DESARROLLO DE LOSAS CON CAÑA DE GUADUA ANGUSTIFOLIA Y ANÁLISIS COMPARATIVO ESTRUCTURAL Y ECONÓMICO CON LOS SISTEMAS DE LOSAS TRADICIONALES UTILIZADOS EN NUESTRO MEDIO

LUIS SEBASTIÁN NARVÁEZ CHAMORRO
Carrera de Ingeniería Civil
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

RESUMEN

El desarrollo de losas con caña guadua angustifolia más que una alternativa es una innovación a las técnicas constructivas tradicionales, ya que su aplicación es de muy buen comportamiento estructural siempre y cuando se lo haga con buenos materiales, mano de obra calificada y el control de un técnico especializado en obras civiles. De esta manera la aplicación de esta técnica es de vital importancia ya que la caña guadua angustifolia reemplaza al acero tradicional, datos que se obtuvieron en los ensayos de las diferentes probetas que se realizaron en la presente investigación dando resultados positivos y al mismo tiempo generando muchas preguntas que deben ser respondidas en investigaciones posteriores y con ensayos a escala real.

1. INTRODUCCIÓN

La investigación nace de la falta de nuevos métodos constructivos los cuales hoy en dia son muy elevados y de difícil acceso a todas las clases sociales del nuestro país. Así el área de influencia del proyecto, tendrá una aplicación y aceptación favorable en las zonas donde existe la producción, tratamiento y distribución de la caña de guadua angustifolia como materia prima. Estas zonas de producción se encuentran al nivel local, regional, nacional e internacional siendo la aplicación de este método constructivo a nivel mundial.

2. OBJETIVO DEL ESTUDIO Y JUSTIFICACION

El objetivo principal es desarrollar una investigación acerca de, Losas con Caña de Guadua Angustifolia, y realizar un análisis estructural y económico de los diferentes tipos de losas utilizados en nuestro medio.

3. SELECCIÓN DE MATERIALES

Los materiales que se utilizan son tres esencialmente, la caña guadua angustifolia, material base de esta investigación la cual es curada y tratada para su preservación, el hormigón simple que resulta de la mezcla de arena, ripio, agua y material ligante como es el cemento, para efectos de ensayos se ha considerado un hormigón de 210 Kg/cm2, y el acero en diferentes presentaciones como barras corrugadas y planchas metálicas o placas colaborantes.

4. INVESTIGACIÓN DE LOSAS CON CAÑA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH

Al analizar las características físico-mecánicas podemos observar que la caña guadua tiene un buen comportamiento estructural, esto nos inclina a desarrollar esta técnica que al unir con el hormigón trabaja conjuntamente por su gran capacidad de resistencia a la tracción como se indica en la siguiente figura.

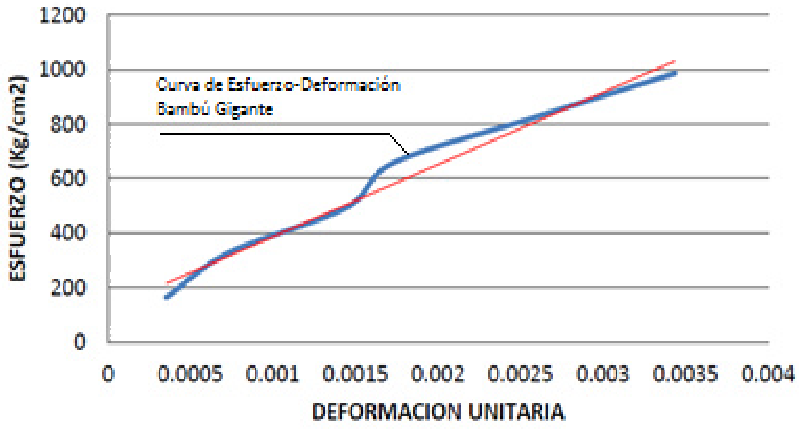


Figura 4.1: Esfuerzo vs Deformación del Bambú Gigante

En la figura 4.1vemos las curvas que son semejantes en el comportamiento lineal o elástico tanto la del acero como la del bambú, razón por la cual la caña de guadua es un material con buenas características para trabajar con el hormigón siempre y cuando se compense la adherencia de la caña con dicho material.

Existen algunos estudios e investigaciones realizadas sobre las características Físico-Mecánicas de la caña guadua, de los cuales los que más resaltan para nuestra aplicación en losas con caña guadua es la capacidad de resistencia a la tensión. En el siguiente cuadro se

describe la resistencia a la tracción de algunas investigaciones realizadas dentro y fuera del país.

Tabla 4.1: Resistencia a la Tensión de Varias Investigaciones.

MATERIAL	TESION A LA ROTURA Kg/cm2	FUENTE
Caña de Guadua Angustifolia Kunth	1400.00 mínimo	www.ingresoll-rand.com/compair/ap-ay97/bamb-4.htm
	2472.78 sin Nudo 742.56 con Nudo	Jorge Cobos y Xavier León, Propiedades Físicas-Mecánicas de la Guadua Angustifolia Kunth y Aplicación al Diseño de Baterías Sanitarias del IASA II, Carrera de Ingeniería Civil, Escuela Politécnica del Ejercito ESPE 2007.
	3500.00 sin Nudo 1800.00 con Nudo	F. Londoño y M. Montes (1970) Laboratorios del Centro Interamericano de Vivienda (CINVA), Colombia.
	2070.00 sin Nudo 1627.00 con Nudo	Córdova Fabián y Valenzuela Patricio, Columnas de Hormigón Reforzado con caña de guadua solicitadas a Flexocompresión, Escuela de Ingeniería Civil, Universidad Central del Ecuador 1992.
Bambú Gigante	1398.31 sin Nudo 1193.50 con Nudo	Fredd Carranza y Jorge Taco, Cálculo y Diseño Estructural para la Cubierta del Mercado Central de la Parroquia de Píntag en Base A Tenso-Estructuras con el Uso de Bambú Gigante (Dendrocálamus Asper).

Para nuestro análisis en losas de hormigón armado con caña de guadua las latillas a emplear son de una longitud que superan la distancia de nudo a nudo, razón por la cual se utiliza dicho esfuerzo.

4.1. Análisis de Esfuerzos y Deformaciones Definida por los Códigos de Diseño

Según la Sexta Hipótesis de Diseño los esfuerzos y deformaciones se define de acuerdo al bloque de compresión de Whitney, en el cual se define un bloque de compresión

rectangular cuya área sea equivalente con el centro de gravedad de la curva real y cuyo centro de gravedad coincida aproximadamente con el centro de gravedad de curva real.

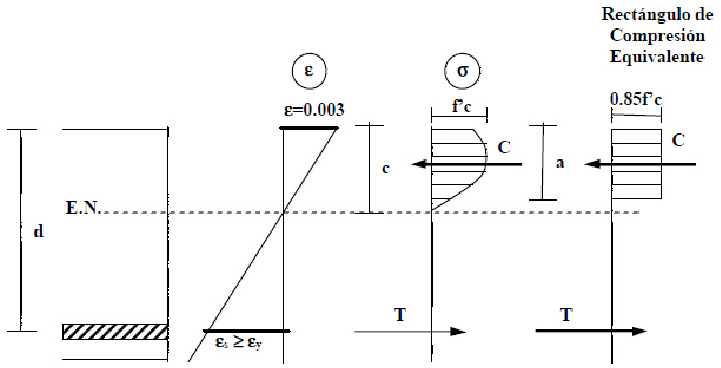


Figura 4.2: Distribución rectangular equivalente de las tensiones en el hormigón

De acuerdo a esto se deduce las ecuaciones que nos ayudan a encontrar la distancia del eje neutro y sus respectivas incógnitas.

$$\mathbf{As} = \frac{\mathbf{Mu}}{\mathbf{\emptyset . Fy . \left(d - \frac{a}{2}\right)}}; \quad \mathbf{Ecu.\,4.\,1.} \qquad \mathbf{a} = \frac{\mathbf{As . Fy}}{\mathbf{0.85 f'c . b}}; \quad \mathbf{Ecu.\,4.\,2.}$$

Reemplazando Ecu. 4.2 en Ecu.4.1 tenemos:

$$As = \frac{Mu}{\emptyset . Fy . \left(d - \frac{\frac{As . Fy}{0.85 f'c . b}}{2} \right)}$$

Factorando:

$$As . Fy = (0.85 f'c . b . d) \left[1 \pm \sqrt{1 - \frac{2Mu}{0.85 \emptyset f'c . b . d^2}} \right]$$

Como se presenta la ecuación se puede reducir dando una constante de simplificación:

$$\mathbf{k = 0.85f´c.b.d} \quad \textbf{Ecu. 3.3.}$$

La ecuación con el reemplazo de la constante no quedaría de la siguiente manera:

$$As.Fy = k\left[1 \pm \sqrt{1 - \frac{2Mu}{\emptyset.k.d}}\right]$$

A continuación se presenta la ecuación real que corresponde al signo negativo.

$$\mathbf{As = \frac{k}{Fy}\left[1 - \sqrt{1 - \frac{2Mu}{\emptyset.k.d}}\right]} \quad \textbf{Ecu. 3.4.}$$

De acuerdo a este análisis se puede decir que la ecuación 3.4 es adaptable a nuestras condiciones, tomando en cuenta a la hora de diseñar la sección de caña guadua la distancia del centroide del paquete de refuerzo ya que no es uniforme la sección como en el acero.

4.2. Adherencia del Hormigón en el Acero y la Caña Guadua Angustifolia

4.2.1. Mecanismos de adherencia entre el hormigón y el acero

Existen varios mecanismos resistentes en los que se basa la adherencia: a) adhesión química, b) rozamiento y, c) interacción mecánica y por último el fallo. En barras lisas la adherencia se debe principalmente a la adhesión química y al rozamiento y, en el caso de barras corrugadas éstos son despreciables y la adherencia se logra sobre todo mediante la interacción mecánica entre el hormigón y las corrugas. Para nuestro estudio se realiza este análisis con el fin de lograr una adherencia que trabaje en los campos de rozamiento y de interacción mecánica.

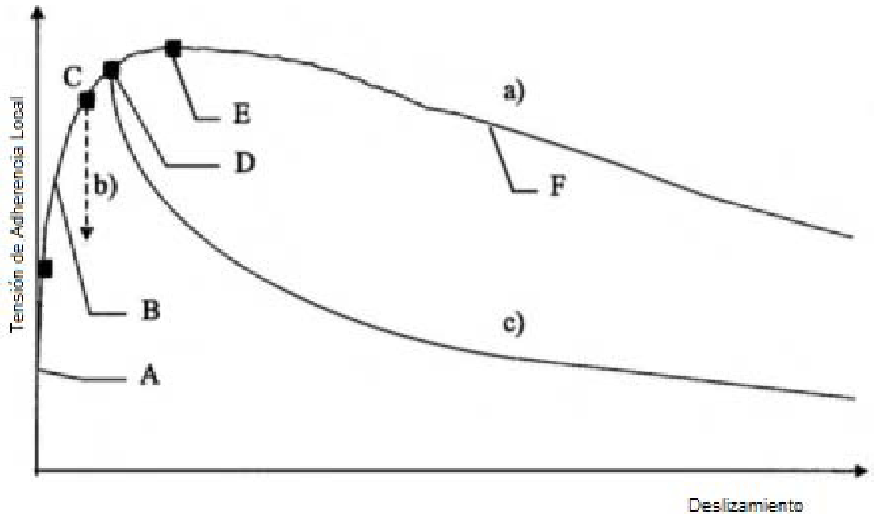


Figura 4.3: Relación Tensión de Adherencia Local vs Deslizamiento Esquemática: Curva a) situación bien confinada, Curva b) sin confinamiento y fallo por splitting y, Curva c) situación confinada, splitting al que sigue un fallo por pull – out.

4.2.2. Adherencia del Hormigón-Caña Guadua Angustifolia Kunth

Se han realizado investigaciones en países tales como China, India, Japón, Filipinas, México, Guatemala, EE.UU y Colombia y aún en países sin mucha cultura y conocimiento respecto a la familia de los bambús como Alemania, Holanda, Italia y Egipto. Las investigaciones y trabajos experimentales ponen de manifiesto que el refuerzo de la caña de guadua en el hormigón incrementa la carga límite de rotura del elemento de forma considerable, en comparación con lo previsible a ese mismo elemento sin reforzar. No obstante, existen varias limitaciones prácticas en el empleo de la caña como refuerzo del hormigón. La más importante es la dificultad de adherencia producida por las variaciones en los contenidos de humedad de cada material por tanto, gran parte de las investigaciones han sido enfocadas en esa dirección. Los datos experimentales y comentarios se basan en el

trabajo que durante el anterior siglo han desarrollado investigadores tales como H. Glenn (1944), Pama et al (1976), e Hidalgo (1980).

Los elementos de hormigón que trabajan a flexión, al estar armados con caña guadua muestran resquebrajamientos que exceden considerablemente los previstos con un elemento no reforzado de las mismas dimensiones. El refuerzo con caña guadua aumenta la capacidad de carga en 4 ó 5 veces, con un porcentaje óptimo de refuerzo del 3 al 4% de la sección transversal. Por encima de este valor óptimo de refuerzo no hay aumento en la capacidad de carga. Al utilizar culmos enteros con un diámetro hasta de 4.0 cm., se observa que con piezas integrantes de fijación transversal no hay deslizamiento de la caña y la curva de flexión de carga conserva su forma lineal hasta la rotura. También se reduce la flexión total. El bambú o caña guadua partido desarrolla una mayor capacidad de carga que los culmos enteros.

Se propone también el uso de medios culmos (corte longitudinal) como refuerzo principal, secados previamente (20% humedad), e impregnados con un adhesivo (resina poliestérica o epóxica) en los extremos y en una longitud de 25cm., la parte restante con aceite de linaza y trementina (proporciones 1:1 durante 4 dias) como se indica en la fugura.

a.- Refuerzo de Bambú con media caña a modo de conector

b.- Refuerzo de Bambú con caña completa a modo de conector

c.- Losa de Hormigón Reforzado con Bambú tras ser Fraguada

Figura 4.4: Sistema de Losas Reforzadas con Bambú y Encofrado Perdido (Pontificia Universidad Católica PUC, Río de Janeiro, Brasil)

De todos los métodos explicados para ganar adherencia, existen muchos riesgos sobre todo en los que se utiliza epóxidos o impermeabilizantes, se debe tener mucho cuidado en los porcentajes de humedad ya que si se logra impermeabilizar totalmente pueden quedar residuos de agua lo que llevaría a la pudrición y descomposición de la caña guadua en especial en cañas verdes por su alto contenido de humedad. Además entraríamos en una gran desventaja ya que resultaría muy costosa la aplicación de estos métodos causando un incremento de material impermeabilizante y mano de obra calificada.

En la utilización de cables de caña guadua se logra compensar la falta de adherencia, que su forma helicoidal proporciona una beneficiosa adherencia química y mecánica que ayudan al trabajo uniforme de hormigón con la caña guadua. En el caso de formar paquetes con latillas de caña guadua, no trabajan de forma igual a la de los cables, razón por la cual su adherencia debe ser trabajada de forma diferente en la cual se recomienda realizar métodos en los que no existan epóxidos ni ningún tipo de material que logre la impermeabilización de la guadua.

En los ensayos de adherencia realizados por Oscar Hidalgo se obtuvo un esfuerzo de adherencia máxima en latillas de caña guadua y anclados con clavo de 5.10 Kg/cm^2 y con cables obtuvo un esfuerzo de adherencia máximo de 18.22 Kg/cm^2 y un mínimo de 6.45 Kg/cm^2**.** Haciendo una relación muy semejante para la obtención de la adherencia nos basamos en la adherencia de las barras lisas que por su superficie lisa se asemeja a la caña guadua en las que solo se producen dos tipos de unión la adherencia química y rozamiento lo que hace que no llegue a trabajar en las últimas etapas de interacción mecánica y fallo.

De acuerdo a este análisis se puede concluir que al igual que las varillas lisas, la caña de guadua puede trabajar conjuntamente con el hormigón siempre y cuando esta adherencia sea reforzada por medio de algún método conocido, concluyendo que el método con mayor adherencia es el que se logra anclar con clavos. Los valores obtenidos de los esfuerzos de tensión a la adherencia en este ensayo nos dan promedio de 8.43 Kg/cm^2 valores muy semejantes a los que se obtuvieron en las pruebas de Oscar Hidalgo.

5. ENSAYOS DE LABORATORIO

Una vez realizado el análisis de comportamiento entre la caña y el hormigón según partiendo de las hipótesis del ACI, se procede a la aplicación física de un modelo en el cual se llegue a similar el comportamiento de la caña guadua con el hormigón, en la cual se utilizan probetas de ensayo de acuerdo a la norma ASTM para diseño de cilindros y vigas de hormigón.

5.1. Elaboración De La Armadura De Caña Guadua

Las latillas son tiras cortadas en forma longitudinal que pueden tener longitudes de hasta doce metros dependiendo de la longitud de la caña guadua.

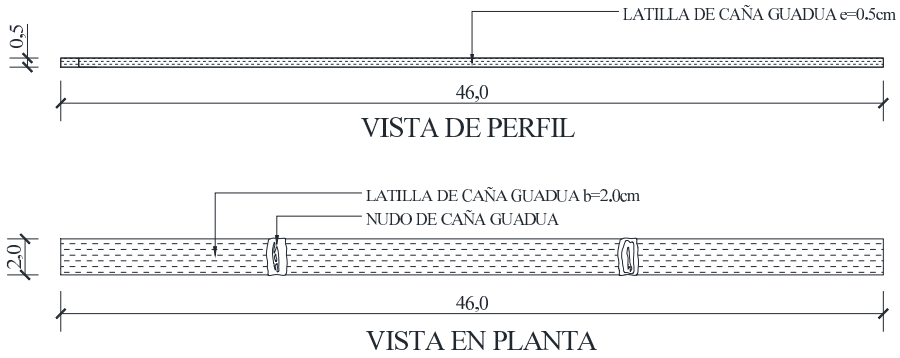


Figura 5.1: Latilla de 2.0 x 46.0 x 0.5 cm Fabricada Manualmente

Molde para fundir y posteriormente ensayar las vigas a flexión según la norma ASTM C78 la cual tiene las dimensiones de 15x15x50cm.

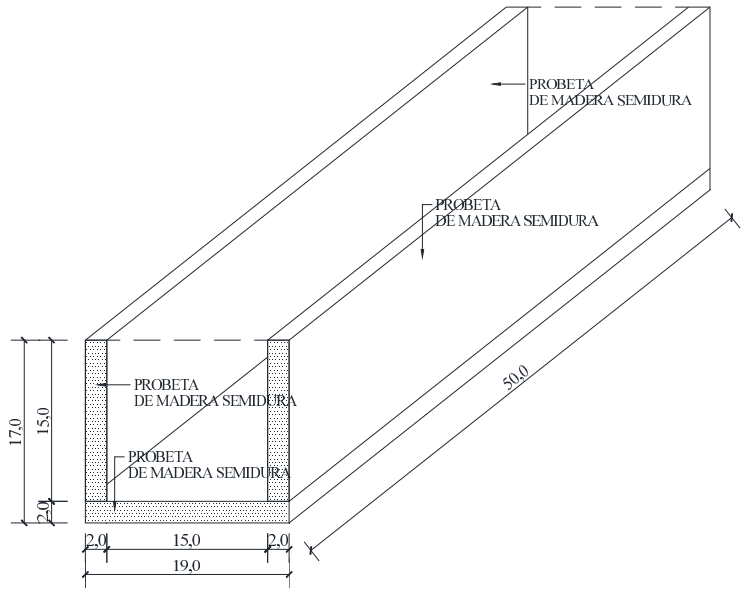


Figura 5.2: Diseño de Probeta de Madera Semidura Norma ASTM C78

Para la elaboración de la mezcla se la realiza siguiendo la Norma ASTM C31 que corresponde a la Elaboración y Curado en Obra de Especímenes de Hormigón para Pruebas de Compresión.

Figura 5.3: Elaboración de Cilindros y Vigas

En el ensayo a la compresión de los cilindros según norma (ITINTEC 339.034.

CILINDROS TESTIGO SIN ADITIVO								
RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE (kg/cm^2)								
No	DIAMETRO (cm)	ALTURA (cm)	EDAD DIAS	ACENT. Cm.	RESISTENCIA EN kN.	% de f'c	RESISTENCIA Kg/cm2	% ESPECIFICACION
1	15	30	7	6	245.34	67%	142	60%
2	15	30	14	6	322.73	89%	186	80%
3	15	30	28	6	390.23	107%	**225**	100%

Tabla 5.1: Dimensiones de Paquetes de Caña Guadua Armadas

CUADRO DE PAQUETES EN LATILLAS DE CAÑA GUADUA																
	Identificación de la Muestra	UNO			DOS			TRES			CUATRO			CINCO		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
PAQUETE SUPERIOR	Longitud (L) cm	46.50	46.50	46.50	46.50	46.50	46.50	46.40	46.40	46.40	46.50	46.50	46.50	46.70	46.70	46.70
	Base (b) cm	2.10	2.10	2.10	2.00	1.90	2.00	2.00	1.90	1.90	1.90	1.90	0.45	1.90	1.90	1.80
	Espesor (e) cm	0.45	0.60	0.50	0.45	0.55	0.60	0.50	0.50	0.60	0.50	0.45	0.50	0.50	0.60	0.40
PAQUETE INFERIOR	Longitud (L) cm	45.50	45.50	45.50	46.00	46.00	46.00	40.90	40.90	40.90	46.70	46.70	46.70	46.60	46.60	46.60
	Base (b) cm	1.90	1.80	2.00	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.70	1.60	1.70	1.80	1.80	1.80	1.80
	Espesor (e) cm	0.50	0.50	0.55	0.50	0.50	0.55	0.50	0.60	0.50	0.70	0.50	0.30	0.60	0.55	0.50
	Area P. (A) cm2	**0.95**	**1.26**	**1.05**	**0.90**	**1.05**	**1.20**	**1.00**	**0.95**	**1.14**	**0.95**	**0.86**	**0.23**	**0.95**	**1.14**	**0.72**
	Area T (A) cm2	**3.26**			**3.15**			**3.09**			**2.03**			**2.81**		

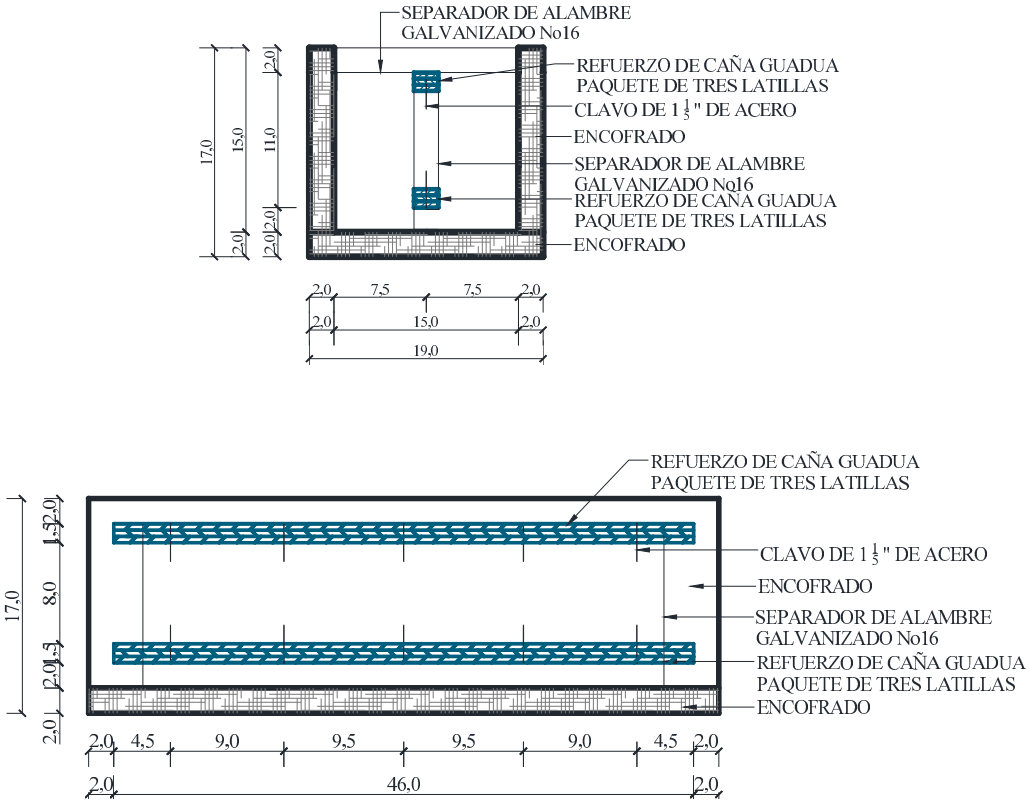


Figura 5.4: Sección Transversal y Sección Longitudinal de la Viga

En el modelo matemático se define la capacidad de carga de la viga considerando el armado de la caña guadua, la cual define la resistencia a la flexión antes del fisuramiento de la viga y posteriormente su rotura.

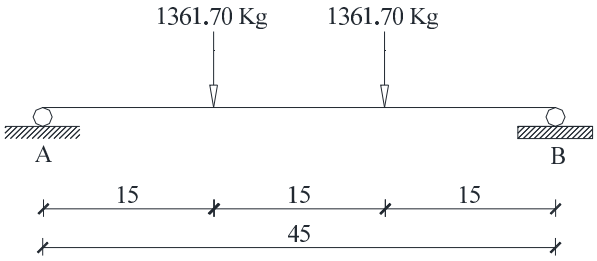


Figura 5.5: Carga Aplicada en la Viga No1

Con el modelo matemático procedemos a calcular los esfuerzos producidos por la carga actuante.

Calculo del Momento
M = (P/2) * L
M = 20425.50 Kg.cm
Calculo de las reacciones
$R_A = R_B = P/2 = 1361.70$ Kg

Donde:

M = Momento Máximo (Kg.cm)
P = Carga Actuante (Kg)
L = Distancia del apoyo a la carga (cm)
R_A = Reacciones en los apoyos (Kg)

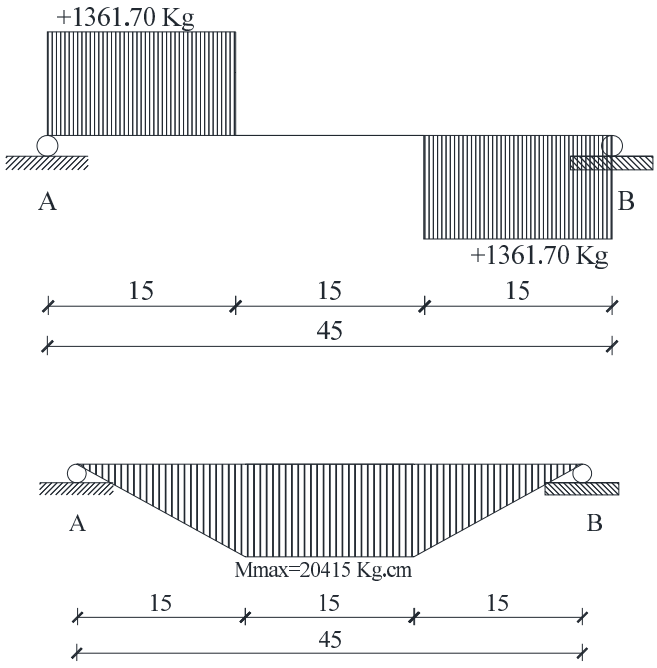


Figura 5.6: Diagrama de Corte y Momento de la Viga No1

Calculo de la Armadura de Caña Guadua para la Viga ó Probeta N°1

Para la determinar la armadura necesitamos los siguientes datos:
b = 15cm

d = 13 cm
M = 20415.50 Kg.cm
Ø = 0.90 Factor de Reducción para Flexión.
k = Constante
fyc = 742.00 Kg/cm2

$$Asc = \frac{k}{Fyc}\left[1 - \sqrt{1 - \frac{2Mu}{Ø.k.d}}\right]$$

$$Asc = 46.91[0.05]$$

Asc = 2.41 cm2 Sección de Caña Calculada

El mismo proceso se cumple para la obtención de las demás probetas de ensayo.

Tabla 5.2: Cantidades de Sección de Caña Guadua Calculada Probetas 1-2-3.

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE VIGAS ARMADAS CON CAÑA GUADUA ANGUSTIFOLIA		
ESFUERZOS DE LA VIGA No1		
DATOS:		
b=	15.00	cm
d=	13.00	cm
f`c=	210.00	kg/cm2
fy=	4200.00	kg/cm2
fyc=	**742.00**	**kg/cm2**
CARGAS APLICADAS:		
P=	1361.00	Kg
L=	15.00	cm
M=	**20415.00**	**Kg.cm**
RESULTADOS:		
ACERO		
K=	34807.50	
As=	**0.43**	**cm2**
CAÑA		
K=	34807.50	
Asc=	**2.41**	**cm2**

ESFUERZOS DE LA VIGA No2		
DATOS:		
b=	15.00	cm
d=	13.00	cm
f`c=	210.00	kg/cm2
fy=	4200.00	kg/cm2
fyc=	**742.00**	**kg/cm2**
CARGAS APLICADAS:		
P=	1437.00	Kg
L=	15.00	cm
M=	**21555.00**	**Kg.cm**
RESULTADOS:		
ACERO		
K=	34807.50	
As=	**0.45**	**cm2**
CAÑA		
K=	34807.50	
Asc=	**2.55**	**cm2**

ESFUERZOS DE LA VIGA No3		
DATOS:		
b=	15.00	cm
d=	13.00	cm
f`c=	210.00	kg/cm2
fy=	4200.00	kg/cm2
fyc=	**742.00**	**kg/cm2**
CARGAS APLICADAS:		
P=	1483.70	Kg
L=	15.00	cm
M=	**22255.50**	**Kg.cm**
RESULTADOS:		
ACERO		
K=	34807.50	
As=	**0.47**	**cm2**
CAÑA		
K=	34807.50	
Asc=	**2.64**	**cm2**

$$F = \frac{\text{Sección Aplicada Probeta N°1}}{\text{Sección Calculada Probeta N°1}} = \frac{3.22}{2.41} = 1.33 \cong 1.40$$

F = 1.40 Factor de Mayoración para el Diseño de Sección en Caña Guadua

Tabla 5.3: Cuadro Comparativo de Sección Calculada con Sección Aplicada en Probetas

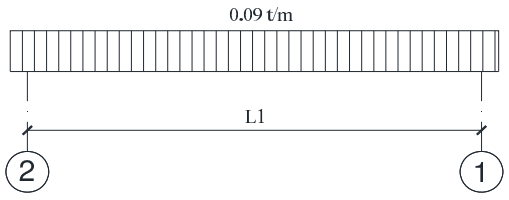
CUADRO COMPARATIVO DE LA SECCION CALCULADA Y LA SECCION APLICADA EN LOS ENSAYOS									
IDENTIFICACION	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
CAÑA CALCULADA	2.41	2.55	2.64	2.78	2.86	3.01	2.99	2.74	2.74
CAÑA APLICADA	3.22	3.14	3.10	2.03	2.81	2.70	3.04	2.80	3.00

6. DISEÑO ESTRUCTURAL

El diseño estructural se lo realizo de acuerdo las normas de diseño vigentes, CEC 2001 y NEC 2011 los cuales definen parámetros de diseño garantizando la seguridad de las estructuras con hormigón armado. Cabe recalcar que al analizar el comportamiento de la caña en conjunto con el hormigón, el diseño se aplica al igual que las losas tradicionales considerando el esfuerzo a tracción de la caña y el centroide al paquete de latillas.

Tabla 6.1: Calculo de Esfuerzos y Sección Transversal de la Caña Guadua Nervio (N1)

CALCULO DE MOMENTOS PARA UN VANO APOYADOS EN VIGA			
DATOS:			
W (T/m)=	0.09	CEC 2001	
L1 (m)=	5.30		
$WL^2/12$	$WL^2/14$	$WL^2/12$	Mu
0.21	0.18	0.21	(t-m)



CALCULO DE LA SECCION TRANVERSAL DE LA CAÑA GUADUA			
1.78	1.52	1.78	Asc Cal (cm2)
2.49	2.13	2.49	1.4 x Asc Cal (cm2)
0.010	0.008	0.010	ρcal
0.183	0.183	0.183	ρb
0.137	0.137	0.137	ρmax
0.019	0.019	0.019	ρmin
3.396	3.396	3.396	Asc min cm2
Asc Mín.	Asc Mín.	Asc Mín.	Result. Final
3 latillas de 2.0 x0.6cm	3 latillas de 2.0 x0.6cm	3 latillas de 2.0 x0.6cm	Latillas Prefabricadas

7. ANÁLISIS COMPARATIVO ECONÓMICO

7.1. ANALISIS ECONÓMICO

En el siguiente cuadro se puede observar como la alternativa más económica resulta de la aplicación del sistema de losas con Caña Guadua.

Tabla 7.1: Resumen de Presupuesto de cada Sistema de Losa

CUADRO DE RESUMEN DE COSTOS TOTALES DE CADA TIPO DE LOSA			
	TIPO DE ESTRUCTURA	**Área (m2)**	**Costo Total ($)**
1	PRESUPUESTO LOSAS EN HORMIGÓN ARMADO	40.00	**1412.20**
2	PRESUPUESTO LOSAS CON PLACA COLABORANTE Ó PANEL METÁLICO	40.00	**1734.81**
3	PRESUPUESTO DE LOSAS ARMADAS CON CAÑA DE GUADUA	40.00	**1019.66**

Tabla 7.2: Costo por Cada Metro Cuadrado

ANALISIS DE COSTOS VS ÁREA		**Área (m2)**	**Costo ($)**	**Costo/m2 ($)**	**Diferencia (%)**
	TIPO DE ESTRUCTURA				
1	PRESUPUESTO LOSAS EN HORMIGÓN ARMADO	40.00	1412.20	**35.31**	38.50
2	PRESUPUESTO LOSAS CON PLACA COLABORANTE Ó PANEL METÁLICO	40.00	1734.81	**43.37**	70.14
3	PRESUPUESTO DE LOSAS ARMADAS CON CAÑA DE GUADUA	40.00	1019.66	**25.49**	0.00

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Para que exista una buena adherencia entre la caña y el hormigón en imprescindible realizar un sistema de adherencia como clavos, grilletes, revestimiento de materiales epóxicos, etc. que generen un anclaje, en la presente investigación se utilizo clavos por ser el más económico y responder de manera satisfactoria al comportamiento del hormigón armado con caña guadua.

- Es importante resaltar que es imposible realizar dobleces en los paquetes de latillas de guadua, porque no se pueden lograr ganchos de ningún tipo, en consecuencia toda adherencia se tiene que desarrollar en la longitud de anclaje recta.

- Al analizar los esfuerzos actuantes se concluye que el diseño en hormigón armado tradicional y hormigón armado con caña guadua son iguales, ya que las cargas de aplicadas muerta y carga viva a las que se exponen son las mismas, a diferencia del sistema de losas con placa colaborante la cual se diseña de manera diferente a la del hormigón tradicional.

- En los ensayos de laboratorio se obtuvieron datos necesarios para el desarrollo de la teoría de losas con caña guadua, los cuales analizando los esfuerzos y comparando con el hormigón tradicional se puede concluir que un paquete de tres latillas de 2.1 x 0.5 cm cada una equivalen aproximadamente a una varilla de acero de 8 mm de diámetro.

- El porcentaje mayor de las losas con placa colaborante y hormigón armado en relación a la losa con caña guadua es de 70.14% y 38.50% respectivamente, correspondiendo el mayor valor a la losa con placa colaborante y el menor con caña guadua.

- En la elaboración de la armadura de caña guadua se recomienda realizar el proceso de secado y curado, ya que solo este procedimiento puede garantizar la conservación de la caña guadua con el transcurso del tiempo.

- En la presente investigación quedan algunos elementos estructurales que deberían ser tratados en posteriores temas de investigación perfeccionando la aplicación de esta técnica constructiva.

- Es necesario fomentar la aplicación de un modelo a escala real en temas de investigación posteriores, de esta forma podremos solventar la teoría planteada y perfeccionar esta técnica constructiva.

- Este sistema constructivo debe ser difundido a todos los sectores, en especial a los de escasos recursos, ya que promoviendo este método se llegaría a abaratar costos generando una mayor posibilidad de acceso a una vivienda digna.

BIBLIOGRAFIA

- American Institute Concrete "ACI 318-08". (2005). *Código de Construcción en Concreto,* Printing. 459 p. Estados Unidos.

- American Seccion of the International Association for Testing Materials "ASTM". (1994). *Ensayos de Materiales,* Estados Americanos.

- Arias José - Jácome Hugo – Paredes Lincon. (1993). *Adherencia del Hormigón a las Maderas.* Tesis de Grado previo al Título de Ingeniero Civil, Escuela de Ingeniería Civil, Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador.

- Euro Código 2 "Norma Europea Experimental". (1993). *Proyecto de Estructuras de Hormigón. Parte1-1: Reglas Generales y Reglas para Edificación.* Europa.

- Carranza Fredd – Taco Jorge. (2011). *Cálculo y Diseño Estructural para la Cubierta del Mercado Central de la Parroquia de Pintag en Base a Tenso-Estructuras con el uso de Bambú Gigante (Dendrocalamus Asper).* Tesis de Grado previo al Título de Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería Civil. Escuela Politécnica del Ejército. Sangolquí. Ecuador.

- Carazas A. W. (2002). *Bareque Guía de Construcción Parasismica*, Paris. FR: Ediciones Creterre.

- Fernández C. M. (2005). *Materiales de la Construcción*. Madrid. ES.

- Hidalgo. O. (1974). *Bambú: Su Cultivo y Aplicaciones,* Estudios Técnicos Colombianos. Bogotá. CO.

- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2001). *Código de Practica Ecuatoriano CPE INEN 5:2001*. Parte 1. Capitulo 12. Quito. Ecuador.

- Jorge Cobos – Xavier León. (2007). *Propiedades Físicas Mecánicas de la Guadua Angustifolia al Diseño de Baterías Sanitarias del IASA II.* Tesis de Grado previo al Título de Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería Civil, Escuela Politécnica del Ejército. Sangolquí. Ecuador.

- Proyectos Andinos de Desarrollo Tecnológico en el Área de los Recursos Forestales Tropicales. (1984). *Manual de diseño para maderas del Grupo Andino PADT - Refort, Junta del Acuerdo de Cartagena.* Lima. PE.:(4ª Ed.). Carvajal S.A. División Imprelibros.

- Villegas. M., Villegas, B. (2003). *Guadua Arquitectura y Diseño*. Primera Edición. Valle del Cauca. CO: Benjamín Villegas Editorial.