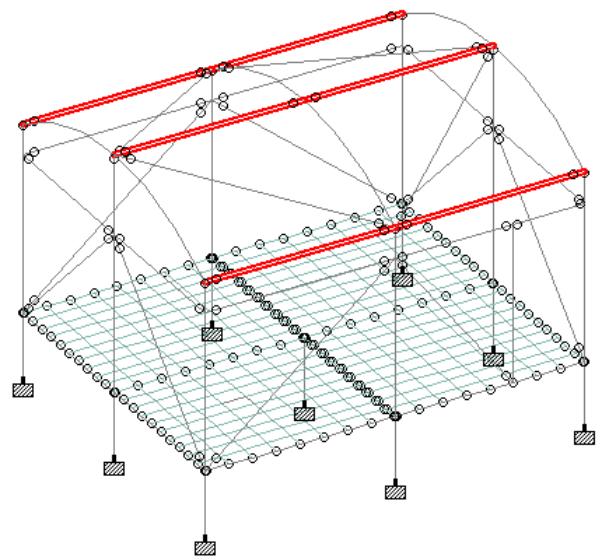
Vigas secundarias de entrepiso (6cm)



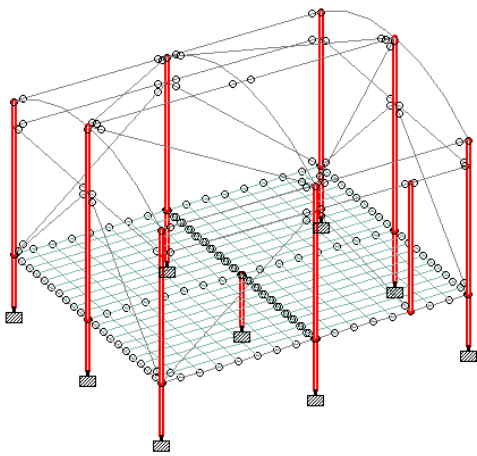
Vigas principales cubierta (5cm)



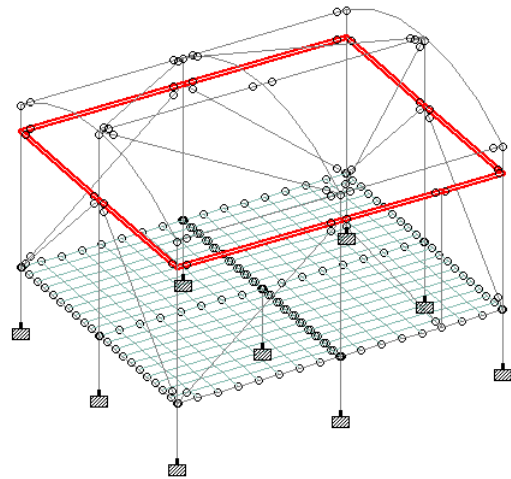
Vigas secundarias cubierta (7cm)



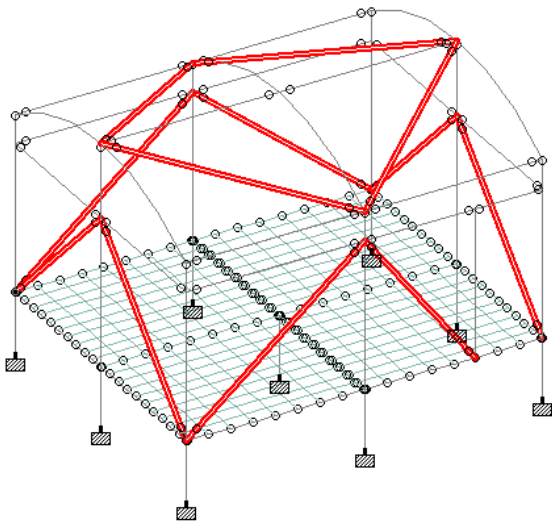
Columnas (8.5cm)



Cerramientos (6cm)



Contravientos (8cm)



Capítulo V. PRODUCTOS, RESULTADOS E IMPACTOS GENERADOS

5.1 Productos Obtenidos

- Modelado en 3D de la vivienda.
- Programa arquitectónico.
- Planos arquitectónicos del proyecto.
- Detalles constructivos.
- Memoria de cálculo.
- Modelo físico a escala.
- Presupuesto general del proyecto (arquitectónico y estructural).

Consultar anexos para visualizar los productos no incluidos en el reporte PAP.

5.2 Resultados alcanzados

Resultados del análisis económico-financiero

Explosión de insumos

D Bambú	8 cm	* promedio para conexiones
D Varilla roscada	3/8 pulg	
H Tuercas	0.83 cm	

Bambú		
2.5" (sec entrepiso)		142.4 m
3.5" (estructura)		100.86 m
4" (ppales entrepiso)		26.4 m
Longitud total		<u>269.66 m</u>

Entrepiso		
Pallet		20 pzas

Muros	Carrizo	35.2 m2
Conexiones	Conexión de 2 bambús	183 pzas
	Longitud varilla*pza	18 cm
	Longitud total	3294 cm
	Tuercas	366 pzas
	Rondanas	366 pzas
Cimentación	Concreto	9 pzas
	Caja de 0.3*0.3*0.4	0.036 m3 c/pza
Cubierta	Lona reforzada	1 pza

Presupuesto

Material	Unidad	Precio*Unidad	Cantidad	Precio Final
Bambú 2.5"	metro lineal	\$ 19.00	142.40	\$ 2,705.60
Bambú 3.5"	metro lineal	\$ 27.00	100.86	\$ 2,723.22
Bambú 4"	metro lineal	\$ 29.00	26.40	\$ 765.60
Carrizo	placa de 2x1 mts	\$ 58.00	17.60	\$ 1,020.80
Pallet	pza	\$ 60.00	20.00	\$ 1,200.00
Varilla roscada	pieza de 91 cm	\$ 31.30	37.00	\$ 1,158.10
Tuerca 3/8	2 pzas	\$ 17.50	183.00	\$ 3,202.50
Rondana 3/8	5 pzas	\$ 17.50	74.00	\$ 1,295.00
Concreto	m3	\$ 1,100.00	0.32	\$ 356.40
Lona reforzada	1 pza de 4x5m	\$ 295.00	1.00	\$ 295.00
TOTAL				\$ 14,722.22

Resultados prácticos de laboratorio

Compresión

Objetivo de la prueba

Determinación del esfuerzo último de compresión de las probetas de bambú que se encuentran en el ITESO.

Preparación de la muestra

Los ensayos de compresión axial se deben llevar a cabo en probetas sin nudos y cuya longitud sea igual al diámetro externo; no obstante, si éste es de 20 mm o menos, la altura debe ser el doble del diámetro externo. Las superficies de los extremos de la probeta deben estar en ángulo perfectamente recto con la longitud de ésta; deben ser planos, con una desviación máxima de 0,2 mm.



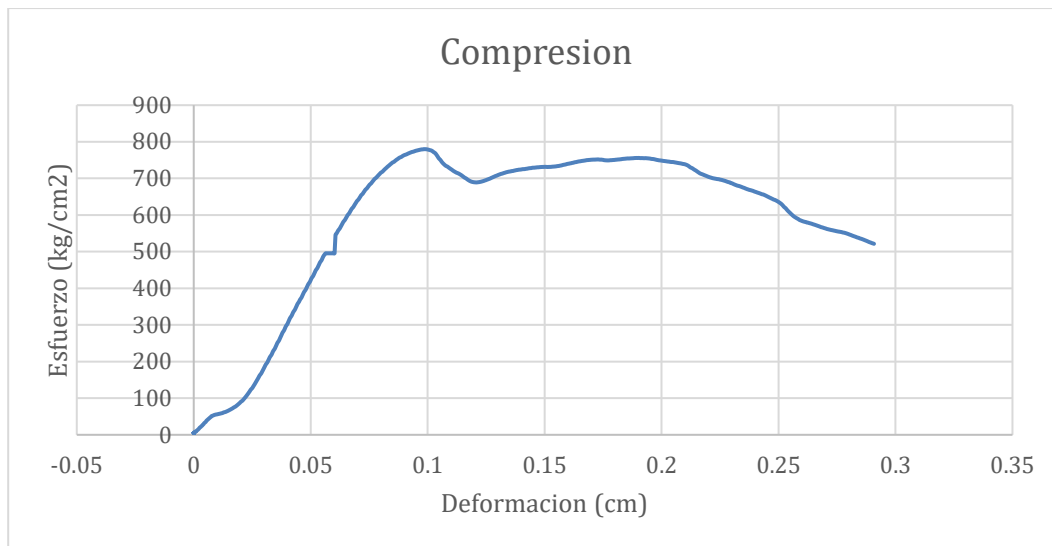
Equipo

- Segueta
- Flexómetro
- Escuadra
- Prensa

Procedimiento de prueba

La probeta se debe colocar de tal forma que el centro del cabezal móvil esté verticalmente sobre el centro de la sección transversal de la probeta. La carga se debe aplicar continuamente durante el ensayo para hacer que el cabezal móvil de la máquina de ensayo se desplace a una velocidad constante de 0,01 mm/s.

Cálculos y resultados



Diámetro externo: 3.85 cm

Espesor de pared: 0.35 cm

Longitud probeta: 3.85 cm

Área transversal: 3.84 cm²

Fuerza máxima: 2995 kgf

Esfuerzo ultimo a compresión: 779.97 kg/cm²



Tensión

Objetivo de la prueba

Determinación del esfuerzo ultimo de tensión de las probetas de bambú que se encuentran en el ITESO.

Preparación de la muestra

Los ensayos de tensión paralela a las fibras se deben hacer en probetas con un nudo, que debe estar en la porción de ensayo. La dirección general de las fibras debe ser paralela al eje longitudinal de la porción de ensayo de la probeta. La porción de ensayo debe tener una sección transversal rectangular cuyas dimensiones sean iguales al espesor de la pared o menor en la dirección radial; y de 10 mm a 20 mm en la dirección tangencial. La longitud de la porción de ensayo debe estar entre 50 mm y 100 mm.

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 5525

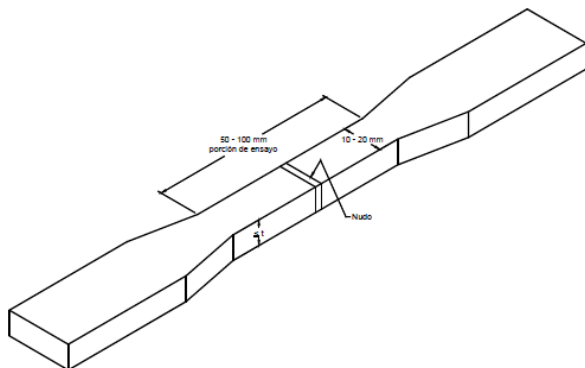


Figura 5. Ejemplo de probeta para ensayo de tensión



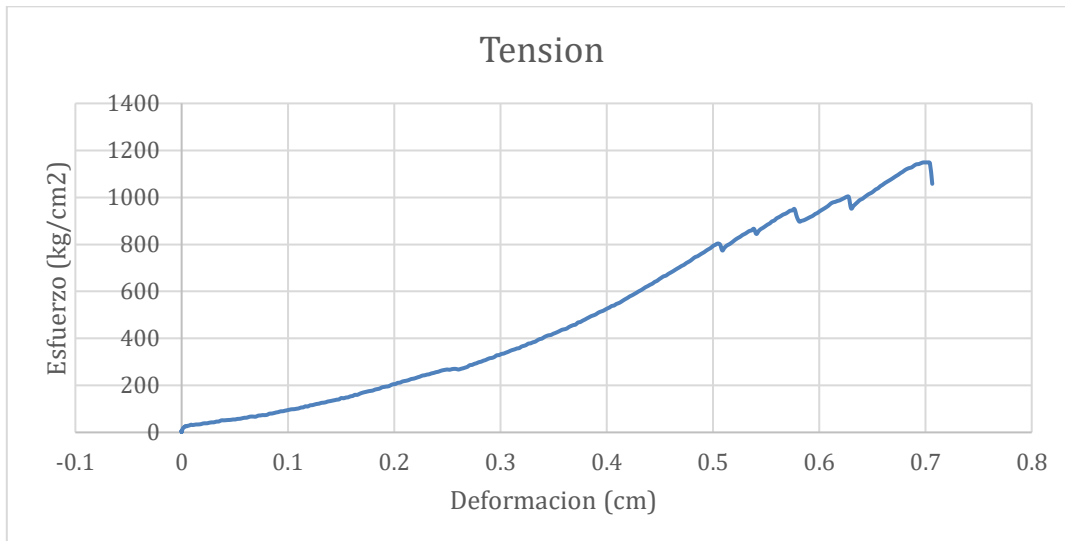
Equipo

- Segueta
- Flexómetro
- Prensa

Procedimiento de prueba

Mida las dimensiones de la sección transversal de la porción de ensayo de la probeta con una exactitud de 0,1 mm, en tres lugares de la porción de ensayo, y calcule el valor medio. Sostener la probeta en las mordazas de la prensa y aplicar la carga. De manera paralela a las fibras.

Cálculos y resultados



Dimensiones: $b=0.45$ cm; $h=1.6$ cm

Área sección transversal: 0.72 cm²

Fuerza máxima: 827 kgf

Esfuerzo ultimo a tensión: 1148 kg/cm²

Flexión

Objetivo de la prueba

Determinación del esfuerzo ultimo de flexión de las probetas de bambú que se encuentran en el ITESO.

Preparación de la muestra

Los culmos de ensayo no deben tener defectos visibles. Para lograr una falla en flexión, el espacio libre debe ser al menos $30 \times D$, donde D es el diámetro externo. La longitud total del culmo debe ser la longitud entre apoyos más una longitud adicional que garantice al menos un entrenudo después del apoyo en cada extremo.

Equipo

- Flexómetro
- Prensa
- Viga
- Apoyos intermedios

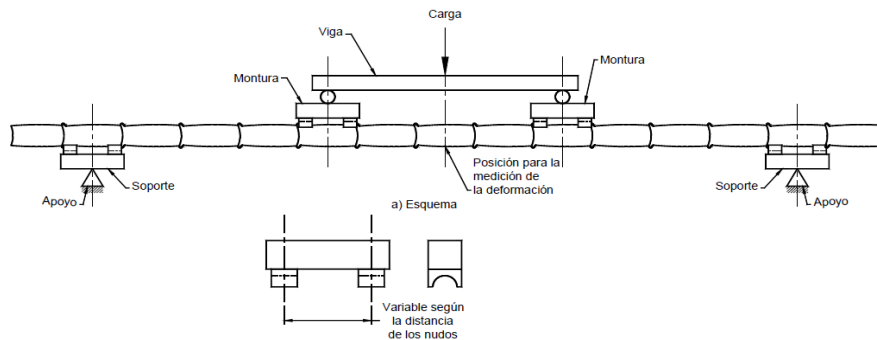
Procedimiento de prueba

Determine el valor medio del diámetro externo D y del espesor de la pared t ,

Calcule el momento de inercia: $D = 5.8 \text{ cm}$, $t = 0.8 \text{ cm}$.

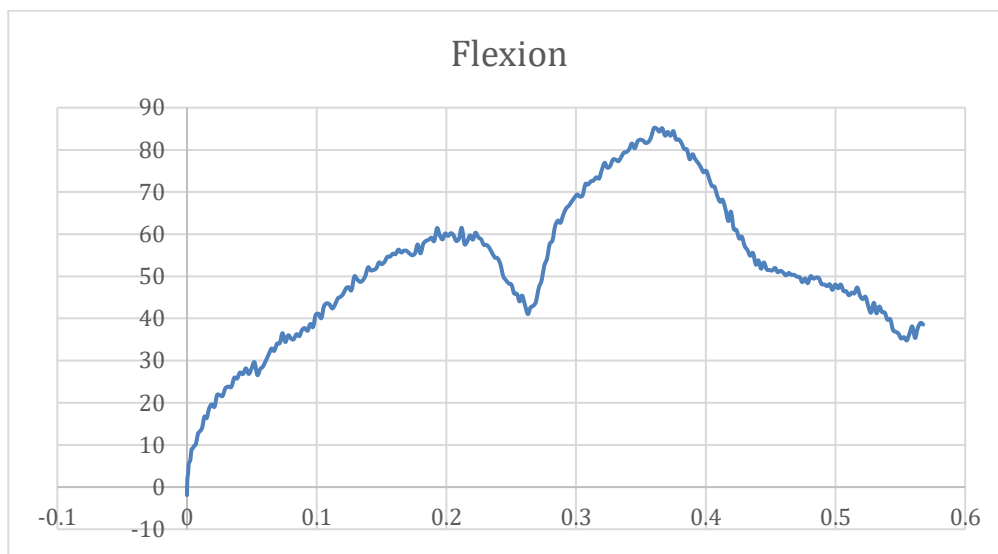
$$I_B = \pi / 64 \times [D^4 - (D - 2t)^4] = 40.27 \text{ cm}^4$$

Coloque el culmo en su lugar en la máquina de ensayo, apoyado sobre los dos soportes en los dos apoyos, permitiendo que la probeta encuentre su propia posición. Enseguida ubique las dos monturas y la viga (que divide la carga) en la parte superior del culmo y permita nuevamente que el culmo encuentre su posición, alinee visualmente el culmo, los soportes, las monturas, la carga y los apoyos en un plano vertical.





Cálculos y resultados



$$\sigma_{ult} = F \times L \times \frac{D/2}{6} \times I_B$$

F	85 kg
L	140 cm
D	5.8 cm
I _b	40.27 cm ⁴

Esfuerzo ultimo a flexión = 142.82 kg/cm²

El resultado de esta prueba nos da un valor muy bajo por lo que se anulan los resultados de la prueba y se toma como esfuerzo ultimo a flexión el valor de 1000 kg/cm² obtenido de internet de valores de bambú con propiedades mecánicas similares al que se ensayó en el laboratorio.

5.3 Impactos generados

Uno de los principales motivos en el que nos enfocamos fue en el ámbito social. Se propuso la ubicación del proyecto fuera un poblado costero dentro del estado, con las últimas incidencias de huracanes, ciclones o inundaciones. Anteriormente ya se planteó un proyecto de vivienda emergente en Mezcala (ITESO, 2016) con una índole similar (tomando como material principal de la construcción el bambú), además del interés entre los integrantes del equipo de trabajar con este material, se pensó que este proyecto pudiera complementar las investigaciones y proyectos anteriores.

Fue importante para el equipo que la zona contara con dicho material o existieran las condiciones para su producción, para que así fuera una alternativa sustentable y que además fuera atractiva para los habitantes del poblado de San Patricio.

Por otro lado, el hecho de utilizar materiales sustentables sin olvidar el aspecto estético que estos pueden dar a una vivienda, despertó el interés para considerarlos como una opción de materialidad estética. Esto se debe que la apariencia juega un papel importante para el rechazo o aceptación de un sistema, un material o un objeto.

Capítulo VI. APRENDIZAJES INDIVIDUALES Y GRUPALES

6.1 Aprendizajes profesionales: competencias reforzadas y conocimientos adquiridos.

Se puede afirmar que cada integrante del equipo aportó y puso en práctica sus conocimientos y saberes profesionales adquiridos a lo largo de la formación universitaria (en este caso arquitectura e ingeniería civil). Los arquitectos tuvieron la oportunidad de aprender más sobre el comportamiento estructural, asesorados por el doctor Nayar Cuitláhuac y un integrante del equipo de ingeniería civil. Sin dejar a un lado los consejos y detalles constructivos en las construcciones de bambú, asesorados por la maestra Melissa Selene. Del mismo modo, el ingeniero integrante del equipo amplió su conocimiento acerca de la forma de diseñar de un arquitecto, y los requerimientos que sustentan las propuestas. Dentro del PAP existió una amplia experiencia interdisciplinaria entre los equipos a pesar de tener proyectos con materialidades diferentes en las propuestas.

Las competencias desarrolladas a lo largo del semestre y en este trabajo PAP se mencionan a continuación:

- **Análisis de Problemas:** Identificación de los problemas y los datos duros de los mismos, reconocimiento de la información relevante, las causas y las consecuencias de los mismos.
- **Capacidad Crítica:** Evaluación de datos y líneas de acción para la toma de decisiones con la finalidad de obtener decisiones razonadas y lógicas.
- **Creatividad:** Capacidad para la propuesta de soluciones innovadoras y originales. Evaluándolas y analizándolas con los métodos y enfoques tradicionales.
- **Comunicación Verbal y No Verbal:** Habilidad para la expresión de ideas de una manera clara y adecuada para el público en general, con la finalidad de que el receptor obtenga la idea sin mal interpretaciones.
- **Compromiso:** Creación en la propia actividad su valor dentro de la empresa, la cual es traducida como un aporte extra a pesar de no tener un beneficio personal.
- **Flexibilidad:** Capacidad para la modificación del comportamiento y la adopción de nuevos enfoques en las ideas o criterios.
- **Iniciativa:** Influencia en los acontecimientos, visualización de las oportunidades y actuación por decisión propia.

- Liderazgo: Uso de habilidades interpersonales para guiar a individuos o grupos con la finalidad de lograr un objetivo o meta.
- Trabajo en Equipo: Disposición para la participación como un integrante de un grupo, con la finalidad de obtener un beneficio de la tarea a realizar (minorando esfuerzos, mejorando la calidad y profundizando en el contenido), independientemente de los intereses personales.

Además, se aprendió a la sensibilización ante las problemáticas socio políticas, culturales y económicas dentro del área profesional, a través de la recolección de información, análisis y pláticas que se realizaron a lo largo del curso. De esta manera se adquirió una visión más real del panorama respecto a los problemas actuales que existen tanto a nivel local, nacional e internacional.

6.2 Aprendizajes sociales.

En este aspecto, nos sensibilizamos para proponer un proyecto que pudiera ser versátil y funcional ante una situación de desastre natural y con una necesidad de vivienda. Ante dicha problemática, se quiso proponer una vivienda modular y emergente con la finalidad de dar solución a los problemas del poblado de San Patricio.

Con este trabajo se pretende contribuir que la población de San Patricio cuente con propuesta de vivienda emergente, utilizando materiales regionales para la construcción de las mismas. Además de poder conocer el bambú como un material y sistema estructural confiable. Mediante la elaboración de este proyecto, ahora es más fácil desplegar y proponer una iniciativa de transformación del panorama actual, con creatividad, innovación y orientado a la calidad de vida social después de la pérdida de la vivienda. Ahora hay más capacidad en la elaboración de un proyecto, para dirigirlo en base a objetivos, tomar decisiones, dar seguimiento y evaluar su ejecución de una manera eficaz con un mayor impacto social.

En base a este proyecto se busca beneficiar principalmente al sector social bajo que contempla a las personas con bajos o moderados recursos, y que llegan a perder la mayoría de sus bienes materiales ante un desastre natural. También se busca el reforzamiento y la ampliación de los conocimientos de autoconstrucción para el mejoramiento de la calidad de vida, algo que en la actualidad es necesaria para una salud física y mental.

A su vez, se considera que los saberes aplicados que hicieron posible la aportación social sí, son transferibles a otras situaciones y contextos, ya que solo es necesario un cambio ideológico en las personas para generar conciencia por el medio ambiente y por ofrecer unas soluciones más versátiles y sostenibles en la construcción de vivienda emergente. Solo es cuestión de dar seguimiento a las propuestas como la que se presentó en este reporte, para la difusión de estos conocimientos, y de esta manera conservar y ampliar el beneficio social que esto trae.

6.3 Aprendizajes éticos.

Las decisiones que se tomaron respecto a la propuesta se centraron en su diseño arquitectónico, estructural, técnico-constructivo, social-cultural, económico-financiero y ambiental-sustentable. Fueron asesoradas por nuestro asesor PAP, el Doctor Nayar Cuitláhuac y la Maestra Melissa Selene, quienes nos guiaron para tomar decisiones acertadas y precisas para nuestro proyecto, además de la opinión y consejos de docentes especializados como la Doctora Mara Cortes y los contactos de los profesores: Santiago Luengo (viviendas emergentes de la Cruz Roja), la organización CAEMBA (casas emergentes de bambú en Ecuador), Christian Hernández (construcción con madera y tierra), y Andrés Gilberto (constructora ROGUZ en edificaciones de tierra). Estas opiniones, comentarios y asesoramientos tienen consecuencias positivas tanto para nuestro crecimiento personal y profesional, como para el desarrollo social. El objetivo más importante siempre fue el encauce del proyecto a la innovación y al diseño sustentable para poder ofrecer una solución adecuada y sobre todo una vivienda emergente digna, adaptada a las necesidades actuales.

Esta experiencia invita a la continuación de esta línea de trabajo en favor de una mejor sociedad y un mundo más justo y equitativo. Después de las reflexiones obtenidas de este ejercicio profesional, se buscará ejercer la profesión de una manera más consciente, tratando de contribuir de manera activa y eficiente los problemas que se llegaran a detectar, con la finalidad de beneficiar a mediano y largo plazo a nuestra sociedad.

6.4 Aprendizajes en lo personal [Reflexión de lo que la experiencia ha aportado en y para tu vida].

Francisco Aguayo Guizar. Pienso que fue un buen proyecto en el que logramos aprender nuevas cosas, en lo personal nunca había trabajado con el bambú y siempre es bueno conocer nuevos materiales alternativos ya que uno nunca sabe en qué situación podrá estar en la que podamos aprovechar sus propiedades para algo nuevo, en cuanto a nuestro proyecto creo que se desarrolló muy bien, desde principio se tuvo muchas propuestas en las que comparando unas con otras y analizando las ventajas y desventajas de cada una logramos escoger la más adecuada en cuanto a estructura, económica, distribución de áreas, ventilación, iluminación, su modulación, mano de obra, entre otros factores, era las que mejor cumplía con los aspectos que creemos fueron los más aptos para atacar el problema de inundaciones es la costa de San Patricio.

Oscar Adrián Ruíz Galán. Este PAP me ayudo en el sentido del análisis y el entendimiento para la representación de los proyectos, en el sentido de que una tercera persona pueda ejecutar los proyectos sin la posibilidad de que uno esté asesorando en el proceso. A su vez en la capacidad del trabajo en equipo, ya que todos los integrantes aportaron sus conocimientos adquiridos a lo largo de la formación universitaria y experiencias personales, lo cual se ven reflejados en un producto que lo considero aceptable. Además, aprendí que debo organizar mejor los tiempos de trabajo y mejorar la comunicación en equipos de otras actividades (en este caso lo de Surrey), para no tener problemas en las entregas, aunque a pesar de lo anterior se obtuvo una buena experiencia y conocimiento. A su vez, el trabajar con otros materiales me ayudo a entender las cualidades y capacidades de los materiales ecológicos o alternativos, y estar consciente de la existencia de los mismos para una futura aplicación en el área profesional.

Sergio Eduardo Hernández Alvarado. Me pareció muy interesante el poder trabajar con un material que no es tan común en la construcción en México. Mejoró mucho mi percepción acerca de estos materiales y me forme un criterio bastante amplio sobre los beneficios que tienen. Lo que yo considero que fue el mayor aprendizaje del semestre fue el trabajo en equipo y la interdisciplina. Esto no solo en el proyecto final, sino que a lo largo del semestre se nos puso varios trabajos que requerían una comunicación adecuada con otros equipos y otras disciplinas. Estoy convencido que el PAP es

lo más cercano a la realidad que tenemos durante nuestra formación como profesionistas y es muy interesante ver cómo se va desarrollando un proyecto el cual si tiene una aplicación real y no sea solo una tarea o algún proyecto simplemente para sacar una calificación. Ahora sé que soy capaz de generar proyectos con un enfoque diferente y que realmente como ingeniero si puedo crear un impacto social lo cual para mí es muy importante y es lo que te inculca la formación del ITESO. Aparte de esto el proyecto me ayudo a reforzar mis conocimientos de la carrera y a ponerlos en práctica sin un objetivo final preestablecido sino a ir analizando la problemática e irla resolviendo paso a paso. Me sirvió mucho trabajar con los arquitectos ya que pude conocer más a fondo los criterios que toman en cuenta y como es que ellos trabajan dentro de su profesión.

Capítulo VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones

En conclusión, se puede decir que el proceso de diseño y propuesta del proyecto fue una integración de elementos sociales y culturales que se deben de tener presentes; debe ser una vivienda emergente que cubra con las características necesarias de una vivienda de este tipo, con una posibilidad de aumentar de dimensiones en caso de ser necesario, que utilizara el bambú de la región como material principal de construcción.

En las primeras propuestas hubo dificultades en el sentido de las uniones, ya que no se tenía una noción sobre las construcciones de bambú como material estructural, sin embargo, con las pruebas mecánicas del material y una investigación desarrollada a lo largo del curso, dieron como resultado un modelo de vivienda asequible con buenas características espaciales.

El tema de vivienda con bambú como material principal de construcción dentro de este PAP, tiene como objetivo principal potenciar la construcción de vivienda emergente sustentable en México. Todo esto con la finalidad de facilitar la construcción de esta, garantizando una calidad de vida digna para el usuario utilizando recursos propios de la región. Así mismo el fomento de la participación directa por parte de los usuarios de la localidad para su construcción y uso. La participación e involucramiento de las personas es de suma importancia para crear un sentimiento de pertenencia e identidad, respetando sus costumbres, materiales locales y su panorama actual.

En el apartado del presupuesto se puede concluir que el material propuesto además de ser sustentable, también es viable económicamente para un proyecto de estas características, ya que la cotización para habilitar la estructura propuesta arrojó un número que demuestra ser más accesible que una estructura con los materiales estandarizados, como lo es el barro recocido, el block de jalcreto, el concreto y el acero. Además de ser una estructura ligera, la cual hace que el tiempo de construcción sea menor, al igual que el traslado de material y la cantidad de elementos, reduciendo considerablemente el costo.

7.2 Recomendaciones

Para las personas quienes continúen el siguiente curso relacionado a las viviendas emergentes-transicionales construidas con bambú. Se recomienda la continuación en la investigación de la reducción de elementos para la simplificación de la construcción en este tipo de viviendas, sin dejar a un lado los aspectos cualitativos de confort, para la generación un espacio digno. Esto beneficiaría los tiempos de construcción y la reducción de personas especializadas en dicho material.

Para ello es necesario el conocimiento de los ensambles existentes en bambú, con el objetivo de comprender el comportamiento de los esfuerzos mecánicos en el material y la conexión. A su vez, aconsejamos darle una continuación a la propuesta de piso, hecho a base de pallets de madera y bambú en el sentido práctico (construyendo un modelo demostrativo), con la finalidad de mejorar o ver la viabilidad de dicha propuesta. Algo que sería bueno darle un seguimiento en caso de ser adecuada.

Además, sería útil una revisión a planos y manuales de construcción con bambú, para mejorar la estructura, el diseño, la representación tanto en un nivel técnico (detalles de ensambles y conexiones), como en un nivel práctico (simplificación de instrucciones para facilitar la comprensión). Consideramos que esto puede mejorar sustancialmente el proyecto, a un grado que se pueda construir a escala real.

Todo lo anterior, sin olvidar primeramente una investigación sobre las características físicas y propiedades mecánicas del bambú, para el conocimiento de las ventajas, desventajas y versatilidades de este material de construcción alternativo. Con la finalidad de conocer y proponer especificaciones de la extracción, almacenamiento y preservación del material una vez empleado como un elemento estructural.

7.3 Retroalimentación por parte de PAP

Es una propuesta completa, sería bueno plantearla no solo como una vivienda emergente, sino también como una vivienda para personas de escasos recursos o como refugio temporal

destinado a otras situaciones, ya que el costo es inferior al de una vivienda construida con materiales estandarizados (ladrillos, blocks, acero, concreto).

Tras los desastres naturales hay perdidas millonarias en las regiones afectadas. Al presentar una propuesta como esta, sería bueno hacer un comparativo cuanto gasto se podría ahorrar no solo en la prevención, sino durante el resguardo y protección de la población mientras existe una restauración del poblado.

Referencias bibliográficas (formato APA).

Bambuterra, B. (2014). ¿QUE ES EL BAMBÚ? Retrieved 6 March, 2017, from <https://bambuterra.com.mx/que-es-el-bambu/>

Servicio meteorológico nacional, S.M.N. (2016). Cnagobmx. Retrieved 2 April, 2017, from <http://smn.cna.gob.mx/es/ciclones-tropicales>

Agustín del castillo, A.C. (2013). El desastre de la playa se iba a dar sin Jova. Milenio. Retrieved 13 March, 2017, from http://www.milenio.com/jalisco/desastre-playa-iba-dar-Jova_0_118188598.html

INEGI. (2017). Inegiorgmx. Retrieved 6 May, 2017, from http://www.inegi.org.mx/saladeprensa/aproposito/2017/familia2017_Nal.pdf

Inecc. (2009). Ineccgobmx. Retrieved 6 May, 2017, from http://www.inecc.gob.mx/descargas/cclimatico/2009_estudio_cc_va4

Bambuscorgbr, B.SC. (2017). Bambuscorgbr. Retrieved 6 April, 2017, from http://bambusc.org.br/?page_id=109

ALVAREZ CASTILLA, J. (2012). Comportamiento mecánico de las conexiones en los elementos de bambú para estructuras ligeras. El caso de las especies del trópico de Veracruz. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid.

Bábaro, G (2006). La biónica del bambú. Sustainable Technologies. Retrieved 6 April, 2017, from <http://www.sustainable-technologies.eu/wp-content/PDF-articles/bambu-1.pdf>

Rodríguez Alonso, Cesar A.; Morales Diaz, Estefan (2008). El bambú como material estructural. Análisis de un caso práctico. Universidad de Girona. Retrieved 6 April, 2017, from <http://hdl.handle.net/10256/1128>

Oscar Hidalgo Lopez, O.H.L. (1981). Manual de Construcción con Bambú. (1 ed.). Colombia: Estudios Técnicos Colombianos.

Lee, A.W.C.; Bai, X.; Bangi, A.P. 1998. Selected properties of laboratory-made laminated-bamboo lumber. *Holzforschung* 52 (2): 207–210.

Samuel Martínez García, S.M.G. (2015). Riunetupves. Retrieved 6 May, 2017, from <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/55983/MARTINEZ - Bambú como material estructural: Generalidades, aplicaciones y modelización de una est....pdf?sequence=1>

Cortez Rodríguez C.R. (2000). Los bambúes nativos de México. *CONABIO. Biodiversitas* 30:12-15.

Villegas, M. 2003. *Guadua, arquitectura y diseño*. 1ª ed. Villegas asociados S.A. Colombia. 207 p.

German rubio luna, G.R.L. (2015). *Artes y mañas de la guadua una guía sobre el uso productivo de una bambú gigante*. (2 ed.). Colombia: Info-Art.

IIEG. (2016). Instituto de Información Estadística y Geográfica. Retrieved 19 April, 2017, from <http://iieg.gob.mx/contenido/Municipios/Cihuatlan.pdf>

Gobierno del estado de Jalisco, G.E.J. (2013). Cihuatlán. Retrieved 19 April, 2017, from <https://www.jalisco.gob.mx/en/jalisco/municipios/cihuatlan>

INEGI. (2009). *Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos*. Retrieved 19 April, 2017, from <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datos-geograficos/14/14022.pdf>

Araly castañón, A.C. (2013). Autorizan aumentar tamaño de casas de 34 metros cuadrados a 38. Retrieved 12 May, 2017, from http://diario.mx/Local/2013-04-26_2222ec09/autorizan-aumentar-tamano-de-casas-de-34-metros-cuadrados-a-38/

International federation of red cross and red crescent societies, I.F.R.C. (2017). Capítulo 4: Normas mínimas en materia de refugios, asentamientos y artículos no alimentarios. Retrieved 12 May, 2017, from [http://www.ifrc.org/PageFiles/95884/D.01.02.b.SPHERE Chap. 4- shelter and NFIs_Spanish.pdf](http://www.ifrc.org/PageFiles/95884/D.01.02.b.SPHERE%20Chap.4-shelterandNFIs_Spanish.pdf)

Instituto nacional de tecnología industrial, I.N.T.I. (2016). *Sistemas de Saneamiento Seco con Separación de Orina (Baño Seco)*. (1st ed.). Argentina: INTI.

ITESO, I.T.E.S.O. (2016). *Vivienda Emergente y Sustentable con Sistemas Estructurales de Bambú*. Retrieved 13 May, 2017, from [https://rei.iteso.mx/bitstream/handle/11117/4243/Vivienda emergente y sustentable con sistemas estructurales de bambú.pdf?sequence=2](https://rei.iteso.mx/bitstream/handle/11117/4243/Vivienda%20emergente%20y%20sustentable%20con%20sistemas%20estructurales%20de%20bambú.pdf?sequence=2)