



**Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil  
FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN  
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**

**TEMA**

**“ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL HORMIGÓN  
ARMADO UTILIZANDO COMO ELEMENTO A FLEXIÓN LA MADERA  
CHONTA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS POPULARES”**

**Tutor**

**MSc. MAX ALMEIDA FRANCO**

**Autores**

**DAVID ANDRES OCHOA CARRIÓN**

**MIGUEL ÁNGEL PILAY GUERRA**

**Guayaquil, 2019**

## ***REPOSITARIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA***

### **FICHA DE REGISTRO DE TESIS**

**TÍTULO Y SUBTÍTULO:**

**ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL HORMIGÓN ARMADO UTILIZANDO COMO ELEMENTO A FLEXIÓN LA MADERA CHONTA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS POPULARES**

**AUTOR/ES:**

DAVID ANDRES OCHOA CARRIÓN

MIGUEL ÁNGEL PILAY GUERRA

**REVISORES:**

MSc. MAX ALMEIDA FRANCO

**INSTITUCIÓN:**

UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE  
GUAYAQUIL

**FACULTAD:**

INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN

**CARRERA:**

INGENIERÍA CIVIL

**FECHA DE PUBLICACIÓN:**

2019

**N. DE PAGS:**

78

**ÁREAS TEMÁTICAS:** Arquitectura y Construcción

**PALABAS CLAVE:**

Construcción, Hormigón, Madera, Viga

**RESUMEN:**

En la actualidad por falta de desconocimiento sobre la madera se la ha ido excluyendo como material de construcción esta investigación se concentra en la utilización de la madera chonta como método innovador.

Analizaremos el comportamiento mecánico de la madera de "CHONTA" dentro del hormigón armado, dando como resultado garantizar como parte fundamental y principal como material a utilizar en la construcción de viviendas populares debido a su resistencia y durabilidad.

N. DE REGISTRO (en base de datos):	N. DE CLASIFICACIÓN:	
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):		
ADJUNTO URL (tesis en la web):		
ADJUNTO PDF:	SI <input checked="" type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
CONTACTO CON AUTORES/ES:  DAVID ANDRES OCHOA CARRIÓN  MIGUEL ÁNGEL PILAY GUERRA	Teléfono:  0979026635  0981252964	E-mail:  dad08ac@hotmail.com  angu.el@hotmail.com
CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:	Mg. ALEX SALVATIERRA ESPINOZA, DECANO  Teléfono: 2596500 EXT. 241 DECANATO  E-mail: asalvatierrae@ulvr.edu.ec  Msc. Alexis Valle Benítez, DIRECTOR DE CARRERA  Teléfono: 2596500 EXT. 213  E-mail: avalleb@ulvr.edu.ec	

# CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO



## Urkund Analysis Result

**Analysed Document:** tesis ochoa pilay nueva 12-11-18 chonta.docx (D44245234)  
**Submitted:** 11/19/2018 11:07:00 PM  
**Submitted By:** malmeidaf@ulvr.edu.ec  
**Significance:** 8 %

### Sources included in the report:

<https://www.buenastareas.com/ensayos/Madera-De-Chonta-En-Materiales-Compuestos/32641263.html>  
<http://woodsrl.com.ar/la-madera-laminada-encolada-como-elemento-estructural-comparacion-con-el-hormigon-armado-los-costos/>  
<http://www.umacon.com/noticia.php/es/que-es-el-hormigon-o-cemento-armado/409>

### Instances where selected sources appear:

6

*Francisco Franco*

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES

Los/Las estudiantes/egresados(as) DAVID ANDRES OCHOA CARRIÓN Y MIGUEL ÁNGEL PILAY GUERRA, declaro (amos) bajo juramento, que la autoría del presente trabajo de investigación, corresponde totalmente a los/las suscritos(as) y nos responsabilizamos con los criterios y opiniones científicas que en el mismo se declaran, como producto de la investigación realizada.

De la misma forma, cedemos nuestros derechos patrimoniales y de titularidad a la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil, según lo establece la normativa vigente.

Este proyecto se ha ejecutado con el propósito de estudiar "ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL HORMIGÓN ARMADO UTILIZANDO COMO ELEMENTO A FLEXIÓN LA MADERA CHONTA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS POPULARES".

Autor(es)(as):

---



DAVID ANDRES OCHOA CARRIÓN

C.I. 0940192354

---



MIGUEL ÁNGEL PILAY GUERRA

C.I. 0926451337

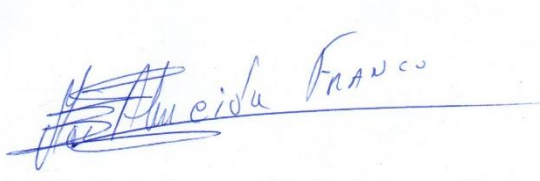
## CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor(a) del Proyecto de Investigación **ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL HORMIGÓN ARMADO UTILIZANDO COMO ELEMENTO A FLEXIÓN LA MADERA CHONTA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS POPULARES**, nombrado(a) por el Consejo Directivo de la Facultad de Administración de la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil.

### CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y analizado en todas sus partes el Proyecto de Investigación titulado: **“ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL HORMIGÓN ARMADO UTILIZANDO COMO ELEMENTO A FLEXIÓN LA MADERA CHONTA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS POPULARES”**, presentado por los estudiantes DAVID ANDRES OCHOA CARRIÓN Y MIGUEL ÁNGEL PILAY GUERRA como requisito previo a la aprobación de la investigación para optar al Título de INGENIERO CIVIL, encontrándose apto para su sustentación

Firma:



A handwritten signature in blue ink, reading "Max Almeida Franco", is written over a horizontal line. The signature is stylized and includes a large initial "M".

MSc. MAX ALMEIDA FRANCO

C.I. 0906706981

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, a Dios por haberme brindado sabiduría y perseverancia para lograr este proyecto; en segundo lugar, a cada uno de los que son parte de mi familia a mi Madre por sus consejos, mi esposa por su apoyo incondicional y a mis hermanos por sus ejemplos; que me han ayudado y llevado hasta donde estoy ahora. Por último, a mi compañero de tesis Miguel porque en esta armonía grupal lo hemos logrado y a mi director de tesis quién nos ayudó en todo momento, ING. Max Almeida.

**David Ochoa Carrión**

Este proyecto investigativo es el resultado de confianza y esfuerzo de todos los que conformamos un grupo de trabajo. Por ende, agradezco a nuestro tutor Ing. Max Almeida a mi compañero David Ochoa y mi persona, que a lo largo de este tiempo hemos puesto a pruebas nuestra capacidad y el conocimiento en el desarrollo de este nuevo proyecto investigativo el cual ha finalizado llenando toda nuestra expectativa. A mis profesores a quienes les debo gran parte de mis conocimientos y enseñanza y finalmente un eterno agradecimiento a esta prestigiosa universidad la cual abrió abre sus puertas a jóvenes como nosotros, preparándonos para un futuro competitivo y formándonos como personas de bien.

**MIGUEL ANGEL PILAY GUERRA**

## **DEDICATORÍA**

Dedico este proyecto de tesis a Dios y a mi madre. A Dios porque ha estado conmigo a cada paso que doy, a mi madre, quien a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo en todo momento. Depositando su entera confianza en cada reto que se me presentaba sin dudar ni un solo momento en mi inteligencia y capacidad. Es por ella que soy lo que soy ahora.

Por último, también le dedico y no menos importante a mi hermosa hija quien fue una motivación extra para la culminación de este proyecto.

**David Ochoa Carrión.**

A Dios, por permitirme llegar a este momento muy especial en mi vida. Por cada etapa de mi vida de triunfos y de los momentos difíciles cuidándome y dándome fuerza para continuar y ensañándome a valorarlo cada día más.

A mi Madre por ser esa persona que me ha acompañado durante mi trayectoria de educativa y de vida.

A mi padre que con sus consejos y apoyo siempre ha sabido guiarme para la culminación de mi carrera profesional.

**MIGUEL ANGEL PILAY GUERRA**



## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
<b>CAPÍTULO I. EL PROBLEMA A INVESTIGAR.....</b>	<b>1</b>
1.1. TEMA PROPUESTO.....	1
1.2. EL PROBLEMA.....	1
1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	2
1.5. SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA.....	2
1.6. OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN.....	2
1.6.1.OBJETIVO GENERAL.....	2
1.6.2.OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	2
1.7. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	2
1.8. DELIMITACIÓN O ALCANCE DE LA INVESTIGACION.....	3
1.9. IDEA A DEFENDER.....	3
1.9.1.VARIABLE INDEPENDIENTE.....	3
1.9.2.VARIABLE DEPENDIENTE.....	3
<b>CAPÍTULO II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>4</b>
2.1. INTRODUCCIÓN.....	4
2.2. MARCO REFERENCIAL.....	9
2.3. MARCO CONCEPTUAL.....	16
2.3.1. HORMIGÓN ARMADO.....	16
2.3.2.HORMIGÓN.....	17
2.3.2.1. CEMENTO PORTLAND.....	19
2.3.2.2. AGUA.....	20
2.3.2.3. AGREGADOS.....	21
2.3.2.3.1. AGREGADO FINO.....	21
2.3.2.3.2. AGREGADO GRUESO.....	21
2.3.3. ACERO.....	22
2.3.4. MADERA.....	24
2.3.4.1. PALMA CHONTA.....	24
2.3.4.1.1. LOCALIZACIÓN.....	24
2.3.4.1.2. UTILIZACIÓN.....	24
2.3.4.1.3. MORFOLOGÍA DE LA PALMA.....	24

2.3.4.2. CONCEPTO DE MADERA.....	28
2.3.4.2.1. USO EN LA CONSTRUCCIÓN.....	28
2.3.4.2.2. PROPIEDADES.....	29
2.4. MARCO LEGAL .....	31
2.4.1. NORMAS ECUATORIANAS.....	31
2.4.1.1 REQUISITOS PARA ELEMENTOS A FLEXIÓN.....	31
<b>CAPÍTULO III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN..</b>	<b>34</b>
3.1. ENFOQUE.....	34
3.2. MODALIDAD DE LA INVESTIGACIÓN.....	34
3.3. NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	34
3.4. MUESTRA.....	34
3.5. ENTREVISTA.....	34
3.6. TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN.....	35
<b>CAPÍTULO IV. PROPUESTA.....</b>	<b>36</b>
4.1. LA PROPUESTA.....	36
4.2. OBJETIVO GENERAL DE LA PROPUESTA.....	36
4.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS DE LA PROPUESTA....	36
4.4. DESARROLLO DE LA PROPUESTA.....	37
4.4.1.DESARROLLO EXPERIMENTAL.....	37
4.4.2.ENSAYO DE MATERIALES .....	37
4.4.2.1.ENSAYO REALIZADOS EN LOS AGREGADOS...	37
4.4.3.ANÁLISIS Y ENSAYO A LA MADERA CHONTA.....	43
4.4.3.1. ENSAYOS.....	43
4.4.4.DISEÑO DE HORMIGON.....	50
4.4.5.ENSAYO A LA COMPRESIÓN.....	53
4.4.6.ENSAYO MECANICO DEL ELEMENTO PROPUESTO.....	54
4.4.6.1.ENSAYO A FLEXIÓN.....	54
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>56</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>57</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>59</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Granulometría agregados finos .....	34
Tabla 2 Gravedad Especifica y Absorción de fino.....	36
Tabla 3 Gravedad Especifica y Absorción de Grueso .....	37
Tabla 4 Peso Unitario en Agregado.....	38
Tabla 5 Ensayo a compresión a la madera chonta con espesor de 8mm.....	40
Tabla 6 Ensayo a compresión a la madera chonta con espesor de 10mm.....	41
Tabla 7 Ensayo a compresión a la madera chonta con espesor de 12mm.....	42
Tabla 8 Ensayo a flexión a la madera chonta con espesor de 8mm.....	43
Tabla Ensayo a flexión a la madera chonta con espesor de 10mm.....	44
Tabla 10 Ensayo a flexión a la madera chonta con espesor de 12mm.....	45
Tabla 11 Diseño de Hormigón de 180kg/cm2.....	47
Tabla 12 Diseño de Hormigón de 210kg/cm2.....	48
Tabla 13 Rotura de cilindros hormigón de 180 kg/cm2.....	49
Tabla 14 Rotura de cilindros hormigón de 210 kg/cm2.....	49
Tabla 15 Rotura de viga $\varnothing$ 8mm.....	50
Tabla 16 Rotura de viga $\varnothing$ 10mm.....	51
Tabla 17 Rotura de viga $\varnothing$ 12mm.....	51

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1 Función del Acero.....</b>	<b>20</b>
<b>Figura 2 Morfología de la Chonta.....</b>	<b>22</b>
<b>Figura 3 Palma Chonta .....</b>	<b>23</b>
<b>Figura 4 Tronco de la Chonta.....</b>	<b>24</b>
<b>Figura 5 Forma de hoja de la palma.....</b>	<b>24</b>
<b>Figura 6 Resistencia a flexión .....</b>	<b>26</b>
<b>Figura 7 Resistencia a tracción.....</b>	<b>26</b>
<b>Figura 8 Resistencia a la Compresión .....</b>	<b>27</b>
<b>Figura 9 Módulo de elasticidad.....</b>	<b>27</b>
<b>Figura 10 Características del elemento a flexión.....</b>	<b>28</b>
<b>Figura 11 Requisitos del refuerzo longitudinal en elementos a flexión.....</b>	<b>30</b>
<b>Figura 12 Ilustración de la Propuesta.....</b>	<b>36</b>
<b>Figura 13 Curva Granulométrica.....</b>	<b>39</b>

## ÍNDICE DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
<b>Anexo 1 APU.....</b>	<b>59</b>
<b>Anexo 2 DISEÑO DE VIVIENDA .....</b>	<b>63</b>

# CAPÍTULO I

## PROBLEMA A INVESTIGAR

### 1.1.Tema.

“Análisis del comportamiento mecánico del hormigón armado utilizando como elemento a flexión la madera chonta para la construcción de viviendas populares.”

### 1.2. El Problema.

En la actualidad por falta de desconocimiento sobre la madera se la ha ido excluyendo como material de construcción esta investigación se concentra en la utilización de la madera chonta como método innovador en la construcción de viviendas populares, tendremos que analizar su comportamiento mecánico del hormigón armado como elemento a flexión la chonta y así demostrar que podemos usar como método constructivo.

### 1.3. Planteamiento del Problema.

Esta investigación tiene como propósito analizar el comportamiento mecánico de la madera de “CHONTA” dentro del hormigón armado, dando como resultado garantizar como parte fundamental y principal como material a utilizar en la construcción de viviendas populares debido a su resistencia y durabilidad. Nuestra sociedad se ha limitado a la construcción de viviendas populares usando solamente los métodos tradicionales y de mayor difusión, mas no se ha transcendido en la investigación y/o aplicación de otras opciones para la construcción ya sean de mayor tecnología o mayor eficiencia o de mayor sustentabilidad.

La madera sea cual sea su origen, ha sido apartada de la construcción de vivienda popular, debido a este aspecto se ha pensado en la introducción a la industria de la construcción de ejemplares de madera diferentes de los tradicionales como por ejemplo la madera “CHONTA”.

Teniendo en cuenta que el único propósito principal para la utilización del hormigón armado logrando como elemento principal en el hormigón armado a la madera de “CHONTA”, así lograremos garantizar que la construcción de vivienda popular sea una infraestructura habitable y resistente a cualquier evento o fenómeno naturales. Por lo tanto, es posible establecer este análisis mecánico para la delicadeza de la ejecución de vivienda popular.

#### **1.4. Formulación del Problema.**

¿Comportamiento mecánico del hormigón armado como elemento a flexión la madera chonta?

#### **1.5. Sistematización del Problema.**

- ¿Analizar la resistencia a flexión de la chonta?
- ¿Analizar el comportamiento mecánico del hormigón armado como elemento a flexión utilizando la chonta?
- ¿Determinar si cumple como método para la construcción de viviendas populares?

#### **1.6. Objetivos de la investigación.**

##### **1.6.1. Objetivo General.**

Establecer un análisis del comportamiento mecánico del hormigón armado utilizando como elemento a flexión a la madera “CHONTA” para la construcción de miembros que están apoyados de manera continua sobre el suelo (riostros) en una vivienda de planta baja.

##### **1.6.2. Objetivos Específicos.**

- Determinar la resistencia a flexión de la madera “CHONTA”
- Determinar la sustentabilidad de la madera “CHONTA” como material de construcción para miembros que están apoyados de manera continua sobre el suelo (riostros) en una vivienda de planta baja.
- Determinar las propiedades físicas-mecánicas de la madera Chonta.
- Determinar la dosificación para la resistencia del hormigón.
- Realizar pruebas de laboratorio para obtener las propiedades mecánicas de la madera “CHONTA”.

#### **1.7. Justificación de la Investigación**

Este proyecto busca innovar nuevos métodos constructivos en la realización de viviendas populares, debido a que actualmente no se aprovecha todo el potencial de la madera como material de construcción, existe una gran necesidad por iniciar la motivación del uso de la madera como elemento fundamental en obras civiles. Como se mencionó anteriormente el desconocimiento por parte de los profesionales y de la ciudadanía en general, sobre el tema, limita el uso y las aplicaciones de la madera en la arquitectura y en la construcción en el país en la actualidad. Esta investigación tiene como principal

propósito analizar el comportamiento mecánico del hormigón armado utilizando como elemento a flexión la madera “CHONTA”, que a su vez demos a conocer a las empresas constructoras nuevos sistemas de construcción para poder reemplazar al sistema tradicional.

La investigación demostrara que el comportamiento mecánico del hormigón armado con la madera Chonta como elemento que trabaje a flexión sirva para la construcción de viviendas populares, ya que la chonta es una madera que brinda características como durabilidad y mucha resistencia. Y a su vez de volver el protagonismo de la madera en la construcción con nuevo uso para los sistemas de construcción de viviendas para beneficio de la sociedad en general y aportar al buen vivir.

### **1.8. Delimitación o Alcance de la investigación.**

Campo: Elaboración de un método constructivo que pueda ser usado en la construcción de vivienda popular

Área: Ingeniería Civil

Aspecto: Investigación experimental

Tema: “Análisis del comportamiento mecánico del hormigón armado utilizando como elemento a flexión la madera chonta para la construcción de viviendas populares”

Delimitación: Su uso se permite solamente a miembros que están apoyados de manera continua sobre el suelo (riostras)

### **1.9. Idea a defender.**

#### **1.9.1. Variable Independiente.**

Evaluación de la madera chonta dentro del hormigón armado para su uso en riostra de amarre en una vivienda popular.

#### **1.9.2. Variable Dependiente.**

Innovar otro método para la construcción de viviendas populares.

Desconocimiento de propiedades de la madera chonta para su uso en miembro apoyados en el suelo.



## Capítulo II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Introducción.

Se considera una vivienda a cualquier recinto, separado e independiente, construido o adaptado para el albergue de personas. Se puede afirmar que la vivienda en su método constructivo ha evolucionado a lo largo de la historia, producto fundamentalmente de la aparición de nuevas actividades y avances tecnológicos. Sin embargo, esta evolución se ha dado de modo diferente en los distintos rincones del planeta, debido principalmente a factores como el clima, estilo de vida, los valores sociales religiosos, entre otros los cuales han determinado la forma, el color y el tamaño de la vivienda, la presencia de unos determinados elementos de protección ambiental, el uso de ciertos materiales y la configuración general de las edificaciones.

El hombre a lo largo de esta evolución pasa de una primera fase en la cual la necesidad principal es protegerse de las agresiones del medio ambiente, de animales o de otros humanos, pero manteniendo un equilibrio con su medio, de total integración con su contexto a una segunda fase en la que con el desarrollo de las primeras ideas y herramientas constructivas le permiten edificar las primeras viviendas. Estas edificaciones y forma de acondicionamiento empleadas en ese momento mantienen todavía el equilibrio con el medio.

No obstante, con el desarrollo de la técnica y los avances industriales, el hombre cambia su rumbo, la forma de diseñar y de construir sus edificaciones, olvidando o dejando de lado las técnicas tradicionales de construcción para asumir la construcción de métodos innovadoras.

Las ciudades al mismo tiempo, han crecido de modo desmesurado y en constante desequilibrio con el contexto, ocupando grandes extensiones de terreno para la construcción principalmente de zonas residenciales muchas veces a distancias considerables de los puntos de trabajo.

Si bien la combinación de hierro, cemento, ripio y arena fue la técnica más utilizada en la construcción de casas y edificios y que dio buenos resultados. En 1985 llega al Ecuador, la modalidad de construir utilizando como estructura principal de sostenimiento de las edificaciones, la estructura metálica. Esta modalidad se populariza porque para ese entonces, los edificios más grandes del mundo, incluido el desaparecido Wald Trade Center (Torres Gemelas), de los Estados Unidos, fueron edificados de este material.

En principio con este material sólo se construían sedes sociales y plantas escolares, pero por la fiabilidad comprobada ahora se construyen viviendas, edificios multifamiliares y centros comerciales.

### **Otras técnicas**

Para los tiempos modernos, solo la construcción de edificios de gran tamaño tiene un patrón de estructura metálica o columnas de hormigón como materiales insustituibles. Mientras que, en la construcción de la vivienda, las técnicas pueden ser variadas y combinadas. Es así que ahora se construye con columnas de hormigón y paredes de adobe, ladrillo, cimientos de concreto y madera vista en vez de las columnas; estructura metálica y bloque o ladrillo, aunque también se utiliza sólo ladrillo o bloque trabado en las esquinas. La técnica que quedó en desuso es la utilización del bareque, (paredes de tejidas con carrizo y recubiertas de lodo), con este material se hacían los tumbados y las paredes de los pisos superiores en las casas del siglo pasado. Toda técnica es valedera para construir, que de pronto en el futuro se podría pensar en volver a las técnicas de la tierra batida porque las reservas de cemento no son eternas.

Las edificaciones del siglo anterior que fueron construidas con tapias de tierra y piedra son de igual calidad que las que se construyen ahora. La única diferencia entre estas construcciones, es que con las paredes de tierra no se podía aprovechar la propiedad horizontal y a lo mucho se construía edificaciones de hasta tres pisos. Con la tecnología actual, se hacen edificios que superan los 30 pisos. La aparición de hierro y luego la utilización de las estructuras metálicas, permitió que se gane espacio en las construcciones. El problema de las paredes de mano, adobe, tapias y paredes de molón, era la utilización de demasiado espacio, pues una pared para que resista el peso de las cubiertas tenían un espesor de hasta un metro y medio de ancho. Con la utilización del hierro, bloque y ladrillo las paredes son de máximo 30 centímetros con lo que se gana espacios.

En el Ecuador, el 57 por ciento de las viviendas son de ladrillo y cemento; y, el resto, de materiales alternativos como bloque, caña guadua, adobe, tapial, bahareque, pared de mano y otros.

La mayor parte de las primeras han sido construidas con la asistencia técnica de profesionales, mientras que las segundas casi en su totalidad con la iniciativa y el trabajo de sus propietarios, cuya característica fundamental es pertenecer a sectores de población de ingresos bajos ubicados en áreas urbanas marginales y rurales.

En el marco de desarrollo vigente en el Ecuador, la población rural se ha desplazado a los centros urbanos en busca de oportunidades de trabajo, registrándose en el último censo de población y vivienda (1990) una mayor proporción de la población urbana en el total nacional (60%). Este hecho, junto a la ausencia de respuesta del Estado Ecuatoriano, ha conducido a que el déficit de vivienda urbano-marginal se agrave y se agudice, especialmente frente a una sostenida elevación de los costos de construcción de viviendas con materiales convencionales y la administración del Estado.

La tasa de inflación de los bienes y servicios de consumo básico, en los últimos tres años, bordea el 50 por ciento anual, mientras que la de los materiales de la construcción, cuyos insumos de fabricación son importados, con frecuencia rebasan el 150 por ciento. En su evolución inciden las minidevaluaciones diarias del tipo de cambio y los ajustes periódicos de precios que realizan los establecimientos industriales fabricantes de dichos materiales. A estos costos se agrega la alta tasa de interés que afecta los costos de operación de proyectos de construcción de viviendas financiados por la banca privada o préstamos externos. Los honorarios profesionales igual que en otras partes se cobran en base a un arancel y en consecuencia es proporcional al costo total de la vivienda (16 por ciento).

La demanda de viviendas por su parte depende directamente de la capacidad de pago del propietario cuyos ingresos promedios en 1990 bordeaban aproximadamente los 60 dólares mensuales siendo el salario mínimo vital legal vigente equivalente a menos de 50 dólares mensuales. La situación expuesta conlleva a buscar con urgencia alternativas baratas de soluciones habitacional marginales y rurales a fin de que tiendan a mejorar la calidad y seguridad de construcción de sus viviendas. Es pues, un desafío disminuir los costos de construcción sin sacrificar la calidad de la vivienda. En esta perspectiva cabe y se impone recuperar tecnologías propias de construcción, propiciando que el mismo poblador pueda como lo hace actualmente construir su casa mejorando la calidad respecto de las que existen.

La construcción en tierra es una de las alternativas. No obstante, su aplicación presenta dificultades de distinto orden que cabe precisarlas. La tierra es un material que no da "status", salvo que se logre poner de moda en la clase media alta y alta; el tapial y el adobe consumen mucha área de terreno, el bahareque tiene el inconveniente del alto consumo de madera. De otra parte, para llevar adelante programas con materiales, como la tierra se requiere tener presente otros elementos que demandan esfuerzos adicionales como son: la tenencia de la tierra, la especulación del suelo, la reforestación con especies maderables y de rápido crecimiento, el cambio de ordenanzas municipales, etc.

En síntesis, la utilización de la tierra demanda capacidad técnica y una dosis adicional de ingenio para allanar esas dificultades. Es importante continuar con la investigación y aplicación de las tecnologías alternativas y del uso de la tierra, de manera que las antiguas tecnologías sean innovadas y "vendidas" en el mercado actual.

Estas tecnologías utilizadas adecuadamente permiten la construcción de viviendas con un buen manejo del criterio de sostenibilidad desde el punto de vista económico, brindando también seguridad y confort.

## **Datos Históricos.**

### **Evolución de los sistemas constructivos de una vivienda.**

La historia de la vivienda ha variado drásticamente a lo largo del tiempo en tamaño, materiales, altura, diseño, tipos...etc. Desde las cuevas de nuestros ancestros cavernícolas o las casas hechas de paja y tierra con una duración de más de cien años.

Se han implementado diferentes técnicas y tipos de construcción que realzan la actitud del hombre en busca de un refugio y la casa perfecta.

Las peculiaridades específicas de una casa dependen del tiempo, del terreno, de los materiales, de las técnicas constructivas y de factores como la clase social o bien los recursos económicos de sus dueños.

Las casas se pueden edificar por encima o bien bajo el nivel de suelo, si bien la mayor parte de las residencias modernas están emplazadas en un nivel superior al del terreno, a veces sobre sótanos semienterrados, singularmente en los tiempos fríos. Los materiales más usados son la propia tierra, madera, ladrillos, piedra, y cada vez en mayor medida hierro y hormigón, sobre todo en las áreas urbanas. La mayor parte de las veces se combinan entre sí, si bien la elección depende del proyecto arquitectónico, de los gustos del cliente del servicio y sobre todo, del costo del material o bien de la sencillez de su puesta en obra.

La utilización de la madera como sistema constructivo o como elemento estructural ha acompañado al hombre a lo largo de toda la historia. Al principio junto a la piedra era el principal elemento constructivo. Posteriormente aparecieron nuevos materiales que relegaron su utilización. Actualmente la evolución de su tecnología permite obtener productos estructurales más fiables y económicos, y su mejor conocimiento, tanto desde el punto de vista estructural como ecológico y medioambiental, la permite competir con el resto de los materiales estructurales.

Existen diversas formas de construir según el tipo y el lugar. La forma de construir depende del nivel tecnológico de la sociedad que construye y de las necesidades que ésta sociedad manifiesta.

La existencia de un material natural está estrechamente relacionada con la invención de las herramientas para su explotación y determina las formas constructivas. Por ejemplo, la carpintería de madera apareció en las diferentes áreas boscosas del planeta, y la madera sigue siendo, aunque su uso está en caída un material de construcción importante en esas áreas. En otras zonas, las piedras naturales se utilizaron en los monumentos más representativos debido a su permanencia y a su resistencia al fuego.

Dado que la piedra se puede tallar, la escultura se integró fácilmente con la arquitectura. El empleo de piedras naturales en la construcción está en decadencia, debido a su elevado precio y a su complicada puesta en obra. En su lugar se utilizan piedras artificiales, como el hormigón y el vidrio plano, o materiales más ligeros, como el hierro o el hormigón pretensado, entre otros. En las regiones donde escaseaban la piedra y la madera se usó la tierra como material de construcción. Aparecen así el tapial y el adobe: el primero consiste en un muro de tierra o barro apisonado y el segundo es un bloque constructivo hecho de barro y paja, y secado al sol. Posteriormente aparecen el ladrillo y otros productos cerámicos, basados en la cocción de piezas de arcilla en un horno, con más resistencia que el adobe. Por tanto, las culturas primitivas utilizaron los productos de su entorno e inventaron utensilios, técnicas de explotación y tecnologías constructivas para poderlos utilizar como materiales de edificación. Su legado sirvió de base para desarrollar los modernos métodos industriales.

La construcción con piedra, ladrillo y otros materiales se llama albañilería. Estos elementos se pueden trabar sólo con el efecto de la gravedad, o mediante juntas de mortero, pasta compuesta por arena y cal (u otro aglutinante). Los romanos descubrieron un cemento natural que combinado con algunas sustancias inertes (arena y piedras de pequeño tamaño), se conoce como argamasa. Las obras construidas con este material se cubrían posteriormente con mármoles o estucos para obtener un acabado más aparente. En el siglo XIX se inventó el cemento Portland, que es completamente impermeable y constituye la base para el moderno hormigón.

Otro de los inventos del siglo XIX fue la producción industrial de acero; los hornos de laminación producían vigas de hierro mucho más resistentes que las tradicionales de madera, es más, los redondos o varillas de hierro se podían introducir en la masa fresca de hormigón, aumentando al fraguar la capacidad de este material, dado que añadían a su

considerable resistencia a compresión la excepcional resistencia del acero a tracción. Aparece así el hormigón armado, que ha revolucionado la construcción del siglo XX por dos razones; la rapidez y comodidad de su puesta en obra y las posibilidades formales que ofrece, dado que es un material plástico.

## **2.2 Marco Referencial.**

### **ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE MEZCLAS CEMENTICIAS CON LA INCLUSIÓN DE FIBRAS DE MADERA.**

**PRESENTADO POR: JORGE CORONEL PATRICIO RODRIGUEZ**

### **HORMIGÓN ALIVIANADO CON FIBRAS DE MADERA.**

Debido a la necesidad de las poblaciones por utilizar recursos de su propia localidad con el fin de abaratar costos, se han desarrollado hormigones especiales. Se ha implementado la utilización de fibras de madera en la dosificación del hormigón, pero otras fibras orgánicas (papel de desecho, bambú, cascara arroz, etc.), pueden ser utilizados siempre y cuando estos cumplan con los ensayos. En Indonesia se han construido pequeñas casas utilizando este material, las obras civiles están a cargo de la constructora finlandesa (Finna Housing Ltd.). Se ha producido paneles para paredes y losas prefabricados con hormigón alivianado con fibras de madera.

Las propiedades físicas y mecánicas del hormigón estructural con fibras de madera tienen relación con su densidad. Por lo general encontramos hormigones de 1200 kg/m<sup>3</sup> y 1500 kg/m<sup>3</sup>, los últimos son utilizados para soportar cargas. Los hormigones de 1200 kg/m<sup>3</sup> alcanzan valores a compresión de 60 kg/cm<sup>2</sup> a 80 kg/cm<sup>2</sup> y a flexión de 20 kg/cm<sup>2</sup> a 30 kg/cm<sup>2</sup>, y los de 1500 kg/m<sup>3</sup> alcanzan de 100 a 150 kg/cm<sup>2</sup> a compresión y de 30 a 60 kg/cm<sup>2</sup> a la flexión. Este tipo de hormigones son resistente a la humedad, hielo, fuego y ataque de termitas, tienen gran capacidad de absorción y aislamiento de sonidos. Los componentes de este material no son nocivos para la salud.

### **Conclusiones.**

La resistencia a la flexión del hormigón tradicional normalmente llega a alcanzar el 10% de la resistencia a la compresión, sin embargo, en la presente investigación se obtuvieron excelentes resultados, 26 % en mezclas con fibras de pino, 19 % con fibras mixto y 29 % con mezclas con fibras de teca. Obteniendo un hormigón mucho más dúctil y flexible que el tradicional.

## **“DISEÑO DE PASARELA MIXTA MADERA HORMIGÓN PARA: “RED VERDE DE LA ARAUCANÍA”**

**JORGE ARMANDO MILLALEN FRIZ VALDIVIA – CHILE 201**

Sistemas estructurales Mixtos de Madera-Hormigón han sido investigados por casi 80 años. Tableros mixtos madera-hormigón se han utilizado con éxito en puentes de carretera, pistas de hangares, muelles, malecones, edificios y plataformas desde comienzos de 1940 (Lukaszewska, 2009). Uno de los primeros proyectos realizados en estructuras mixtas madera-hormigón fue descrito por Mc Cullough (1943) que llevó a cabo pruebas experimentales (conocidas como las pruebas de Oregón) con vigas mixtas de madera-hormigón, motivado por el deseo del departamento estatal de carreteras del estado de Oregon (E.E.U.U.) de desarrollar un puente carretero rentable para tramos cortos.

### **La madera laminada encolada como elemento estructural. Comparación con el Hormigón Armado.**

La MADERA es un material anisotrópico por excelencia. Su comportamiento, como en el caso del ACERO, es bueno ante situaciones que originen COMPRESION, TRACCION, FLEXION O CORTE.

Es un material cuya performance estructural compite en cierta medida con el ACERO, y deja muy atrás los valores del HORMIGÓN. El tema es que esta capacidad de soportar estados de tensión variados, de la madera, se modifica sensiblemente con diversos factores. La función básica de un material destinado a la construcción de edificios es su aptitud estructural. Esto es hacer edificio, edificar, algo así como “apilar materiales” que mantengan su equilibrio a partir de las deformaciones que origina el sistema de fuerzas que actúan en los mismos (incluyendo su propio peso).

Para entender el funcionamiento estructural de la madera, debemos remitirnos a la explicación del comportamiento de los materiales cuando están sometidos a la acción de fuerzas.

Tal vez en nuestra cultura del Hormigón Armado, esto sea más necesario en la medida que el enfoque del funcionamiento de este material no se explicita siempre la base de protocolos que lo sustenta. Diríamos que esto pasa siempre con los valores dominantes de una cultura. El termino TENSION predominando sobre DEFORMACION, tal vez sea la mejor síntesis.

#### **Deformación por flexión**

Pongamos entonces sobre el tapete, que el problema básico de las deformaciones originadas en los materiales por los esfuerzos que se desarrollan en la misma, ES LA FLEXIÓN.

Esta es la situación dominante en la construcción de los edificios, en tanto que es la situación de cualquier superficie plana, horizontal o inclinada, necesidad para nuestras cubiertas o los entresijos.

Hasta las últimas décadas del siglo XVIII, la madera fue el único material que se encontraba en cantidad suficiente y apropiada para techos, entresijos, y diversos elementos estructurales. Esto expresa la capacidad de asumir deformación por flexión importante sin colapsar.

Entremos al tema. Nos preguntamos cuales son las variables significativas de los materiales de construcción, con uso estructural dominante.

El módulo de elasticidad

La tensión de trabajo

El peso específico

Al módulo de elasticidad nos indica cuanto más o menos rígido es un material estructural. Como solemos decir es como el DNI del material.

Lo mismo podríamos decir de la tensión (tal vez el más popular de estos términos). Es la capacidad de trabajo del material dentro de ciertos límites establecidos.

La pregunta que nos podríamos formular es ¿por qué introducir el peso específico? (el  $P_e$ ), del que muchas veces no tenemos mucha idea, al cual le damos poca importancia.

Pasa que la mayoría de las cargas gravitacionales que debe soportar la estructura de nuestro edificio, se originan en la materialidad del mismo edificio.

Como dato aproximativo, en una construcción tradicional de estructura de hormigón y mampostería de cerramiento, el peso del edificio se ubica habitualmente en el 70 / 80 % del total del peso en uso.

Pero más aún. De ese altísimo porcentaje de participación de la materialidad de la caja arquitectónica, en las fuerzas que debe soportar la estructura, la misma estructura aporta entre un 70 / 80 %, de este peso. Es como decir que el 50% de las secciones de las estructuras son necesarias para soportar la propia estructura.

Comparemos los parámetros básicos.

hormigón armado = 2.400 Kg. / m<sup>3</sup>

maderas (promedio) = 600 Kg. / m<sup>3</sup>

Esta primera comparación nos está dando que la madera pesa (en promedio) VEINTICINCO POR CIENTO (25 %) DEL HORMIGÓN ARMADO



Pero allí no termina la historia.

Por sus características materiales el hormigón solo toma en forma adecuada la deformación de compresión. De hecho, esta es la historia del hormigón armado que asociándolo con el acero le dio la capacidad de absorber esfuerzos de flexión.

Todos sabemos aquello del eje neutro, y que en función de su ubicación determina que en promedio solo la tercera parte de la altura de la pieza está tomando tensiones. Significa que debemos colocar dos terceras partes del volumen solo como relleno y nexo entre ambos materiales (hormigón y acero)

Esto nos lleva a un valor más impactante: la relación entre los pesos específicos efectivos de los dos materiales es de 12, esto es:

### OCHO POR CIENTO (8 %) DEL HORMIGÓN ARMADO

Como en el caso del peso específico, comparemos los valores habituales de la Tensión

hormigón armado = 40 / 50 /60 kg/cm<sup>2</sup>

Maderas = 80 / 100 /120 kg/cm<sup>2</sup>

Admisible, o de trabajo para uno y otro material.

Sin entrar en apreciaciones de detalle, surge de esta relación, que la resistencia promedio de la madera (a la flexión – compresión y tracción en el sentido de las fibras) es el doble de la del hormigón.

Si extraemos los valores sobre el módulo de elasticidad (en kg/cm<sup>2</sup>) de maderas y hormigones podemos concluir con:

Maderas duras (en la dirección paralela a las fibras) 100.000 – 225.000

Maderas blandas (en la dirección paralela a las fibras) 60.000 – 110.000

Hormigones de resistencia característica

110 kg/cm<sup>2</sup> 215.000

130 kg/cm<sup>2</sup> 240.000

170 kg/cm<sup>2</sup> 275.000

Cuáles pueden ser las conclusiones de estos dos cuadros:

-que el hormigón es tan deformable (flexible) como algunas maderas duras.

-que el hormigón duplica (y aún más) en rigidez a las maderas blandas.

-que la diversidad de los módulos de elasticidad en la madera entre puntas supera el valor tres (3).

## **Uso del bambú en el concreto reforzado**

### **I.C. LUIS OCTAVIO GONZÁLEZ SALCEDO Profesor Asistente**

La idea de utilizar como refuerzo en el concreto cañas de bambú o tablillas obtenidas de dividir radial y longitudinalmente los tallos gigantes, no es nueva. Los primeros experimentos en este campo fueron realizados en 1914 por H.K. Chou en Massachusetts, Institute of Technology, en Estados Unidos, y posteriormente aplicados en China en 1918, entre otros propósitos, en la cimentación de puentes de ferrocarril en la cual utilizaron pilotes de fricción hechos en concreto reforzado con bambú, con el objeto de facilitar su transporte y colocación. A partir de esa fecha, se han efectuado numerosas investigaciones sobre este particular en China, Japón, Filipinas, Estados Unidos, México, Colombia y en países donde no hay bambú como Alemania, Italia y Egipto. Sobresale la investigación realizada por H.E. Gleen en 1944, en Clemson Agricultural College of South Carolina, Estados Unidos, quien construyó, como parte de su investigación, las primeras estructuras en concreto reforzado con bambú, con resultados muy poco alentadores. La mayor aplicación que hasta ahora se haya adelantado con respecto al concreto reforzado con bambú, tuvo lugar durante la Segunda Guerra Mundial en las islas del Pacífico, para la construcción de instalaciones militares por parte de las fuerzas armadas de Japón y Estados Unidos. Este último país lo utilizó para los mismos propósitos cuando intentó construir una estructura abovedada en concreto reforzado con bambú, durante la guerra de Vietnam, con resultados catastróficos. El conocimiento de los resultados en investigaciones realizadas, permite la recopilación de información para obras futuras con el mismo propósito, o en la implementación del material como tal (concreto reforzado con bambú, el cual podría denominarse bambucreto) para la construcción de viviendas, instalaciones agropecuarias y otros usos de obra civil.

### **Limitaciones en el uso del bambú como refuerzo del concreto**

Se concluye que el bambú como refuerzo del concreto no es sólo un material viable, sino también de fácil aplicación y pronta disponibilidad, adecuado para el uso en construcciones rurales y urbanas, constituyéndose en una excelente opción para construcciones de bajo costo, tema que interesa sobremanera a los países en desarrollo.

### **Limitación en el área de refuerzo**

En muchos casos, el bambú puede alcanzar una resistencia a la tensión aun mayor que la del acero y por ello se cree que es posible reemplazar una determinada área de refuerzo en acero por otra igual de bambú, lo que no es cierto . (Hidalgo, 1978). Una de las conclusiones a las cuales llegó Datta (1935) en sus experimentos dice que cuando se utilice bambú (ya sean cañas o tablillas) como sustituto del acero en la zona de tensión de una viga de concreto, el área de la sección transversal del bambú, debido a su bajo módulo de elasticidad a la tensión, debe ser por lo menos doce veces mayor que el área de la sección transversal de acero.

## **Comparación del bambú con el acero como material de refuerzo a flexión en concreto**

William Alonso Poveda Montoya    Noviembre del 2011

Resumen ejecutivo

El presente estudio trató de evaluar la capacidad del bambú para ser utilizado como refuerzo en elementos de concreto. Este material, de origen natural, se procesó industrialmente para obtener de la caña tablillas de diferentes dimensiones, las cuales fueron probadas en ensayos por separado para determinar sus características físicas y mecánicas. Además de dichos análisis, se debió realizar una comparación entre el acero y el bambú como refuerzo al trabajar en conjunto con el concreto.

La importancia de determinar la posibilidad del uso del bambú en conjunto con el concreto radica en que la producción de acero causa un impacto ambiental dañino, además de que el país debe importar este material para su uso; mientras que el bambú, al igual que cualquier planta, contribuye a la mitigación de este daño, además de que la producción del bambú es posible a nivel nacional. Por esto, al lograr su utilización en algún campo se promovería su siembra y así se contribuiría a disminuir el daño ambiental que se produce actualmente. Es por eso que para su utilización en el campo de la construcción, y en específico como refuerzo en concreto, se necesita determinar de manera exacta y

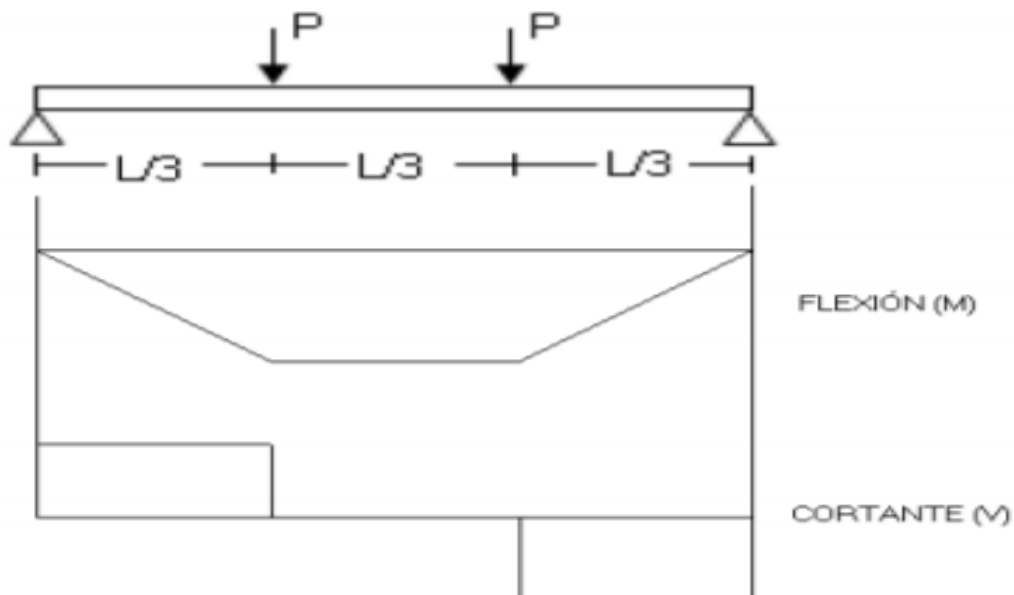
respaldada todas las características del mismo, para que se le dé un uso adecuado de acuerdo con los resultados obtenidos.

El material que se utilice como refuerzo en concreto debe cumplir requisitos fundamentales como lo son resistencia a la tensión, ductilidad, adherencia con el concreto y durabilidad, entre otros aspectos. Es por esto que se evaluó la capacidad a tensión de los componentes de la tablilla por separado.

La falla de estos elementos se ejecutó al aplicarle 2 cargas a los tercios de la longitud del mismo, con esto se busca que la falla se dé a flexión. La falla en estos elementos demostró que el refuerzo con bambú ocasiona que la falla sea frágil, esto porque se están combinando materiales cuya falla es de este tipo. Además las capacidades de los elementos reforzados con acero superan ampliamente a los reforzados con bambú

### **Pruebas en concreto reforzado**

Este tipo de ensayos se elaboró en elementos de concreto reforzado tanto con bambú como con acero. Los mismos fueron sometidos a una carga a los tercios de su longitud, produciendo así que el elemento sea sometido a flexión. El propósito de que este elemento sea expuesto a este tipo de cargas es que el mismo falle por flexión y no por otras fuerzas como la de cortante.



**Figura 41. Fuerzas a las que es sometido el elemento de concreto.**

En el diagrama anterior podemos apreciar cómo, al exponer un elemento de este tipo a esa configuración de cargas, el mismo en su parte central no va a estar sujeto a esfuerzos de cortante, solamente a flexión. Con esto se demuestra que la falla es por el momento al que se somete el concreto. En la siguiente tabla se presentan los datos obtenidos para las pruebas realizadas en estos elementos.

<b>CUADRO 15. RESULTADOS DE FALLA A FLEXIÓN EN VIGAS</b>				
Elemento	Carga grieta (kg)	M grieta. (kg-m)	Carga falla (kg)	M Falla (kg-m)
V-1-A #3	N.R.	-	3772,50	565,88
	1987,00	298,05	3806,00	570,90
V-2-A #3	2074,00	311,10	5989,50	898,43
	2249,00	337,35	5940,00	891,00
V-1-B	1806,50	270,98	1806,50	270,98
	1843,00	276,45	2091,00	313,65
V-2-B	1740,00	261,00	2899,50	434,93
	1939,00	290,85	2314,50	347,18

### **Conclusiones**

La falla en los elementos reforzados con bambú ensayados en esta tesis, es una falla del tipo frágil, con lo cual se está COMPARANDO DEL BAMBÚ CON EL ACERO COMO MATERIAL DE REFUERZO A FLEXIÓN EN CONCRETO dejando de lado el principio de ductilidad en el concreto reforzado, lo cual es un principio fundamental del diseño de concreto reforzado.

Debido a que las fallas en elementos reforzados con bambú son frágiles, no se deben usar elementos de este tipo para fines estructurales o bien en elementos que requieran de cierta ductilidad.

Un estudio más amplio utilizando el bambú como refuerzo permitiría establecer mayores parámetros de diseño y así definir los tipos de elementos que se pueden reforzar con bambú.

## **2.3. Marco Conceptual.**

### **2.3.1 Hormigón Armado**

El hormigón armado es un material compuesto que, habitualmente, se utiliza en todo tipo de construcciones gracias a que es sumamente versátil.

Está formado por un aglomerante al que después se le añaden fragmentos o partículas de un agregado determinado de agua y de ciertos aditivos específicos. Dicho aglomerado suele

ser cemento (cemento Portland) ya que, al mezclarse con el agua genera una reacción de hidratación.

El hormigón destaca principalmente por ser muy moldeable y por poseer unas excelentes propiedades adherentes. Además, en pocas horas fragua y se endurece algo que le confiere una consistencia similar a la de las piedras. De hecho, esta es la razón por la que su uso está tan extendido en el mundo de la construcción. En algunos casos se añaden aditivos que aportan color, que aceleran o retrasan el fraguado, aportan impermeabilidad, etc...

El hormigón armado refuerza la resistencia gracias a la presencia de armaduras de acero colocadas de forma específica para mejorar el comportamiento respecto a la flexión y a la tracción. Es el material de construcción por excelencia debido a que es capaz de resistir esfuerzos de tracción, flexión y compresión,. Su uso se lleva a cabo en la construcción de viviendas, edificios, puentes y todo tipo de obras civiles, siendo una clara garantía para los profesionales que cuentan con este material.

### **Características del Hormigón Armado**

- El coeficiente de dilatación del hormigón es similar al del acero, siendo despreciables las tensiones internas por cambios de temperatura.
- Cuando el hormigón fragua se contrae y presiona fuertemente las barras de acero, creando además fuerte adherencia química. Las barras, o fibras, suelen tener resaltes en su superficie, llamadas estrías, que favorecen la adherencia física con el hormigón.
- Por último, el pH alcalino del cemento produce la pasivación del acero, fenómeno que ayuda a protegerlo de la corrosión.
- El hormigón que rodea a las barras de acero genera un fenómeno de confinamiento que impide su pandeo, optimizando su empleo estructural.

### **2.3.2. Hormigón.**

Desde su invención en el siglo XIX se ha convertido en el material estructural más utilizado. Su evolución desde las primeras construcciones empíricas con grandes errores de diseño hasta los actuales tipos especializados para cada aplicación ha transcurrido un siglo largo que lo ha consolidado como un material de altas prestaciones. Esta evolución es el resultado de las investigaciones llevadas a cabo en los planos químicos, físicos, mecánicos y estéticos. Su comportamiento al fuego lo convierte en el material estructural más seguro antes ese tipo de siniestro.

El concreto es básicamente una mezcla de dos componentes: agregados y pasta. La pasta, compuesto de cemento Portland y agua, une a los agregados (arena y grava o piedra triturada), para formar una masa semejante a una roca ya que la pasta endurece debido a la reacción química entre el cemento y el agua.

### **Componentes básicos.**

Los agregados generalmente se dividen en dos grupos: finos y gruesos. Los agregados finos consisten en arenas naturales o manufacturadas con tamaños de partícula que pueden llegar hasta 10 mm; los agregados gruesos son aquellos cuyas partículas se retienen en la malla No. 16 y pueden variar hasta 152 mm. El tamaño máximo del agregado que se emplea comúnmente es el de 19 mm o el de 25 mm.

Como los agregados constituyen aproximadamente del 60% al 75% del volumen total del concreto, su selección es importante. Los agregados deben consistir en partículas con resistencia adecuada, así como resistencia a condiciones de exposición a la intemperie y no deben contener materiales que pudieran causar deterioro del concreto. Para tener un uso eficiente de la pasta de cemento y agua, es deseable contar con una granulometría continua de tamaños de partículas.

La calidad del concreto depende en gran medida de la calidad de la pasta. En un concreto elaborado adecuadamente, cada partícula de agregado está completamente cubierta con pasta, así como también todos los espacios entre partículas de agregado.

Para cualquier conjunto específico de materiales y de condiciones de curado, la cantidad de concreto endurecido está determinada por la cantidad de agua utilizada en relación con la cantidad de cemento. A continuación, se presenta algunas ventajas que se obtienen al reducir el contenido de agua:

- Se incrementa la resistencia a la compresión y a la flexión.
- Se tiene menor permeabilidad, y por ende mayor hermeticidad y menor absorción.
- Se incrementa la resistencia al intemperismo.
- Se logra una mejor unión entre capas sucesivas y entre el concreto y el esfuerzo.
- Se reducen las tendencias de agrietamientos por contracción.

Entre menos agua se utilice, se tendrá una mejor calidad de concreto, a condición que se pueda consolidar adecuadamente. Menores cantidades de agua de mezclado resultan en mezclas más rígidas; pero con vibración, aún las mezclas más rígidas pueden ser empleadas. Para una calidad dada de concreto, las mezclas más rígidas son las más

económicas. Por lo tanto, la consolidación del concreto por vibración permite una mejora en la calidad del concreto y en la economía.

Las propiedades del concreto en estado fresco (plástico) y endurecido, se pueden modificar agregando aditivos al concreto, usualmente en forma líquida durante su dosificación. Los aditivos se usan comúnmente para;

- 1) Ajustar el tiempo de fraguado o endurecimiento.
- 2) Reducir la demanda de agua.
- 3) Aumentar la trabajabilidad.
- 4) Incluir intencionalmente aire.
- 5) Ajustar otras propiedades del concreto.

Después de una dosificación, mezclado, colocación, consolidación, acabado y curado, el concreto endurecido se transforma en un material de construcción resistente, no combustible, durable, con resistencia al desgaste y prácticamente impermeable que requiere poco o nulo mantenimiento. El concreto también es un excelente material de construcción porque puede moldearse en una gran variedad de formas, colores y texturizados para ser usado en un número ilimitado de aplicaciones.

### **2.3.2.1 Cemento**

El cemento es un producto comercial de fácil adquisición el cual se mezcla con agua, ya sea sólo o en combinación con arena, piedra u otros materiales similares, tiene la propiedad de combinarse lentamente con el agua hasta formar una masa endurecida. Esencialmente es un clínker finamente pulverizado, producido por la cocción a elevadas temperaturas, de mezclas que contiene cal, alúmina, mineral de hierro y sílice en proporciones, previamente establecidas, para lograr las propiedades deseadas.

#### **Tipos**

Tipos de cemento:

- Tipo GU (Uso General).
- Tipo HE (Alta Resistencia Temprana).
- Tipo HS (Alta Resistencia a los Sulfatos).
- Tipo MS (Moderada Resistencia a los Sulfatos).
- Tipo MH (Mediano Calor de Hidratación).
- Tipo LH (Bajo Calor de Hidratación).



## Proceso de Fabricación del Cemento

El proceso de fabricación del cemento se inicia con la extracción de calizas y arcillas en las canteras, y su trituración para reducir el tamaño de las rocas hasta partículas de aproximadamente 25 mm.

El material triturado (arcilla y caliza), junto con el mineral de hierro, se almacena en patios desde donde se transporta en bandas hacia los molinos de crudo. De los molinos se obtiene un material muy fino, conocido como harina cruda, que se deposita en los silos de almacenamiento.

La siguiente etapa consiste en la calcinación de los materiales, que se realiza en hornos, a temperaturas cercanas a los 1450 °C, donde se producen reacciones químicas que dan lugar al clínker, el mismo que está compuesto principalmente por los siguientes óxidos:

Óxido de Calcio	CaO
Dióxido de Silicio	SiO <sub>2</sub>
Óxido de Aluminio	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Óxido Férrico	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>

El clínker, junto con el yeso y las adiciones, se transportan a los molinos donde se obtiene el cemento. Luego se almacena en silos y se distribuye a los clientes en sacos o al granel.

### 2.3.2.2 AGUA.

#### PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL AGUA DE MEZCLADO.

Casi cualquier agua natural que sea potable y que no tenga un sabor u olor pronunciado, se puede utilizar para producir concreto. Sin embargo, algunas aguas no potables pueden ser adecuadas para el concreto.

Las impurezas excesivas en el agua no sólo pueden afectar el tiempo de fraguado y la resistencia del concreto, sino también pueden ser causa de eflorescencia, manchado, corrosión del esfuerzo, inestabilidad volumétrica y una menor durabilidad.

El agua que contiene menos de 2,000 partes por millón (ppm) de sólidos disueltos totales generalmente puede ser utilizada de manera satisfactoria para elaborar concreto.

**Carbonatos y bicarbonatos alcalinos.** Los carbonatos y bicarbonatos de sodio y potasio tienen diferentes efectos en los tiempos de fraguado de cementos distintos. El carbonato de sodio puede causar fraguados muy rápidos, en tanto que los bicarbonatos pueden acelerar o retardar el fraguado. En concentraciones fuertes estas sales pueden reducir de manera significativa la resistencia del concreto. Cuando la suma de sales disueltas exceda 1,000 ppm, se deberán realizar pruebas para analizar su efecto sobre el tiempo de fraguado y sobre

la resistencia a los 28 días. También se deberá considerar la posibilidad que se presenten reacciones álcali-agregado graves.

**Cloruros.** La inquietud respecto a un elevado contenido de cloruros en el agua de mezclado, se debe principalmente al posible efecto adverso que los iones de cloruro pudieran tener en la corrosión del acero de refuerzo, o de los torones de presfuerzo. Los iones cloruro atacan la capa de óxido protectora formada en el acero por el medio químico altamente alcalino (pH 12.5) presente en el concreto. El nivel de iones cloruro solubles en el agua en el cual la corrosión del acero de refuerzo comienza en el concreto es de aproximadamente 0.15% del peso del cemento. Del contenido total de ion cloruro en el concreto, sólo es soluble en el agua aproximadamente del 50% al 85%: el resto se combina químicamente en reacciones del cemento.

**Sulfatos.** El interés respecto a un elevado contenido de sulfatos en el agua, se debe a las posibles reacciones expansivas y al deterioro por ataque de sulfatos, especialmente en aquellos lugares donde el concreto vaya a quedar expuesto a suelos o agua con contenidos elevados de sulfatos. Aunque se han empleado satisfactoriamente aguas que contenían 10,000 ppm de sulfato de sodio, el límite del producto químico sulfato, como SO<sub>4</sub>, de 3,000 ppm, se deberá respetar a menos que se tomen precauciones especiales.

### **2.3.2.3 Agregados (Arena Y Grava).**

#### **2.3.2.3.1 Fino (arena).**

*Características generales.* Los agregados finos comúnmente consisten en arena natural o piedra triturada siendo la mayoría de sus partículas menores que 5 mm. Los agregados finos deben cumplir ciertas reglas para darles un uso óptimo: deben consistir en partículas durables, limpias, duras, resistentes y libres de productos químicos absorbidos, recubrimientos de arcilla y de otros materiales finos que pudieran afectar la hidratación y la adherencia de la pasta de cemento. Las partículas de agregado que sean desmenuzables o susceptibles de resquebrajarse son indeseables.

#### **2.3.2.3.2 Agregado Grueso.**

*Características generales.* Los agregados gruesos consisten en una grava o agregado triturado cuyas partículas sean predominantemente mayores que 5 mm y generalmente entre 9.5 mm y 38 mm. Los agregados gruesos deben cumplir ciertas reglas para darles un uso óptimo: deben consistir en partículas durables, limpias, duras, resistentes y libres de productos químicos absorbidos, recubrimientos de arcilla y de otros materiales finos que pudieran afectar la hidratación y la adherencia de la pasta de cemento. Las partículas de agregado que sean desmenuzables o susceptibles de resquebrajarse son indeseables.

### 2.3.3 Acero.

Acero es de los más importantes materiales de Ingeniería y construcción, esto se debe a que aproximadamente el 80% de todos los metales producidos corresponden al acero. Los aceros obtienen este grado de importancia debido a su combinación de resistencia, facilidad de fabricación y un amplio rango de propiedades con bajo costo. Algunos aceros son relativamente blandos y dúctiles y pueden ser rápidamente formados dentro de varias formas como son cuerpos de automóviles, otros pueden ser endurecidos suficientemente para servir como aceros para herramientas de corte. ¿Qué es un Acero? Fundamentalmente todos los aceros son principalmente, o más apropiadamente, aleaciones de hierro y carbono. Los aceros llamados al simple carbono son aquellos que generalmente tienen aparte del carbono cantidades o porcentajes pequeños de Mn, Si, S, P. Un ejemplo es el acero 1045 que tiene un 0.45% de carbono, 0.75% de manganeso, 0.40% de fósforo, 0.50% de azufre, y 0.22% de silicio. Los aceros aleados son aquellos que contienen cantidades o porcentajes específicos de otros elementos en una composición química los elementos más comúnmente aleados con estos aceros son el níquel, cromo, molibdeno, vanadio y tungsteno. El Mn se encuentra también en esta categoría si se especifica dentro de un porcentaje mayor al 1%. Uno o más de estos elementos de aleación pueden ser requeridos para proporcionar en los aceros características especiales o propiedades para aplicaciones de Ingeniería. Por otra parte, el carbono es el principal ingrediente en los aceros, la cantidad de carbono presente en los aceros de simple carbono tiene un efecto pronunciado sobre las propiedades de un acero y en la selección del tratamiento térmico aplicable para ciertas propiedades deseadas debido a la importancia del contenido de carbono, un método para clasificar el acero al simple carbono se encuentra en base al contenido del mismo. Cuando sólo una pequeña cantidad de carbono está en un acero en particular este es llamado un acero al bajo carbono. Un acero al bajo carbono generalmente contiene cantidades menores a 0.30% de C en peso. Cuando un acero contiene 0.30 a 0.60% C el acero es clasificado en un acero al medio carbono. Los aceros que contienen arriba de 0.60% de carbono se clasifican en aceros de alto carbono y aquellos que contienen arriba de .77% de carbono pueden ser llamados aceros de herramientas. Raramente el contenido de carbono se encuentra en el rango de 1.3 al 2%. El límite superior de carbono en los aceros es del 2%, cuando más de este contenido de carbono está presente la aleación Hierro-Carbono es considerada hierro colado. El contenido de carbono del hierro colado se encuentra en el

rango de 2.3 al 4% de carbono. Resumiendo, el acero es una aleación de hierro carbono donde el contenido de carbono generalmente se encuentra en el rango de 0.05 hasta el 1% y ocasionalmente se encuentra en el rango de 1 a 2%. Los aceros al simple carbono consisten sólo de hierro, excepto por 0.40% tanto de P como de S, algunas décimas de por ciento de Mn y Si. Una décima de por ciento de algunos elementos presentes no especificados en aceros al carbono como el Cr, Ni, ó Mo son conocidos como elementos residuales. El porcentaje de dichos elementos no especificados viene a ser significativo para seleccionar el tratamiento térmico en ciertas aplicaciones. Si estos exceden ciertos niveles establecidos entonces un acero de mediana aleación es considerado más que un acero al simple carbón.

### ***Función del acero en el hormigón armado.***

Se define como hormigón armado, al material resultante de la unión del hormigón o concreto (mezcla proporcional de cemento Pórtland, o cualquier otro cemento hidráulico, con arena, grava y agua limpia, con o sin aditivos, que al fraguar y endurecer adquiere resistencia) y las armaduras o barras de acero de refuerzo, combinados de tal forma que constituyan un elemento sólido, monolítico y único desde el punto de vista de sus características físicas, para aprovechar así las cualidades individuales que presentan ambos materiales.

El hormigón por sí solo, asegura una gran resistencia a las solicitaciones de compresión, pero muy escasa o frágil a los esfuerzos de tracción, por lo que no es conveniente su uso para estructuras sometidas a estas exigencias. Sin embargo, si son debidamente instaladas barras de acero de refuerzo en las zonas apropiadas, se habrá cumplido con tal requerimiento, obteniéndose un elemento capaz de resistir esfuerzos o tensiones combinadas. En consecuencia, podemos decir que, en general, las compresiones son resistidas por el hormigón, y las tracciones por flexión, corte, torsión o normales, por el acero.

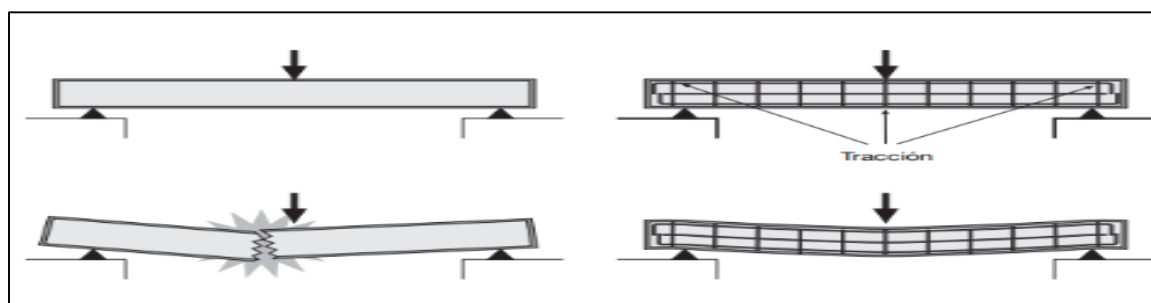


Figura 1 Función del Acero

Fuente:[http://www.gerdau.cl/files/catalogos\\_y\\_manuales/Manual\\_de\\_Armaduras\\_de\\_Refuerzo\\_para\\_Hormigon.pdf](http://www.gerdau.cl/files/catalogos_y_manuales/Manual_de_Armaduras_de_Refuerzo_para_Hormigon.pdf))

### **2.3.4 La Madera.**

#### **2.3.4.1. Palma Chonta**

La planta chonta es una palmera de origen tropical, conocida desde aproximadamente 200 años por culturas indígenas prehispánicas a lo largo de América Central y Sudamérica. Según el Diccionario de la Real Academia de la Lengua (22º Edición), la planta llamada chonta, es un árbol de la variedad de la planta espinosa, cuya madera, es fuerte y dura, por lo general se emplea en bastones y otros objetos de adorno por su oscuro y jaspeado. De acuerdo con la empresa Fruta Dorada, la chonta o chontaduro es una planta de la familia Aracaceas (palmeras), se llama por el mismo nombre al fruto de la planta

##### **2.3.4.1.1 Localización de la planta.**

Esta planta es abundante en los bosques tropicales maduros de la tierra firme y ribereños tanto en Oriente (100 a 1350 msnm), como al occidente de los Andes (entre el nivel del mar y 850 msnm). En nuestro país la palma se distribuye principalmente en bosques húmedos y pluviosos. En bosques primarios se encuentran claramente plántulas, árboles juveniles y adultos, mientras que en bosques secundarios (pastizales, potreros y chacras) se encuentran árboles adultos remantes del bosque original y algunas plántulas que no llegan a su edad juvenil puesto que mueren por el exceso de luz o porque son pisadas por el ganado.

##### **2.3.4.1.2 Utilización de la Planta.**

La planta chonta, es utilizada por varias culturas a lo largo de América Central y Sudamérica, para fines diversos como construcción (pisos, paredes, postes, cubiertas), armamento (dardos, cerbatanas, puntas de flechas), etc.

En nuestro país sus usos van desde la construcción hasta la bisutería, así por ejemplo las culturas de la Amazonía de manera especial por la comunidad shuar aprovechan sus virtudes desde la raíz hasta la copa tanto para la construcción de sus viviendas, así como para su propia alimentación y la de sus animales mientras en la Región Costa es aprovechada en la elaboración de muebles y bisutería. Acorde con los registros oficiales del Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca se han reportado un total de 6000 palmas cortadas por año.

##### **2.3.4.1.3 Morfología de la Planta Chonta**

La palma consta de tres partes principales que son:

- Sistema radicular.
- Estípite o tronco.

- Copa o corona.

En el sistema radicular se considera tanto la raíz como la semilla de la planta. La semilla puede germinar de uno a diez brotes, de los cuales es posible que tres o cuatro alcancen la madurez al mismo tiempo; sin embargo, cuando germina un solo tallo, los nuevos brotes aparecen luego que este ha sido cortado.

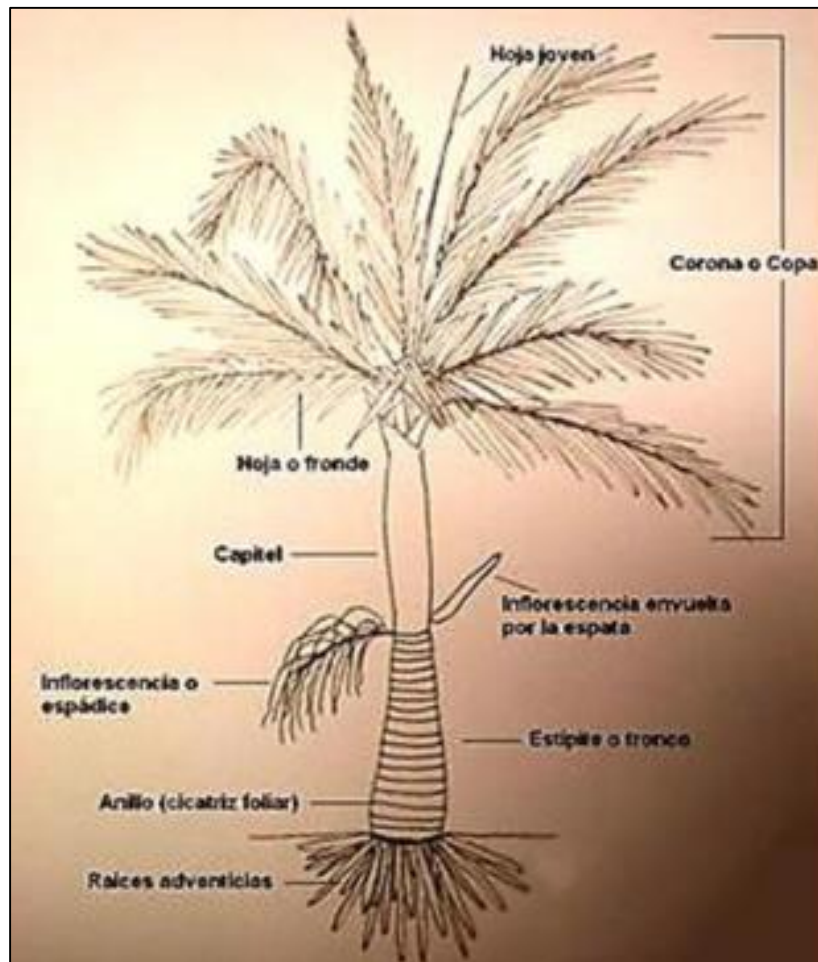


Figura 2 Morfología de la Chonta.

Fuente: Sistema constructivo estructural a partir de la palma de chonta ... - UTPL

Las raíces de las palmeras nacen de la base del tronco o bulbo basal; se pueden diferenciar dos tipos de sistemas radicular principal o seminal que se manifiesta en la fase inicial de la plántula, luego lo sustituye el sistema radicular secundario o adventicio en el caso de esta especie son raíces zancudas, es decir la raíz se eleva por encima del nivel del suelo entre 0,8m hasta 1,5m por lo que también se la conoce como “árbol o palma que camina”.



Figura 3 Palma Chonta

Fuente: Sistema constructivo estructural a partir de la palma de chonta... - UTPL

El número de raíces es creciente por lo que pueden cubrir distancias de más de 10 metros respecto al tronco y algunas hasta 50 metros de longitud, pudiendo alcanzar una profundidad de 2 a 5 m; de manera que parte de la raíz sobresalga del nivel del suelo (1,5m), formando una estructura a pilotes.

El estípite o tronco es recto y adquiere una altura de 12 y 20 m.; con un diámetro de 15 a 30 cm; presentado anillos o cicatrices que han dejado hojas o follaje previos. Alrededor del tallo surgen perpendiculares espinas puntiagudas de color negro o marrón, de diferentes tamaños, diámetros, densidades y formas. Aproximadamente a la mitad del tronco surge una hinchazón o engrosamiento que generalmente se puede apreciar en las especies que nacen en la Región Costa.



Figura 4 Tronco de la Chonta.

Fuente: Sistema constructivo estructural a partir de la palma de chonta ... - UTPL

La copa o corona está constituida por 15 a 25 anillos de hojas insertadas a diferentes ángulos; las cuales miden 1,5 a 4 m., con un ancho entre 30 y 50 cm., con pinnas triangulares dando el aspecto de un “gran cepillo de pelo”.

La inflorescencia de las hojas tiernas de 1,5m de largo es curvada hacia abajo dando el aspecto de un enorme cuerno que aproximadamente cae unos 80cm. Las hojas son suaves con un ligero compuesto grasoso que permite que el fácil deslizamiento de agua.



Figura 5 Forma de hoja de la palma

Fuente: Sistema constructivo estructural a partir de la palma de chonta ... - UTPL



### 2.3.4.2. Concepto de Madera

La madera es un material de gran importancia tecnológica e industrial. Desde la antigüedad se ha utilizado en la fabricación de máquinas y herramientas, en la construcción de viviendas, en la elaboración de muebles, como fuente de energía y en la fabricación de papel.

#### 2.3.4.2.1 Uso en la construcción.

La utilización de la madera como sistema constructivo o como elemento estructural ha acompañado al hombre a lo largo de toda la historia. Al principio, junto a la piedra, era el principal elemento constructivo. Posteriormente aparecieron nuevos materiales que relegaron su utilización. Actualmente la evolución de su tecnología permite obtener productos estructurales más fiables y económicos, y su mejor conocimiento, tanto desde el punto de vista estructural como ecológico y medioambiental, la permite competir con el resto de los materiales estructurales.

La madera cuenta con unas características muy adecuadas para su uso como material para la construcción y como tal se ha empleado desde los inicios de la civilización. Entre sus principales cualidades destaca su buena resistencia, su ligereza y su carácter de material natural renovable siendo, además su proceso de transformación para su utilización en la construcción bien sencillo necesitando poca energía para ello, si se compara con los distintos métodos de obtención de otros materiales. Así mismo, hay que destacar que se trata de un material fundamental para la construcción desde tiempos remotos, sin embargo, con la entrada de otros materiales más modernos para la construcción, como son el hormigón y el acero, la madera fue perdiendo fuerza como elemento principal dentro de este sector dejando paso a otros materiales que contaban con características que permitían ganar altura en las edificaciones con mayor facilidad.

Uno de los mayores beneficios son sus **propiedades físico-mecánicas**: “es un material capaz de resistir tanto esfuerzos de compresión como de tracción. Tiene baja densidad y alta resistencia mecánica. Su resistencia a flexión puede ser aproximadamente 10 veces superior a la del hormigón, así como su resistencia a cortante. Esto permite construir edificios de menor peso con el consiguiente ahorro. También la madera es mejor para zonas sísmicas, aislamiento térmico, acústico. Por todas estas características, cada día es más habitual que la madera forme parte importante de la arquitectura y construcción de edificios. Es un material ligero, se permite un mejor aprovechamiento del espacio sin prescindir de su resistencia, y combinando ecología, gestión sostenible y economía de energía

### 2.3.4.2 Propiedades de la madera

Las características de la madera varían según su contenido de humedad, la duración de la carga y la calidad de la madera (dureza, densidad, defectos...).

Las características mecánicas de la madera pueden ser analizadas a través de las fibras paralelas y las fibras perpendiculares. En las fichas técnicas analizaremos las fibras en el sentido paralelo, pues la resistencia es mayor que en sentido perpendicular.

En ellas indicaremos, además, tres fuerzas mecánicas (resistencia a la flexión, resistencia a la compresión y resistencia a la tracción) y el valor del módulo de elasticidad. He aquí, individualmente, cada una de esas propiedades:

**1. Resistencia a la flexión:** es la fuerza que hace la madera contra las tensiones de compresión y tracción de las fibras en paralelo. La madera puede estar en distintas posiciones a la hora de enfrentarse a las fuerzas de flexión: entre dos apoyos, sobre dos apoyos o adherida a una pieza.

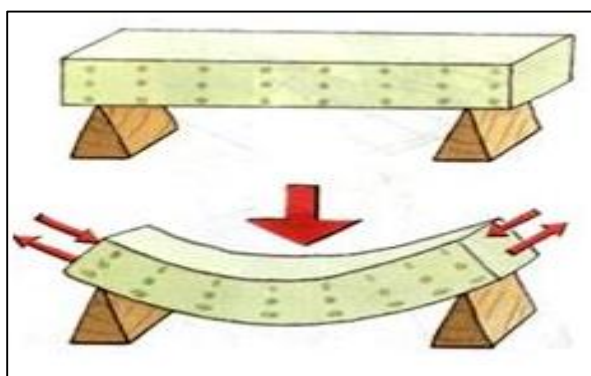


Figura 6 Resistencia a flexión

Fuente:<http://normadera.tknika.net/es/content/propiedades-mec%C3%A1nicas>

**2. Resistencia a la tracción:** es la fuerza que realiza la madera ante dos tensiones de sentido contrario que hacen que disminuya la sección transversal y aumente la longitud.



Figura 7 Resistencia a tracción

Fuente:<http://normadera.tknika.net/es/content/propiedades-mec%C3%A1nicas>

**3. Resistencia a la compresión:** fuerza que realiza la madera contra tensiones que tienden a aplastarla. El efecto de aplastamiento es mayor con las fibras de sentido perpendicular que en sentido contrario.

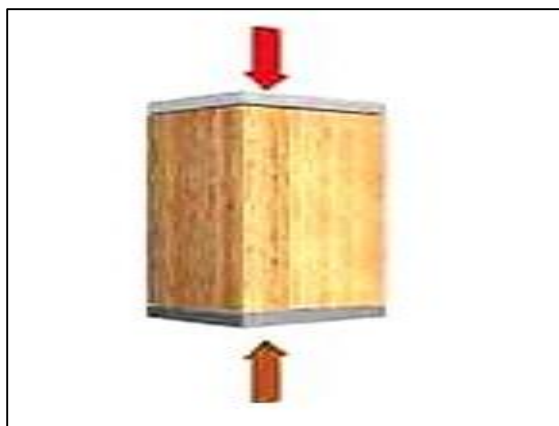


Figura 8 Resistencia a la Compresión.

Fuente:<http://normadera.tknika.net/es/content/propiedades-mec% C3% A1nicas>

**4. Módulo de elasticidad:** propiedad de la madera para curvarse longitudinalmente sin romperse. En la madera existen dos módulos de elasticidad, en las fibras en sentido paralelo: el módulo de elasticidad a la tracción y el módulo de elasticidad a la compresión; de hecho, como hemos podido ver anteriormente la resistencia ante dichas fuerzas adquiere valores diferentes.

En la práctica, en las fibras en sentido paralelo se utiliza un único valor del módulo de elasticidad. Para calcularlo, se tienen en cuenta los anteriores valores de tracción y compresión. Su valor, según la calidad de la madera, suele ser de entre 70.000 y 120.000 kg/cm<sup>2</sup>.

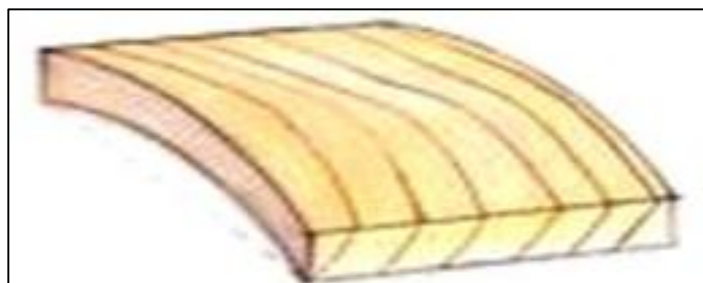


Figura 9 Módulo de elasticidad

Fuente:<http://normadera.tknika.net/es/content/propiedades-mec% C3% A1nicas>

## 2.4. Marco Legal.

### 2.4.1 NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN - NEC NEC-SE-HM ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO.

#### 2.4.1.1. Requisitos para elementos en flexión

Las vigas y otros elementos estructurales de pórticos en flexión deberán presentar las siguientes características:

- Ser parte de sistemas resistentes a cargas sísmicas.
- Resistir esas fuerzas fundamentalmente por flexión.
- Las fuerzas axiales mayoradas de compresión del elemento,  $P_u$  no exceden  $0.10 f_c A_g$  en ninguna combinación de cargas en que participen las cargas sísmicas (véase en la sección 3.4.2 de la NEC-SE-CG)

Dónde:

$f_c$  = Resistencia a la compresión del Hormigón (MPa)

$A_g$  = Área bruta de la sección (mm<sup>2</sup>)

- La luz libre sea mayor que cuatro veces la altura útil de la sección transversal (véase Figura 2)
- El ancho mínimo  $b$  sea 250 mm (véase Figura 2)
- El peralte mínimo cumpla con los requisitos de ACI 318 sección 9.5 (“control de las deflexiones”)

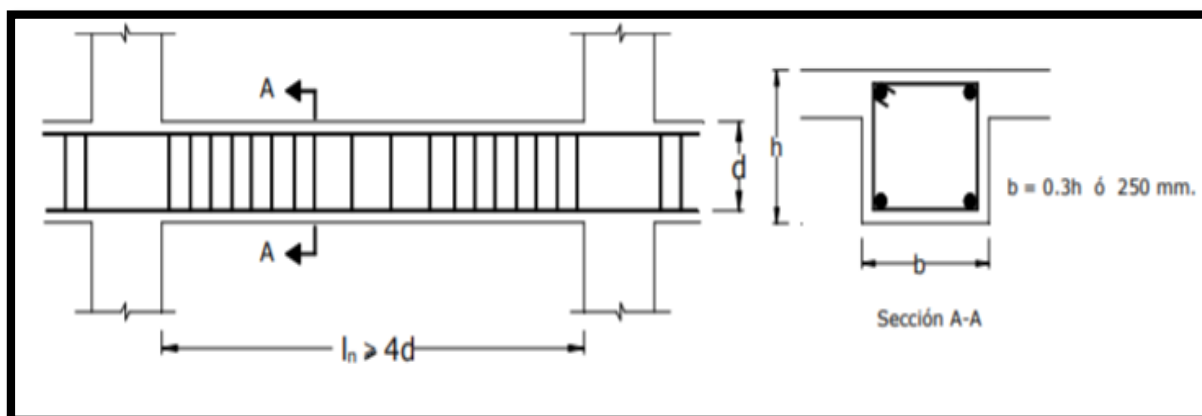


Figura 10 Características del elemento a flexión

Fuente: <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/.../2014/.../NEC-SE-HM.pdf>

El  $\phi V_n$  de vigas y columnas que resisten efectos sísmicos, E no debe ser menor que

(a) y (b):

(a) La suma del cortante asociado con el desarrollo de los momentos nominales del elemento en cada extremo restringido de la luz libre y el cortante calculado para cargas gravitacionales mayoradas.

(b) El cortante máximo obtenido de las combinaciones de carga de diseño que incluyan E considerando E como el doble del prescrito por la NEC-SE-DS.

### **Diseño por flexión**

Se realizará mediante un análisis de la sección asumiendo una distribución lineal de la deformación unitaria  $\epsilon_t$  y un bloque de compresión equivalente de acuerdo al código ACI 318. La resistencia que aporte el refuerzo longitudinal en la zona de compresión será despreciada.

### **Distancia entre los apoyos laterales**

La separación entre los apoyos laterales de una viga no debe exceder de 50 veces el menor ancho b del ala o cara de compresión. Deben tomarse en cuenta los efectos de la excentricidad lateral de la carga al determinar la separación entre los apoyos laterales.

### **Razón de refuerzo máximo.**

Los valores de  $\rho$  y  $\rho'$  deben ser tales que propicien una falla en flexión controlada por la tracción.

Dónde:

$\rho$  Cuantía del refuerzo  $A_s$  evaluada sobre el área bd

$\rho'$  Cuantía del refuerzo  $A'_s$  evaluada sobre el área bd

b Ancho de la cara en compresión del elemento (mm)

d Distancia desde la fibra extrema en compresión hasta el centroide del refuerzo longitudinal en tracción (mm)

AS Área de refuerzo longitudinal no preesforzado a tracción (mm<sup>2</sup>).

A'S Área del refuerzo a compresión (mm<sup>2</sup>)

NOTA: Estos valores no pueden exceder el 50% de la cuantía en condición balanceada ( $\rho_b$ ).

$\rho_b$ : Cuantía de refuerzo  $A_s$  evaluada sobre el área bd que produce condiciones balanceadas de deformación unitaria

Tanto el refuerzo superior como el inferior deben estar formados por un mínimo de dos varillas.

### Refuerzo longitudinal mínimo en elementos sometidos a flexión

En toda sección de un elemento a flexión en que se requiera acero a tracción, el valor de  $A_{s,min}$  es tal como sigue: En toda sección de un elemento sometido a flexión cuando por análisis se requiera refuerzo de tracción, el  $A_s$  proporcionado no debe ser menor que el obtenido por medio de:

$$A_s \geq \max \left[ \frac{1.4}{f_y} b_w d ; A_{s,min} = \frac{\sqrt{f'_c}}{4f_y} b_w d \right]$$

Dónde:

$A_s$ , min Área mínima de refuerzo de flexión ( $\text{mm}^2$ )

$b_w$  Ancho del alma o diámetro de la sección circular (mm)

$d$  Distancia desde la fibra extrema en compresión hasta el centroide del refuerzo longitudinal en tracción (mm)

$f_y$  Resistencia especificada a la fluencia del refuerzo (MPa)

$f'_c$  Resistencia especificada a la compresión del Hormigón (MPa)

Estos requisitos no son necesarios si el refuerzo colocado a lo largo del elemento en cada sección es al menos un tercio mayor al requerido por análisis. La Figura 3: Requisitos del refuerzo longitudinal en elementos a flexión muestra los requisitos del refuerzo longitudinal de un elemento a flexión.

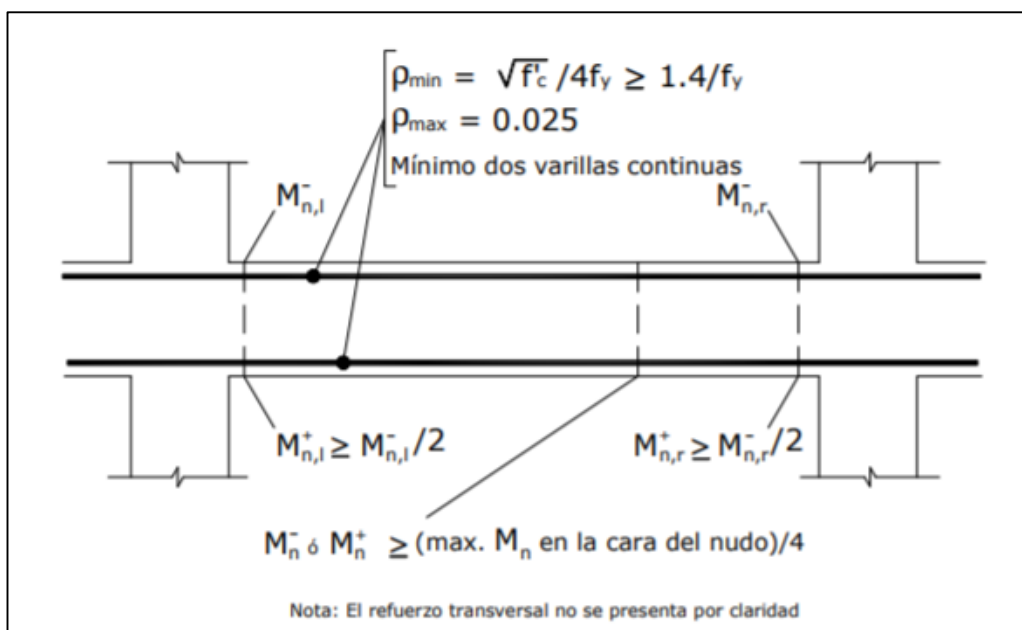


Figura 11 Requisitos del refuerzo longitudinal en elementos a flexión

Fuente: <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/.../2014/.../NEC-SE-HM.pdf>

## **Capítulo III**

### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1. Enfoque.**

El enfoque de esta investigación es básicamente experimental. Se estudiará el **ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL HORMIGÓN ARMADO UTILIZANDO COMO ELEMENTO A FLEXIÓN LA MADERA CHONTA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS POPULARES.**

#### **3.2. Modalidad de la Investigación.**

La investigación es de campo, en las canteras de la ciudad encontraremos los agregados, posterior a ello proceder a realizar las probetas de hormigón; de igual forma la investigación será realizada en el laboratorio por medio de ensayos a los agregados y a la madera chonta para determinar su resistencia y poder ser utilizada para la elaboración de la viga de hormigón armado y así analizar el comportamiento mecánico de la misma.

Se desarrollará también la modalidad bibliográfica por que será relevante investigar y aplicar las especificaciones de los ensayos para las muestras que están establecidas en las normas INEN y código ASTM, además para conseguir los requisitos indicados en el código ACI para la elaboración de vigas de hormigón armado.

#### **3.3. Nivel o tipo de investigación.**

El nivel de investigación a ser utilizado en este proyecto será experimental. Es experimental porque queremos dar conocer información acerca del **COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL HORMIGÓN ARMADO UTILIZANDO COMO ELEMENTO A FLEXIÓN LA MADERA CHONTA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS POPULARES.** La integración de la madera para la realización del hormigón armado; hormigón + refuerzo (chonta).

#### **3.4. Muestra.**

Los principales lugares donde podemos encontrar nuestra materia prima palma de Chonta son las ciudades de Esmeralda, Pedro Vicente (Santo Domingo), el Oriente o Puerto López.

#### **3.5. Entrevista.**

Para la presente investigación hicimos una visita a la ciudad de Santo Domingo donde pudimos entrevistar a dueños de varios depósitos de maderas, donde nos otorgaron información costo de la madera.

La Chonta en estos lugares es muy comercial ya que no es necesario ir al campo en busca de ella. La Chonta la comercializan por pedidos de mínimos de 100 latones (son tiras de 10cm de ancho aproximadamente, la longitud varía 3,6 o 7 y un espesor de 4cm). Un dato adicional la palma no es cultivada ya se encuentra en las montañas por su proceso natural y a su vez no tendría un impacto ambiental la tala de la palma.

La palma Chonta para que esté lista para su corte debe alcanzar un tiempo aproximado de 30 a 40 años, tiempo del cual la palma alcanza sus propiedades y así se puede utilizar para su comercialización y usos.

El costo de cada tira según su longitud es:

- La de 3mts tiene un valor de \$ 4.00.
- La de 6mts tiene un valor de \$ 6.50.
- La de 7mts tiene un valor de \$ 7.50

### **3.6 Técnica de la Investigación.**

Para la presente investigación realizamos los siguientes ensayos:

- |                                   |                     |
|-----------------------------------|---------------------|
| • Análisis granulométrico         | ASTM D-421 INEN 697 |
| • Gravedad Específica y Absorción | ASTM C 128 INEN 858 |
| • Peso Unitario del agregado      | ASTM C-29           |
| • Elaboración De Vigas            |                     |
| • Rotura De Vigas                 |                     |



## CAPÍTULO IV PROPUESTA

### 4.1. LA PROPUESTA

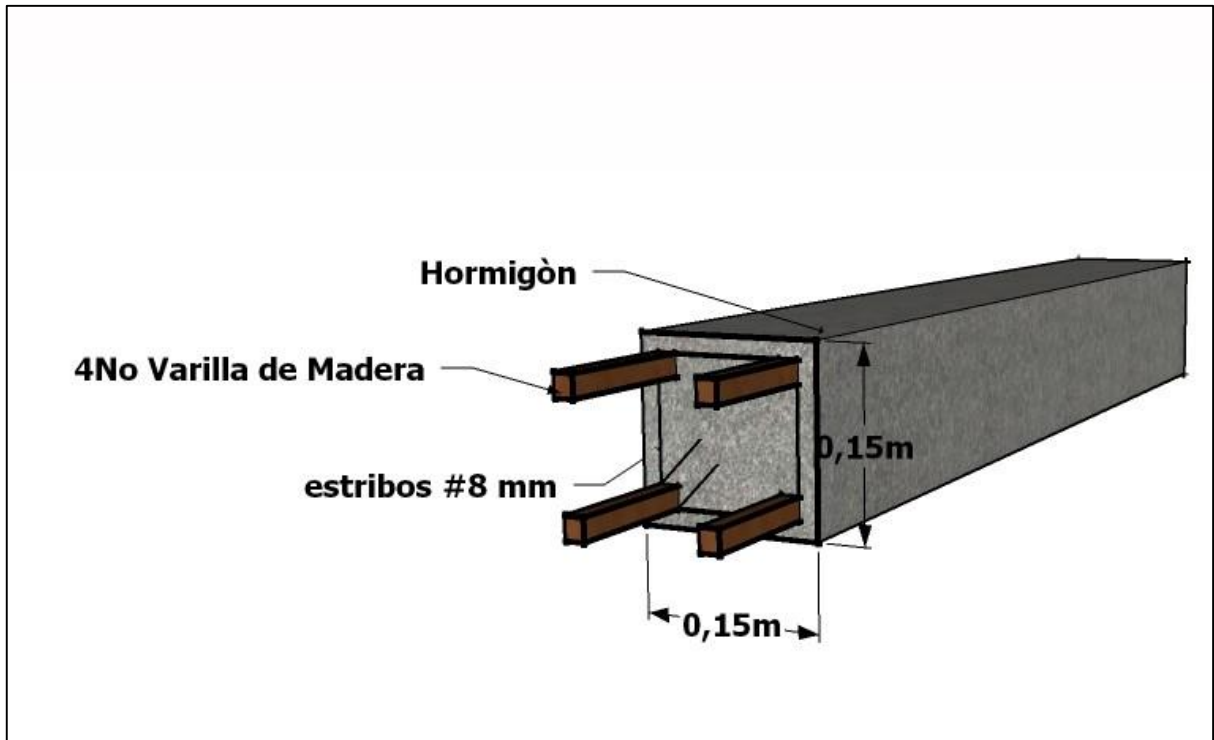


Figura12 Ilustración de la propuesta

### 4.2. OBJETIVO GENERAL DE LA PROPUESTA

Se estableció un análisis del comportamiento mecánico del hormigón armado utilizando como elemento a flexión a la madera “CHONTA” para la construcción de viviendas populares.

### 4.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS DE LA PROPUESTA

- Se obtuvo una excelente resistencia a flexión de la madera “CHONTA”
- Se determinó que la madera Chonta por sus excelentes propiedades físico-mecánicas sirve como material constructivo para viviendas populares.
- Se determinó la dosificación del hormigón el cual va ser utilizada.
- Se obtuvo excelentes resultados en las pruebas realizadas en el laboratorio.

#### **4.4. DESARROLLO DE LA PROPUESTA**

##### **4.4.1. DESARROLLO EXPERIMENTAL**

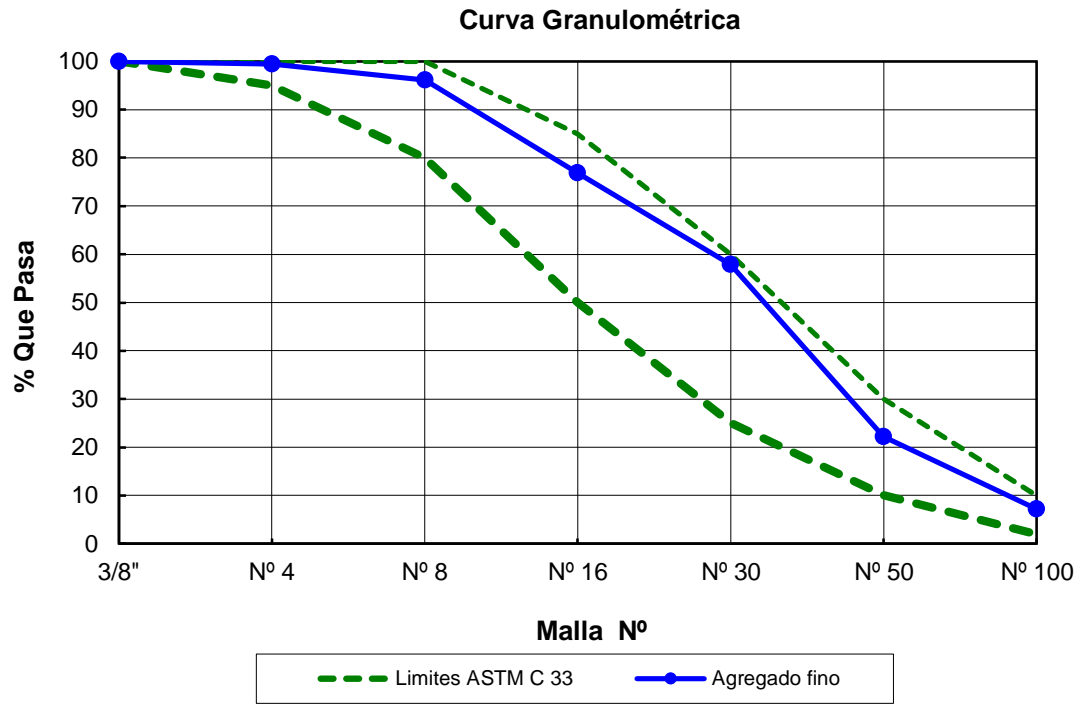
Para el desarrollo de este capítulo fue necesario realizar los ensayos granulométricos para el agregado grueso y fino; así como el diseño de hormigón utilizado para elaborar vigas con refuerzo estructural con madera chonta, y así mismo analizar el comportamiento mecánico de la misma mediante ensayos a la compresión y flexión controlada.

##### **4.4.2. ENSAYO DE MATERIALES**

###### **4.4.2.1. ENSAYO REALIZADOS EN LOS AGREGADOS**

- Análisis granulométrico    ASTM D-421    INEN 697
- Gravedad Especifica y Absorción                                ASTM C 128    INEN 858
- Peso Unitario del agregado                                        ASTM C-29





**Figura 13 Curva Granulométrica (Elaborado por: Ochoa D.; Pilay M. 2018)**

**Tabla 2 Gravedad Especifica y Absorción de fino**



FACULTAD  
INGENIERÍA, INDUSTRIA  
Y CONSTRUCCIÓN

**GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADO FINO**

NORMA ASTM C 128

**Análisis del comportamiento mecánico del hormigón armado utilizando como elemento a flexión la madera chonta para la construcción de viviendas populares.**

Muestra: Arena de río  
 Para: control de calidad  
 Fecha: 2-abr-18  
 Ensayado:

**Datos:**

A: Peso seco de la muestra en aire	61.8	G
B: Peso del picnómetro lleno con agua	154.1	G
S: Peso en estado sss de la muestra en aire (500+/-10 g)	63.0	G
C: Peso del picnómetro con muestra y agua hasta marca	193.0	G

**Densidad y absorción:**

<b>Gs:</b> gravedad específica seca	<b>2,573</b>	kg/m <sup>3</sup>
<b>Gsss:</b> gravedad específica en sss	<b>2,623</b>	kg/m <sup>3</sup>
<b>G:</b> gravedad específica aparente	<b>2,708</b>	kg/m <sup>3</sup>
<b>Po:</b> porcentaje de absorción de agua	<b>1.94</b>	%

Fórmulas:

$$G_s = A / (B + S - C) \quad G = A / (A + B - C)$$

$$G_{sss} = S / (B + S - C) \quad P_o = (S - A) / A \times 100$$

**Elaborado por: Ochoa D.; Pilay M. (2018)**





#### **4.4.3. ANÁLISIS Y ENSAYO A LA MADERA CHONTA**

Se realizarán las respectivas pruebas de laboratorio para la comprobación de la hipótesis planteada la cual consiste en determinar la resistencia a la compresión y flexión de la madera chonta y así poder ser implementada en obras civiles.

##### **4.4.3.1. ENSAYOS**

- Compresión controlada
- Flexión controlada



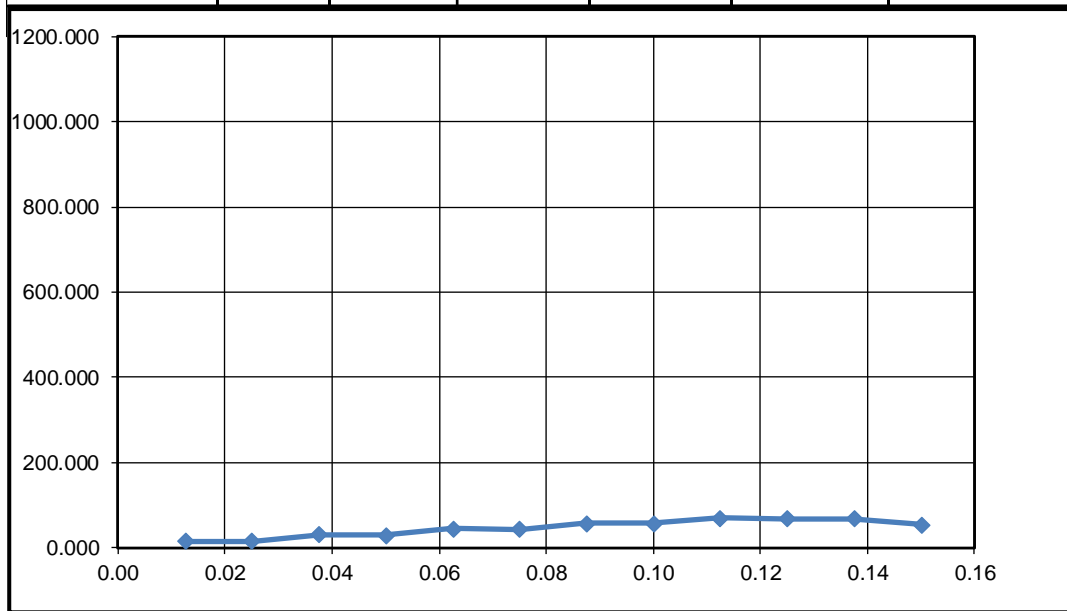
**Tabla 5 Ensayo a compresión a la madera chonta con espesor de 8mm**

**ENSAYO DE COMPRESION ( Madera Chonta )**

Análisis del comportamiento mecánico del hormigón armado utilizando como elemento a flexión la madera chonta para la construcción de viviendas populares.

LADO 1 : 0.80 cm. LADO 2 : 0.80 cm. AREA (Ao) : 0.64 cm2 VOLUMEN : cm3

CARGA Kg	Deformación Vertical		1 - E	Area Corregida Ao 1 - E	Esfuerzo de Compresión Kg/cm2	ESQUEMA DE LA ROTURA
	E=	AH H				
10.0	0.100	0.0125	0.98750	0.64810	15.4	
10.0	0.200	0.0250	0.97500	0.65641	15.2	
20.0	0.300	0.0375	0.96250	0.66494	30.1	
20.0	0.400	0.0500	0.95000	0.67368	29.7	
30.0	0.500	0.0625	0.93750	0.68267	43.9	
30.0	0.600	0.0750	0.92500	0.69189	43.4	
40.0	0.700	0.0875	0.91250	0.70137	57.0	
40.0	0.800	0.1000	0.90000	0.71111	56.3	
50.0	0.900	0.1125	0.88750	0.72113	69.3	
50.0	1.000	0.1250	0.87500	0.73143	68.4	
50.0	1.100	0.1375	0.86250	0.74203	67.4	
40.0	1.200	0.1500	0.85000	0.75294	53.1	



Elaborado por: Ochoa D.; Pilay M. (2018)

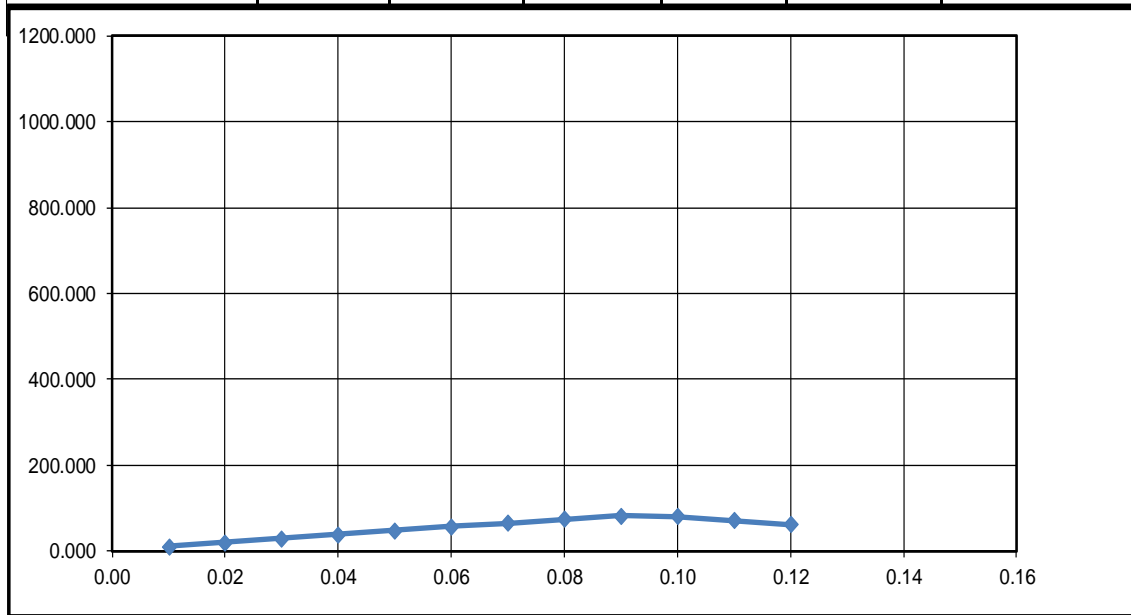
**Tabla 6 Ensayo a compresión a la madera chonta con espesor de 10mm**

**ENSAYO DE COMPRESION ( Madera Chonta )**

Análisis del comportamiento mecánico del hormigón armado utilizando como elemento a flexión la madera chonta para la construcción de viviendas populares.

LADO 1 : 1.00 cm. LADO 2 : 1.00 cm. AREA (Ao) : 1.00 cm<sup>2</sup> VOLUMEN : cm<sup>3</sup>

CARGA Kg	Deformación Vertical		1 - E	Area Corregida Ao 1 - E	Esfuerzo de Compresión Kg/cm <sup>2</sup>	ESQUEMA DE LA ROTURA
	E=	AH H				
10.0	0.100	0.01000	0.99000	1.01010	9.9	
20.0	0.200	0.02000	0.98000	1.02041	19.6	
30.0	0.300	0.03000	0.97000	1.03093	29.1	
40.0	0.400	0.04000	0.96000	1.04167	38.4	
50.0	0.500	0.05000	0.95000	1.05263	47.5	
60.0	0.600	0.06000	0.94000	1.06383	56.4	
70.0	0.700	0.07000	0.93000	1.07527	65.1	
80.0	0.800	0.08000	0.92000	1.08696	73.6	
90.0	0.900	0.09000	0.91000	1.09890	81.9	
90.0	1.000	0.10000	0.90000	1.11111	81.0	
80.0	1.100	0.11000	0.89000	1.12360	71.2	
70.0	1.200	0.12000	0.88000	1.13636	61.6	



Elaborado por: Ochoa D.; Pilay M. (2018)

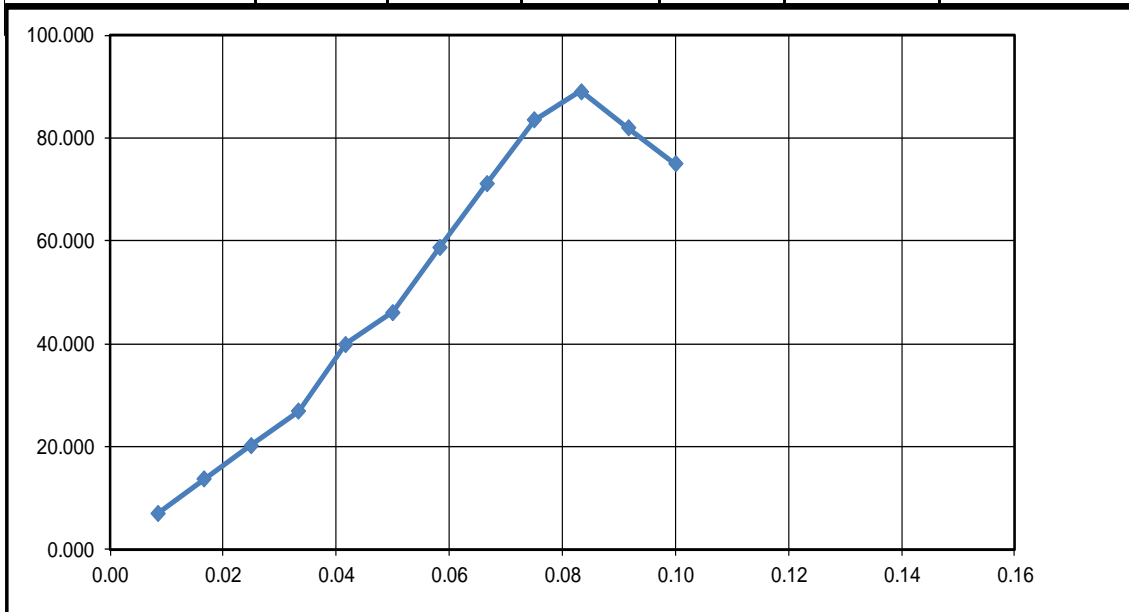
**Tabla 7 Ensayo a compresión a la madera chonta con espesor de 12mm**

**ENSAYO DE COMPRESION ( Madera Chonta )**

Análisis del comportamiento mecánico del hormigón armado utilizando como elemento a flexión la madera chonta para la construcción de viviendas populares.

LADO 1 : 1.20 cm. LADO 2 : 1.20 cm. AREA (Ao) : 1.44 cm<sup>2</sup> VOLUMEN : cm<sup>3</sup>

CARGA Kg	Deformación Vertical		1 - E	Area Corregida Ao 1 - E	Esfuerzo de Compresión Kg/cm <sup>2</sup>	ESQUEMA DE LA ROTURA
	mm	E= AH H				
10.0	0.100	0.00833	0.99167	1.45210	6.9	
20.0	0.200	0.01667	0.98333	1.46441	13.7	
30.0	0.300	0.02500	0.97500	1.47692	20.3	
40.0	0.400	0.03333	0.96667	1.48966	26.9	
60.0	0.500	0.04167	0.95833	1.50261	39.9	
70.0	0.600	0.05000	0.95000	1.51579	46.2	
90.0	0.700	0.05833	0.94167	1.52920	58.9	
110.0	0.800	0.06667	0.93333	1.54286	71.3	
130.0	0.900	0.07500	0.92500	1.55676	83.5	
140.0	1.000	0.08333	0.91667	1.57091	89.1	
130.0	1.100	0.09167	0.90833	1.58532	82.0	
120.0	1.200	0.10000	0.90000	1.60000	75.0	



Elaborado por: Ochoa D.; Pilay M. (2018)

**Tabla 8 Ensayo a flexión a la madera chonta con espesor de 8mm**

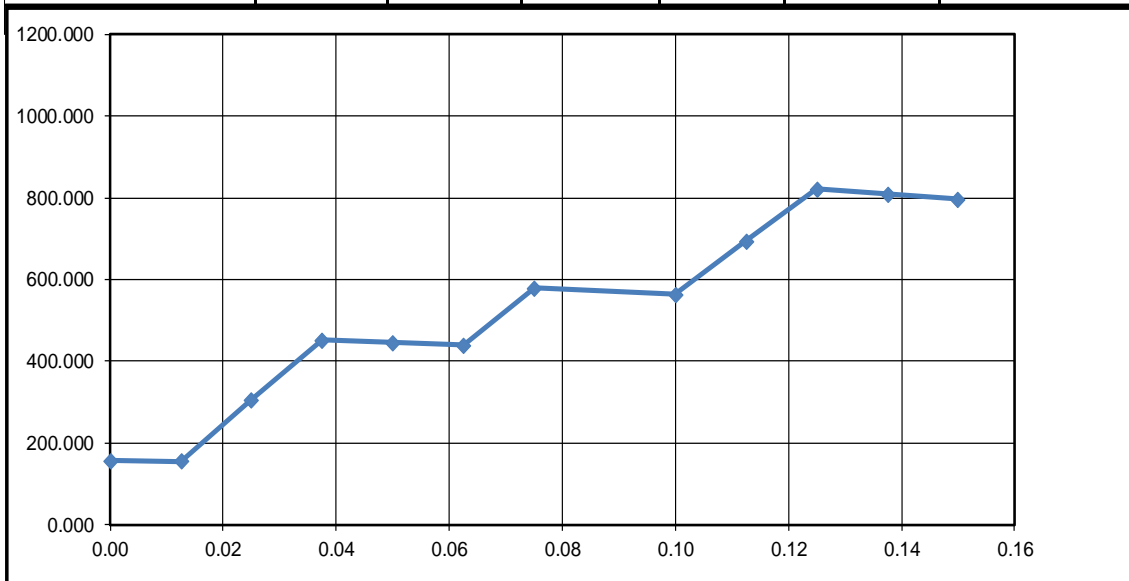
**ENSAYO DE FLEXION CONTROLADA**

Análisis del comportamiento mecánico del hormigón armado utilizando como elemento a flexión la madera chonta para la construcción de viviendas populares.

MUESTRA: CHONTA

LADO 1 : 0.80 cm. LADO 2 : 0.80 cm. AREA (Ao) : 0.64 cm2 VOLUMEN : cm3

CARGA Kg	Deformación Vertical		1 - E	Area Corregida Ao 1 - E	Esfuerzo de Flexión Kg/cm2	ESQUEMA DE LA ROTURA
	E=	AH H				
100.0	0.000	0.00000	1.00000	0.64000	156.3	
100.0	0.100	0.01250	0.98750	0.64810	154.3	
200.0	0.200	0.02500	0.97500	0.65641	304.7	
300.0	0.300	0.03750	0.96250	0.66494	451.2	
300.0	0.400	0.05000	0.95000	0.67368	445.3	
300.0	0.500	0.06250	0.93750	0.68267	439.5	
400.0	0.600	0.07500	0.92500	0.69189	578.1	
400.0	0.800	0.10000	0.90000	0.71111	562.5	
500.0	0.900	0.11250	0.88750	0.72113	693.4	
600.0	1.000	0.12500	0.87500	0.73143	820.3	
600.0	1.100	0.13750	0.86250	0.74203	808.6	
600.0	1.200	0.15000	0.85000	0.75294	796.9	



Elaborado por: Ochoa D.; Pilay M. (2018)

**Tabla 9 Ensayo a flexión a la madera chonta con espesor de 10mm**

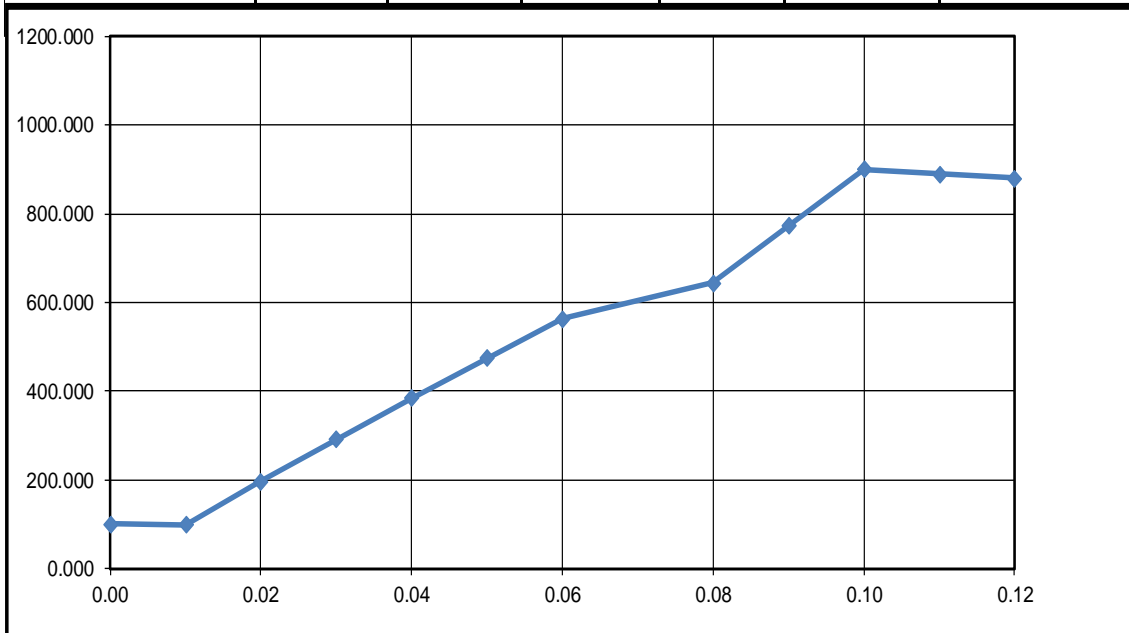
**ENSAYO DE FLEXION CONTROLADA**

Análisis del comportamiento mecánico del hormigón armado utilizando como elemento a flexión la madera chonta para la construcción de viviendas populares.

MUESTRA: **CHONTA**

LADO 1 : 1.00 cm. LADO 2 : 1.00 cm. AREA (Ao) : 1.00 cm2 VOLUMEN : cm3

CARGA Kg	Deformación Vertical		1 - E	Area Corregida Ao 1 - E	Esfuerzo de Flexión Kg/cm2	ESQUEMA DE LA ROTURA
	E=	AH H				
100.0	0.000	0.00000	1.00000	1.00000	100.0	
100.0	0.100	0.01000	0.99000	1.01010	99.0	
200.0	0.200	0.02000	0.98000	1.02041	196.0	
300.0	0.300	0.03000	0.97000	1.03093	291.0	
400.0	0.400	0.04000	0.96000	1.04167	384.0	
500.0	0.500	0.05000	0.95000	1.05263	475.0	
600.0	0.600	0.06000	0.94000	1.06383	564.0	
700.0	0.800	0.08000	0.92000	1.08696	644.0	
850.0	0.900	0.09000	0.91000	1.09890	773.5	
1000.0	1.000	0.10000	0.90000	1.11111	900.0	
1000.0	1.100	0.11000	0.89000	1.12360	890.0	
1000.0	1.200	0.12000	0.88000	1.13636	880.0	



Elaborado por: Ochoa D.; Pilay M. (2018)

**Tabla 10 Ensayo a flexión a la madera chonta con espesor de 12mm**

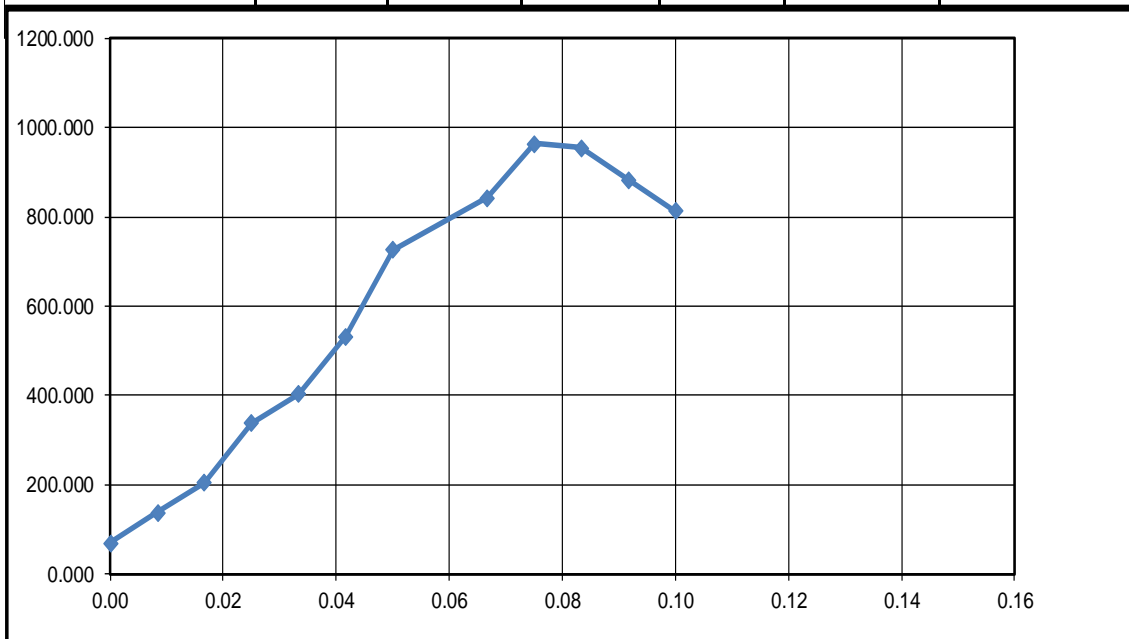
**ENSAYO DE FLEXION CONTROLADA**

Análisis del comportamiento mecánico del hormigón armado utilizando como elemento a flexión la madera chonta para la construcción de viviendas populares.

MUESTRA: **CHONTA**

LADO 1 : 1.20 cm. LADO 2 : 1.20 cm. AREA (Ao) : 1.44 cm<sup>2</sup> VOLUMEN : cm<sup>3</sup>

CARGA Kg	Deformación Vertical		1 - E	Area Corregida Ao 1 - E	Esfuerzo de Flexión Kg/cm <sup>2</sup>	ESQUEMA DE LA ROTURA
	E=	AH H				
100.0	0.000	0.00000	1.00000	1.44000	69.4	
200.0	0.100	0.00833	0.99167	1.45210	137.7	
300.0	0.200	0.01667	0.98333	1.46441	204.9	
500.0	0.300	0.02500	0.97500	1.47692	338.5	
600.0	0.400	0.03333	0.96667	1.48966	402.8	
800.0	0.500	0.04167	0.95833	1.50261	532.4	
1100.0	0.600	0.05000	0.95000	1.51579	725.7	
1300.0	0.800	0.06667	0.93333	1.54286	842.6	
1500.0	0.900	0.07500	0.92500	1.55676	963.5	
1500.0	1.000	0.08333	0.91667	1.57091	954.9	
1400.0	1.100	0.09167	0.90833	1.58532	883.1	
1300.0	1.200	0.10000	0.90000	1.60000	812.5	



Elaborado por: Ochoa D.; Pilay M. (2018)

#### **4.4.4. DISEÑO DE HORMIGON**

Se determinará el peso volumétrico varillado y sin varillar del material a utilizar para el diseño de hormigón de 180kg/cm<sup>2</sup> y 210kg/cm<sup>2</sup>; así como la dosificación de cada material a utilizar para el mismo.

**Tabla 11 Diseño de Hormigón de 180kg/cm<sup>2</sup>.**

DATOS PROPORCIONADOS	AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO
TAMAÑO DEL AGREGADO MAXIMO		3/4"
PESO VOLUMETRICO SUELTO G (Kg/m <sup>3</sup> )	1507	1306
PESO VOLUMETRICO VARILLADO G (Kg/m <sup>3</sup> )		1435
DENSIDAD S S S (Kg/m <sup>3</sup> )	2623	2427
M.F.	2.40	
% ABSORCION	1.94	5.25

**DATOS TECNICOS REQUERIDOS**

REVENIMIENTO SIN AIRE INCLUIDO	5 a 10 cm	Cantidad de aire(%)	2.0
RESISTENCIA ESPECIFICA f'c (Kg/cm <sup>2</sup> )	180	Cantidad de agua(lts)	200
RESISTENCIA REQUERIDA f'r (Kg/cm <sup>2</sup> )	225	Cantidad de cemento(Kg)	363.6
coeficiente volumetrico de la piedra	0.66	Relacion agua/cemento (A/C)	0.55
		Densidad cemento (Kr/m <sup>3</sup> )	2850

**CALCULOS**

VOLUMEN ABSOLUTO EN 1M3 DE HORMIGON		PESO EN KG PARA 1 M3 DE HORMIGON	
Agua	0.2	Agua	200.0
Cemento	0.128	Cemento	363.6
Aire	0.02	Piedra	947.1
Piedra	0.390	Arena	687.7
Volumen total	0.738	Masa total	2198.4
Arena	0.262		

PESO VOLUMETRICO DEL CONCRETO (usando agregado S.S.S. )		PESO EN KG PARA UN SACO DE CEMENTO	
Agua	200	Agua	20.5
Cemento	363.636	Cemento	37.3
Piedra	996.82	Piedra	97.1
Arena	701.02	Arena	70.5
Masa total	2261.48		

VOLUMEN RELATIVO PARA UN SACO DE CEMENTO		DETERMNACON DE CAJONERAS (0,40 X 0,40 X 0,20) VOL. 0,032 M3	
Piedra	0.0743	Piedra	2.3
Arena	0.0468	Arena	1.5

**Elaborado por: Ochoa D.; Pilay M. (2018)**



**Tabla 12 Diseño de Hormigón de 210 kg/cm<sup>2</sup>**

DATOS PROPORCIONADOS	AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO
TAMAÑO DEL AGREGADO MAXIMO		3/4"
PESO VOLUMETRICO SUELTO G (Kg/m <sup>3</sup> )	1507	1306
PESO VOLUMETRICO VARILLADO G (Kg/m <sup>3</sup> )		1435
DENSIDAD S S S (Kg/m <sup>3</sup> )	2623	2427
M.F.	2.40	
% ABSORCION	1.94	5.25

**DATOS TECNICOS REQUERIDOS**

REVENIMIENTO SIN AIRE INCLUIDO	5 a 10 cm	Cantidad de aire(%)	2.0
RESISTENCIA ESPECIFICA f'c (Kg/cm <sup>2</sup> )	210	Cantidad de agua(lts)	200
RESISTENCIA REQUERIDA f'r (Kg/cm <sup>2</sup> )	250	Cantidad de cemento(Kg)	400
coeficiente volumetrico de la piedra	0.66	Relacion agua/cemento (A/C)	0.5
		Densidad cemento (Kr/m <sup>3</sup> )	2850

**CALCULOS**

VOLUMEN ABSOLUTO EN 1M3 DE HORMIGON		PESO EN KG PARA 1 M3 DE HORMIGON	
Agua	0.2	Agua	200.0
Cemento	0.140	Cemento	400
Aire	0.02	Piedra	947.1
Piedra	0.390	Arena	654.2
Volumen total	0.751	Masa total	2201.3
Arena	0.249		

PESO VOLUMETRICO DEL CONCRETO (usando agregado S.S.S. )		PESO EN KG PARA UN SACO DE CEMENTO	
Agua	200	Agua	20.5
Cemento	400.000	Cemento	41.0
Piedra	996.82	Piedra	97.1
Arena	666.91	Arena	67.0
Masa total	2263.73		

VOLUMEN RELATIVO PARA UN SACO DE CEMENTO		DETERMNAON DE CAJONERAS (0,40 X 0,40 X 0,20) VOL. 0,032 M3	
Piedra	0.0743	Piedra	2.3
Arena	0.0445	Arena	1.4

**Elaborado por: Ochoa D.; Pilay M. (2018)**

#### 4.4.5. ENSAYO A LA COMPRESIÓN

Se realizaron los ensayos con especímenes de 4 pulgadas para determinar la resistencia a los 7, 21 y 28 días. Alcanzando la resistencia requerida para 180 kg/cm<sup>2</sup>, 210 kg/cm<sup>2</sup> y 240 kg/cm<sup>2</sup>

**Tabla 13 Rotura de cilindros hormigón de 180 kg/cm<sup>2</sup>**

ELENTOS	f <sub>c</sub> Kg/cm <sup>2</sup>	EDAD	FECHA DE TOMA	FECHA DE ROTURA	RESIST. Kg/cm <sup>2</sup>	Porcent. comp.
TOMA DE CILINDROS	180	7	03-05-18	10-05-18	116.50	63.75%
		7	03-05-18	10-05-18	112.36	
		7	03-05-18	10-05-18	115.40	
	180	21	03-05-18	24-05-18	148.20	82.63%
		21	03-05-18	24-05-18	149.32	
		21	03-05-18	24-05-18	148.70	
	180	28	03-05-18	31-05-18	182.55	101.06%
		28	03-05-18	31-05-18	184.50	
		28	03-05-18	31-05-18	178.69	

Elaborado por: Ochoa D.; Pilay M. (2018)

**Tabla 14 Rotura de cilindros hormigón de 210 kg/cm<sup>2</sup>**

ELENTOS	f <sub>c</sub> Kg/cm <sup>2</sup>	EDAD	FECHA DE TOMA	FECHA DE ROTURA	RESIST. Kg/cm <sup>2</sup>	Porcent. comp.
TOMA DE CILINDROS	210	7	03-05-18	10-05-18	145.20	68.59%
		7	03-05-18	10-05-18	144.55	
		7	03-05-18	10-05-18	142.36	
	210	21	03-05-18	24-05-18	182.20	87.43%
		21	03-05-18	24-05-18	185.34	
		21	03-05-18	24-05-18	183.24	
	210	28	03-05-18	31-05-18	216.54	103.73%
		28	03-05-18	31-05-18	215.68	
		28	03-05-18	31-05-18	221.30	

Elaborado por: Ochoa D.; Pilay M. (2018)

#### 4.4.6. ENSAYO MECANICO DEL ELEMENTO PROPUESTO.

##### 4.4.6.1. ENSAYO A FLEXIÓN

Para continuar con el ensayo a flexión se concluyó a base de los diferentes diseños de hormigón realizados, se finiquitó la utilización de un hormigón de 210 kg/cm<sup>2</sup> para la elaboración de las vigas.

Para este ensayo, se fabricó vigas con dimensiones de 15 cm de ancho, 15 cm de altura y 55 cm de longitud.

Las dosificaciones, los moldes, las pruebas fueron realizados en el laboratorio de hormigón.

La preparación para el ensayo fue la siguiente:

- Se preparan los moldes de las vigas engrasando sus superficies internas para facilitar el desencofrado de la mezcla.
- Se coloca la mezcla dentro del molde en 3 capas, en viguetas de 15x15x53 y en cada 2 capas debe ser compactada con 25 golpes de varilla de punta redondeada.
- Después de 24 horas se desencofran las vigas con mucho cuidado para no ocasionar algún daño en las mismas.
- Para su identificación posterior se marcará las vigas con alguna simbología o código según el tipo de mezcla y fecha de elaboración del hormigón.
- Se sumergen las vigas a curar en una tina de agua, hasta los días que se necesiten realizar las pruebas.
- Se determinó como parámetro de control encontrar la carga a la cual se genera la primera fisura en el centro del elemento estudiado.
- Para nuestro primer ensayo utilizamos como refuerzo estructural chonta con un espesor de 8mm

**Tabla 15 Rotura de viga Ø 8mm**

#### **REGISTRO ENSAYOS A FLEXION**

**NORMA ASTM C78**

**Analisis del comportamiento mecanico del hormigon armado utilizando como elemento a flexion la madera chonta para la construccion de viviendas populares.**

ESTRUCTURA	VIGA	FECHA	FECHA	SECTOR	EDAD	DIMENSIONES (mm)			CARGA A LA 1era GRIETA
	No.	TOMA	ROTURA	FISURA	(días)	b	d	L	Kn
HORMIGON CON Vo DE MADERA 8MM	1	03/05/2018	10/05/2018	Centro	7	150	150	450	40
	2					150	150	450	41.22
	3		31/05/2018	Centro	28	150	150	450	60.58
	4					150	150	450	62.11
HORMIGON SIMPLE 210 KG/CM2	1	03/05/2018	10/05/2018	Centro	7	150	150	450	18.65
	2					150	150	450	19.05
	3		31/05/2018	Centro	28	150	150	450	36.18
	4					150	150	450	37.98

**Elaborado por: Ochoa D.; Pilay M. (2018)**

- Para el siguiente ensayo utilizamos como refuerzo estructural chonta con un espesor de 10mm

**Tabla 16 Rotura de viga Ø 10mm**

### REGISTRO ENSAYOS A FLEXION

*NORMA ASTM C78*

Análisis del comportamiento mecánico del hormigón armado utilizando como elemento a flexión la madera chonta para la construcción de viviendas populares.

ESTRUCTURA	VIGA	FECHA	FECHA	SECTOR	EDAD	DIMENSIONES (mm)			CARGA A LA 1era GRIETA
	No.	TOMA	ROTURA	FISURA	(días)	b	d	L	Kn
HORMIGON CON Vo DE MADERA 10MM	1	03/05/2018	10/05/2018	Centro	7	150	150	450	41
	2					150	150	450	45.21
	3		31/05/2018	Centro	28	150	150	450	60.2
	4					150	150	450	68.24
HORMIGON SIMPLE 210 KG/CM2	1	03/05/2018	10/05/2018	Centro	7	150	150	450	18.65
	2					150	150	450	19.05
	3		31/05/2018	Centro	28	150	150	450	36.18
	4					150	150	450	37.98

**Elaborado por: Ochoa D.; Pilay M. (2018)**

- En el último ensayo utilizamos como refuerzo estructural chonta con un espesor de 12mm

**Tabla 17 Rotura de viga Ø 12mm**

### REGISTRO ENSAYOS A FLEXION

*NORMA ASTM C78*

Análisis del comportamiento mecánico del hormigón armado utilizando como elemento a flexión la madera chonta para la construcción de viviendas populares.

ESTRUCTURA	VIGA	FECHA	FECHA	SECTOR	EDAD	DIMENSIONES (mm)			CARGA A LA 1era GRIETA
	No.	TOMA	ROTURA	FISURA	(días)	b	d	L	Kn
HORMIGON CON Vo DE MADERA 12MM	1	03/05/2018	10/05/2018	Centro	7	150	150	450	49.56
	2					150	150	450	51.34
	3		31/05/2018	Centro	28	150	150	450	73.45
	4					150	150	450	75.34
HORMIGON SIMPLE 210 KG/CM2	1	03/05/2018	10/05/2018	Centro	7	150	150	450	18.65
	2					150	150	450	19.65
	3		31/05/2018	Centro	28	150	150	450	36.18
	4					150	150	450	37.98

**Elaborado por: Ochoa D.; Pilay M. (2018)**

## **Conclusiones.**

Se realizaron pruebas de hormigón que permitieron conseguir la dosificación óptima del hormigón y sus componentes cemento, piedra, arena, agua. para una resistencia a la compresión de  $f'c$  180 y 210 Kg/cm<sup>2</sup>.

Se determinó la resistencia a la flexión de la madera chonta para su uso en la propuesta del proyecto.

Comparando los resultados obtenidos en los ensayos de las dos vigas (una de hormigón simple y la otra con refuerzo de madera de Chonta) con las mismas dimensiones se puede confirmar que la integración de la madera Chonta como refuerzo dentro del hormigón duplica la carga de primera grieta con respecto a la muestra patrón de un hormigón simple.

Acorde a los resultados observados se podría reducir la sección del elemento si la comparamos con una viga de hormigón simple estructural para que soporten la misma carga de primera fisura, es decir se utilizaría menos hormigón.

Se determina la sustentabilidad del uso de la madera chonta como material para la elaboración del hormigón armado para una riostra de amarre en la construcción de las viviendas populares.

Finalmente proponemos que nuestro proyecto investigativo está orientado para la elaboración únicamente de riostra de amarre de hormigón simple estructural acorde a las normas ACI318S-14, en donde el uso de un refuerzo de madera Chonta dentro del hormigón conllevaría a disminuir las secciones del elemento.

**Recomendaciones.**

El alcance del estudio que se realizó se concentraba en ensayos mecánicos por lo que se recomienda estudiar otros aspectos del uso de los dos materiales conjuntamente.

Ensayos tales como arrancamiento para poder determinar la adherencia entre la madera de Chonta y el hormigón.

Realizar una investigación para establecer que tratamiento debe tener la madera ya sean estos químicos o naturales.

Ensayos generales de durabilidad de la madera Chonta.

Determinación del tipo de rotura que tendría una viga con las características propuestas.

## **BIBLIOGRAFÍA**

<https://lahora.com.ec/noticia/706261/evolucion-de-la-construccion-de-la-vivienda-popular-en-el-ecuador>

[Vivienda populares en el Ecuador Silvana Ruiz Pozo](#)

<https://es.scribd.com/document/316370945/Sistema-de-Construccion-Ligera-Para-La-Vivienda>

<http://woodsrl.com.ar/la-madera-laminada-encolada-como-elemento-estructural-comparacion-con-el-hormigon-armado-los-costos/>

<http://www.umacon.com/noticia.php/es/que-es-el-hormigon-o-cemento-armado/409>

[Magister Diseño Náutico y Marítimo Pontificia Universidad Católica de Valparaíso Escuela de Arquitectura Profesor Guía : Arq. Boris Guerrero. Alumnos: Ingrid Ávila Barbera, Miguel Ángel Oviedo Parra.](#)

[Escuela de Ingeniería Técnica Civil. Arquitectura Técnica. Materiales II / 10511 2007 Materiales de Construcción II](#)

[Manual de Prácticas de Laboratorio de Concreto / Ing. Abraham Polanco Rodríguez](#)

[Acero y sus aplicaciones por ing. Jose Luis Maldonado Flores](#)

[Sistema constructivo estructural a partir de la palma de chonta ... - UTPL](#)

<http://normadera.tknika.net/es/content/propiedades-mec%C3%A1nicas>

<https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/.../2014/.../NEC-SE-HM.pdf>

<https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/02/NEC-SE-VIVIENDA-parte-4.pdf>

## ANEXOS 1 ( apu )

### UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE

#### ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL HORMIGÓN ARMADO UTILIZANDO COMO  
**PROYECTO:** ELEMENTO A FLEXIÓN LA MADERA CHONTA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS  
 POPULARES

**FECHA:** \_\_\_\_\_ **UNIDAD:** kg  
**RUBRO:** varilla chonta **RENDIMIENTO:** 0.01

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
herramienta menor 5% M/O					0.00
<b>SUBTOTAL (M)</b>					<b>0.00</b>
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL /HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Maestro Categoría C1	0.10	3.93	0.39	<b>0.01</b>	0.00
Fierrero categoría D2	1.00	3.55	3.55	<b>0.01</b>	0.04
Peon Categoría E2	1.00	3.18	3.18	<b>0.01</b>	0.03
<b>SUBTOTAL (N)</b>					<b>0.07</b>
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
varilla chonta	kg	1.15	1.60	1.84	
alambre de amarre	kg	0.05	1.15	0.06	
<b>SUBTOTAL ( O )</b>				<b>1.90</b>	
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
<b>SUBTOTAL (P)</b>					
<b>COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>					<b>1.97</b>
<b>INDIRECTOS Y UTILIDADES:</b>					<b>0.30</b>
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO:</b>					<b>2.27</b>



## UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE

### ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL HORMIGÓN ARMADO UTILIZANDO COMO  
 PROYECTO: ELEMENTO A FLEXIÓN LA MADERA CHONTA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS  
 POPULARES

FECHA: \_\_\_\_\_ UNIDAD: kg  
 RUBRO: Acero de refuerzo RENDIMIENTO: 0.03

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta menor 5% M/O					0.01
Cortadora	1.00	2.00	2.00	<b>0.03</b>	0.06
<b>SUBTOTAL (M)</b>					<b>0.07</b>
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL /HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Maestro Categoria C1	0.10	3.93	0.39	<b>0.03</b>	0.01
Fierrero categoria D2	1.00	3.55	3.55	<b>0.03</b>	0.11
Peon Categoria E2	1.00	3.18	3.18	<b>0.03</b>	0.10
<b>SUBTOTAL (N)</b>					<b>0.21</b>
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
Acero de refuerzo	kg	1.15	1.90	2.19	
alambre de amarre	kg	0.05	1.15	0.06	
<b>SUBTOTAL ( O)</b>					<b>2.24</b>
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
<b>SUBTOTAL (P)</b>					
<b>COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>					<b>2.53</b>
<b>INDIRECTOS Y UTILIDADES:</b>					<b>0.38</b>
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO:</b>					<b>2.91</b>

**UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE**

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

PROYECTO: ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL HORMIGÓN ARMADO UTILIZANDO COMO ELEMENTO A FLEXIÓN LA MADERA CHONTA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS POPULARES

FECHA: \_\_\_\_\_ UNIDAD: m3  
 RUBRO: Hormigon simple RENDIMIENTO: 0.31

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta menor 5% M/O					0.61
Concreteira	1.00	3.50	3.50	0.31	1.09
vibrador	1.00	2.50	2.50	0.31	0.78
<b>SUBTOTAL (M)</b>					<b>2.47</b>
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL /HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Maestro Categoria C1	1.00	3.93	3.93	0.31	1.22
Albanil Categoria D2	2.00	3.55	7.10	0.31	2.20
Peon Categoria E2	8.00	3.51	28.08	0.31	8.70
<b>SUBTOTAL (N)</b>					<b>12.12</b>
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
Cemento	m3	8.00	7.80	62.40	
Piedra	m3	1.30	12.00	15.60	
Arena	m3	0.54	10.00	5.40	
Agua	m3	0.02	5.00	0.10	
<b>SUBTOTAL (O)</b>					<b>83.50</b>
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
<b>SUBTOTAL (P)</b>					
<b>COSTO DIRECTO (M+N+O)</b>					<b>98.09</b>
<b>INDIRECTOS Y UTILIDAD</b>					<b>14.71</b>
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>					<b>112.80</b>

## UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE

### ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL HORMIGÓN ARMADO UTILIZANDO COMO  
**PROYECTO:** ELEMENTO A FLEXIÓN LA MADERA CHONTA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS  
 POPULARES

**FECHA:**

**UNIDAD:** m2

**RUBRO:** Encofrado de madera

**RENDIMIENTO:** 0.13

<b>EQUIPOS</b>					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta menor 5% M/O					0.16
Sierra circular	1.00	2.00	2.00	0.13	0.26
<b>SUBTOTAL (M)</b>					<b>0.42</b>
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL /HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Maestro Categoría C1	1.00	3.93	3.93	0.13	0.51
Carpintero Categoría D2	2.00	3.55	7.10	0.13	0.92
Peon Categoría E2	4.00	3.51	14.04	0.13	1.83
<b>SUBTOTAL (N)</b>					<b>3.26</b>
<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
Madera	UNIDAD	1.25	5.00	6.25	
Cuarton	UNIDAD	0.50	3.00	1.50	
Clavo	kg	0.05	1.20	0.06	
<b>SUBTOTAL (O)</b>					<b>7.81</b>
<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
<b>SUBTOTAL (P)</b>					
<b>COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>					<b>11.49</b>
<b>INDIRECTOS Y UTILIDADES:</b>					<b>1.72</b>
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO:</b>					<b>13.21</b>

## ANEXOS 2 DISEÑO DE VIVIENDA

### NEC-SE-VIVIENDA

#### 12. Apéndice 1: Sistema muros confinados - planos tipo

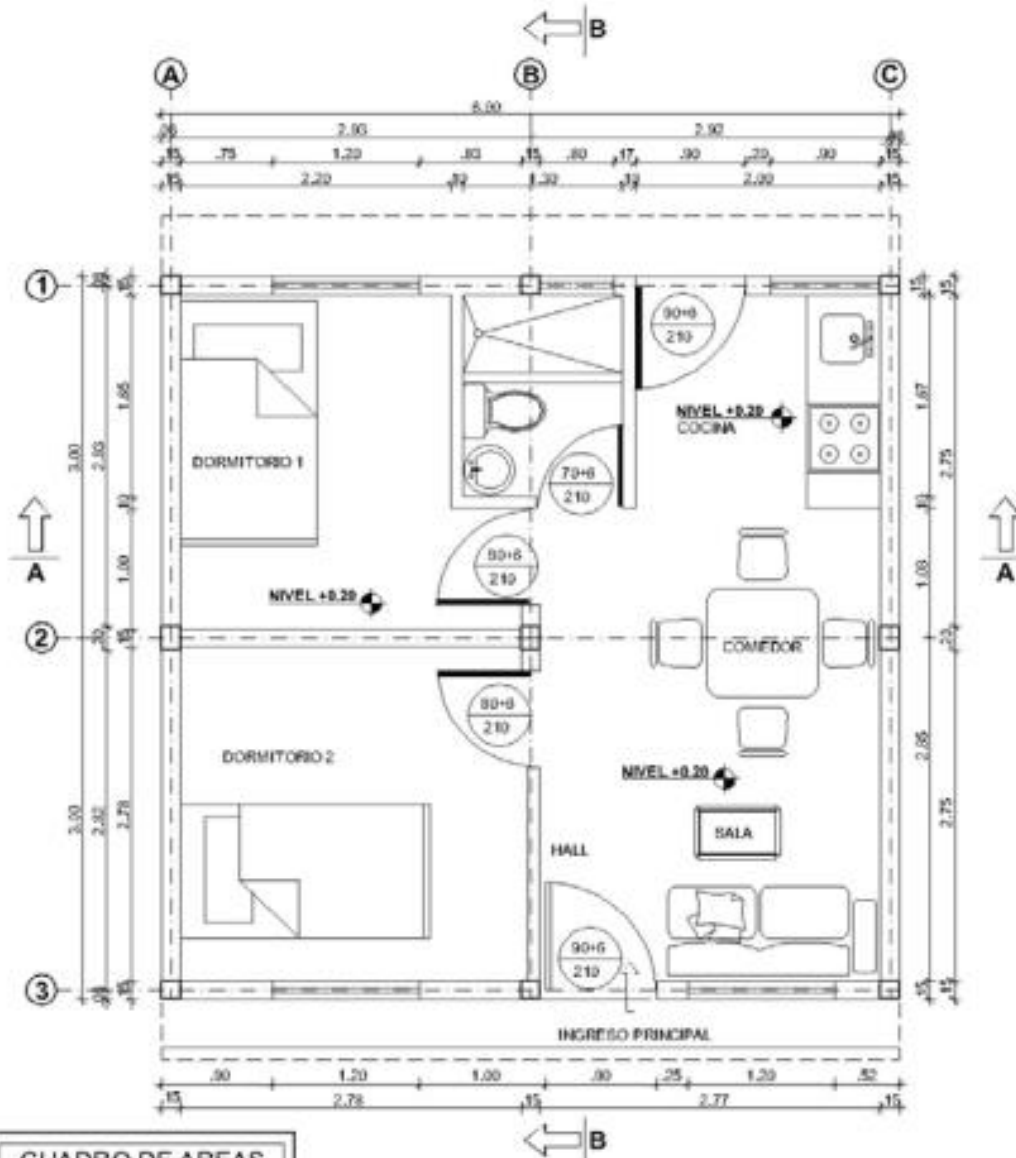
Se presenta a seguir los planos de un ejemplo típico de muros confinados.

CASA 36 m<sup>2</sup>

- Área de construcción: 36 m<sup>2</sup> .
- Tipo: Una planta con cubierta inclinada.
- Estructura Sismoresistente: Paredes confinadas.
- Crecimiento modular: No.



ARQUITECTURA VIVIENDA TIPO 36 m<sup>2</sup>  
 6x6 PAREDES CONFINADAS  
 UNA PLANTA CON CUBIERTA LIVIANA



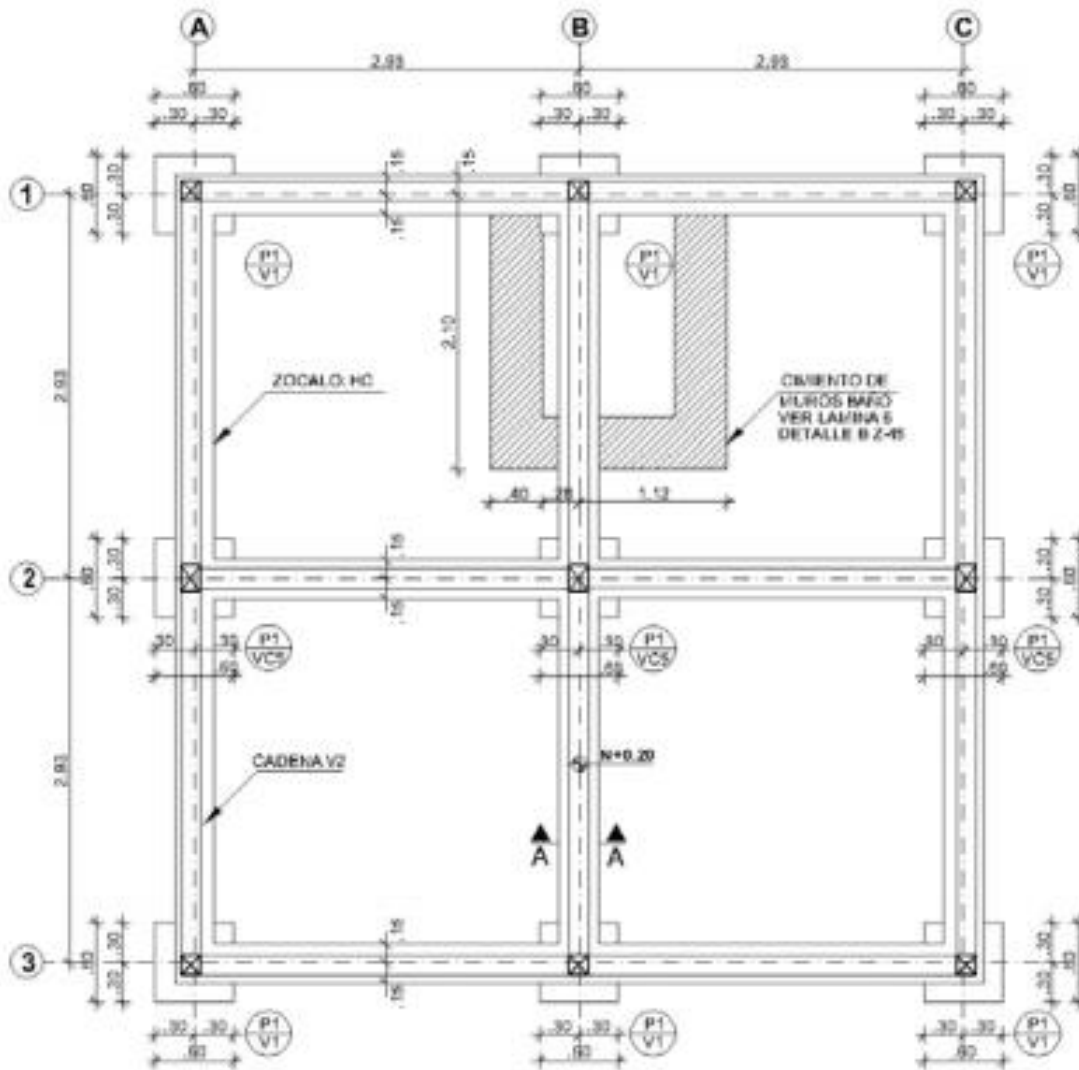
CUADRO DE AREAS	
AMBIENTE	AREA m <sup>2</sup>
SALA- COMEDOR	12.25 m <sup>2</sup>
COCINA	4.25 m <sup>2</sup>
DORMITORIO 1	7.85 m <sup>2</sup>
DORMITORIO 2	9.00 m <sup>2</sup>
BANO	2.65 m <sup>2</sup>
TOTAL :	36.00 m <sup>2</sup>

PLANTA AREA 36m<sup>2</sup>  
 ESCALA 1 : 50

90x6 ANCHO PUERTA + MARCO  
 210 ALTURA PUERTA + MARCO

A1

**ESTRUCTURA VIVIENDA TIPO 36 m<sup>2</sup>  
6x6 PAREDES CONFINADAS  
UNA PLANTA CON CUBIERTA LIVIANA**



**CIMENTACIÓN Y CADENAS**

ESCALA 1:50



qa = 12 Tm<sup>2</sup>, verificar en obra,  
de ser menor realizar mejoramiento  
qa = Capacidad admisible de soporte del suelo

**ESPECIFICACIONES  
TECNICAS**

fy= 5000 kg/cm <sup>2</sup>	Armadura electrosoldada
f'c= 210 kg/cm <sup>2</sup>	Estructura y contrapiso
f'c= 180 kg/cm <sup>2</sup>	Replanteo
f'm= 15 kg/cm <sup>2</sup>	Mampostería

**PROCESO  
CONSTRUCTIVO**

LEVANTAR PRIMERO MAMPOSTERIAS  
Y DESPUES FUNDIR COLUMNAS

**E1**