

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA



CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO CIVIL

**Tema:**

---

“Análisis de la caña guadúa y bambú como material estructural utilizado en vigas y su incidencia en la resistencia a flexión del concreto.”

---

AUTOR: IRENE KRUKAYA CUJI SIGUENZA.

TUTOR: ING. Mg. JUAN GARCÉS

**AMBATO –ECUADOR**  
**2016**

## **APROBACIÓN DEL TUTOR**

En calidad de tutor del trabajo de investigación sobre el Tema: “ANÁLISIS DE LA CAÑA GUADÚA Y BAMBÚ COMO MATERIAL ESTRUCTURAL UTILIZADO EN VIGAS Y SU INCIDENCIA EN LA RESISTENCIA A FLEXIÓN DEL CONCRETO. “Del estudiante: Irene Kruzkaya Cuji Siguenza, Egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Carrera de Ingeniería Civil, el mismo que guarda conformidad con las disposiciones reglamentarias emitidas por la Facultad y la Universidad Técnica de Ambato, considero que dicho informe de investigación reúne los requisitos y méritos correspondientes para ser sometida a la evaluación del jurado examinador designado por el H. Consejo de Pregrado. Es todo en cuanto puedo certificar en honor a la verdad.

---

Ing. Mg. Juan Garcés  
Tutor

## **AUTORÍA**

El contenido del presente trabajo de investigación, así como las ideas y opiniones son de exclusiva responsabilidad de su autor. Yo, Irene Kruzkaya Cuji Siguenza, con C.I. 160056002-1 y Egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Técnica de Ambato, certifico por medio de la presente que el trabajo con el tema: "ANÁLISIS DE LA CAÑA GUADÚA Y BAMBÚ COMO MATERIAL ESTRUCTURAL UTILIZADO EN VIGAS Y SU INCIDENCIA EN LA RESISTENCIA A FLEXIÓN DEL CONCRETO "es de mi completa autoría y fue realizado en el periodo Octubre 2015- Febrero 2016.

---

Sr. Irene Kruzkaya Cuji Siguenza  
C.I. 160056002-1  
Autor

## **DERECHOS DE AUTOR**

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Trabajo Experimental o parte de él, un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución. Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi Trabajo Experimental con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de éste Trabajo Experimental dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando ésta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

---

Autor

Sr. Irene Kruzkaya Cuji Siguenza

## **APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO**

Los miembros del tribunal examinador aprueban el informe de investigación, sobre el tema: “ANÁLISIS DE LA CAÑA GUADÚA Y BAMBÚ COMO MATERIAL ESTRUCTURAL UTILIZADO EN VIGAS Y SU INCIDENCIA EN LA RESISTENCIA A FLEXIÓN DEL CONCRETO”, de la egresada Irene Kruzkaya Cuji Siguenza , de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica. Ambato,

Para constancia firman.

---

Ing. Mg. Maritza Ureña

---

Ing. Mg. Miguel Mora

## **DEDICATORIA**

*Al Creador de todas las cosas, El que me ha dado la fortaleza para realizar uno de mis sueños; por ello con toda la humildad de mi corazón puede emanar, dedico mi trabajo a Dios.*

*A mis Padres, por su amor, trabajo y sacrificio en estos años, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy y ha sido un privilegio ser su hija.*

*Dedico este proyecto a mi Madre que ha sabido formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores, lo cual me ha ayudado a salir en los momentos más difíciles.*

*A mi hermana que siempre ha estado junto a mí y brindándome su apoyo.*

*Tu ayuda a sido fundamental, has estado conmigo incluso en los momentos más turbulentos, este proyecto no ha sido fácil, pero estuviste motivándome y ayudándome hasta donde tus alcances te lo permitían, gracias amor.*

## **AGRADECIMIENTO**

*Este trabajo ha sido una gran bendición en todo sentido te agradezco Dios, y no cesan mis ganas de decirte que gracias a Él esta meta está cumplida.*

*El más profundo agradecimiento a mis padres por haberme permitido realizar mis estudios y apoyarme durante toda mi carrera universitaria.*

*En especial a mi madre, por haberme enseñado que con esfuerzo, trabajo y constancia todo se consigue y por ser esa persona que está incondicionalmente brindándome su amor.*

*A todos mis familiares, por su apoyo en especial a mi abuelito Isidro, por haberme ayudado en este proceso.*

*Gracias a mi universidad, gracias por haberme permitido formarme y en ella, gracias a todas las personas que fueron partícipes de este proceso, ya sea de manera directa o indirecta, gracias a todos ustedes los responsables de realizar su pequeño aporte, que el día de hoy se vería reflejado en la culminación de mi paso por la universidad.*

*Un agradecimiento muy especial al Mg. Ing. Juan Garcés por brindarme su apoyo, conocimiento, tiempo y amistad, guiándome en el desarrollo de la presente investigación en calidad de tutor.*

## ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

### A. PÁGINAS PRELIMINARES

• Portada o Carátula.....	I
• Certificación del Tutor.....	II
• Autoría del Trabajo.....	III
• Aprobación del Tribunal de Grado.....	IV
• Dedicatoria.....	V
• Agradecimiento.....	VI
• Índice General.....	VII
• Índice de tablas, gráfica, planos.....	VIII
• Resumen Ejecutivo.....	IX

## Contenido

CAPÍTULO I. ANTECEDENTES.....	2
1.1 Tema del trabajo experimental.....	2
1.2 Antecedentes.....	2
1.3 Justificación.....	3
1.4.1 OBJETIVO GENERAL:.....	4
CAPITULO II. FUNDAMENTACIÓN.....	6
2.1 Fundamentación Teórica.....	6
2.1.1 Hormigón.....	6
2.1.1.1 Propiedades del Hormigón Fresco.....	6
Las principales propiedades del hormigón fresco son:.....	6
2.1.1.2 Propiedades hormigón endurecido:.....	7
2.1.1.4 Agua en el Hormigón.....	8
2.1.1.8 Ensayos para los Agregados.....	9
2.2.1 Acero.....	9
2.3.1 Bambú.....	10



2.3.2 Bambúes seleccionados para el proyecto .....	12
2.3.3 Partes del Bambú.....	11
2.3.4 Selección de bambúes a cortar.....	12
2.3.5 Corte del Bambú.....	12
2.4.2 Métodos de Curado.....	13
2.4.2.1 Métodos de Tratamiento y Secado.....	13
2.4.3 Bambú y Guadúa como material de refuerzo.....	14
2.4.4 Diseño de bambúes sometidos a Flexión.....	16
2.4.5 Deflexiones Admisibles para Elementos en Flexión en el Bambú.....	17
2.4.6 Esfuerzos Admisibles .....	17
2.4.7 Ventajas del Bamb .....	19
2.4.8 Desventajas del Bambú.....	18
2.5.1 Flexión.....	19
2.5.2 Requisitos para elementos en flexión.....	20
2.5.3 Ensayo de Resistencia a Flexión del Hormigón .....	21
2.5.4 Procedimiento del Ensayo Flexión en las Vigas .....	22
2.5.5 Vigas de Hormigón Simple más Acero de Refuerzo Simple, Armadura de Bambú y Caña Guadúa a Flexión.....	23
2.5.7 Cálculos del Ensayo Flexión en las Vigas .....	26
2.6 HIPÓTESIS .....	28
2.6.1 SEÑALAMIENTO DE VARIABLES .....	28
2.6.1.1 Variable Independiente .....	28
2.6.1.2 Variable Dependiente.....	28
CAPÍTULO III .METODOLOGÍA.....	29
3.1 NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN .....	29
3.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES .....	30
3.3.1 Variable Independiente .....	30

3.3.2. Variable Dependiente.....	31
3.4 PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.....	32
3.5 PLAN DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS.....	32
CAPÍTULO IV. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS .....	33
4.1 Recolección de datos .....	33
4.1.1 Ensayos Previos.....	32
4.1.2 Proceso de Armado.....	40
4.2 Verificación de Hipótesis.....	70
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	82
5.1 Conclusiones.....	87
5.2 Recomendaciones .....	89
C.- MATERIALES DE REFERENCIA.....	89
1. Bibliografía .....	90
2. Anexos .....	87

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 ESFUERZO VS DEFORMACIÓN DEL ACERO.....	10
GRÁFICO 2 Corte de la Guadúa y Bambú .....	16
GRÁFICO 24 Ensayos previos en el Laboratorio .....	91
GRÁFICO 25 Ensayos de granulometría .....	91
GRÁFICO 26 Pesos del material grueso en la balanza.....	91
GRÁFICO 27 Ensayos de Densidad Real del Ripio .....	92
GRÁFICO 28 Ensayos de Densidad Real de la Arena.....	92
GRÁFICO 29 Ensayos de Dosificación .....	92
GRÁFICO 30 Caña Guadúa y Bambú Cortada de la Mata.....	93
GRÁFICO 31 Tiras cortadas de Guadúa Colocadas el Plastificante.....	93
GRÁFICO 32 Tiras cortadas de Guadúa Curadas.....	93
GRÁFICO 33 Tiras cortadas de Bambú Colocadas el Plastificante “MADEROL CONCENTRADO” .....	94

GRÁFICO 34 Armado de Vigas con Acero, Bambú y Caña Guadúa.....	94
GRÁFICO 35 Encofrado de Vigas con Acero, Bambú y Caña Guadúa .....	94
GRÁFICO 36.-Encofrado para Vigas con Acero, Bambú y Caña Guadúa.....	95
GRÁFICO 37.-Desencofrado para Vigas con Acero, Bambú y Caña Guadúa ....	95
GRÁFICO 38 .-Vigas en la Máquina para el Ensayo a Flexión.....	95
GRÁFICO 39.-Preparación de Vigas en la Máquina .....	96
GRÁFICO 40.-Vigas Ensayadas de Guadúa.....	96
GRÁFICO 41.-Vigas Ensayadas de Guadúa.....	96
GRÁFICO 42 Vigas Ensayadas de Bambú .....	97
GRÁFICO 43 Vigas Ensayadas de Bambú .....	97

### ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1 Esfuerzos Admisibles.....	19
TABLA 2 Profundidad del Bloque .....	25
TABLA 3 Operacionalización de Variable Independiente.....	30
TABLA 4 Operacionalización de Variable Dependiente .....	31
TABLA 5 Plan de Recolección de información.....	32
TABLA 6 Análisis Granulométrico del Agregado Grueso .....	34
TABLA 7 Análisis Granulométrico del Agregado Fino .....	35
TABLA 8 Densidad Aparente Suelta del Agregado Fino y Grueso.....	36
TABLA 9 Densidad Aparente Compactada.....	36
TABLA 10 Densidad Aparente Compactada de la Mezcla.....	37
TABLA 11 Densidad Real y Capacidad de Absorción del Agregado Grueso .....	38
TABLA 12 Densidad Real y Capacidad de Absorción del Agregado Fino .....	39
TABLA 13 Densidad Real del Cemento .....	40
TABLA 14 RESULTADO DE VIGAS ENSAYADA A LOS 7 DÍAS CON BAMBÚ DE REFUERZO .....	43
TABLA 15 RESULTADO DE VIGAS ENSAYADA A LOS 7 DÍAS CON BAMBÚ DE REFUERZO .....	45
TABLA 16 RESULTADO DE VIGAS ENSAYADA A LOS 14 DÍAS CON BAMBÚ DE REFUERZO .....	47
TABLA 17 RESULTADO DE VIGAS ENSAYADA A LOS 14 DÍAS CON BAMBÚ DE REFUERZO .....	49

TABLA 18 RESULTADO DE VIGAS ENSAYADA A LOS 14 DÍAS CON BAMBÚ DE REFUERZO .....	61
TABLA 19 RESULTADO DE VIGAS ENSAYADA A LOS 14 DÍAS CON GUADÚA DE REFUERZO .....	63
TABLA 20 RESULTADO DE VIGAS ENSAYADA A LOS 14 DÍAS CON GUADÚA DE REFUERZO .....	65
TABLA 21 RESULTADO DE VIGAS ENSAYADA A LOS 28 DÍAS CON GUADÚA DE REFUERZO .....	67
TABLA 22 RESULTADO DE VIGAS ENSAYADA A LOS 14 DÍAS CON GUADÚA DE REFUERZO .....	69
TABLA 23 RESULTADO DE VIGAS ENSAYADA A LOS 7 DÍAS CON ACERO DE REFUERZO .....	71
TABLA 24 RESULTADO DE VIGAS ENSAYADA A LOS 14 DÍAS CON ACERO DE REFUERZO .....	73
TABLA 25 RESULTADO DE VIGAS ENSAYADA A LOS 28 DÍAS CON ACERO DE REFUERZO .....	75
TABLA 26 RESULTADO DE VIGAS ENSAYADA A LOS 7 DÍAS CON ACERO CON GANCHO DE REFUERZO .....	71
TABLA 24 RESULTADO DE VIGAS ENSAYADA A LOS 14 DÍAS CON ACERO DE REFUERZO .....	73
TABLA 25 RESULTADO DE VIGAS ENSAYADA A LOS 28 DÍAS CON ACERO DE REFUERZO .....	75
TABLA 26 ENSAYO DE VIGAS A FLEXIÓN CON ARMADURAS PROPUESTAS .....	75

## RESUMEN EJECUTIVO

La necesidad que impulsó a realizar el presente trabajo de investigación fue el utilizar materiales realmente innovadores como lo es la caña guadúa y el bambú en el proceso de construcción. En donde se intentará mejorar la resistencia a flexión en las estructuras, buscando así nuevos caminos a los procesos tradicionales.

Este proyecto tiene como finalidad evaluar la factibilidad que puede aportar la inclusión de nuevos materiales. Para poder llevar a acabo esto, se realizará múltiples pruebas de ensayo en donde compararé la flexión que posee cada viga de acuerdo al material utilizado, como por ejemplo el acero, la caña guadúa y el bambú. A partir de aquello analizaré cual es la mejor opción que se puede implementar a nivel estructural.

Además el objetivo que se quiere alcanzar con dicha investigación es informar al lector de los diferentes procedimientos que se debe realizar para utilizar los materiales propuestos en el armado de vigas y así poder tener una guía para futuras obras civiles.

Esta investigación constará todo sobre lo relacionado con los materiales propuestos, los diferentes procesos que se deben cumplir para su utilización y mostrará un detalle de los resultados que arrojan las vigas reforzadas en el ensayo a flexión.

## CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

### 1.1 Tema del trabajo experimental

“Análisis de la caña guadúa y bambú como material estructural utilizado en vigas y su incidencia en la resistencia a flexión del concreto.”

### 1.2 Antecedentes

- Lina Jeanette Mora Ramos (1992), en su tesis de grado **“LATILLAS DE BAMBÚ Y CARRIZO COMO ELEMENTO RESISTENTE A LA TRACCIÓN EN COLUMNAS DE MATERIALES TRADICIONALES, ORIENTADO A LA BÚSQUEDA DE ALTERNATIVAS PARA LA CONTRUCCIÓN DE UNA VIVIENDA ECONÓMICA**, Pág.92, nos dice que una de las principales desventajas que tiene la caña guadúa es su alta capacidad de absorción de agua, por lo tanto se debe realizar un tratamiento previo para utilizarlo como material de refuerzo en el concreto. Esta información es relevante para nuestra investigación ya que nos proporciona una idea de cómo manejar el material propuesto para realizar las vigas de ensayos. Al mismo tiempo nos permite considerar factores adicionales como: zona y condiciones de producción además de la edad de la caña. Los cuales son factores sumamente importantes para utilizar este material, como refuerzo para poder realizar los ensayos a flexión que requiere nuestra investigación.
- Según Sixto Gabriel Vaca Uribe (2013), con la tesis de, **“ANÁLISIS DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES QUE TRABAJAN A FLEXIÓN CON FIBRAS DE CARBONO”**, Pág.109, en el trabajo previamente mencionado se realizó varias vigas con diferentes condiciones para el método de reforzamiento, estableciendo que la fibras de carbono presentan un alto desempeño cuando está sometido a flexión, pero es necesario determinar las características del elemento que va a ser intervenido, lo que indica que la caña guadúa y el bambú puede ser utilizado como material de refuerzo pero se debe considerar el armado adecuado y además se tiene que considerar las condiciones que posee cada material.

- Como lo afirma Felipe Villegas Gonzáles (2005), en su maestría **“COMPARACIÓN CONSUMOS DE RECURSOS ENERGÉTICOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA SOCIAL: GUADUA VS. CONCRETO”**, Pág.112, pone en manifiesto que se debe realizar un mantenimiento integral cuando se trata del bambú en la construcción, para prevenir las plagas, humedades y deformaciones. Se debe tomar en cuenta los cinco enemigos que tiene la guadúa que son: el agua, el fuego que la consume, los hongos e insectos los cuales atacan su estructura, los rayos ultravioletas del sol que la decoloran y el mal diseño.
- Karina Monteros Cueva (2007), en su tesis de **“USOS ALTERNATIVOS DEL BAMBÚ PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS CONDICIONES DE HÁBITAT CON ENFÁSIS EN LA CAÑA GUADÚA”**, Pág.58, indica que se debe cortar en la guadúa en la fase lunar de menguante entre las horas de medianoche y amanecer. Se aconseja limpiarlas, lavarlas con agua y dejarles secar de manera natural de forma que el secado sea uniforme. Deben estar arrumadas de manera vertical y protegidas del suelo en un tiempo de 20 a 30 días.

### **1.3 Justificación**

Se ha visto la necesidad de realizar el presente trabajo de investigación incluyendo la caña guadúa y el bambú en el proceso constructivo innovando los procesos tradicionales para intentar mejorar la resistencia a flexión en las estructuras, ya que sin lugar a duda algunas de las características presentes en la caña guadúa lo convierten en un material innovador. Esta planta siempre se ha destacado por su ligereza, flexibilidad y bajo costo.

La caña guadúa y el bambú son considerados eco-material, ya que ofrecen a la construcción un medio viable, tanto en el aspecto ecológico como en el económico. Y otorga resultados de diseños que cumplen las siguientes condiciones; ser recursos de una región o localidad, que al ser explotados y transformados racionalmente posean condiciones de calidad y eficiencia.

En el Ecuador, existen materiales endémicos que son utilizados precariamente, uno de ellos corresponde a la conocida “madera de los pobres” o también llamada

caña guadúa, su uso inadecuado en asentamientos marginales, ha hecho que sea sinónimo de pobreza, inclusive el sector profesional desconoce sus características y su uso adecuado.

La caña guadúa es una gramínea gigante perteneciente a la familia del bambú; a nivel mundial existen alrededor de 1500 especies de bambú de las cuales aproximadamente 280 son nativas de esta región. Es uno de los materiales más versátiles y ha sido usado de diversas maneras principalmente en la construcción. La especie a la cual hace referencia este trabajo es de acuerdo a la clasificación de Humbolt Bonplant, Bambú Guadúa, cuyo nombre científico es Guadúa Angustifolia Kunth, dicha especie se destaca entre las otras debido a sus excepcionales características físico-mecánicas, las que han permitido que a este material se lo llame también como el “Acero Vegetal”.

La enorme capacidad de la guadúa para soportar alto esfuerzo de compresión, flexión y tracción, así como otras cualidades físicas, la hacen óptima para reemplazar estructuras de metal y de maderas en vías de extinción. La caña guadúa se usará a partir del cuarto año de madurez ya que a partir de aquí se dice que está lista para su uso en la construcción.

Es por esto que el propósito elemental del presente proyecto es realizar el análisis de la caña guadúa y bambú para determinar su incidencia en la resistencia a flexión de una viga, reemplazándole en lugar de refuerzo y realizar diferentes ensayos comparativos que demuestren los objetivos planteados.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 OBJETIVO GENERAL:**

- Diseñar una viga con elementos alternativos (caña guadúa y bambú) como material estructural para medir la resistencia a flexión del concreto.

### **1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- Evaluar los materiales tradicionales utilizados en la elaboración de vigas.
- Realizar pruebas de ensayo a flexión en las diferentes vigas propuestas.



- Comparar la resistencia a flexión en vigas con diferentes materiales (acero, caña guadúa y bambú).
- Analizar la factibilidad de uso como material compuesto.

## CAPITULO II. FUNDAMENTACIÓN

### 2.1 Fundamentación Teórica

#### 2.1.1 Hormigón

El hormigón es un material que está compuesto de la mezcla de cuatro elementos como agua, cemento, arena y ripio en proporciones apropiadas. Es el más utilizado dentro del área de la construcción, sus características principales son: resistencia a la compresión, comportamiento a la fatiga, bajo costo en relación a sus características mecánicas y extraordinario comportamiento al fuego.

En el presente proyecto se medirá la resistencia a flexión. Como se conoce el hormigón es un material que resiste muy bien a los esfuerzos de compresión, sin embargo no presenta un buen comportamiento a los esfuerzos de flexión y por esta razón es común utilizarlo conjuntamente con el acero.

En esta investigación se utilizará el bambú y la caña guadúa como material estructural. Se analizará cómo este “acero vegetal” se comporta dentro del hormigón y si es eficiente para resistir esfuerzos a flexión como el acero.

##### 2.1.1.1 Propiedades del Hormigón Fresco

Las principales propiedades del hormigón fresco son:

- **Trabajabilidad:** Es la fluidez que tiene el hormigón en el proceso de mezclado dentro de una obra.
- **Consistencia:** Es la capacidad que tiene el hormigón para deformarse o adaptarse a una forma establecida. Para medir la consistencia en nuestro proyecto se utilizó el ensayo del Cono de Abrams. <sup>[1]</sup> **INEN 1578-ASTM C 143.**
- **Homogeneidad:** Consiste en que los componentes del hormigón estén distribuidos de la manera más adecuada, esta propiedad se obtiene mediante un buen amasado y una colocación correcta.

- **Densidad:** Es la cantidad por unidad de volumen. Varía con la clase de áridos colocados en la mezcla y de la forma de colocación del hormigón dentro de una obra.

### 2.1.1.2 Propiedades hormigón endurecido:

Las principales propiedades del hormigón endurecido son:

- **Densidad:** Es el peso por unidad de volumen y depende de los diferentes materiales que conforman el hormigón.
- **Compacidad:** Es una de las propiedades que brinda resistencia al hormigón frente a esfuerzos, impactos, desgaste y vibraciones. Esta propiedad aumenta con la cantidad del volumen de material sólido que conforma al hormigón.
- **Permeabilidad:** Es la propiedad que tiene el hormigón de ser atravesado por un fluido, el fluido puede presentarse en estado líquido o gaseoso y para que presente una adecuada permeabilidad debe realizarse una óptima relación agua/cemento.
- **Resistencia al desgaste:** Consiste en que el hormigón no disminuya sus propiedades con el pasar del tiempo, los factores que afectan la durabilidad en el hormigón pueden ser mecánicos, físicos y químicos.
- **Resistencia mecánica:** Es un factor que se mide dependiendo del número de días de edad del hormigón, en la mayoría de los casos se realiza a los 28 días de edad.

### 2.1.1.3 Curado en el Hormigón

El curado consiste en que el hormigón desarrolle su máxima capacidad en resistencia y durabilidad, para lo cual deben existir componentes que permitan un óptimo curado y son:

- **Humedad:** La humedad relativa debe ser mayor al 80% para que el hormigón alcance su máxima resistencia.
- **Temperatura:** la temperatura para un óptimo curado debe oscilar entre los 10° C a 30°C y por recomendación se toma una temperatura de 20°C.

#### **2.1.1.4 Agua en el Hormigón**

El agua dentro del hormigón conforma un elemento de suma importancia en dos etapas, como es en el proceso de su elaboración dentro del amasado y en el curado. El agua de amasado tiene dos funciones principales, la primera se basa en la hidratación del cemento y la otra es brindarle al hormigón un cierto grado de trabajabilidad.

El agua dentro del curado tiene la función de ofrecer el primer endurecimiento del hormigón durante la etapa de fraguado y la retracción prematura.

#### **2.1.1.5 Agregados o Áridos**

Es un material que influye dentro de las propiedades del hormigón como es trabajabilidad, consistencia, durabilidad, resistencia, propiedades elásticas y térmicas.

Los agregados ocupan alrededor de las tres cuartas partes del volumen del hormigón, de ahí la importancia que tiene su adecuada elección, engloban a las arenas, gravas naturales, piedra triturada y materiales que se utilizan para la producción de hormigones ligeros o pesados.

#### **2.1.1.6 Agregado Fino**

El agregado fino corresponde a la porción menor a 5 mm que pasa por el tamiz 3/8" y es retenido por el tamiz #200, se debe considerar los siguientes parámetros para ser utilizados dentro del hormigón:

- Las arenas de río son las más óptimas para ser utilizadas en la elaboración del hormigón.
- Las arenas provenientes de minas deben ser lavadas ya que suelen contener arcilla perjudicial para el hormigón.

#### **2.1.1.7 Agregado Grueso**

El agregado grueso es la porción mayor a 5 mm que es retenido por el tamiz #4, para la utilización de este material dentro del hormigón se debe tomar en cuenta los siguientes parámetros:

- El agregado grueso debe poseer una densidad real mayor a 2.6 gr/cm<sup>3</sup> y una resistencia a la compresión superior a los 1000 kg/cm<sup>2</sup>.
- La resistencia del agregado grueso está ligado a la dureza, densidad y su módulo de elasticidad.

#### 2.1.1.8 Ensayos para los Agregados

Para la elaboración del hormigón se debe realizar ensayos y comparar si los agregados utilizados cumplen con las especificaciones.

- **Densidad Suelta:** Este ensayo consiste en llenar un recipiente de agregado con la ayuda de la pala, desde una altura no mayor a 5 cm arriba de la orilla y enrasar al nivel del borde con la varilla de acero, la masa será equivalente a la masa del agregado suelto dividido para el volumen del recipiente.
- **Densidad Compactada:** Este método se basa en completar con el árido hasta el 1/3 de la altura del recipiente y compactar dando 25 golpes con la varilla de acero, se debe procurar no chocar con el asiento del recipiente, posteriormente se llena hasta los 2/3, se compacta con el mismo procedimiento anteriormente mencionado y para finalizar se llena el recipiente por encima del borde, se compacta y se enrasa.
- **Densidad real del agregado grueso:** Se determina a la densidad real del agregado grueso como:

$$DRR = \frac{M_{ss}}{\frac{M_{ss} - M_{enel\ agua}}{densidad\ del\ agua}}$$

**En donde:**

**M<sub>ss</sub>:** Masa del material en equilibrio

**DRR:** Densidad real del ripio

- **Densidad real del agregado fino:** Se determina a la densidad real del agregado fino como:

$$DRA = \frac{M_{ss}}{VM}$$

**En donde:**

**M<sub>ss</sub>**: Masa del material en equilibrio

**DRA**: Densidad real de la arena.

**VM**: Volumen del material.

- **Capacidad de absorción:** Se define a la capacidad de absorción como la cantidad de agua que el agregado puede inhalar hasta alcanzar una condición de equilibrio.
- **Granulometría de los agregados:** Consiste en la repartición de los diferentes tamaños de los agregados que componen la muestra en estudio.
- **Granulometría del agregado fino:** La granulometría es la determinación de los diferentes tamaños que componen la mezcla y se ensaya mediante la utilización de tamices. Para el agregado fino se utiliza los siguientes números de tamices 3/8", #4, #8, #16, #30, #50 y #100, estos límites se encuentran establecidos en las normas. <sup>[1]</sup> (NTE INEN 8725 y ASTM C33).
- **Granulometría del agregado grueso:** Los límites para el agregado grueso engloba a los tamices 2", 1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8", #4 y bandeja, estos límites se encuentran establecidos en las normas. <sup>[1]</sup> NTE INEN 8725 y ASTM C33).

### 2.2.1 Acero

El acero es una aleación de hierro, es decir con un porcentaje de carbono, además posee en pequeñísimas cantidades de cromo, níquel, titanio, wolframio y vanadio, etc.

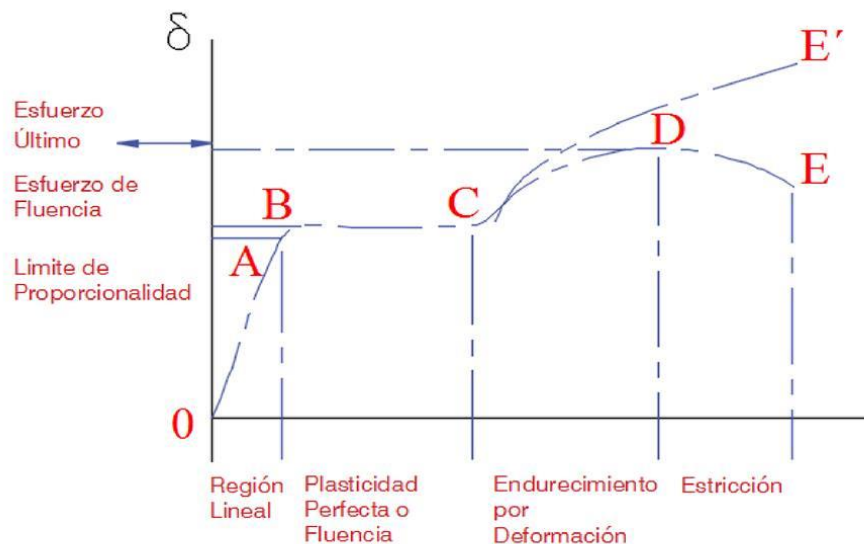
Posee alta resistencia, durabilidad y uniformidad características que lo convierten en un material óptimo para la construcción. Su ductilidad ayuda a soportar grandes deformaciones lo cual le permite fluir, evitando así fallas prematuras.

Resiste muy poco a la deformación plástica porque en su constitución posee cristales de ferrita y constituye en el material básico en la construcción.

Sus principales ventajas son:

- Rapidez de montaje.
- Gran capacidad de laminarse en grandes tamaños y formas.
- Resistencia a la fatiga.
- Posible rehuso después de montarse en una estructura.

**GRÁFICO 1 Esfuerzo vs Deformación del Acero.**



**Fuente: Egda. Irene Kruzkaya Cuji Siguenza**

### 2.3.1 Bambú

El bambú es uno de los materiales usados desde la más remota antigüedad para aumentar la comodidad y bienestar del hombre, es conocido como el “acero vegetal”. Por las características de su tallo al presentar adherencia dentro del hormigón, en esta investigación se lo utilizará como material de refuerzo y se medirá la resistencia a flexión que posee al trabajar conjuntamente con el concreto.

Además, el bambú posee alta resistencia a la tensión y flexibilidad lo que lo convierte altamente resistente a los sismos, posee una forma redondeada o casi redonda en su sección transversal ordinariamente huecas, con tabiques

transversalmente rígidos evitando la ruptura al curvarse, lo que le convierte en un material altamente resistente por sus características físicas.

El bambú posee pocos desperdicios y ninguna corteza que eliminar, lo cual le convierte en un material económico. Igualmente su superficie es limpia, dura y lisa, con un color atractivo.

### 2.3.2 Bambúes seleccionados para el proyecto

La selección del material es de vital importancia y el equipo de construcción deberá unirse para que esta fase se lo haga de la mejor manera posible y el Arquitecto o Constructor deberá planificar un tiempo holgado para este proceso

Con la presente investigación se eligió a la siguiente clase de bambús por sus características constructivas y de región:

- **Nombre:** bambú vulgaris.
- **Nombre común:** Bambú (guafa).
- **Características:** Culmos de 1.5 a 10 m de longitud, con un diámetro de 2 a 6 cm
- **Particularidades:** Sección delgada e irregular. Posee dos colores característicos amarillo o verde y crece en suelos altamente freáticos.

### 2.3.3 Partes del Bambú

Las partes del bambú son:

- **Rizoma:** Constituye el soporte de la planta y es el órgano que permita la absorción de los nutrientes del suelo.
- **Culmo o Tallo:** Su altura varia de 4 a 6 metros de edad, consta de cuello, nudos y entrenudos.
- **Yema:** Pequeña estructura encerrada en un prófalo que se encuentra ubicado encima del nudo del cual se desarrolla la rama. Pueden ser activas o inactivas y de carácter vegetativo o reproductivo.
- **Ramas:** Se originan en la línea nodal o por encima de esta, su número varía, pueden tener una rama o hasta cien en forma de abanico.



- **Hojas Caulinares:** En cada nudo del culmo nace la hoja caulinar, su función es proteger la yema. Son utilizadas como material de decoración y artesanías.
- **Hojas/ Follaje:** Las hojas de bambúes varían en forma y tamaño, existen desde pequeñas hasta grandes, de laminares hasta triangulares y son la principal estructura en la elaboración de alimento de la planta.
- **Flores:** La planta de bambú florece cada seis meses en inflorescencia.

#### 2.3.4 Selección de bambúes a cortar

Se selecciona al bambú por las siguientes características para ser cortada:

- **Brillo:** Es importante reconocer su edad, el brillo para que la planta de bambú sea cortada debe ser lustroso.
- **Color:** Se recomienda seleccionar las de color más apagado, y en general las que tienen brillo ceroso (similar a que se le hubiese aplicado una mano de cera). Estos bambúes de más edad y de mejor densidad de fibra.
- **Diámetro y regularidad:** El diámetro conviene medirlo, contando desde la base a la altura de la vista. Los bambúes nunca son perfectamente cilíndricos, no obstante a veces son muy aproximados a esa forma.
- **Distancia de nudos (entrenudo):** Los bambúes tienen menos distancia entre nudos en su base que en las puntas.
- **Espesor de pared:** Todos los bambúes tienen más pared cerca de la base que en la punta y hay bambúes que tienen pared irregular.

#### 2.3.5 Corte del Bambú

Para llevar a cabo el corte en el bambú se debe considerar la edad del mismo debido, sus características y propiedades tanto físicas como mecánicas cambian, incidiendo en la resistencia y utilización de la misma.

La edad adecuada para efectuar el corte, con objetivos de una futura utilización para la construcción, se encuentra entre los 3 y 5 años. Se puede reconocer esta edad por la presencia de manchas de algas en buena cantidad.

El corte en el tallo debe realizarse después del primer tabique completo que sale de tierra, aproximadamente a una altura entre 15 y 30 centímetros sobre el nivel

del suelo, con la precaución de que quede por encima de donde termina el nudo, con el objetivo de evitar que el agua se empoce y lo cual generaría posteriormente que comience a pudrirse.

#### **2.4.1 Caña Guadúa**

Científicamente es guadúa agustifolia Kunth, también conocido como caña brava o mansa según la presencia de espinas. Puede llegar a medir hasta 2600 m.s.n.m dependiendo a la temperatura en la que se encuentra, la cual oscila entre 16 a 36°C.

Parte de las características que presenta la guadúa es el clima en el cual se desarrolla, soportando así altos porcentajes de humedad lo cual le otorga excepcionales cualidades físico-mecánicas. Cualitativamente se presenta en forma similar a un cilindro hueco, en donde existen una serie de entrenudos que a medida que crece se van alargando.

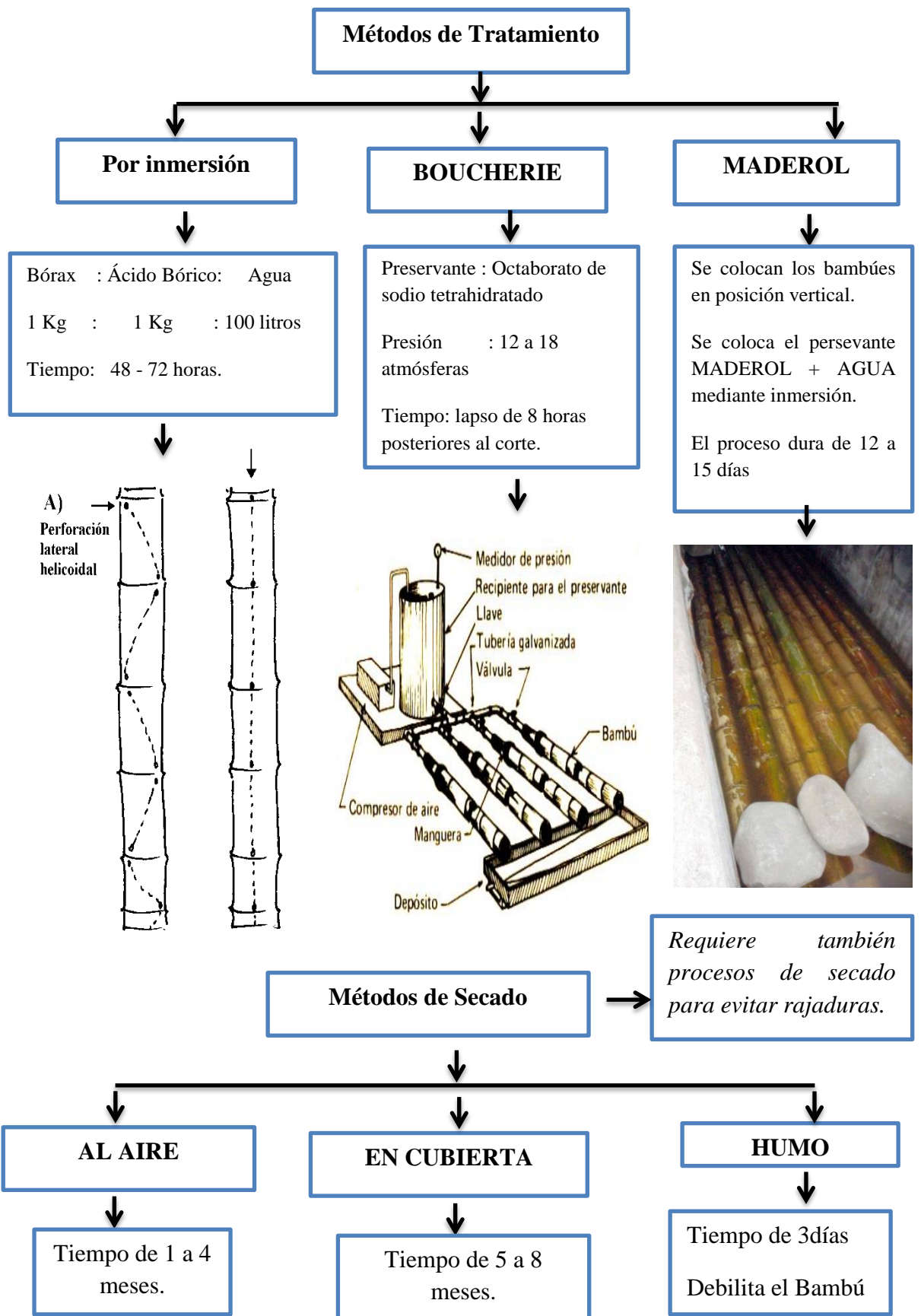
La guadúa es un importante fijador de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), su madera no libera a la atmósfera el gas retenido después de ser transformada en elemento o ser usada en construcción, sino que éste queda fijo en las obras realizadas con ella. Es el vegetal de más rápido crecimiento en el mundo y llega a crecer hasta 20 cm diarios.

Retiene más humedad que cualquier vegetal; en épocas húmedas almacena agua dentro de los canutos. Esta absorción también controla las inundaciones, y en época seca dosifica el agua a las raíces reteniendo la humedad en los suelos, por lo cual para ser utilizados en la construcción necesitan de un tratamiento previo.

#### **2.4.2 Métodos de Curado**

##### **2.4.2.1 Métodos de Tratamiento y Secado**

A continuación se detallara cada uno de los tratamientos para la conservación del bambú.



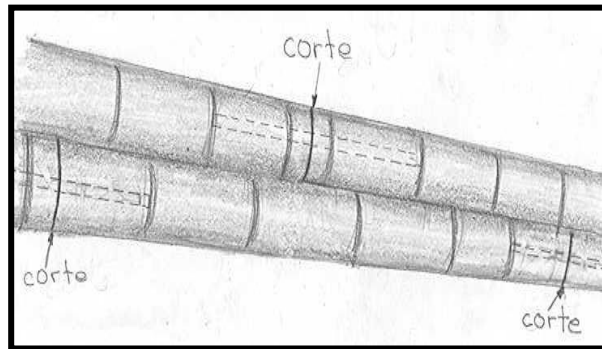
**Fuente: Egda. Irene Kruzkaya Cuji Siguenza**

### 2.4.3 Bambú y Guadúa como material de refuerzo

Para utilizar el bambú como material de refuerzo no se lo debe emplear de una manera completa, no debe exceder su diámetro los cuartos de pulgadas, el bambú debe ser cortados y estacionado entre tres semanas a un mes antes de ser empleado por la cantidad de agua que posee.

El corte para ser utilizado como material de refuerzo debe ser aproximado a los cúlmos, nunca se debe realizar en la mitad ya que perdería resistencia<sup>[2]</sup>

**GRÁFICO 2 Corte de la Guadúa y Bambú**



**Fuente: Egda. Irene Kruzkaya Cuji Siguenza.**

Para poder anclar en el proceso de reforzamiento, el corte más frecuente es la boca de pescado y se lo hace con la broca copa, la cual hay diferentes diámetros capaz de dejar un buen terminado en el variado grosor del Bambú.

**Gráfico 3.-Corte de Boca de Pescado.**



**Fuente: Egda. Irene Kruzkaya Cuji Siguenza.**

En la unión se debe asentar bien toda la periferia de la guadúa y así no se parte con la presión. Para unir dos piezas se utilizó alambre de amarre y tornillos con ganchos.

No se recomienda el empleo de cañas completas, verdes, como refuerzo del material, cuando el bambú es empleado como refuerzo de elementos de concreto sujeto a flexión, deberá ser cortado y estacionado de tres semanas a un mes antes de su empleo.

El empleo de cañas de bambú si han sido estas cortadas en primavera o comienzos del verano no son recomendadas. Solamente aquellas cañas que cuentan una pronunciada coloración oscura podrán ser y deben tener por lo menos tres años de edad.

Cuando se empleen listones que provienen de cañas de diámetro grande, para refuerzo de elementos de concreto sometidos a flexión, se recomienda el empleo de impermeabilizante en todas las partes que soporten cargas importantes.

#### **2.4.4 Diseño de bambúes sometidos a Flexión**

Se debe garantizar que los apoyos de un elemento de bambú sometido a flexión no fallen por aplastamiento (compresión perpendicular). Si los nudos no proveen la suficiente resistencia, se deben rellenar los entrenudos de los apoyos con mortero de cemento, taco de madera u otro material que garantice una rigidez similar.

- Cuando exista una carga concentrada sobre un elemento, ésta debe estar aplicada sobre un nudo. Se deben rellenar los entrenudos adyacentes a la carga con mortero de cemento, taco de madera u otro material que garantice una rigidez similar.
- Cuando en la construcción de vigas se utiliza más de un bambú los conectores deben diseñarse para resistir las fuerzas que se generan en la unión.
- Debe evitarse practicar perforaciones en las vigas. De requerirse, debe indicarse en los planos y cumplir con las siguientes limitaciones:

- No son permitidas perforaciones a la altura del eje neutro en secciones donde se tengan cargas puntuales o cerca de los apoyos.
- En casos diferentes al anterior, las perforaciones deben localizarse a la altura del eje neutro y en ningún caso serán permitidas en la zona de tensión de los elementos.
- El tamaño máximo de la perforación será de 4 cm de diámetro.
- En los apoyos y los puntos de aplicación de cargas puntuales se permiten las perforaciones, siempre y cuando éstas sirvan para poder rellenar los entrenudos con mortero de cemento.

#### **2.4.5 Deflexiones Admisibles para Elementos en Flexión en el Bambú**

Las deflexiones deben calcularse para los siguientes casos:

- a) Combinación más desfavorable de cargas permanentes y sobrecargas de servicio.
- b) Sobrecargas de servicio actuando solas.

Las deflexiones máximas admisibles deberán limitarse a los siguientes valores:

- a) Para cargas permanentes más sobrecarga de servicio en edificaciones con cielo raso de yeso:  $L/300$ ; sin cielo raso de yeso:  $L/250$ . Para techos inclinados y edificaciones industriales:  $L/200$ .
- b) Para sobrecargas de servicio en todo tipo de edificaciones,  $L/350$  ó 13 mm como máximo.

Siendo “L” la luz entre caras de apoyos o la distancia de la cara del apoyo al extremo, en el caso de volados.

Al estimar las deflexiones máximas se deberá considerar que las deformaciones producidas por las cargas de aplicación permanente se incrementan en un 80%.

#### **2.4.6 Esfuerzos Admisibles**

Los esfuerzos admisibles que deberán usarse en el diseño de elementos estructurales de bambú, son los que se consignan en la TABLA.

**TABLA 1 ESFUERZOS ADMISIBLES**

<b>FLEXIÓN</b> <b>fm</b>	<b>TRACCIÓN</b> <b>ft</b>	<b>COMPRESIÓN</b> <b>fc</b>	<b>CORTE</b> <b>fv</b>
3MPa 30 kg/cm <sup>2</sup>	16 MPa 160 kg/cm <sup>2</sup>	13 MPa 130 kg/cm <sup>2</sup>	1.3 Mp 13 g/cm <sup>2</sup>

**Fuente: NORMA TÉCNICA DEL BAMBÚ EN PERÚ**

#### **2.4.7 Ventajas del Bambú**

El bambú tiene muy buenas cualidades físicas para ser un material de construcción, al ser un material liviano permite bajar el peso a la construcción, el cual es un factor muy importante para construcciones sismo resistentes y además sus fibras exteriores lo hacen resistente a fuerzas axiales.

Las propiedades estructurales sobresalientes que posee le permiten ser comparada con la resistencia de una fibra de acero, mostrando la fibra de bambú con resistencia igual o superior. Es evidente que presenta la misma resistencia de muchas otras fibras de origen vegetal. La relación entre peso - carga máxima y su forma tubular apto para fuerzas axiales lo convierten en un material perfecto para estructuras espaciales en donde trabajan solamente dichas fuerzas axiales.

#### **2.4.8 Desventajas del Bambú**

El bambú al estar en contacto con la humedad puede presentar deterioro lo cual permite la acometida de termitas e insectos. Una vez que es cortado debe someterse de manera inmediata a tratamiento de curado y secado para evitar el ataque de insectos.

El bambú va perdiendo resistencia si no es tratado de una manera adecuada y al no poseer un diametro igual en toda su longitud puede llegar a presentar dificultades en la construcción. La resistencia a fuerzas perpendiculares a las fibras (cortante) es muy baja lo que significa que el bambú tiene tendencia de rajarse fácilmente paralelo a las fibras y una construcción de bambú necesita una

protección por diseño que asegure que este material no reciba directamente humedad, ni rayones directos del sol.

### 2.5.1 Flexión

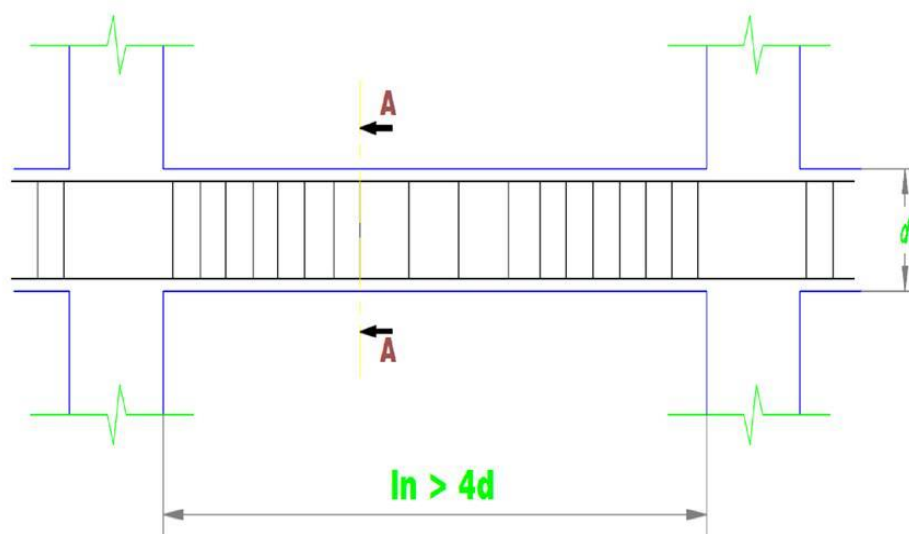
La flexión es la deformación que posee un elemento de estructura alargada en una dirección perpendicular al eje longitudinal un ejemplo son las vigas, las cuales trabajan a flexión por su diseño.

Un objeto sometido a flexión muestra una superficie denominada eje neutro por lo cual la distancia de curvatura no varía su valor antes de la deformación, la principal característica de estos elementos es el comportamiento de sus fibras, sufren esfuerzos de tensión y compresión de acuerdo la dirección que presenta la carga.

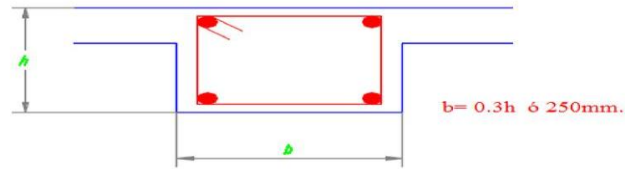
### 2.5.2 Requisitos para elementos en flexión

Las vigas y otros elementos estructurales de pórtico en flexión deberán tener las siguientes dimensiones:

**GRÁFICO 4.-Dimensiones para elementos estructurales sometidos a flexión**







**SECCIÓN A-A**  
ESC S/E

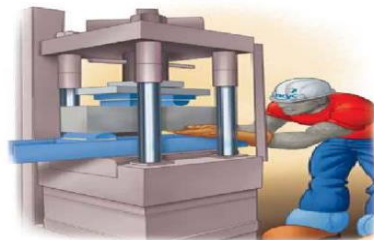
**Fuente: Egda. Irene Kruzkaya Cuji Siguenza**

### 2.5.3 Ensayo de Resistencia a Flexión del Hormigón

Las vigas para el ensayo deben cumplir con lo establecido en las Normas NMX-C-159 Y NMX-C-160. La longitud del espécimen debe ser la distancia entre apoyos más 50 mm como mínimo. La distancia entre apoyos debe ser de tres veces el peralte de la viga con una tolerancia de 2 % Esta distancia debe ser marcada en las paredes de la viga antes del ensaye. Cabe decir que las caras laterales del espécimen deben estar en ángulo recto con las caras horizontales. Todas las superficies deben ser lisas y libres de bordes, hendiduras, agujeros o identificaciones grabadas.

Se debe lijar las superficies del espécimen o bien usarse tiras de cuero si la separación de la línea de contacto entre ellas y los bloques es mayor de 0,1 mm. Se recomienda que el lijado de las superficies laterales de los especímenes sea mínimo, ya que puede cambiar las características físicas de las mismas y por lo tanto afectar los resultados.

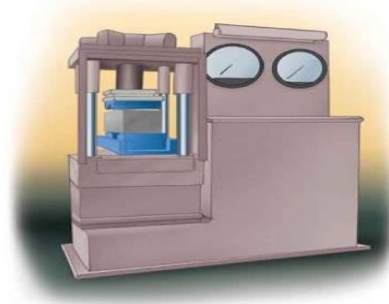
**GRÁFICO 5.- Colocación de la muestra en la máquina.**



**Fuente: Comportamiento Estructural en Obra Civil–Dr. Raúl Serrano**

La carga se debe aplicar a una velocidad uniforme, tal que el aumento de esfuerzo de las fibras extremas no exceda de 980 kPa/min (10kgf/cm<sup>2</sup>por min), permitiéndose velocidades mayores antes del 50% de la carga estimada de ruptura.

**GRÁFICO 6.-Máquina para el Ensayo a Flexión**



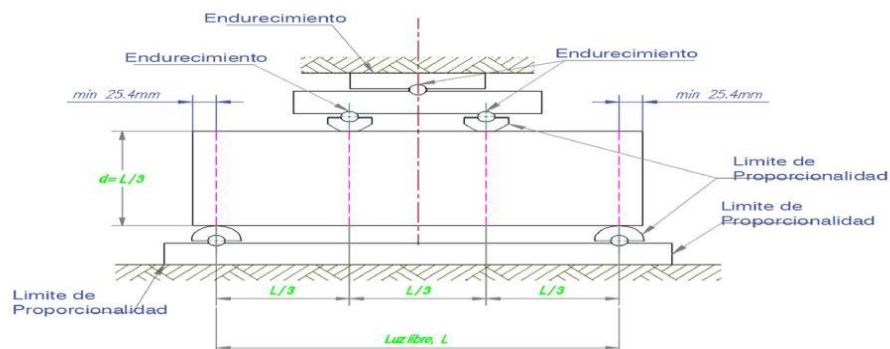
**Fuente:** Comportamiento Estructural en Obra Civil–Dr. Raúl Serrano

#### 2.5.4 Procedimiento del Ensayo Flexión en las Vigas

Los ensayos a flexión deben ser realizados tan pronto como sea posible luego de extraerlos del almacenamiento húmedo. Los especímenes con las superficies secas presentan una reducción en la resistencia a la flexión. [3] Comportamiento Estructural en Obra Civil–Dr. Raúl Serrano.

Al aplicar la carga a la viga esta es constante y sin impacto. La carga debe ser aplicada a una velocidad constante hasta el punto de rotura. Aplicar la carga a una velocidad tal que aumente constantemente el esfuerzo máximo sobre la cara de tracción entre 0,86 MPa/min y 1,21 MPa/min, hasta que se produzca la rotura.

**GRÁFICO 7.-Aparato para la prueba de resistencia a flexión con carga en los tercios del claro.**



**Fuente:** Egda. Irene Kruzkaya Cuji Siguenza

### 2.5.5 Vigas de Hormigón Simple más Acero de Refuerzo Simple, Armadura de Bambú y Caña Guadúa a Flexión

En el presente proyecto experimental se elaboraran 66 vigas de hormigón simple con armadura en las fibras traccionadas, las dimensiones de la viga son 15x15x75 cm y se determinara el  $M_{u,real}$  y el  $M_{U,confiable}$  teniendo en consideración las especificaciones presentadas por la ACI.

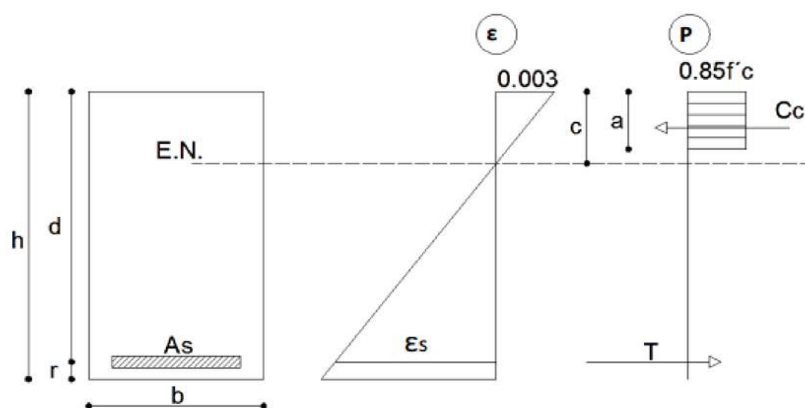
### 2.5.6 Ecuaciones para la Obtención del Momento Último de una Viga

Atendiendo exclusivamente a la flexión, exige el conocimiento de los valores que adopta el momento flector en cada sección de la viga. Vamos, por tanto, a determinar los momentos flectores insistiendo especialmente en su valor máximo, en diversos casos isostáticos de sustentación y carga.

Como norma general, la determinación de momentos implica el conocimiento de todas las fuerzas que actúan sobre el sistema: en el caso que vamos a considerar se conocen directamente las cargas exteriores y hay que calcular las equilibrantes. Estas últimas, se hallarán imponiendo las condiciones del equilibrio estático.

En primer lugar se dibuja el diagrama de deformaciones unitarias, y el diagrama de esfuerzos y fuerzas que se espera que tenga la viga:

**GRÁFICO 8.-Rectángulo de Compresión Equivalente.**



**Fuente: Temas de Hormigón Armado –Marcelo Romo Proaño**

El diagrama de deformaciones unitarias se caracteriza por tener un valor de 0.003 en la fibra extrema de compresión del hormigón, conforme a los códigos.

El esfuerzo uniforme equivalente de compresión en el hormigón es “0.85 f' c”.

La fuerza de tracción “T” es:

$$T = A_s * F_y$$

**Dónde:**

A<sub>s</sub>= Área del acero

F<sub>y</sub>= Límite de fluencia del acero

Por equilibrio de fuerzas horizontales la resultante de la compresión en el hormigón “C<sub>c</sub>” es igual en magnitud a la fuerza de tracción del acero “T”.

$$C_c = T$$

La fuerza de compresión “C<sub>c</sub>” también puede calcularse como el producto del esfuerzo uniforme por el área sobre la que se aplica ese esfuerzo.

$$C_c = (0.85 * f' c) * b * a$$

Despejando la profundidad del bloque de Whitney “a”:

$$a = \frac{C_c}{(0.85 * f' c) * b}$$

La relación entre la profundidad del bloque de Whitney “a” y la distancia desde el eje neutro hasta la distancia más comprimida “c” es:

$$a = \beta_1 * c$$

**Dónde**

β<sub>1</sub>=factor que relaciona la profundidad del bloque de Whitney con la profundidad del eje neutro.

Despejando la distancia desde el eje neutro hasta la distancia más comprimida “c” se tiene:

$$c = \frac{a}{\beta_1}$$

El valor del factor que relaciona la profundidad del bloque de Whitney con la profundidad del eje neutro “ $\beta_1$ ” se estima a partir de la siguiente tabla:

**TABLA 2 PROFUNDIDAD DEL BLOQUE**

<b>F’c (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b><math>\beta_1</math></b>
210	0.85
280	0.85
350	0.80
420	0.75
490	0.70
$\geq 560$	0.65

**Fuente: ACI 318-05, Cap. 10, Artículo 10.2.7.3**

El peralte efectivo “d” es:

$$d = h - r$$

**Dónde:**

h= altura de la viga

r= recubrimiento de concreto

El momento flector nominal “Mn” es igual a la magnitud de la resultante de compresión o tracción “C” multiplicada por el brazo de palanca ( $d - \frac{a}{2}$ ).

$$M_n = T * (d - \frac{a}{2})$$

El momento flector resistente último “Mu” se obtiene al multiplicar el momento nominal “Mn” por el factor de reducción de capacidad “ $\phi$ ”.

$$M_u = \phi * M_n$$

El factor de reducción de resistencia “ $\phi$ ” se basa de acuerdo al ACI 318-05, Capítulo 9, Artículo 9.3.2, que dice:

- Secciones controladas por tracción  $\phi = 0.90$
- Secciones controladas por compresión
  - a) Elementos con refuerzo en espiral  $\phi = 0.75$

b) Otros elementos reforzados  $\phi = 0.65$

### 2.5.7 Cálculos del Ensayo Flexión en las Vigas

El Módulo de ruptura es el valor obtenido mediante el procedimiento indirecto para determinar la resistencia a la tensión del concreto por el ensayo a la flexión de una viga.

Para conocer el módulo de rotura depende si la fractura se produce en la superficie de tracción dentro del tercio medio de la luz libre, se debe calcular el módulo de rotura de la siguiente manera:

$$R = \frac{pl}{bd^2}$$

Dónde:

R = módulo de rotura, en MPa,

P = carga máxima aplicada, indicada por la máquina de ensayo, en N,

L = Luz libre, en mm,

b = promedio del ancho del espécimen, en la fractura, en mm,

d = promedio de la altura del espécimen, en la fractura, en mm

En cambio si la fractura se produce en la superficie de tracción fuera del tercio medio de la luz libre, pero no más allá del 5% de la luz libre, calcular el módulo de rotura de la siguiente manera

$$R = \frac{3pa}{bd^2}$$

Dónde:

R = módulo de rotura, en MPa,

P = carga máxima aplicada, indicada por la máquina de ensayo, en N,

L = Luz libre, en mm,

$b$  = promedio del ancho del espécimen, en la fractura, en mm,

$d$  = promedio de la altura del espécimen, en la fractura, en mm

$a$  = distancia media entre la línea de fractura y el apoyo más cercano medido en la superficie de la tracción de la viga, en mm.

### **2.5.8 Esfuerzos y Deformaciones**

Los códigos de diseño ACI y NEC establecen que cuando un elemento trabaja a flexión, el hormigón en la zona de compresión no debe sobrepasar de una deformación máxima unitaria ( $\epsilon$ ) de 0.003,<sup>[3]</sup> (ACI 318-08, capítulo 10, artículo 10.2.3) lo que representa una posición conservadora para hormigones de hasta 420 Kg/cm<sup>2</sup> de resistencia característica (estos hormigones tienen deformaciones unitarias de rotura superiores a 0.003 según los ensayos de laboratorio), y una posición ajustada a los resultados experimentales para hormigones entre 420 Kg/cm<sup>2</sup> y 560 Kg/cm<sup>2</sup> mayor resistencia (en estos hormigones la deformación máxima es del orden de 0.003). Esa deformación máxima podría estar en exceso para hormigones de mayor resistencia, por lo que la especificación debe ser reformulada, mediante una base experimental y matemática, para estos hormigones.

Simultáneamente los códigos fijan en sus especificaciones que debe cumplirse que todo el acero de tracción debe superar el esfuerzo de fluencia ( $\epsilon_y$ ), en proporciones que dependen de que la estructura se ubique en zonas sísmicas o zonas no sísmicas. Para esta investigación la cantidad de acero es pequeña, por lo tanto el bloque de compresión será pequeño y el eje neutro ascenderá.

### **2.5.9 Tipos de fallas en el ensayo**

Las vigas de hormigón armado fallan generalmente por flexión, compresión y por fuerzas externas producidas por eventos sísmicos, siendo la más común la falla por flexión pues es más dúctil y ello permite una redistribución de tensiones.<sup>[4]</sup>

Comportamiento Estructural en Obra Civil–Dr. Raúl Serrano

## **2.6 HIPÓTESIS**

La caña guadúa y bambú como material estructural utilizada en vigas influyen en la resistencia a flexión del concreto.

### **2.6.1 SEÑALAMIENTO DE VARIABLES**

#### **2.6.1.1 Variable Independiente**

La caña guadúa y bambú como material estructural utilizado en vigas.

#### **2.6.1.2 Variable Dependiente**

Resistencia a flexión del concreto.



## **CAPÍTULO III .METODOLOGÍA**

### **3.1 NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN**

Los niveles de investigación que van a ser empleados en este proyecto serán: exploratorio y descriptivo.

Será exploratorio considerando que el tema consiste en utilizar la caña guadúa y el bambú como material estructural este tema ha sido poco analizado, lo cual se requiere obtener un sustento técnico, mediante los ensayos respectivos, se logrará determinar la influencia de estos materiales en la resistencia a flexión del concreto.

Será descriptivo porque se contará con una amplia información acerca del comportamiento que tendrá el hormigón al incorporar la caña guadúa y el bambú como material estructural, estudiando su factibilidad como material compuesto, el cual se podría utilizar con mayor confiabilidad y seguridad en las futuras obras civiles.

### **3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA**

Para definir el número total de vigas, se consideró lo establecido en la Norma ASTM C-78, sugiere elaborar tres muestras mínimas para determinar la flexión del hormigón y en el presente proyecto se realizó un total de 66 vigas .

Se llevo a cabo al armado de las vigas con los tres materiales propuestos que són: acero, bambú y guadúa. Se utilizó plastificante para el curado de las fibras vegetales (MADEROL CONCENTRADO), se armo con gancho y sin gancho para adquirir aevaluar la adherencia en la fibra vegetal con el hormigón.

Las vigas fueron ensayadas a los 7,14 y 28 días de curado del hormigón y 3 muestras fuerón ensayadas sin utilizar plastificante en la fibra vegetal a los 28 días de curado.

### 3.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

3.3.1 Variable Independiente: La caña guadúa y bambú como material estructural utilizado en vigas.

TABLA 3 Operacionalización de Variable Independiente

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Técnicas e instrumentos
La caña guadúa y el bambú son considerados materiales de construcción viable tanto en el aspecto ecológico como en el económico, conocidos como el acero vegetal.	Recolección de la materia prima  Fabricación del refuerzo utilizado caña guadua y bambú  Proceso de elaboración de las vigas	Corte  Secado de la caña guadúa y Bambú  Curado  Doblado  Armado   Ensayos previos	¿A que edad vegetativa se debe cortar el bambú o caña guadúa? ¿Cuánto tiempo se debería secar? ¿Qué curado se debe realizar?  ¿Cómo se puede doblar la caña guadúa o bambú  ¿Cuál es el diámetro que se va a considerar en el armado?  ¿Cuáles son los ensayos que se debe realizar antes de la elaboración de las vigas?	<b>Técnicas:</b> Observacion, elaboración y cumplimentos de los procesos con una participación activa.  <b>Instrumentos:</b> Diseño del Hormigón Ensayos Elaboración de encofrados Refuerzos de bambú y caña guadúa

Fuente: Egda. Irene Kruzkaya Cuji Siguenza

**3.3.2. Variable Dependiente:** Resistencia a flexión del concreto.

**TABLA 4 Operacionalización de Variable Dependiente**

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Técnicas e instrumentos
<p>Es la medida de la resistencia de un elemento o miembro estructural a las fuerzas flectoras.</p> <p>También llamada resistencia a la tracción</p>	<p>Personal calificado para el trabajo</p> <p>Proceso de reforzamiento</p> <p>Análisis de resultados al ser ensayadas las vigas</p> <p>Comparación de resultados con los tres materiales utilizados como refuerzo</p>	<p>Capacitación personal</p> <p>Materiales utilizados</p> <p>Ensayo de las muestras</p> <p>Tabulación de Resultados</p>	<p>¿El personal que realiza el trabajo esta correctamente calificado?</p> <p>¿Cuáles son los materiales que se va a utilizar?</p> <p>¿Cuáles son los porcentajes de carga y deformación que presenta las vigas ensayadas?</p> <p>¿Cuál es el refuerzo utilizado en la viga que presenta mayor porcentaje de carga?</p>	<p><b>Técnicas:</b></p> <p>Observacion,elaboración y participacion activa.</p> <p><b>Instrumentos:</b></p> <p>Ensayos destructivos</p> <p>Ensayos especializados</p>

**Fuente:** Egda. Irene Kruzka Cuji Siguenza

### 3.4 PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

**TABLA 5 Plan de Recolección de información**

<b>Preguntas Básicas</b>	<b>Explicación</b>
1.- ¿Para qué?	-Para investigar la influencia en la resistencia a flexión del concreto,utilizando la caña guadúa y el bambú como material estructural.
2.- ¿De qué personas u objetos?	-Caña guadúa -Bambú -Acero.
3.- ¿Sobre qué aspectos?	-Influencia en la resitencia a flexión del concreto.
4.- ¿Quién?	- Irene Kruzkaya Cuji Siguenza.
5.- ¿Dónde?	-Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.
6.- ¿Cómo?	-Mediante pruebas y estudios de laboratorio. -Investigación Bibliográfica en Normas y Códigos.

**Fuente: Egda. Irene Kruzkaya Cuji Siguenza**

### 3.5 PLAN DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS

Para el procesamiento y análisis de la información obtenida se manejará el siguiente plan de procesamiento de la información

- Análisis crítico y técnico de la información recolectada.
- Tabulación de cuadros de acuerdo a las variables de las hipótesis planteadas.
- Publicar los resultados obtenidos mediante gráficos de computadora.
- Evaluar e interpretar los resultados correlacionándolos con las diferentes partes del proyecto experimental, fundamentalmente con los objetivos y las hipótesis.

## **CAPÍTULO IV. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

### **4.1 Recolección de datos**

#### **4.1.1 Ensayos Previos**

Para la obtención de los datos realizados en los ensayos a flexión en las vigas reforzadas con los diferentes materiales propuestos que son: caña guadúa, bambú y acero se realizó como primer punto los ensayos de laboratorio que son:

##### **A) Densidad Aparente del Suelo**



##### **B) Granulometría del Agregado Fino**



##### **C) Granulometría del Agregado Grueso**



##### **D) Capacidad de Absorción**



A continuación se detallará cada una de las tablas tabuladas de los datos obtenidos en el laboratorio de ensayo de materiales de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato

**TABLA 6 Análisis Granulométrico del Agregado Grueso**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO						
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA						
CARRERA CIVIL						
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO						
ORIGEN:		CANTERA VILLACRES				
PESO MUESTRA (gr):		9175		PÉRDIDA DE MUESTRA (%):		0.10%
ENSAYADO POR:		Kruzkaya Irene Cuji S.		FECHA:		22/11/2015
NORMA:		NTE INEN 696				
Tamiz	Abertura (mm)	Retenido parcial (gr)	Retenido acumulado (gr)	% Retenido acumulado	% que pasa	Límites ASTM % que pasa
2"	50.8	0	0	0.00%	100.00%	100
1 ½"	38.1	0	0	0.00%	100.00%	95 - 100
1"	25.4	32.2	32.2	0.35%	99.65%	-
¾"	19.05	753.8	786	8.57%	91.43%	35 - 70
½"	12.7	4715.5	5501.5	59.96%	40.04%	-
⅜"	9.53	2889.3	8390.8	91.45%	8.55%	10 - 30
#4	4.75	573.8	8964.6	97.71%	2.29%	0 - 5
BANDEJA		26.4	8991	97.99%	2.01%	-
TAMAÑO NOMINAL MÁXIMO:				1 ½"		

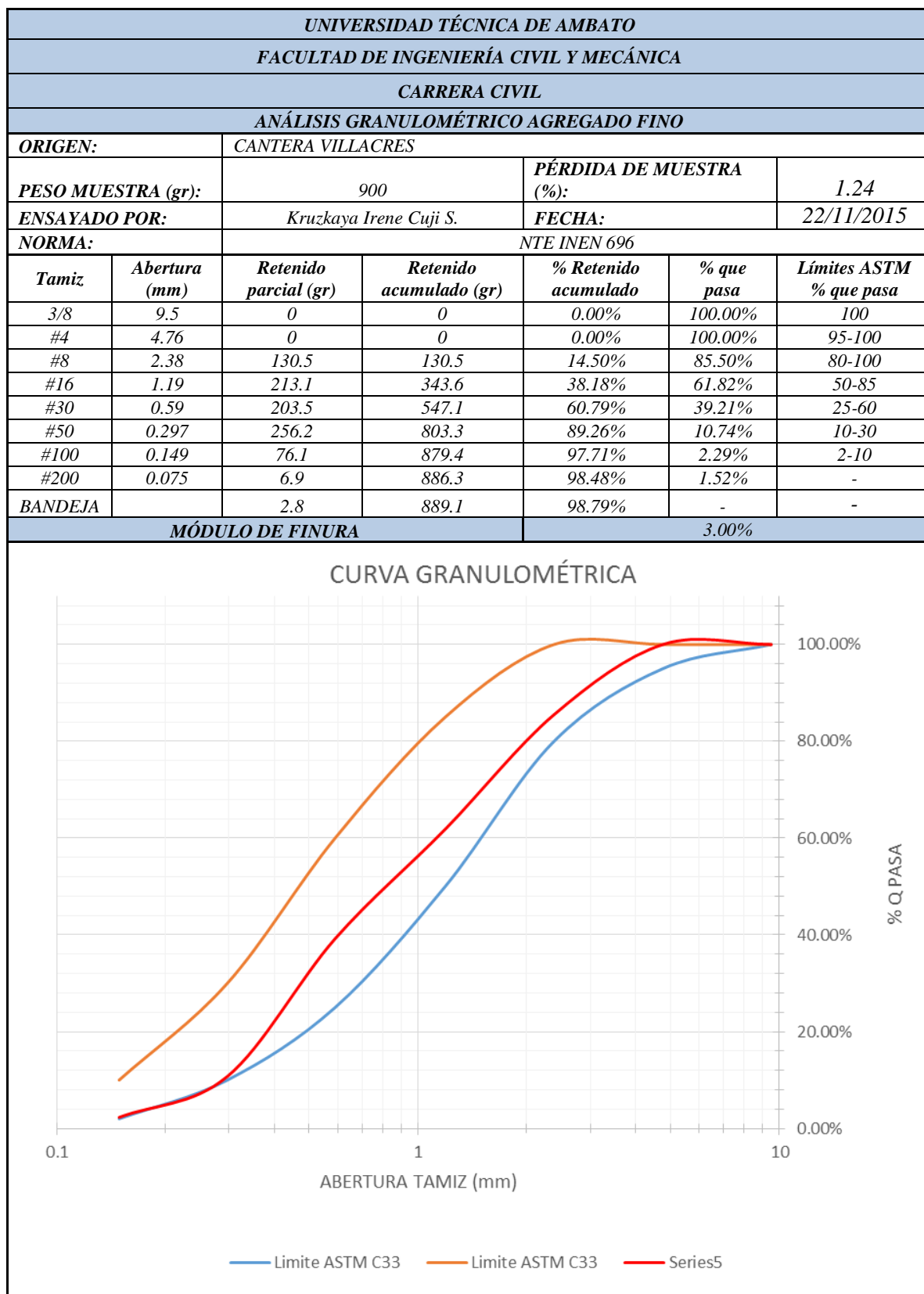
  

CURVA GRANULOMÉTRICA

El gráfico muestra la curva granulométrica del agregado grueso. El eje horizontal (X) representa el tamaño de apertura del tamiz en milímetros (mm), con marcas en 4, 8, 16, 32 y 64. El eje vertical (Y) representa el porcentaje de material que pasa (% Q.PASA), con marcas desde 0.00% hasta 100.00% en incrementos de 20.00%. La curva roja, que representa el '% Que pasa', comienza en 2.29% a 4.75 mm y alcanza el 100% a 50.8 mm. Las líneas naranja y azul representan los límites superior e inferior de la norma ASTM C33, respectivamente, mostrando que el material cumple con los requisitos de esta norma.


**Fuente: Egda. Irene Kruzkaya Cuji Siguenza.**

**TABLA 7 Análisis Granulométrico del Agregado Fino**




Fuente: Egda. Irene Kruzkaya Cuji Siguenza.

**TABLA 8 Densidad Aparente Suelta del Agregado Fino y Grueso**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO				
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA				
CARRERA CIVIL				
<b>DENSIDAD APARENTE SUELTA DEL AGREGADO FINO Y GRUESO</b>				
ORIGEN:	CANTERA VILLACRES			
MASA RECIPIENTE (Kg):	9.9			
ENSAYADO POR:	Kruzkaya Irene Cuji S.	FECHA:	22/11/2015	
VOLUMEN RECIPIENTE (dm <sup>3</sup> ):	20.24			
NORMA:	NTE INEN 858:2010			
<i>Agregado</i>	<i>Agregado + Recipiente (kg)</i>	<i>Agregado (kg)</i>	<i>Peso Unitario (kg/dm<sup>3</sup>)</i>	<i>Peso Unitario Promedio (kg/dm<sup>3</sup>)</i>
GRUESO	36.90	27.00	1.33	1.33
	36.80	26.90	1.33	
FINO	39.80	29.90	1.48	1.47
	39.50	29.60	1.46	

Fuente: Egda. Irene Kruzkaya Cuji Siguenza


**TABLA 9 Densidad Aparente Compactada**

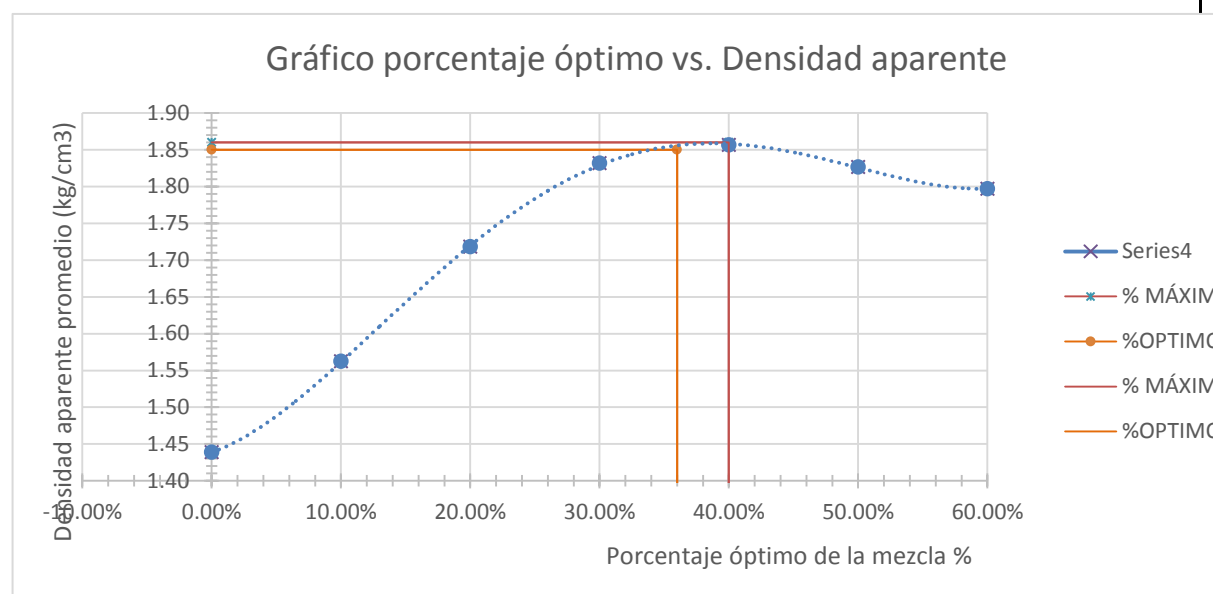
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO				
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA				
CARRERA CIVIL				
<b>DENSIDAD APARENTE COMPACTADA DEL AGREGADO FINO Y GRUESO</b>				
ORIGEN:	CANTERA VILLACRES			
MASA RECIPIENTE (Kg):	9.9			
ENSAYADO POR:	Kruzkaya Irene Cuji S.	FECHA:	22/11/2015	
VOLUMEN RECIPIENTE (dm <sup>3</sup> ):	20.24			
NORMA:	NTE INEN 858:2010			
<i>Agregado</i>	<i>Agregado + Recipiente (kg)</i>	<i>Agregado (kg)</i>	<i>Peso Unitario (kg/dm<sup>3</sup>)</i>	<i>Peso Unitario Promedio (kg/dm<sup>3</sup>)</i>
GRUESO	38.90	29.00	1.43	1.44
	39.10	29.20	1.44	
FINO	41.70	31.80	1.57	1.57
	41.80	31.90	1.58	

Fuente: Egda. Irene Kruzkaya Cuji Siguenza



**TABLA 10 Densidad Aparente Compactada de la Mezcla**


UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO								
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA								
CARRERA CIVIL								
DENSIDAD APARENTE COMPACTADA DE LA MEZCLA								
<b>ORIGEN:</b>		CANTERA VILLACRES						
<b>MASA RECIPIENTE (Kg):</b>		9.9						
<b>ENSAYADO POR:</b>		Kruzkaya Irene Cuji S.			<b>FECHA:</b>		22/11/2015	
<b>VOLUMEN RECIPIENTE (dm<sup>3</sup>):</b>		20.23						
<b>NORMA:</b>		NTE INEN 858:2010						
% Mezcla		Cantidad (kg)		Fino añadido (kg)	Agregado + Recipiente (kg)	Agregado (kg)	Peso unitario mezcla (kg/dm <sup>3</sup> )	Peso unitario promedio
GRUESO	FINO	GRUESO	FINO	FINO	AGREGADO FINO + GRUESO			
100.00%	0.00%	40.00	0.00	0.00	38.90	29.00	1.43	1.44
					39.10	29.20	1.44	
90.00%	10.00%	40.00	4.44	4.44	41.40	31.50	1.56	1.56
					41.60	31.70	1.57	
80.00%	20.00%	40.00	10.00	5.56	44.60	34.70	1.72	1.72
					44.70	34.80	1.72	
70.00%	30.00%	40.00	17.14	7.14	46.90	37.00	1.83	1.83
					47.00	37.10	1.83	
60.00%	40.00%	40.00	26.67	9.53	47.50	37.60	1.86	1.86
					47.40	37.50	1.85	
50.00%	50.00%	40.00	40.00	13.33	46.80	36.90	1.82	1.83
					46.90	37.00	1.83	
40.00%	60.00%	40.00	60.00	20.00	46.20	36.30	1.79	1.80
					46.30	36.40	1.80	



<b>Porcentaje máximo de agregado fino (%)</b>	40.00%
<b>Porcentaje máximo de agregado grueso (%)</b>	60.00%
<b>Porcentaje óptimo de agregado fino (%)</b>	36.00%
<b>Porcentaje óptimo de agregado grueso (%)</b>	64.00%
<b>Peso unitario máximo (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	1.860


Fuente: Egda. Irene Kruzkaya Cuji Siguenza.

**TABLA 11 Densidad Real y Capacidad de Absorción del Agregado Grueso**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO				
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA				
CARRERA CIVIL				
DENSIDAD REAL Y CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO				
<b>ORIGEN:</b>	CA NTERA VILLACRES			
<b>ENSAYADO POR:</b>	Kruzkaya Cuji S iguenza	<b>FECHA:</b>	22/11/2015	
<b>NORMA:</b>	NTE INEN 857			
CÁLCULO DE LA DENSIDAD REAL				
DATOS	DESIGNACIÓN	UNIDAD	VALOR	
M1	Masa de la canastilla en el aire	gr	1239.00	
M2	Masa de la canastilla en el agua	gr	1079.00	
M3	Masa de la canastilla + muestra SSS en el aire	gr	5354.00	
M4	Masa de la canastilla + muestra SSS en el agua	gr	3628.00	
DA	Densidad real del agua	gr/cm <sup>3</sup>	1.00	
M5 = M3-M1	Masa de la muestra SSS en el aire	gr	4115.00	
M6 = M4-M2	Masa de la muestra SSS en el agua	gr	2549.00	
VR=(M5-M6)/DA	Volumen real de la muestra	cm <sup>3</sup>	1566.00	
DR=M5/VR	Densidad real	gr/cm <sup>3</sup>	2.63	
CÁLCULO DE LACAPACIDAD DE ABSORCIÓN				
DATOS	DESIGNACIÓN	UNIDAD	VALOR	
M7	Masa del recipiente	gr	24.70	25.80
M8	Masa del recipiente + muestra SSS	gr	133.40	149.80
M9=M8-M7	Masa de la muestra SSS	gr	108.70	124.00
M10	Masa del recipiente + muestra seca	gr	131.30	148.00
M11=M10-M7	Masa de la muestra seca	gr	106.60	122.20
CA=((M9-M11)/M11)*100	Capacidad de absorción	%	1.97	1.47
P2=(CA1+CA2)/2	Capacidad de absorción promedio	%	1.72	

Fuente: Egda. Irene Kruzkaya Cuji Siguenza.

**TABLA 12 Densidad Real y Capacidad de Absorción del Agregado Fino**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO				
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA				
CARRERA CIVIL				
DENSIDAD REAL Y CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO				
<b>ORIGEN:</b>	CANTERA VILLACRES			
<b>ENSAYADO POR:</b>	Kruzkaya Cuji Siguenza	<b>FECHA:</b>	19/Oct/2015	
<b>NORMA:</b>	NTE INEN 856			
CÁLCULO DE LA DENSIDAD REAL				
DATOS	DESIGNACIÓN	UNIDAD	VALOR	
M1	Masa del picnómetro	gr	146.40	
M2	Masa del picnómetro + muestra SSS	gr	367.80	
M3	Masa del picnómetro + muestra SSS + agua	gr	779.10	
M4=M3-M2	Masa agua añadida	gr	411.30	
M5	Masa picnómetro + 500cc de agua	gr	642.90	
M6=M5-M1	Masa de 500cc de agua	gr	496.50	
DA=M6/500cm <sup>3</sup>	Densidad del agua	gr/cm <sup>3</sup>	0.99	
M7=M6-M4	Masa del agua desalojada por la muestra	gr	85.20	
M <sub>sss</sub> =M2-M1	Masa del agregado	gr	221.40	
V <sub>sss</sub> =M7/DA	Volumen del agua desalojada	cm <sup>3</sup>	85.80	
DRA=M <sub>sss</sub> /V <sub>sss</sub>	Densidad real de la arena	gr/cm <sup>3</sup>	2.58	
CÁLCULO DE LACAPACIDAD DE ABSORCIÓN				
DATOS	DESIGNACIÓN	UNIDAD	VALOR	
M7	Masa del recipiente	gr	24.80	25.20
M8	Masa del recipiente + muestra SSS	gr	158.10	169.90
M9=M8-M7	Masa de la muestra SSS	gr	133.30	144.70
M10	Masa del recipiente + muestra seca	gr	156.50	166.20
M11=M10-M7	Masa de la muestra seca	gr	131.70	141.00
CA=((M9-M11)/M11)*100	Capacidad de absorción	%	1.21	2.62
P2=(CA1+CA2)/2	Capacidad de absorción promedio	%	1.92	

Fuente: Egda. Irene Kruzkaya Cuji Siguenza.

**TABLA 13 Densidad Real del Cemento**

<i>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</i>				
<i>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</i>				
<i>CARRERA CIVIL</i>				
<b>DENSIDAD REAL DEL CEMENTO</b>				
<b>TIPO:</b>	PORTLAND IP			
<b>ENSAYADO POR:</b>	Kruzkaya Cuji S.	<b>FECHA:</b>	22/11/2015	
<b>NORMA:</b>	NTE INEN 156			
<b>CÁLCULO DE LA DENSIDAD REAL</b>				
<b>DATOS</b>	<b>DESIGNACIÓN</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>VALOR</b>	
M1	Masa del picnómetro	gr	152.6	149.8
M2	Masa del picnómetro + muestra	gr	334.0	304.09
M3	Masa del picnómetro + muestra + gasolina	gr	652.10	629.80
M4=M3-M2	Masa gasolina añadida	gr	318.10	324.90
M5	Masa picnómetro + 500cc de gasolina	gr	520.0	516.5
M6=M5-M1	Masa de 500cc de gasolina	gr	367.40	366.70
DG=M6/500cm <sup>3</sup>	Densidad de la gasolina	gr/cm <sup>3</sup>	0.735	0.733
M7=M6-M4	Masa de la gasolina desalojada por la muestra	gr	49.3	41.8
M <sub>C</sub> =M2-M1	Masa del cemento	gr	181.4	155.1
V <sub>G</sub> =M7/DG	Volumen de la gasolina desalojada	cm <sup>3</sup>	67.09	56.99
DRC=M <sub>C</sub> /V <sub>G</sub>	Densidad real del cemento	gr/cm <sup>3</sup>	2.704	2.721
	Densidad real promedio	gr/cm <sup>3</sup>	2.713	

**Fuente: Egda. Irene Kruzkaya Cuji Siguenza.**

#### 4.1.2 Proceso de Armado

Las dimensiones que se plantea para la sección de la viga son de 15x15x75 cm. Se elaboran 66 vigas de similares características, la armadura longitudinal en la zona de tracción es 2Ø12 mm, el acero longitudinal en la zona de compresión es 2Ø12 mm, adicional se colocan 7 estribos de 2Ø10 mm cada 10 cm en el armado del acero.

- **Armadura mínima en elementos sometidos a flexión**

$$A_s \geq \max \left[ \frac{1.4}{f_y} bwd; A_{s\text{mín}} = \frac{\sqrt{f'_c}}{4f_y} bw * d \right]$$

Donde:

$A_{s\text{mín}}$  = Área mínima de refuerzo a flexión ( $\text{mm}^2$ )

$B_w$  = Ancho del alma o de la sección

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

$F_y$  = Resistencia especificada a la fluencia del acero

$F'_c$  = Resistencia especificada a la compresión del hormigón

$$A_{s\text{mín}} = \frac{\sqrt{f'_c}}{4f_y} bw * d$$

$$A_{s\text{mín}} = \frac{\sqrt{240}}{4 * 4200} 15 * 12$$

$$A_{s\text{mín}} = 0.165$$

Área del acero = 2 Ø 10 mm = 0.785  $\text{cm}^2$  para estribos.

$$A_{s\text{máx}} = \left[ \frac{1.4}{f_y} bwd \right]$$

$$A_{s\text{máx}} = \left[ \frac{1.4}{4200} 15 * 12 \right]$$

$$A_{s\text{máx}} = 0.06$$

Área del acero= $2 \Phi 12 \text{ mm}=1.13 \text{ cm}^2$  para el refuerzo longitudinal.

En el armado de las fibras vegetales, se procedió a la obtención de la materia prima en la provincia de Pastaza, ciudad de Puyo. Para ser utilizadas como refuerzo se ha procedido primeramente a realizar un secado en la mata y después el curado por el método de inmersión descrito anteriormente. De esta forma se evitará el ataque de hongos e insectos, los cuales son perjudiciales para el armado.

Basándonos en la norma INEN de la madera estipula que se debe colocar un plastificante para impedir la pudrición de la fibra, para llevar a cabo esta sugerencia se empleó Maderol concentrado, se aplicó con una brocha y se dejó secar por un lapso de 30 minutos. Seguidamente se tuvo que recurrir a este procedimiento por segunda vez.

Se realizó paquetes en el armado de bambú y guadúa hasta el diámetro que tiene el refuerzo longitudinal del armado de acero para poder realizar su comparación.

Por método experimental se realizó en las fibras vegetales un armado que posea gancho y otro que carezca de éste, ya que la guadúa o bambú no poseen anillos como la varilla de acero, que le proporcionan adherencia dentro del hormigón.

Finalmente se trabajó con tres armados de fibras vegetales los cuáles no constaron de curado ni de plastificante para poder verificar sus resultados y ser comparados con los armados anteriormente descritos.

**A) Armado de la Fibra Vegetal**



**B) Armado del Acero**

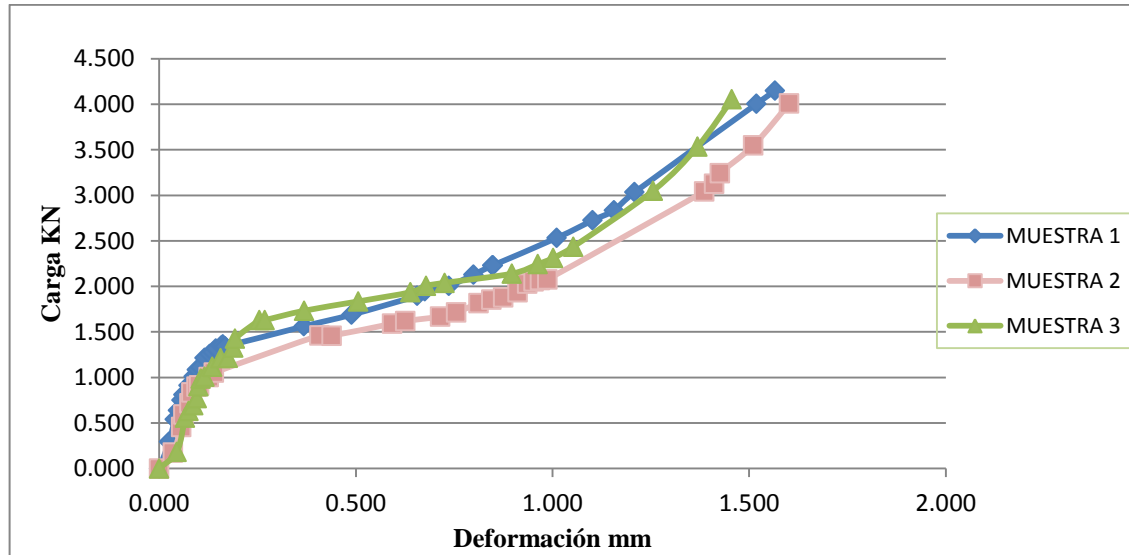


<b>RESULTADO DE LAS VIGAS DE HORMIGÓN + ARMADURA DE BAMBÚ SIN GANCHO DE REFUERZO Y CON CURADO (MADEROL CONCENTRADO)</b>					
<b>EDAD</b>		<b>7 DÍAS DE CURADO</b>			
<b>LONGITU: 750 mm</b>		<b>ANCHO : 150 mm</b>		<b>ALTURA: 150 mm</b>	
<b>MUESTRA N#1</b>		<b>MUESTRA N#2</b>		<b>MUESTRA N#3</b>	
<b>CARGA KN</b>	<b>DEFORMACIÓN mm</b>	<b>CARGA KN</b>	<b>DEFORMACIÓN mm</b>	<b>CARGA KN</b>	<b>DEFORMACIÓN mm</b>
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0
0.294	0.025	0.175	0.035	0.183	0.045
0.541	0.040	0.456	0.056	0.556	0.066
0.639	0.048	0.593	0.062	0.631	0.075
0.752	0.057	0.716	0.077	0.696	0.087
0.812	0.062	0.834	0.082	0.772	0.096
0.914	0.075	0.898	0.095	0.901	0.1
1.012	0.088	0.911	0.102	0.986	0.106
1.086	0.096	1.004	0.126	1.007	0.116
1.113	0.105	1.052	0.139	1.117	0.135
1.214	0.116	1.462	0.408	1.210	0.156
1.256	0.129	1.459	0.439	1.215	0.175
1.278	0.137	1.591	0.593	1.326	0.189
1.316	0.144	1.620	0.626	1.427	0.193
1.348	0.158	1.668	0.715	1.628	0.255
1.361	0.162	1.714	0.755	1.631	0.269
1.342	0.168	1.815	0.812	1.733	0.369
1.562	0.368	1.854	0.845	1.835	0.506
1.689	0.489	1.878	0.875	1.936	0.639
1.896	0.656	1.936	0.912	2.007	0.679
1.945	0.676	2.031	0.936	2.039	0.726
2.006	0.737	2.055	0.952	2.140	0.897
2.129	0.799	2.070	0.969	2.244	0.963
2.230	0.847	2.077	0.987	2.312	1.002
2.232	0.849	3.042	1.386	2.436	1.053
2.533	1.011	3.125	1.411	3.051	1.256
2.725	1.102	3.244	1.426	3.536	1.369
2.836	1.157	3.548	1.511	4.053	1.456
3.035	1.209	4.009	1.602		
4.005	1.519				
4.150	1.566				

**TABLA 14 RESULTADO DE VIGAS ENSAYADA A LOS 7 DÍAS CON BAMBÚ DE REFUERZO**

**Fuente: Egda. Irene Kruzkaya Cuji Siguenza.**

**GRÁFICO 9.- ENSAYO A FLEXIÓN EN VIGAS A LOS 7 DÍAS DE CURADO DEL HORMIGÓN + BAMBÚ SIN GANCHO DE REFUERZO.**



**Fuente: Egda. Irene Kruzkaya Cuji Siguenza.**

**Interpretación del Gráfico:** Finalizados los ensayos de flexión en las vigas a los 7 días de curado del hormigón con bambú de refuerzo sin gancho, se puede decir que la carga máxima de las tres muestras es de 4.150 KN con una deformación de 1.566 mm, la carga que le sigue es de 4.053 KN con una deformación de 1.456 mm y la carga mínima es de 4.009 KN con una deformación de 1.602 mm.

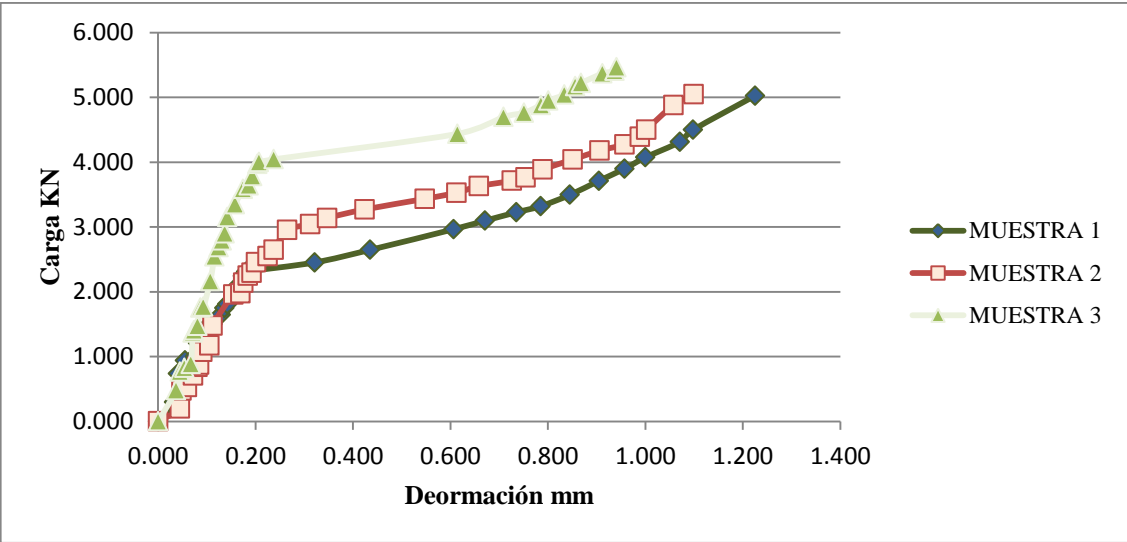


<b>RESULTADO DE LAS VIGAS DE HORMIGÓN + ARMADURA DE BAMBÚ CON GANCHO DE REFUERZO Y CON CURADO (MADEROL CONCENTRADO)</b>					
<b>EDAD</b>		<b>7 DÍAS DE CURADO</b>			
<b>LONGITUD: 750 mm</b>		<b>ANCHO : 150 mm</b>		<b>ALTURA: 150 mm</b>	
<b>MUESTRA N#1</b>		<b>MUESTRA N#2</b>		<b>MUESTRA N#3</b>	
<b>CARGA KN</b>	<b>DEFORMACIÓN mm</b>	<b>CARGA KN</b>	<b>DEFORMACIÓN mm</b>	<b>CARGA KN</b>	<b>DEFORMACIÓN mm</b>
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0
0.296	0.033	0.198	0.045	0.480	0.037
0.739	0.041	0.477	0.048	0.766	0.045
0.938	0.055	0.530	0.059	0.824	0.054
0.773	0.061	0.706	0.072	0.885	0.067
0.885	0.068	0.840	0.081	1.370	0.071
1.006	0.076	0.877	0.084	1.405	0.074
1.208	0.082	1.073	0.091	1.472	0.081
1.332	0.085	1.172	0.105	1.755	0.087
1.353	0.088	1.478	0.112	1.767	0.093
1.398	0.093	1.956	0.154	2.166	0.107
1.457	0.102	1.977	0.169	2.546	0.116
1.497	0.112	2.140	0.175	2.688	0.124
1.647	0.129	2.250	0.184	2.791	0.131
1.750	0.136	2.295	0.192	2.900	0.137
1.811	0.142	2.454	0.201	3.153	0.142
2.101	0.165	2.548	0.225	3.351	0.158
2.243	0.174	2.648	0.237	3.586	0.174
2.309	0.181	2.952	0.265	3.641	0.186
2.319	0.186	3.043	0.312	3.783	0.193
2.453	0.321	3.138	0.347	3.972	0.204
2.647	0.435	3.271	0.424	3.999	0.207
2.966	0.607	3.433	0.547	4.044	0.237
3.098	0.671	3.528	0.612	4.436	0.614
3.226	0.735	3.629	0.658	4.697	0.709
3.321	0.785	3.712	0.726	4.762	0.751
3.495	0.845	3.766	0.754	4.881	0.786
3.712	0.904	3.887	0.789	4.950	0.801
3.898	0.957	4.040	0.851	5.043	0.834
4.073	1.000	4.177	0.906	5.173	0.856
4.314	1.071	4.273	0.957	5.221	0.868
4.498	1.098	4.392	0.989	5.367	0.912
5.025	1.225	4.501	1.002	5.406	0.937
		4.882	1.058	5.464	0.941
		5.048	1.099		

**TABLA 15 RESULTADO DE VIGAS ENSAYADA A LOS 7 DÍAS CON BAMBÚ DE REFUERZO**

**Fuente: Egda. Irene Kruzkaya Cuji Siguenza.**

**GRÁFICO 10.- ENSAYO A FLEXIÓN EN VIGAS A LOS 7 DÍAS DE CURADO DEL HORMIGÓN + BAMBÚ CON GANCHO DE REFUERZO.**



Fuente: Egda. Irene Kruzka Cuji Siguenza.

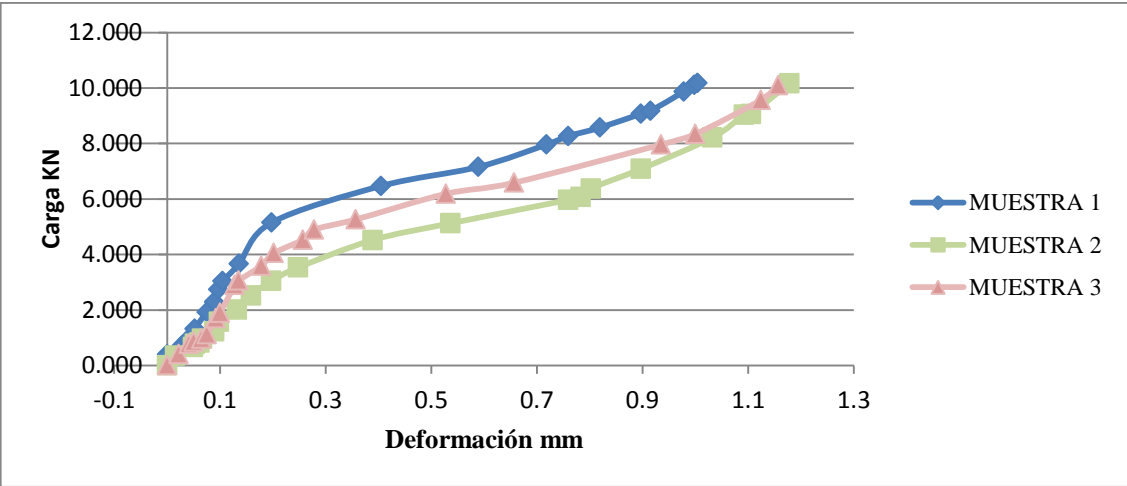
**Interpretación del Gráfico:** Finalizados los ensayos de flexión en las vigas a los 7 días de curado del hormigón con bambú de refuerzo con gancho, se puede decir que la carga máxima de las tres muestras es de 5.250 KN con una deformación de 0.955 mm, la carga que le sigue es de 5.153 KN con una deformación de 1.106 mm y la carga mínima es de 5.000 KN con una deformación de 1.300 mm.

<b>RESULTADO DE LAS VIGAS DE HORMIGÓN + ARMADURA DE BAMBÚ SIN GANCHO DE REFUERZO CON CURADO (MADEROL CONCENTRADO)</b>					
<b>EDAD</b>		<b>14 DÍAS DE CURADO</b>			
<b>LONGITUD: 750 mm</b>		<b>ANCHO : 150 mm</b>		<b>ALTURA: 150 mm</b>	
<b>MUESTRA N#1</b>		<b>MUESTRA N#2</b>		<b>MUESTRA N#3</b>	
<b>CARGA KN</b>	<b>DEFORMACIÓN mm</b>	<b>CARGA KN</b>	<b>DEFORMACIÓN mm</b>	<b>CARGA KN</b>	<b>DEFORMACIÓN mm</b>
0.000	0	0.000	0	0.000	0
0.392	0.028	0.355	0.015	0.405	0.022
0.710	0.039	0.659	0.049	0.778	0.041
0.914	0.052	0.783	0.053	0.859	0.05
1.319	0.075	0.819	0.061	0.963	0.065
1.924	0.089	0.959	0.066	1.123	0.075
2.290	0.097	1.229	0.089	1.698	0.092
2.734	0.105	1.569	0.098	1.892	0.1001
3.036	0.136	2.008	0.132	2.896	0.128
3.659	0.198	2.524	0.159	3.058	0.135
5.150	0.405	3.048	0.197	3.589	0.178
6.469	0.589	3.530	0.248	4.048	0.202
7.154	0.718	4.520	0.389	4.530	0.257
7.960	0.759	5.123	0.536	4.896	0.278
8.263	0.819	5.963	0.759	5.261	0.357
8.569	0.897	6.072	0.783	6.187	0.528
9.070	0.915	6.377	0.802	6.587	0.657
9.170	0.978	7.083	0.897	7.961	0.935
9.869	0.998	8.212	1.032	8.340	1.00
10.106	1.004	9.032	1.092	9.567	1.124
10.178	1.101	9.055	1.105	10.101	1.157
		10.169	1.178		

**TABLA 16 RESULTADO DE VIGAS ENSAYADA A LOS 14 DÍAS CON BAMBÚ DE REFUERZO**

**Fuente: Egda. Irene Kruzkaya Cuji Siguenza.**

**GRÁFICO 11.- ENSAYO A FLEXIÓN EN VIGAS A LOS 14 DÍAS DE CURADO DEL HORMIGÓN + BAMBÚ SIN GANCHO DE REFUERZO.**



**Fuente:** Egda. Irene Kruzkaya Cuji Siguenza.

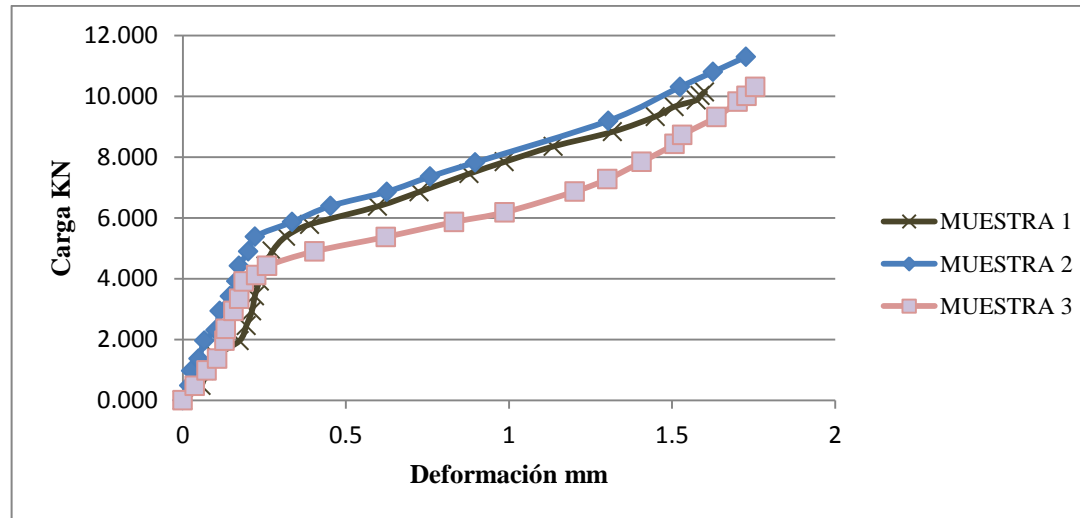
**Interpretación del Gráfico:** Finalizados los ensayos de flexión en las vigas a los 14 días de curado del hormigón con bambú de refuerzo sin gancho, se puede decir que la carga máxima de las tres muestras es de 10.050 KN con una deformación de 1.195 mm, la carga que le sigue es de 9.983 KN con una deformación de 1.176 mm y la carga mínima es de 10.000 KN con una deformación de 1.010 mm.

<b>RESULTADO DE LAS VIGAS DE HORMIGÓN + ARMADURA DE BAMBÚ CON GANCHO DE REFUERZO Y CON CURADO (MADEROL CONCENTRADO)</b>					
<b>EDAD</b>		<b>14 DÍAS DE CURADO</b>			
<b>LONGITUD: 750 mm</b>		<b>ANCHO : 150 mm</b>		<b>ALTURA: 150 mm</b>	
<b>MUESTRA N#1</b>		<b>MUESTRA N#2</b>		<b>MUESTRA N#3</b>	
<b>CARGA KN</b>	<b>DEFORMACIÓN mm</b>	<b>CARGA KN</b>	<b>DEFORMACIÓN mm</b>	<b>CARGA KN</b>	<b>DEFORMACIÓN mm</b>
0.000	0	0.000	0	0.000	0
0.492	0.057	0.492	0.021	0.480	0.037
0.980	0.067	0.968	0.026	0.982	0.074
1.470	0.102	1.373	0.049	1.375	0.106
1.959	0.174	1.965	0.067	1.963	0.128
2.460	0.195	2.311	0.101	2.351	0.132
2.936	0.212	2.937	0.114	2.945	0.156
3.431	0.221	3.428	0.145	3.335	0.174
3.922	0.235	3.917	0.165	3.913	0.187
4.414	0.256	4.420	0.173	4.119	0.226
4.904	0.275	4.898	0.201	4.422	0.259
5.387	0.316	5.383	0.222	4.899	0.404
5.784	0.390	5.867	0.336	5.373	0.623
6.377	0.598	6.391	0.453	5.864	0.832
6.853	0.725	6.860	0.626	6.183	0.987
7.450	0.878	7.359	0.759	6.867	1.202
7.838	0.986	7.825	0.897	7.274	1.303
8.349	1.136	9.192	1.305	7.840	1.407
8.830	1.318	10.307	1.525	8.430	1.509
9.332	1.449	10.797	1.626	8.726	1.532
9.655	1.507	11.297	1.727	9.319	1.637
9.870	1.575			9.826	1.702
10.020	1.587			10.013	1.729
10.142	1.601			10.307	1.756

**TABLA 17 RESULTADO DE VIGAS ENSAYADA A LOS 14 DÍAS CON BAMBÚ DE REFUERZO**

**Fuente: Egda. Irene Kruzkaya Cuji Siguenza.**

**GRÁFICO 12.- ENSAYO A FLEXIÓN EN VIGAS A LOS 14 DÍAS DE CURADO DEL HORMIGÓN + BAMBÚ CON GANCHO DE REFUERZO.**



**Fuente: Egda. Irene Kruzka Cuji Siguenza.**

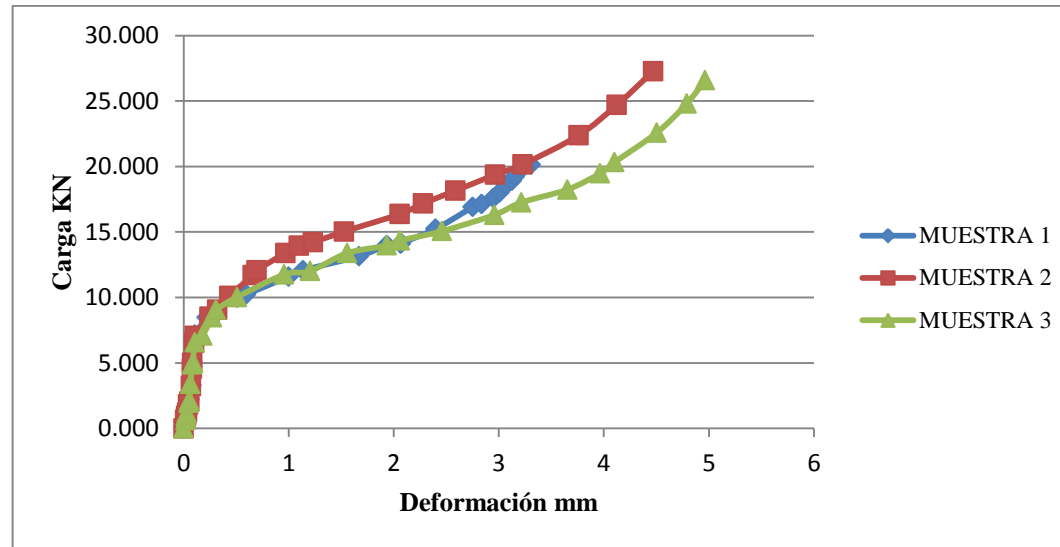
**Interpretación del Gráfico:** Finalizados los ensayos de flexión en las vigas a los 14 días de curado del hormigón con bambú de refuerzo con gancho, se puede decir que la carga máxima de las tres muestras es de 11.750 KN con una deformación de 1.805 mm, la carga que le sigue es de 10.083 KN con una deformación de 1.886 mm y la carga mínima es de 10.000 KN con una deformación de 1.610 mm.

RESULTADO DE LAS VIGAS DE HORMIGÓN + ARMADURA DE BAMBÚ SIN GANCHO DE REFUERZO Y CON CURADO (MADEROL CONCENTRADO)					
EDAD		28 DÍAS DE CURADO			
LONGITUD: 750 mm		ANCHO : 150 mm		ALTURA: 150 mm	
MUESTRA N#1		MUESTRA N#2		MUESTRA N#3	
CARGA KN	DEFORMACIÓN mm	CARGA KN	DEFORMACIÓN mm	CARGA KN	DEFORMACIÓN mm
0.000	0	0.000	0	0.000	0
0.592	0.018	0.655	0.015	0.632	0.017
0.910	0.029	0.959	0.024	0.928	0.021
1.140	0.032	1.183	0.033	1.159	0.030
1.519	0.045	1.819	0.041	1.963	0.049
2.220	0.059	2.050	0.056	2.123	0.055
3.290	0.077	3.229	0.069	3.398	0.065
4.734	0.085	4.569	0.078	4.882	0.082
5.036	0.086	5.008	0.082	5.001	0.091
6.559	0.094	6.524	0.099	6.580	0.105
7.150	0.105	7.048	0.107	7.089	0.178
8.469	0.219	8.530	0.248	8.480	0.272
9.054	0.308	9.052	0.319	9.060	0.307
9.960	0.509	10.123	0.436	10.026	0.508
10.236	0.596	11.693	0.658	11.759	0.957
11.589	1.000	12.072	0.693	12.007	1.202
12.070	1.136	13.389	0.968	13.387	1.557
13.154	1.669	13.938	1.096	13.961	1.935
13.987	1.936	14.212	1.232	14.346	2.059
14.106	2.065	15.030	1.526	15.067	2.459
14.156	2.072	16.359	2.055	16.301	2.957
15.236	2.398	17.169	2.278	17.256	3.215
16.896	2.752	18.152	2.587	18.236	3.652
17.125	2.836	19.369	2.963	19.469	3.963
17.596	2.949	20.157	3.225	20.321	4.101
18.002	3.006	22.369	3.759	22.569	4.502
18.569	3.072	24.693	4.124	24.789	4.789
18.896	3.126	27.269	4.469	26.589	4.963
19.231	3.154				
19.874	3.226				
20.124	3.305				

TABLA 18 RESULTADO DE VIGAS ENSAYADA A LOS 14 DÍAS CON BAMBÚ DE REFUERZO

Fuente: Egda. Irene Kruzkaya Cuji Siguenza.

**GRÁFICO 13.- ENSAYO A FLEXIÓN EN VIGAS A LOS 28 DÍAS DE CURADO DEL HORMIGÓN + BAMBÚ SIN GANCHO DE REFUERZO.**



**Fuente: Egda. Irene Kruzka Cuji Siguenza.**

**Interpretación del Gráfico:** Finalizados los ensayos de flexión en las vigas a los 28 días de curado del hormigón con bambú de refuerzo sin gancho, se puede decir que la carga máxima de las tres muestras es de 28.000 KN con una deformación de 4.705 mm, la carga que le sigue es de 26.083 KN con una deformación de 5.256 mm y la carga mínima es de 20.000 KN con una deformación de 3.310 mm.

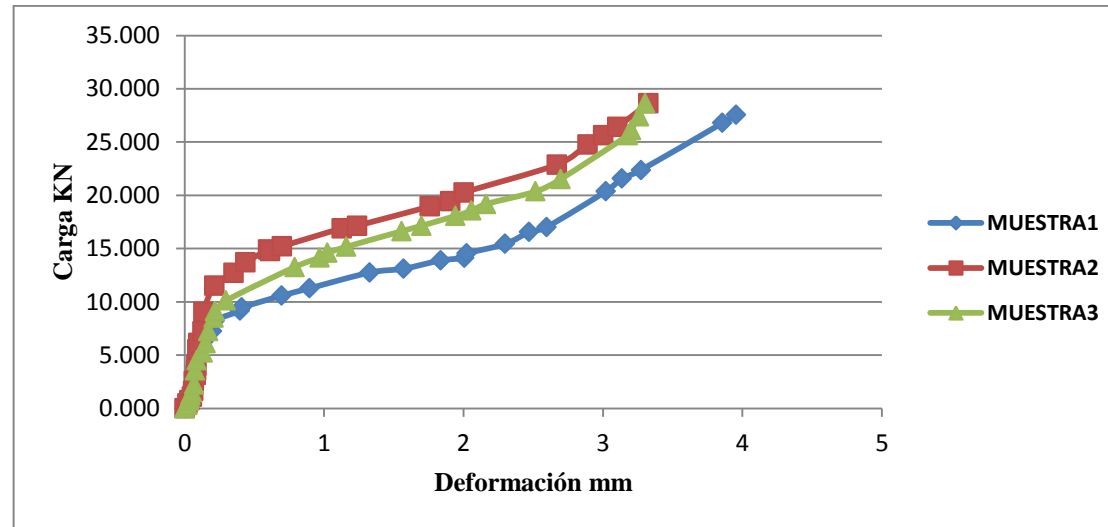


<b>RESULTADO DE LAS VIGAS DE HORMIGÓN + ARMADURA DE BAMBÚ CON GANCHO DE REFUERZO Y CON CURADO (MADEROL CONCENTRADO)</b>					
<b>EDAD</b>		<b>28 DÍAS DE CURADO</b>			
<b>LONGITUD: 750 mm</b>		<b>ANCHO : 150 mm</b>		<b>ALTURA: 150 mm</b>	
<b>MUESTRA N#1</b>		<b>MUESTRA N#2</b>		<b>MUESTRA N#3</b>	
<b>CARGA KN</b>	<b>DEFORMACIÓN mm</b>	<b>CARGA KN</b>	<b>DEFORMACIÓN mm</b>	<b>CARGA KN</b>	<b>DEFORMACIÓN mm</b>
0.000	0	0.000	0	0.000	0
0.372	0.018	0.455	0.020	0.323	0.021
0.810	0.029	0.759	0.034	0.728	0.032
1.050	0.032	1.083	0.053	0.959	0.037
1.119	0.045	1.622	0.061	1.236	0.041
2.120	0.059	2.550	0.066	1.526	0.052
3.159	0.077	3.129	0.079	2.228	0.068
4.523	0.085	3.569	0.082	3.569	0.075
5.036	0.086	4.008	0.085	4.523	0.086
6.259	0.136	5.524	0.091	5.236	0.130
7.250	0.198	6.148	0.099	6.123	0.152
8.252	0.219	7.230	0.128	7.245	0.169
9.163	0.398	9.052	0.135	8.520	0.208
9.469	0.409	11.523	0.214	9.125	0.219
10.584	0.696	12.719	0.350	10.123	0.296
11.279	0.896	13.698	0.436	13.269	0.789
12.750	1.326	14.896	0.598	14.162	0.968
13.114	1.569	14.756	0.612	14.596	1.023
13.890	1.836	15.212	0.698	15.169	1.158
14.126	2.005	16.896	1.126	16.632	1.556
14.536	2.022	17.145	1.236	17.145	1.698
15.436	2.298	18.960	1.759	18.062	1.941
16.550	2.469	19.456	1.906	18.563	2.056
17.025	2.596	20.256	2.001	19.186	2.163
20.369	3.020	22.879	2.669	20.360	2.516
21.589	3.136	24.752	2.889	21.523	2.696
22.369	3.272	25.632	3.002	25.632	3.178
26.789	3.856	26.416	3.103	26.125	3.201
27.563	3.954	28.63	3.325	27.415	3.259
				28.635	3.303

**TABLA 19 RESULTADO DE VIGAS ENSAYADA A LOS 28 DÍAS CON BAMBÚ DE REFUERZO**

**Fuente: Egda. Irene Kruzkaya Cuji Siguenza.**

**GRÁFICO 14.- ENSAYO A FLEXIÓN EN VIGAS A LOS 28 DÍAS DE CURADO DEL HORMIGÓN + BAMBÚ CON GANCHO DE REFUERZO.**



**Fuente: Egda. Irene Kruzka Cuji Siguenza.**

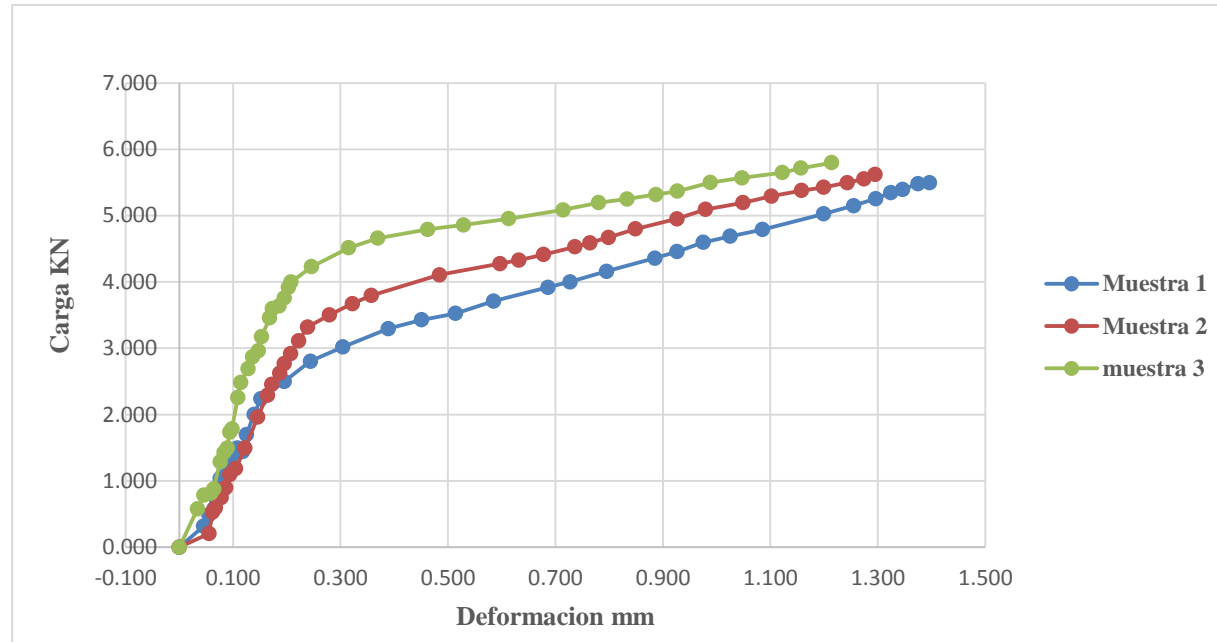
**Interpretación del Gráfico:** Finalizados los ensayos de flexión en las vigas a los 28 días de curado del hormigón con bambú de refuerzo con gancho, se puede decir que la carga máxima de las tres muestras es de 29.900 KN con una deformación de 3.405 mm, la carga que le sigue es de 29.083 KN con una deformación de 3.156 mm y la carga mínima es de 25.500 KN con una deformación de 4.210 mm.

<b>RESULTADO DE LAS VIGAS DE HORMIGÓN + ARMADURA DE GUADÚA SIN GANCHO DE REFUERZO Y CON CURADO (MADERON CONCENTRADO)</b>					
<b>EDAD</b>		<b>14 DÍAS DE CURADO</b>			
<b>LONGITUD</b>	<b>750mm</b>	<b>ANCHO</b>	<b>150mm</b>	<b>ALTURA</b>	<b>150mm</b>
<b>Muestra N°1</b>		<b>Muestra N°2</b>		<b>Muestra N°3</b>	
<b>Carga KN</b>	<b>Deformación mm</b>	<b>Carga KN</b>	<b>Deformación mm</b>	<b>Carga KN</b>	<b>Deformación mm</b>
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.316	0.045	0.205	0.055	0.580	0.034
0.486	0.055	0.528	0.062	0.786	0.046
0.584	0.065	0.594	0.067	0.815	0.059
0.729	0.069	0.748	0.078	0.879	0.064
0.915	0.073	0.869	0.082	1.286	0.076
1.035	0.076	0.895	0.086	1.426	0.083
1.294	0.084	1.094	0.094	1.495	0.089
1.365	0.086	1.185	0.105	1.736	0.094
1.385	0.089	1.493	0.122	1.784	0.098
1.395	0.099	1.964	0.146	2.258	0.109
1.493	0.108	2.291	0.164	2.486	0.114
1.439	0.118	2.455	0.172	2.693	0.128
1.698	0.125	2.625	0.187	2.869	0.136
2.002	0.139	2.767	0.195	2.959	0.147
2.239	0.152	2.920	0.207	3.174	0.153
2.496	0.195	3.109	0.222	3.458	0.168
2.804	0.244	3.320	0.239	3.596	0.173
3.019	0.304	3.500	0.279	3.639	0.186
3.295	0.389	3.673	0.322	3.759	0.195
3.428	0.451	3.795	0.357	3.918	0.203
3.525	0.514	4.105	0.484	3.997	0.208
3.711	0.585	4.275	0.597	4.229	0.246
3.918	0.686	4.328	0.632	4.515	0.315
4.000	0.727	4.413	0.678	4.659	0.369
4.159	0.795	4.529	0.736	4.792	0.462
4.357	0.885	4.589	0.764	4.858	0.529
4.456	0.926	4.671	0.799	4.952	0.613
4.596	0.975	4.798	0.849	5.086	0.714
4.687	1.025	4.951	0.926	5.193	0.780
4.789	1.085	5.092	0.979	5.249	0.833
5.026	1.199	5.194	1.049	5.318	0.887
5.149	1.255	5.292	1.102	5.369	0.927
5.255	1.296	5.377	1.158	5.499	0.988
5.344	1.324	5.425	1.199	5.569	1.047
5.395	1.346	5.496	1.243	5.647	1.122
5.478	1.375	5.552	1.274	5.716	1.157
5.494	1.396	5.621	1.295	5.798	1.214

**TABLA 20 RESULTADO DE VIGAS ENSAYADA A LOS 14 DÍAS CON GUADÚA DE REFUERZO**

**Fuente: Egda. Irene Kruzkaya Cuji Siguenza.**

**GRÁFICO 15.- ENSAYO A FLEXIÓN A LOS 14 DÍAS DE CURADO DEL HORMIGÓN + GUADÚA DE REFUERZO SIN GANCHO**



**Fuente: Egda. Irene Kruzka Cuji Siguenza.**

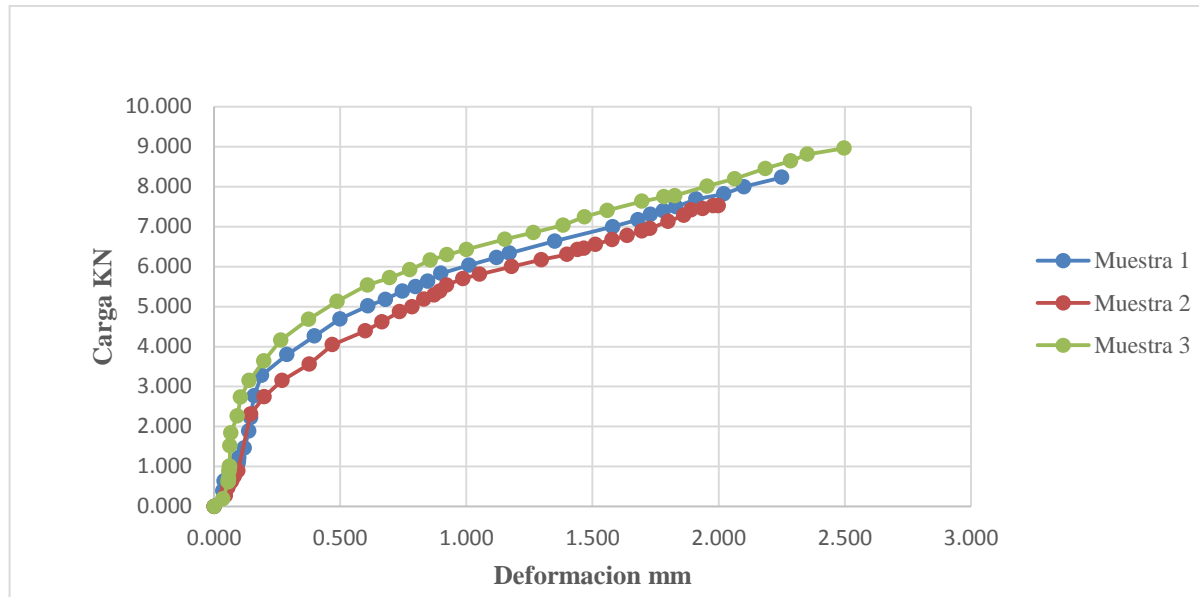
**Interpretación del Gráfico:** Finalizados los ensayos de flexión en las vigas a los 14 días de curado del hormigón con guadúa de refuerzo sin gancho, se puede decir que la carga máxima de las tres muestras es de 5.900 KN con una deformación de 1.255 mm, la carga que le sigue es de 5.583 KN con una deformación de 1.356 mm y la carga mínima es de 5.400 KN con una deformación de 1.420 mm.

<b>RESULTADO DE LAS VIGAS DE HORMIGÓN + ARMADURA DE GUADÚA CON GANCHO DE REFUERZO Y CON CURADO (MADERON CONCENTRADO)</b>					
<b>EDAD</b>		<b>14 DÍAS DE CURADO</b>			
<b>LONGITUD</b>	<b>750mm</b>	<b>ANCHO</b>	<b>150mm</b>	<b>ALTURA</b>	<b>150mm</b>
<b>Muestra Nº1</b>		<b>Muestra Nº2</b>		<b>Muestra Nº3</b>	
<b>Carga KN</b>	<b>Deformación mm</b>	<b>Carga KN</b>	<b>Deformacion mm</b>	<b>Carga KN</b>	<b>Deformacion mm</b>
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0
0.394	0.035	0.275	0.045	0.193	0.035
0.641	0.040	0.470	0.055	0.616	0.056
0.739	0.058	0.599	0.065	0.641	0.057
0.852	0.067	0.640	0.070	0.699	0.058
0.912	0.072	0.760	0.080	0.872	0.059
0.994	0.085	0.898	0.095	0.921	0.060
1.042	0.093	2.311	0.145	0.996	0.061
1.096	0.096	2.745	0.199	1.010	0.062
1.153	0.097	3.150	0.269	1.520	0.063
1.224	0.098	3.562	0.378	1.840	0.066
1.466	0.120	4.046	0.469	2.260	0.092
1.888	0.138	4.390	0.599	2.734	0.105
2.226	0.145	4.620	0.666	3.150	0.139
2.768	0.159	4.870	0.735	3.637	0.197
3.281	0.189	4.990	0.785	4.162	0.265
3.798	0.289	5.182	0.832	4.684	0.375
4.262	0.398	5.286	0.872	5.130	0.488
4.689	0.499	5.388	0.895	5.540	0.608
5.016	0.609	5.540	0.922	5.720	0.696
5.179	0.679	5.699	0.986	5.920	0.776
5.386	0.747	5.806	1.052	6.163	0.857
5.498	0.799	5.998	1.179	6.295	0.923
5.636	0.847	6.169	1.297	6.426	1.000
5.832	0.899	6.304	1.399	6.684	1.153
6.033	1.011	6.423	1.441	6.851	1.266
6.225	1.120	6.455	1.466	7.036	1.384
6.336	1.170	6.556	1.511	7.242	1.468
6.635	1.350	6.676	1.578	7.401	1.558
6.995	1.580	6.774	1.637	7.629	1.696
7.169	1.680	6.887	1.695	7.744	1.783
7.305	1.730	6.952	1.727	7.771	1.826
7.395	1.780	7.129	1.800	8.010	1.954
7.496	1.830	7.279	1.862	8.194	2.064
7.686	1.910	7.417	1.891	8.452	2.185
7.813	2.020	7.448	1.936	8.640	2.285
7.995	2.100	7.517	1.978	8.807	2.351
8.232	2.250	7.520	1.999	8.958	2.497

**TABLA 21 RESULTADO DE VIGAS ENSAYADA A LOS 14 DÍAS CON GUADÚA DE REFUERZO**

**Fuente: Egda. Irene Kruzkaya Cuji Siguenza.**

**GRÁFICO 16.- ENSAYO A FLEXIÓN A LOS 14 DÍAS DE CURADO DEL HORMIGÓN + GUADÚA DE REFUERZO CON GANCHO**



**Fuente: Egda. Irene Kruzka Cuji Siguenza.**

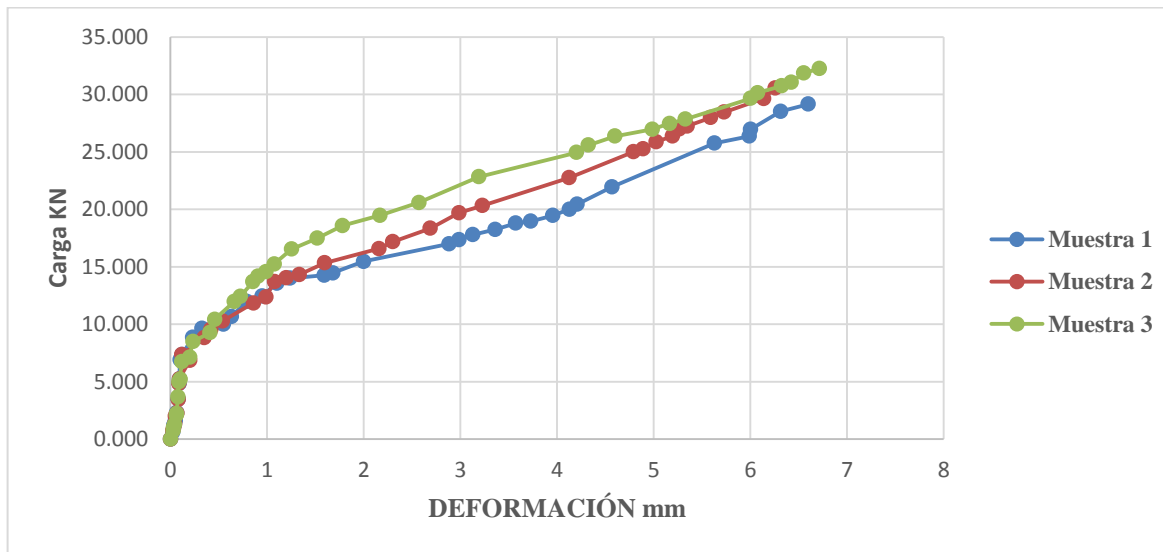
**Interpretación del Gráfico:** Finalizados los ensayos de flexión en las vigas a los 14 días de curado del hormigón con guadúa de refuerzo con gancho, se puede decir que la carga máxima de las tres muestras es de 9.000 KN con una deformación de 2.505 mm, la carga que le sigue es de 8.123 KN con una deformación de 1.256 mm y la carga mínima es de 7.400 KN con una deformación de 2.020 mm.

<b>RESULTADO DE LAS VIGAS DE HORMIGÓN + ARMADURA DE CAÑA GUADÚA SIN GANCHO DE REFUERZO Y CON CURADO (MADEROL CONCENTRADO)</b>					
<b>EDAD</b>		<b>28 DÍAS DE CURADO</b>			
<b>LONGITUD: 750 mm</b>		<b>ANCHO : 150 mm</b>		<b>ALTURA: 150 mm</b>	
<b>MUESTRA N#1</b>		<b>MUESTRA N#2</b>		<b>MUESTRA N#3</b>	
<b>CARGA KN</b>	<b>DEFORMACIÓN mm</b>	<b>CARGA KN</b>	<b>DEFORMACIÓN mm</b>	<b>CARGA KN</b>	<b>DEFORMACIÓN mm</b>
0.000	0	0.000	0	0.000	0
0.602	0.022	0.755	0.025	0.732	0.027
1.191	0.034	0.999	0.034	0.998	0.031
1.240	0.04	1.343	0.043	1.259	0.040
1.619	0.049	1.999	0.051	2.093	0.059
2.320	0.062	2.250	0.066	2.223	0.065
3.490	0.079	3.459	0.079	3.678	0.075
4.834	0.091	4.849	0.088	4.992	0.088
5.236	0.093	5.238	0.092	5.211	0.099
6.899	0.099	6.844	0.199	6.730	0.115
7.350	0.12	7.348	0.117	7.139	0.198
8.859	0.230	8.830	0.348	8.480	0.232
9.634	0.324	9.562	0.419	9.260	0.407
9.990	0.548	10.263	0.536	10.426	0.457
10.676	0.630	11.833	0.858	11.959	0.658
11.974	0.789	12.372	0.986	12.407	0.721
12.457	0.946	13.699	1.077	13.687	0.852
13.554	1.099	14.038	1.196	14.161	0.903
13.997	1.236	14.312	1.332	14.576	0.987
14.256	1.589	15.330	1.594	15.237	1.073
14.456	1.679	16.579	2.155	16.531	1.252
15.466	1.996	17.169	2.298	17.486	1.516
16.996	2.882	18.342	2.687	18.576	1.780
17.345	2.986	19.699	2.986	19.473	2.168
17.786	3.126	20.327	3.225	20.591	2.569
18.242	3.360	22.739	4.123	22.829	3.189
18.789	3.572	24.993	4.789	24.949	4.201
18.953	3.726	25.269	4.889	25.589	4.323
19.461	3.954	25.876	5.026	26.364	4.598
19.994	4.126	26.364	5.193	26.967	4.986
20.436	4.205	26.976	5.264	27.465	5.163
21.948	4.569	27.238	5.347	27.836	5.326
25.755	5.626	27.986	5.589	29.654	6.002
26.362	5.987	28.456	5.728	30.142	6.074
26.964	6.003	29.635	6.136	30.738	6.323
28.526	6.314	30.542	6.256	31.053	6.423
29.145	6.598			31.856	6.551
				32.253	6.715

**TABLA 22 RESULTADO DE VIGAS ENSAYADA A LOS 28 DÍAS CON GUADÚA DE REFUERZO**

**Fuente: Egda. Kruzkaya Irene Cuji Siguenza.**

### GRÁFICO 17.- ENSAYO A FLEXIÓN LOS 28 DÍAS DE CURADO DEL HORMIGÓN + GUADÚA DE REFUERZO SIN GANCHO



Fuente: Egda. Irene Kruzkaya Cuji Siguenza.

**Interpretación del Gráfico:** Finalizados los ensayos de flexión en las vigas a los 28 días de curado del hormigón con guadúa de refuerzo sin gancho, se puede decir que la carga máxima de las tres muestras es de 34.000 KN con una deformación de 6.805 mm, la carga que le sigue es de 30.123 KN con una deformación de 6.256 mm y la carga mínima es de 29.400 KN con una deformación de 6.620 mm

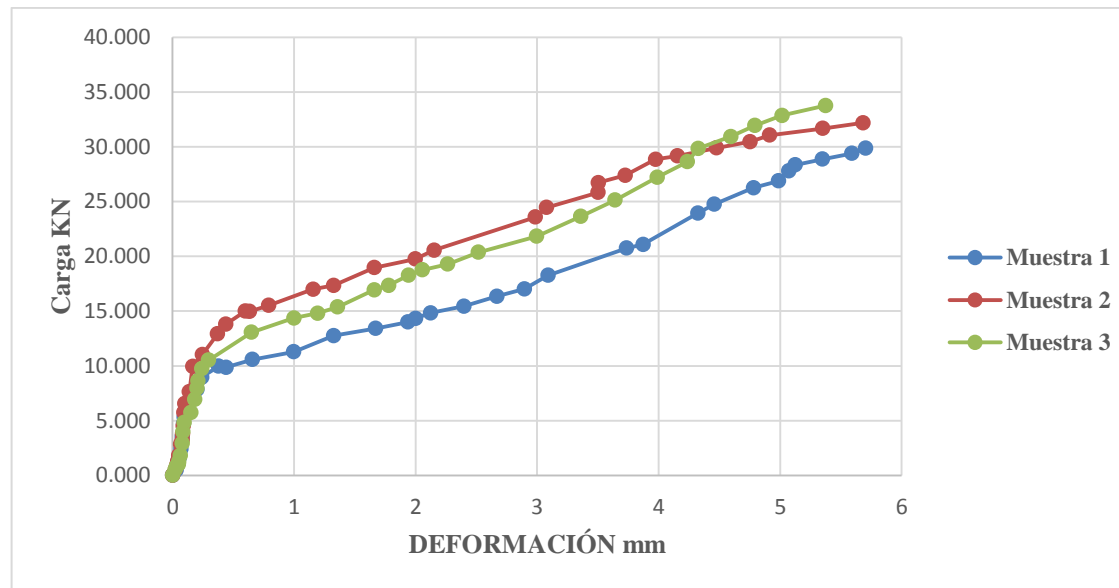


RESULTADO DE LAS VIGAS DE HORMIGÓN + ARMADURA DE CAÑA GUADÚA CON GANCHO DE REFUERZO Y CON CURADO (MADEROL CONCENTRADO)					
EDAD		28 DÍAS DE CURADO			
LONGITUD: 750 mm		ANCHO : 150 mm		ALTURA: 150 mm	
MUESTRA N#1		MUESTRA N#2		MUESTRA N#3	
CARGA KN	DEFORMACIÓN mm	CARGA KN	DEFORMACIÓN mm	CARGA KN	DEFORMACIÓN mm
0.000	0	0.000	0	0.000	0
0.472	0.028	0.555	0.024	0.523	0.021
0.910	0.039	0.959	0.034	0.828	0.032
1.250	0.042	1.283	0.043	0.999	0.047
1.619	0.055	1.822	0.051	1.236	0.051
2.420	0.069	2.850	0.066	1.826	0.062
3.559	0.079	3.229	0.079	2.928	0.078
4.723	0.089	3.769	0.082	3.969	0.085
5.336	0.096	4.508	0.087	4.823	0.096
6.659	0.126	5.724	0.092	5.736	0.150
7.850	0.199	6.548	0.099	6.923	0.182
8.952	0.239	7.630	0.138	7.945	0.199
9.963	0.378	9.952	0.165	8.620	0.208
9.869	0.439	11.023	0.244	9.725	0.239
10.584	0.656	12.919	0.370	10.523	0.296
11.279	0.996	13.798	0.437	13.069	0.649
12.750	1.326	14.996	0.598	14.362	0.998
13.414	1.669	14.956	0.632	14.796	1.193
13.990	1.936	15.512	0.789	15.369	1.358
14.326	2.000	16.996	1.156	16.932	1.659
14.836	2.122	17.345	1.326	17.345	1.778
15.436	2.398	18.960	1.659	18.262	1.941
16.350	2.669	19.756	1.996	18.763	2.056
17.025	2.896	20.556	2.151	19.286	2.263
18.264	3.090	23.579	2.986	20.360	2.516
20.743	3.736	24.452	3.078	21.823	2.996
21.085	3.872	25.832	3.502	23.632	3.358
23.943	4.323	26.716	3.503	25.125	3.641
24.753	4.456	27.385	3.725	27.215	3.989
26.254	4.781	28.856	3.975	28.635	4.236
26.875	4.987	29.164	4.154	29.847	4.326
27.784	5.072	29.895	4.475	30.927	4.593
28.340	5.1236	30.463	4.753	31.932	4.791
28.865	5.348	31.056	4.914	32.854	5.015
29.394	5.591	31.673	5.351	33.759	5.375
29.867	5.702	32.184	5.683		

**TABLA 23 RESULTADO DE VIGAS ENSAYADA A LOS 14 DÍAS CON GUADÚA DE REFUERZO**

**Fuente: Egda. Irene Kruzkaya Cuji Siguenza.**

**GRÁFICO 18.- ENSAYO A FLEXIÓN A LOS 28 DÍAS DE CURADO DEL HORMIGÓN + GUADÚA DE REFUERZO CON GANCHO**



**Fuente: Egda. Irene Kruzkaya Cuji Siguenza**

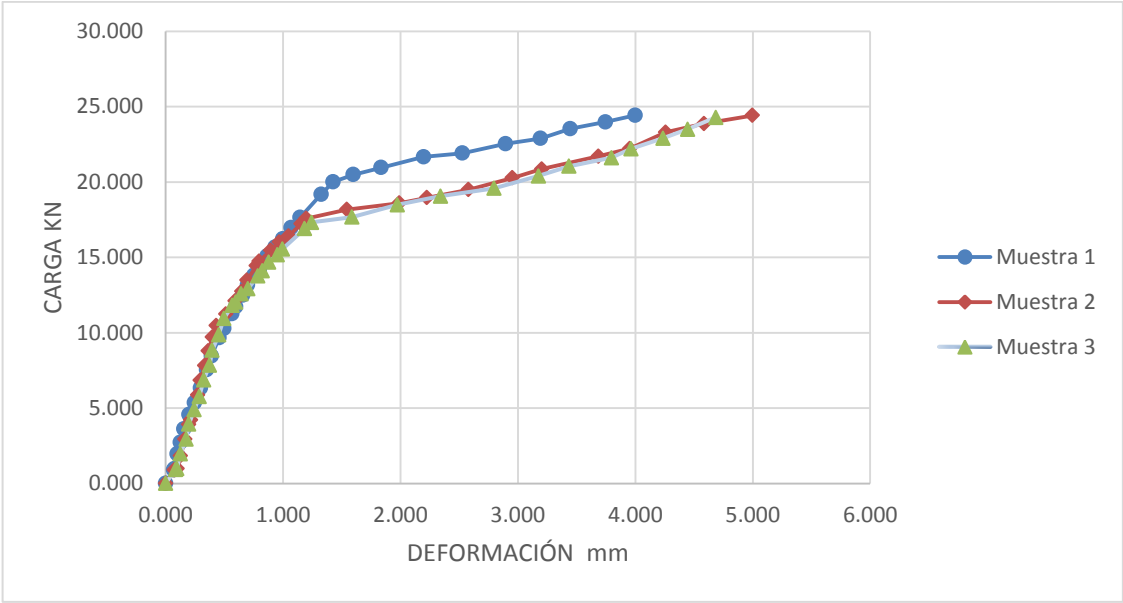
**Interpretación del Gráfico:** Finalizados los ensayos de flexión en las vigas a los 28 días de curado del hormigón con guadúa de refuerzo con gancho, se puede decir que la carga máxima de las tres muestras es de 34.880 KN con una deformación de 5.505 mm, la carga que le sigue es de 34.123 KN con una deformación de 6.856 mm y la carga mínima es de 29.900 KN con una deformación de 5.720 mm.

<b>RESULTADO DE LAS VIGAS DE HORMIGÓN + ARMADURA DE ACERO SIN GANCHO</b>					
<b>EDAD</b>		<b>7 DÍAS DE CURADO</b>			
<b>LONGITUD: 750 mm</b>		<b>ANCHO : 150 mm</b>		<b>ALTURA: 150 mm</b>	
<b>MUESTRA N#1</b>		<b>MUESTRA N#</b>		<b>MUESTRA N#3</b>	
<b>CARGA KN</b>	<b>DEFORMACIÓN mm</b>	<b>CARGA KN</b>	<b>DEFORMACIÓN mm</b>	<b>CARGA KN</b>	<b>DEFORMACIÓN mm</b>
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.908	0.069	0.897	0.075	0.92	0.084
0.989	0.078	0.987	0.099	0.984	0.096
1.969	0.099	1.840	0.126	1.962	0.125
2.725	0.125	2.948	0.164	2.948	0.175
3.625	0.157	3.912	0.197	3.928	0.197
4.579	0.198	4.211	0.214	4.896	0.243
5.369	0.245	5.866	0.274	5.763	0.287
6.343	0.298	6.851	0.295	6.874	0.324
7.541	0.349	7.821	0.332	7.853	0.375
8.451	0.39	8.795	0.364	8.836	0.396
9.668	0.455	9.718	0.397	9.855	0.452
10.281	0.497	10.481	0.432	10.934	0.496
11.267	0.565	11.238	0.514	11.805	0.568
11.729	0.598	12.110	0.593	12.025	0.598
12.502	0.658	12.745	0.648	12.570	0.645
13.178	0.699	13.481	0.693	12.913	0.702
13.798	0.752	14.452	0.773	13.767	0.785
14.190	0.799	14.738	0.796	14.100	0.823
15.072	0.865	15.471	0.894	14.680	0.879
15.668	0.932	16.024	0.967	15.160	0.953
16.223	0.999	16.426	1.048	15.543	0.994
16.965	1.069	17.220	1.153	16.904	1.184
17.645	1.145	17.584	1.196	17.316	1.242
19.182	1.324	18.180	1.543	17.667	1.586
20.015	1.427	18.600	1.989	18.483	1.975
20.486	1.599	18.962	2.226	19.061	2.343
20.956	1.835	19.492	2.579	19.580	2.797
21.663	2.197	20.275	2.953	20.394	3.175
21.916	2.527	20.859	3.203	21.044	3.436
22.535	2.896	21.709	3.687	21.602	3.797
22.888	3.191	22.219	3.953	22.202	3.964
23.536	3.446	23.303	4.259	22.897	4.237
23.976	3.745	23.878	4.586	23.494	4.446
24.423	4.000	24.415	4.998	24.281	4.685

**TABLA 24 RESULTADO DE VIGAS ENSAYADA A LOS 7 DÍAS CON ACERO SIN GANCHO DE REFUERZO**

**Fuente: Egda. Irene Kruzkaya Cuji Siguenza**

**GRÁFICO 19.- ENSAYO A FLEXIÓN A LOS 7 DÍAS DE CURADO DEL HORMIGÓN + ACERO DE REFUERZO SIN GANCHO**



**Fuente: Egda. Irene Kruzka Cuji Siguenza**

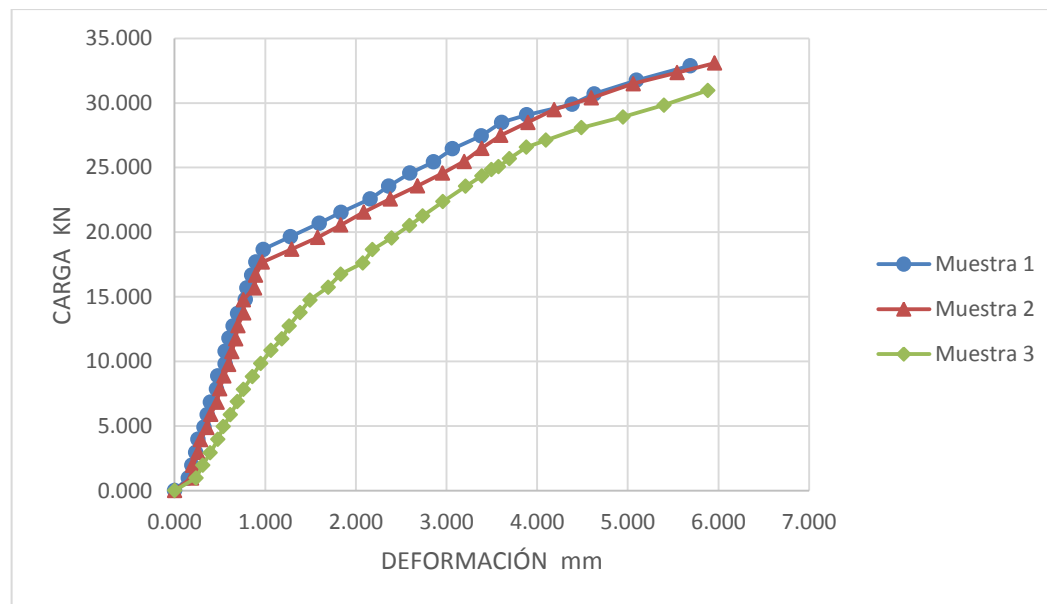
**Interpretación del Gráfico:** Finalizados los ensayos de flexión en las vigas a los 7 días de curado del hormigón con acero de refuerzo sin gancho, se puede decir que la carga máxima de las tres muestras es de 24.423 KN con una deformación de 4.998 mm, la carga que le sigue es de 24.415 KN con una deformación de 4 mm y la carga mínima es de 24.281 KN con una deformación de 4.685 mm.

<b>RESULTADO DE LAS VIGAS DE HORMIGÓN + ARMADURA DE ACERO SIN GANCHO</b>					
<b>EDAD</b>		<b>14 DÍAS DE CURADO</b>			
<b>LONGITUD: 750 mm</b>		<b>ANCHO : 150 mm</b>		<b>ALTURA: 150 mm</b>	
<b>MUESTRA N#1</b>		<b>MUESTRA N#2</b>		<b>MUESTRA N#3</b>	
<b>CARGA KN</b>	<b>DEFORMACIÓN mm</b>	<b>CARGA KN</b>	<b>DEFORMACIÓN mm</b>	<b>CARGA KN</b>	<b>DEFORMACIÓN mm</b>
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.989	0.153	0.978	0.188	0.980	0.238
1.966	0.192	1.979	0.199	1.960	0.310
2.949	0.234	2.948	0.259	2.928	0.394
3.977	0.259	3.944	0.287	3.969	0.478
4.922	0.326	4.893	0.358	4.964	0.538
5.869	0.361	5.897	0.398	5.880	0.616
6.848	0.395	6.847	0.469	6.893	0.694
7.873	0.464	7.879	0.498	7.848	0.758
8.868	0.478	8.873	0.545	8.830	0.858
9.817	0.559	9.775	0.598	9.839	0.949
10.794	0.559	10.758	0.632	10.868	1.064
11.807	0.599	11.758	0.674	11.749	1.184
12.739	0.645	12.769	0.699	12.750	1.264
13.697	0.697	13.747	0.764	13.792	1.384
14.795	0.782	14.769	0.759	14.759	1.493
15.681	0.797	15.691	0.882	15.738	1.694
16.667	0.852	16.687	0.895	16.761	1.834
17.691	0.897	17.691	0.968	17.630	2.077
18.665	0.978	18.695	1.294	18.659	2.184
19.658	1.279	19.594	1.578	19.560	2.394
20.693	1.598	20.558	1.834	20.529	2.593
21.535	1.837	21.555	2.087	21.258	2.736
22.575	2.159	22.575	2.382	22.368	2.961
23.569	2.363	23.583	2.679	23.562	3.212
24.568	2.597	24.567	2.957	24.361	3.392
25.439	2.856	25.478	3.195	24.850	3.497
26.449	3.067	26.488	3.389	25.073	3.575
27.461	3.385	27.489	3.597	25.694	3.695
28.494	3.608	28.499	3.898	26.575	3.881
29.076	3.885	29.494	4.187	27.122	4.097
29.895	4.385	30.391	4.599	28.093	4.489
30.698	4.629	31.489	5.059	28.922	4.949
31.759	5.097	32.352	5.543	29.836	5.398
32.886	5.688	33.092	5.959	30.979	5.885

**TABLA 25 RESULTADO DE VIGAS ENSAYADA A LOS 14 DÍAS CON ACERO SIN GANCHO DE REFUERZO**

**Fuente: Egda. Irene Kruzkaya Cuji Siguenza**

## GRÁFICO 20.- ENSAYO A FLEXIÓN A LOS 14 DÍAS DE CURADO DEL HORMIGÓN + ACERO DE REFUERZO SIN GANCHO



Fuente: Egda. Irene Kruzka Cuji Siguenza

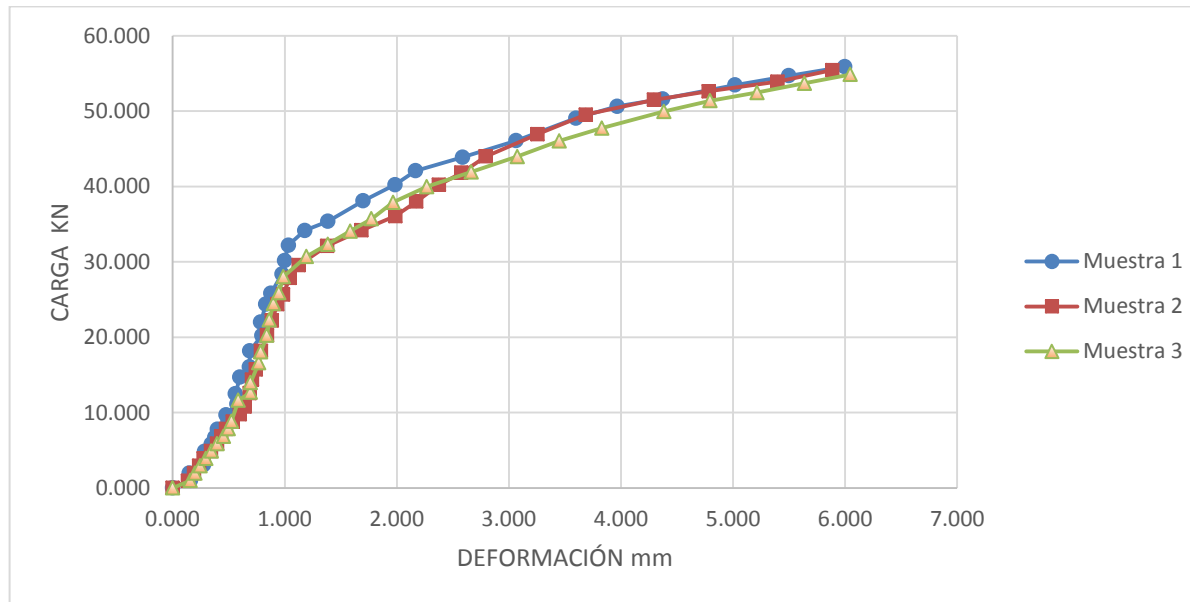
**Interpretación del Gráfico:** Finalizados los ensayos de flexión en las vigas a los 14 días de curado del hormigón con acero de refuerzo sin gancho, se puede decir que la carga máxima de las tres muestras es de 33.092 KN con una deformación de 5.959 mm, la carga que le sigue es de 32.886 KN con una deformación de 5.686 mm y la carga mínima es de 30.979 KN con una deformación de 5.885 mm.

<b>RESULTADO DE LAS VIGAS DE HORMIGÓN + ARMADURA DE ACERO SIN GANCHO</b>					
<b>EDAD</b>		<b>28 DÍAS DE CURADO</b>			
<b>LONGITUD: 750 mm</b>		<b>ANCHO : 150 mm</b>		<b>ALTURA: 150 mm</b>	
<b>MUESTRA N#1</b>		<b>MUESTRA N#2</b>		<b>MUESTRA N#3</b>	
<b>CARGA KN</b>	<b>DEFORMACIÓN mm</b>	<b>CARGA KN</b>	<b>DEFORMACIÓN mm</b>	<b>CARGA KN</b>	<b>DEFORMACIÓN mm</b>
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.976	0.159	0.975	0.138	0.989	0.157
1.990	0.149	1.970	0.192	1.969	0.199
3.089	0.277	2.948	0.237	2.947	0.246
4.863	0.286	3.944	0.278	3.932	0.296
5.835	0.346	4.893	0.342	4.906	0.346
6.717	0.378	5.878	0.396	5.881	0.398
7.795	0.399	6.847	0.434	6.867	0.454
8.776	0.495	7.832	0.478	7.865	0.497
9.707	0.478	8.802	0.538	8.830	0.525
11.150	0.573	9.775	0.599	11.637	0.587
12.503	0.561	10.797	0.642	12.707	0.695
14.699	0.599	12.602	0.689	13.988	0.695
16.050	0.685	14.356	0.71	16.636	0.769
18.195	0.689	15.745	0.744	18.048	0.786
20.240	0.796	18.173	0.789	20.260	0.84
21.999	0.786	20.260	0.842	22.325	0.864
24.378	0.831	22.212	0.885	24.457	0.899
25.821	0.877	24.380	0.935	25.900	0.948
28.395	0.977	25.670	0.985	28.059	0.989
30.163	0.999	27.887	1.047	30.717	1.195
32.211	1.034	29.566	1.125	32.329	1.385
34.157	1.179	32.116	1.379	34.078	1.585
35.381	1.385	34.178	1.684	35.705	1.775
38.088	1.699	36.075	1.987	37.895	1.968
40.243	1.984	38.001	2.174	39.969	2.268
42.072	2.167	40.212	2.375	41.924	2.665
43.889	2.588	41.825	2.577	43.968	3.076
46.075	3.064	43.984	2.794	46.042	3.451
49.067	3.599	46.934	3.257	47.759	3.831
50.641	3.968	49.533	3.687	49.948	4.385
51.613	4.373	51.510	4.296	51.385	4.796
53.456	5.018	52.622	4.785	52.454	5.215
54.689	5.499	53.899	5.399	53.689	5.638
55.898	5.999	55.438	5.886	54.858	6.046

**TABLA 26 RESULTADO DE VIGAS ENSAYADA A LOS 28 DÍAS CON ACERO SIN GANCHO DE REFUERZO**

**Fuente: Egda. Irene Kruzkaya Cuji Siguenza**

## GRÁFICO 21.- ENSAYO A FLEXIÓN A LOS 28 DÍAS DE CURADO DEL HORMIGÓN + ACERO DE REFUERZO SIN GANCHO



**Fuente: Egda. Irene Kruzka Cuji Siguenza**

**Interpretación del Gráfico:** Finalizados los ensayos de flexión en las vigas a los 28 días de curado del hormigón con acero de refuerzo sin gancho, se puede decir que la carga máxima de las tres muestras es de 55.898 KN con una deformación de 5.999 mm, la carga que le sigue es de 54.438 KN con una deformación de 5.886 mm y la carga mínima es de 54.858 KN con una deformación de 6.046 mm.

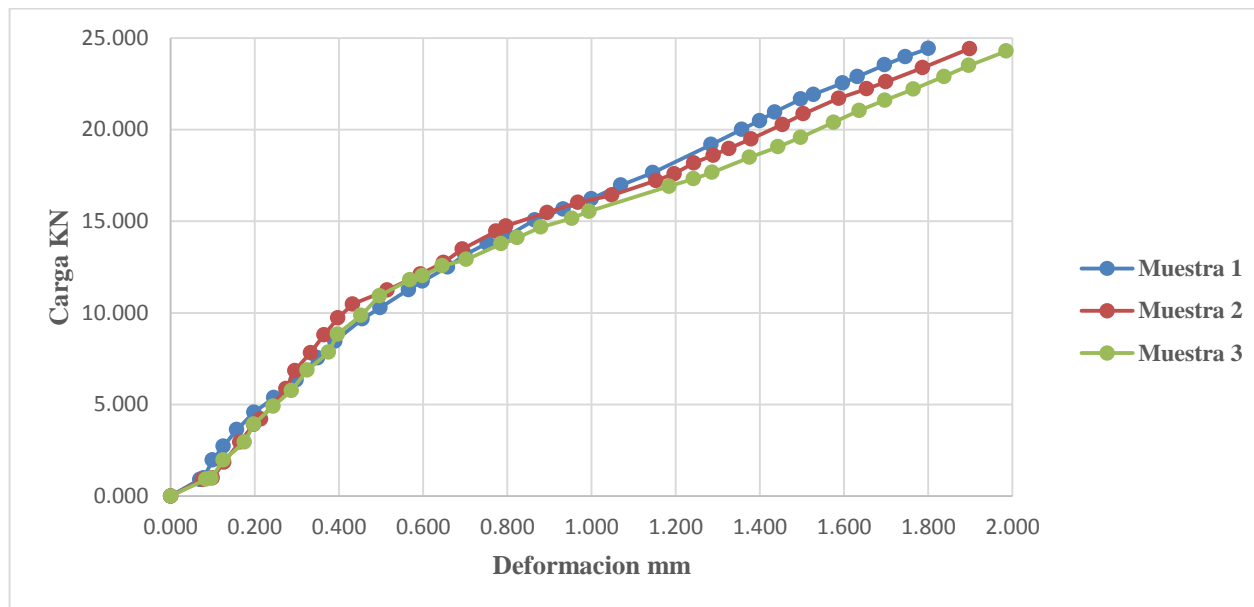


RESULTADO DE LAS VIGAS DE HORMIGÓN + ARMADURA DE ACERO CON GANCHO					
EDAD		7 DÍAS DE CURADO			
LONGITUD: 750 mm		ANCHO : 150 mm		ALTURA: 150 mm	
MUESTRA N#1		MUESTRA N#		MUESTRA N#3	
CARGA KN	DEFORMACIÓN mm	CARGA KN	DEFORMACIÓN mm	CARGA KN	DEFORMACIÓN mm
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.908	0.069	0.897	0.075	0.920	0.084
0.989	0.078	0.987	0.099	0.984	0.096
1.969	0.099	1.840	0.126	1.962	0.125
2.725	0.125	2.948	0.164	2.948	0.175
3.625	0.157	3.912	0.197	3.928	0.197
4.579	0.198	4.211	0.214	4.896	0.243
5.369	0.245	5.866	0.274	5.763	0.287
6.343	0.298	6.851	0.295	6.874	0.324
7.541	0.349	7.821	0.332	7.853	0.375
8.451	0.390	8.795	0.364	8.836	0.396
9.668	0.455	9.718	0.397	9.855	0.452
10.281	0.497	10.481	0.432	10.934	0.496
11.267	0.565	11.238	0.514	11.805	0.568
11.729	0.598	12.110	0.593	12.025	0.598
12.502	0.658	12.745	0.648	12.570	0.645
13.178	0.699	13.481	0.693	12.913	0.702
13.798	0.752	14.452	0.773	13.767	0.785
14.190	0.799	14.738	0.796	14.100	0.823
15.072	0.865	15.471	0.894	14.680	0.879
15.668	0.932	16.024	0.967	15.160	0.953
16.223	0.999	16.426	1.048	15.543	0.994
16.965	1.069	17.220	1.153	16.904	1.184
17.645	1.145	17.584	1.196	17.316	1.242
19.182	1.284	18.180	1.243	17.667	1.286
20.015	1.357	18.600	1.289	18.483	1.375
20.486	1.399	18.962	1.326	19.061	1.443
20.956	1.435	19.492	1.379	19.580	1.497
21.663	1.497	20.275	1.453	20.394	1.575
21.916	1.527	20.859	1.503	21.044	1.636
22.535	1.596	21.709	1.587	21.602	1.697
22.888	1.631	22.219	1.653	22.202	1.764
23.536	1.696	22.603	1.699	22.897	1.837
23.976	1.745	23.378	1.786	23.494	1.896
24.423	1.800	24.415	1.898	24.281	1.985

**TABLA 27 RESULTADO DE VIGAS ENSAYADA A LOS 7 DÍAS CON ACERO CON GANCHO DE REFUERZO**

**Fuente: Egda. Irene Kruzkaya Cuji Siguenza.**

**GRÁFICO 22.- ENSAYO A FLEXIÓN A LOS 7 DÍAS DE CURADO DEL HORMIGÓN+ ACERO DE REFUERZO CON GANCHO.**



**Fuente:** Egda. Irene Kruzka Cuji Siguenza.

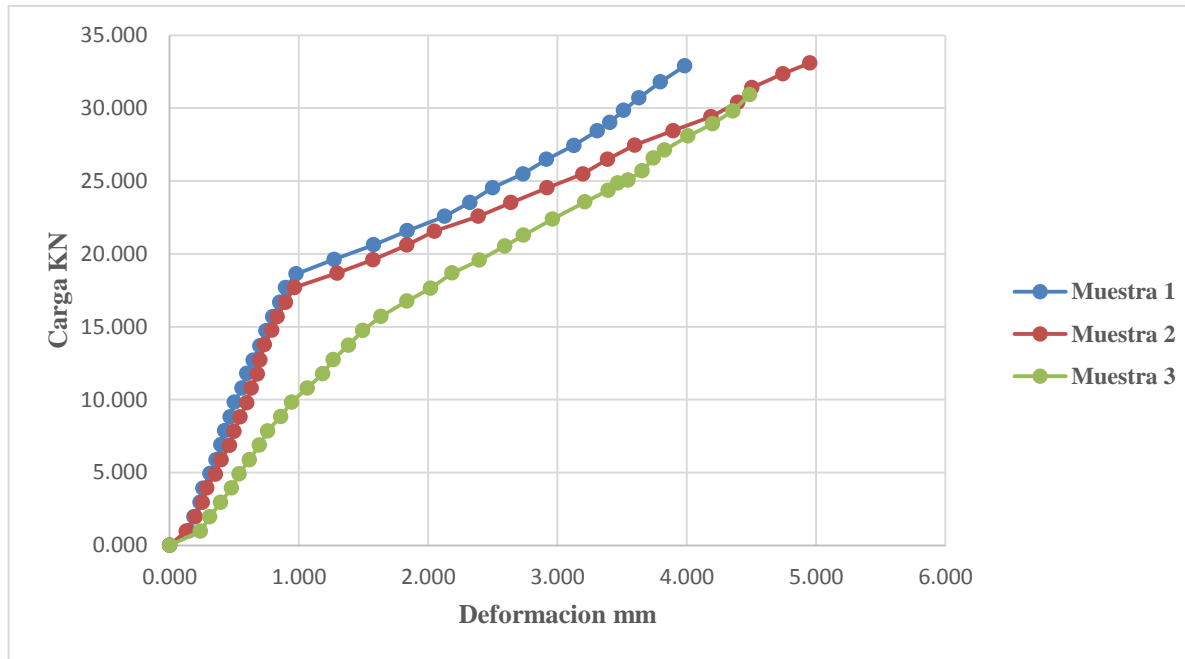
**Interpretación del Gráfico:** Finalizados los ensayos de flexión en las vigas a los 7 días de curado del hormigón con acero de refuerzo, se puede decir que la carga máxima de las tres muestras es de 24.980 KN con una deformación de 1.805 mm, la carga que le sigue es de 28.123 KN con una deformación de 1.956 mm y la carga mínima es de 27.900 KN con una deformación de 1.920 mm.

<b>RESULTADO DE LAS VIGAS DE HORMIGÓN + ARMADURA DE ACERO CON GANCHO</b>					
<b>EDAD</b>		<b>14 DÍAS DE CURADO</b>			
<b>LONGITUD: 750 mm</b>		<b>ANCHO : 150 mm</b>		<b>ALTURA: 150 mm</b>	
<b>MUESTRA N#1</b>		<b>MUESTRA N#2</b>		<b>MUESTRA N#3</b>	
<b>CARGA KN</b>	<b>DEFORMACIÓN mm</b>	<b>CARGA KN</b>	<b>DEFORMACIÓN mm</b>	<b>CARGA KN</b>	<b>DEFORMACIÓN mm</b>
0.000	0.000	0.000	0.000	0.00	0.000
0.986	0.149	0.975	0.128	0.98	0.238
1.966	0.189	1.970	0.197	1.96	0.310
2.944	0.234	2.948	0.253	2.94	0.394
3.907	0.257	3.944	0.287	3.93	0.478
4.922	0.312	4.893	0.353	4.91	0.538
5.866	0.359	5.878	0.398	5.88	0.616
6.898	0.395	6.847	0.464	6.87	0.694
7.873	0.427	7.832	0.498	7.86	0.758
8.820	0.468	8.802	0.545	8.83	0.858
9.817	0.501	9.775	0.596	9.82	0.943
10.787	0.559	10.797	0.632	10.80	1.064
11.807	0.597	11.758	0.679	11.77	1.184
12.700	0.645	12.719	0.699	12.75	1.264
13.690	0.697	13.769	0.734	13.74	1.384
14.710	0.746	14.769	0.789	14.74	1.493
15.681	0.797	15.691	0.832	15.71	1.634
16.662	0.852	16.681	0.895	16.75	1.834
17.691	0.897	17.691	0.965	17.63	2.017
18.623	0.978	18.672	1.294	18.68	2.184
19.613	1.272	19.594	1.573	19.56	2.394
20.614	1.578	20.594	1.834	20.55	2.593
21.585	1.837	21.555	2.047	21.28	2.736
22.575	2.126	22.575	2.386	22.39	2.961
23.526	2.321	23.516	2.639	23.56	3.212
24.536	2.497	24.527	2.918	24.36	3.392
25.478	2.732	25.478	3.195	24.85	3.467
26.478	2.914	26.488	3.387	25.07	3.545
27.439	3.126	27.459	3.597	25.69	3.655
28.449	3.308	28.449	3.894	26.57	3.741
29.018	3.403	29.410	4.187	27.12	3.827
29.842	3.510	30.391	4.394	28.09	4.009
30.695	3.629	31.401	4.503	28.92	4.198
31.793	3.796	32.352	4.743	29.80	4.358
32.891	3.983	33.086	4.951	30.93	4.485

**TABLA 28 RESULTADO DE VIGAS ENSAYADA A LOS 14 DÍAS CON ACERO CON GANCHO DE REFUERZO**

**Fuente: Egda. Irene Kruzkaya Cuji Siguenza.**

**GRÁFICO 23.- ENSAYO A FLEXIÓN A LOS 14 DÍAS DE CURADO DEL HORMIGÓN + ACERO DE REFUERZO CON GANCHO.**



**Fuente:** Egda. Irene Kruzka Cuji Siguenza.

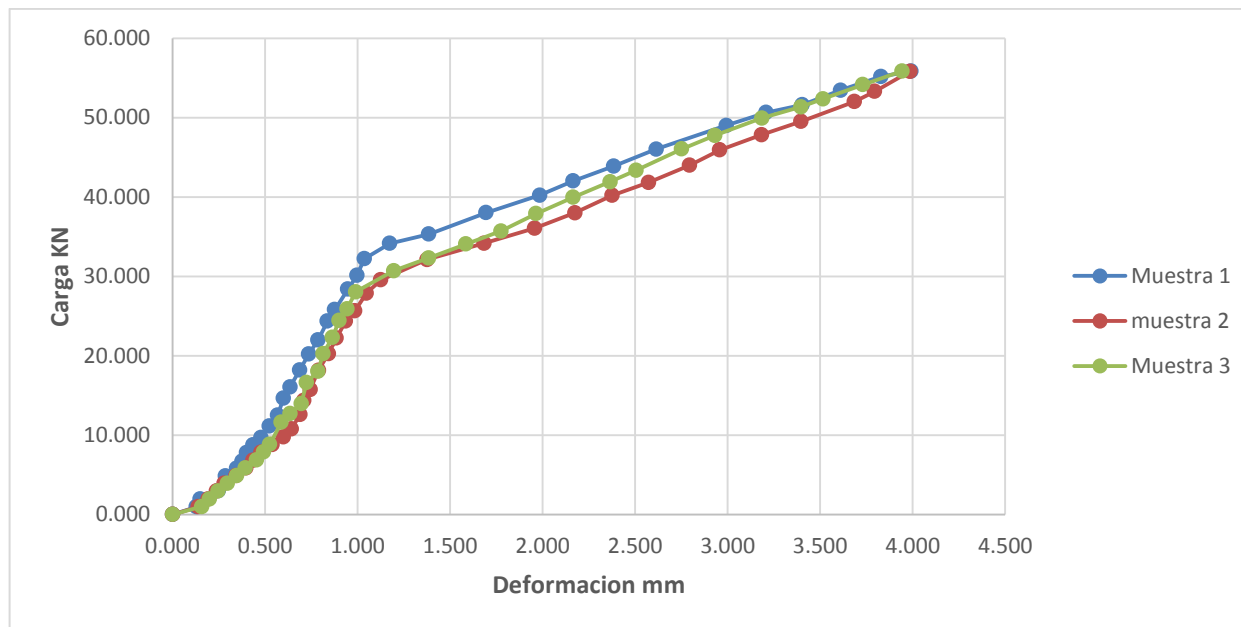
**Interpretación del Gráfico:** Finalizados los ensayos de flexión en las vigas a los 14 días de curado del hormigón con acero refuerzo, se puede decir que la carga máxima de las tres muestras es de 34.880 KN con una deformación de 5.005 mm, la carga que le sigue es de 34.123 KN con una deformación de 3.956 mm y la carga mínima es de 32.200 KN con una deformación de 4.520 mm.

<b>RESULTADO DE LAS VIGAS DE HORMIGÓN + ARMADURA DE ACERO CON GANCHO</b>					
<b>EDAD</b>		<b>28 DÍAS DE CURADO</b>			
<b>LONGITUD:</b>	<b>750 mm</b>	<b>ANCHO :</b>	<b>150 mm</b>	<b>ALTURA:</b>	<b>150 mm</b>
<b>MUESTRA N#1</b>		<b>MUESTRA N#2</b>		<b>MUESTRA N#3</b>	
<b>CARGA</b>	<b>DEFORMACIÓN</b>	<b>CARGA</b>	<b>DEFORMACIÓN</b>	<b>CARGA</b>	<b>DEFORMACIÓN</b>
<b>KN</b>	<b>mm</b>	<b>KN</b>	<b>mm</b>	<b>KN</b>	<b>mm</b>
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.986	0.129	0.975	0.138	0.989	0.157
1.970	0.149	1.970	0.192	1.969	0.199
3.019	0.247	2.948	0.237	2.948	0.246
4.863	0.286	3.944	0.278	3.932	0.296
5.835	0.346	4.893	0.342	4.906	0.346
6.717	0.375	5.878	0.396	5.881	0.393
7.795	0.399	6.847	0.434	6.867	0.454
8.776	0.435	7.832	0.478	7.865	0.491
9.707	0.478	8.802	0.538	8.830	0.525
11.150	0.523	9.775	0.599	11.631	0.587
12.503	0.567	10.797	0.642	12.707	0.635
14.659	0.599	12.602	0.689	13.988	0.695
16.080	0.635	14.356	0.710	16.636	0.724
18.181	0.687	15.745	0.744	18.042	0.786
20.220	0.736	18.173	0.789	20.260	0.813
21.994	0.786	20.260	0.842	22.305	0.864
24.368	0.836	22.212	0.885	24.457	0.899
25.811	0.876	24.380	0.935	25.900	0.943
28.382	0.947	25.670	0.985	28.056	0.989
30.121	0.996	27.887	1.047	30.711	1.195
32.211	1.036	29.566	1.125	32.329	1.385
34.150	1.174	32.116	1.375	34.078	1.585
35.331	1.385	34.178	1.684	35.705	1.775
38.018	1.694	36.075	1.957	37.895	1.964
40.213	1.984	38.001	2.174	39.959	2.164
42.012	2.164	40.212	2.375	41.924	2.365
43.884	2.385	41.825	2.573	43.360	2.506
46.021	2.614	43.984	2.794	46.042	2.751
49.017	2.993	45.934	2.957	47.756	2.931
50.641	3.208	47.833	3.184	49.948	3.185
51.613	3.403	49.510	3.396	51.353	3.396
53.456	3.610	52.022	3.685	52.354	3.515
55.182	3.829	53.299	3.795	54.149	3.731
55.847	3.992	55.830	3.986	55.858	3.943

**TABLA 29 RESULTADO DE VIGAS ENSAYADA A LOS 28 DÍAS CON ACERO CON GANCHO DE REFUERZO**

**Fuente: Egda. Irene Kruzkaya Cuji Siguenza.**

**GRÁFICO 24.- ENSAYO A FLEXIÓN A LOS 28 DÍAS DE CURADO DEL HORMIGÓN + ACERO DE REFUERZO CON GANCHO.**



**Fuente: Egda. Irene Kruzka Cuji Siguenza.**

**Interpretación del Gráfico:** Finalizados los ensayos de flexión en las vigas a los 28 días de curado del hormigón con acero refuerzo, se puede decir que la carga máxima de las tres muestras es de 56.980 KN con una deformación de 4.005 mm, la carga que le sigue es de 56.853 KN con una deformación de 3.856 mm y la carga mínima es de 56.800 KN con una deformación de 3.800 mm.

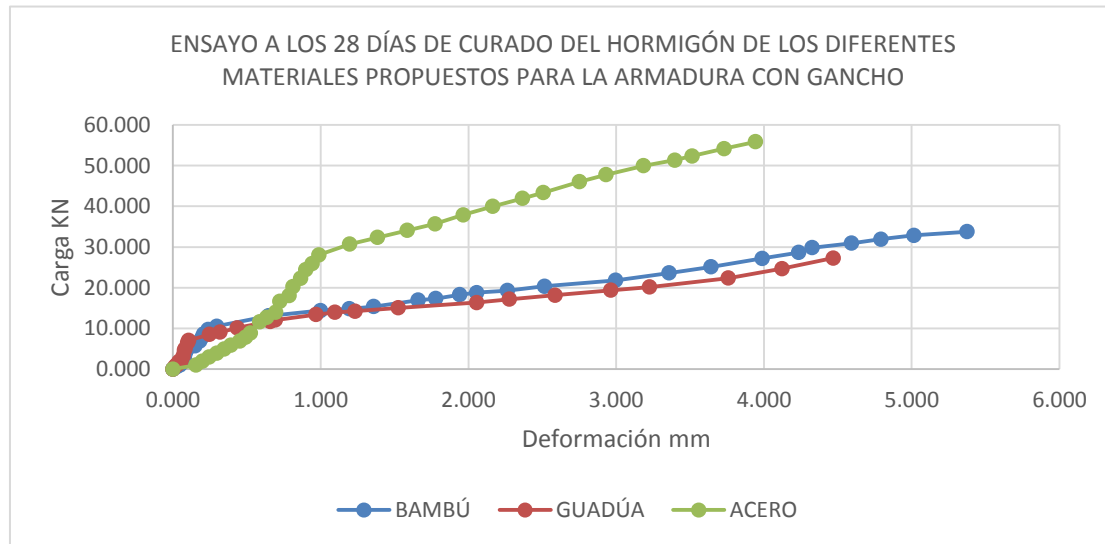
## 4.2 Verificación de Hipótesis

RESULTADO DE LAS VIGAS DE HORMIGÓN + ARMADURAS PROPUESTAS					
EDAD		28 DÍAS DE CURADO			
LONGITUD:	750 mm	ANCHO :	150 mm	ALTURA:	150 mm
MUESTRA N#1 Guadúa		MUESTRA N#2 Bambú		MUESTRA N#3 Acero	
CARGA KN	DEFORMACIÓN mm	CARGA KN	DEFORMACIÓN mm	CARGA KN	DEFORMACIÓN mm
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.523	0.021	0.655	0.015	0.989	0.157
0.828	0.032	0.959	0.024	1.969	0.199
0.999	0.047	1.183	0.033	2.948	0.246
1.236	0.051	1.819	0.041	3.932	0.296
1.826	0.062	2.050	0.056	4.906	0.346
2.928	0.078	3.229	0.069	5.881	0.393
3.969	0.085	4.569	0.078	6.867	0.454
4.823	0.096	5.008	0.082	7.865	0.491
5.736	0.150	6.524	0.099	8.830	0.525
6.923	0.182	7.048	0.107	11.631	0.587
7.945	0.199	8.530	0.248	12.707	0.635
8.620	0.208	9.052	0.319	13.988	0.695
9.725	0.239	10.123	0.436	16.636	0.724
10.523	0.296	11.693	0.658	18.042	0.786
13.069	0.649	12.072	0.693	20.260	0.813
14.362	0.998	13.389	0.968	22.305	0.864
14.796	1.193	13.938	1.096	24.457	0.899
15.369	1.358	14.212	1.232	25.900	0.943
16.932	1.659	15.030	1.526	28.056	0.989
17.345	1.778	16.359	2.055	30.711	1.195
18.262	1.941	17.169	2.278	32.329	1.385
18.763	2.056	18.152	2.587	34.078	1.585
19.286	2.263	19.369	2.963	35.705	1.775
20.360	2.516	20.157	3.225	37.895	1.964
21.823	2.996	22.369	3.759	39.959	2.164
23.632	3.358	24.693	4.124	41.924	2.365
25.125	3.641	27.269	4.469	43.360	2.506
27.215	3.989			46.042	2.751
28.635	4.236			47.756	2.931
29.847	4.326			49.948	3.185
30.927	4.593			51.353	3.396
31.932	4.791			52.354	3.515
32.854	5.015			54.149	3.731
33.759	5.375			55.858	3.943

TABLA 29 ENSAYO DE VIGAS A FLEXIÓN CON ARMADURAS PROPUESTAS

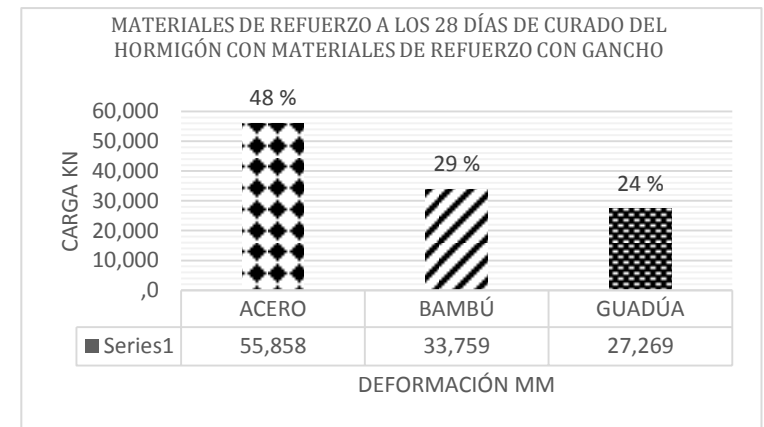
Fuente: Egda. Irene Kruzkaya Cuji Siguenza.

**GRÁFICO 25.- RESULTADO DE ENSAYOS A LOS 28 DÍAS DE CURADO DEL HORMIGÓN DE LOS DIFERENTES MATERIALES PROPUESTOS CON GANCHO**



Fuente: Egda. Kruzka Irene Cuji Siguenza.

MATERIAL DE REFUERZO CON GANCHO	CARGA KN	DEFORMACIÓN mm
ACERO	56.980	4.005
BAMBÚ	28.635	3.303
GUADÚA	33.759	5.375

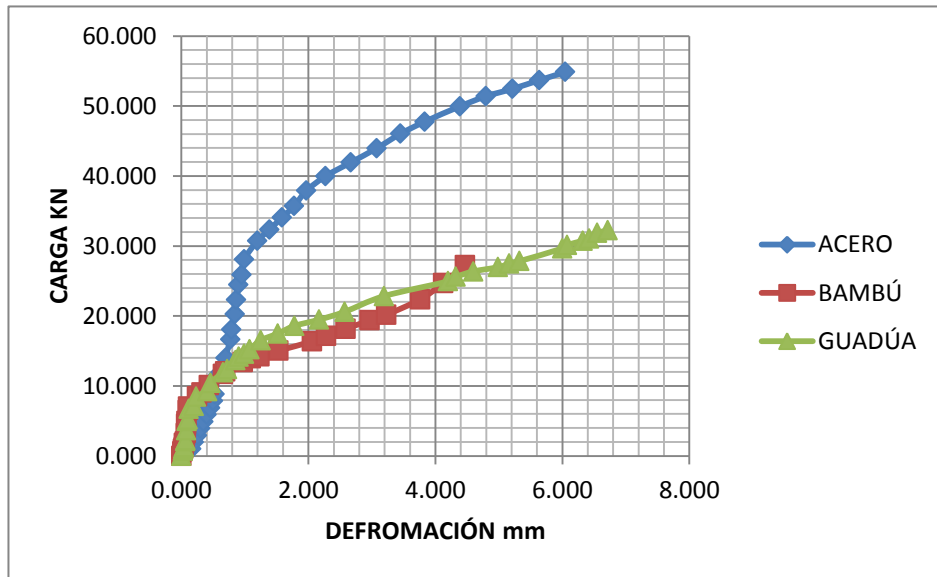


**Interpretación del Gráfico:** Finalizados los ensayos de flexión en las vigas a los 28 días de curado del hormigón con acero, bambú y guadúa de refuerzo sin gancho, se puede decir que la armadura que posee más carga es el acero con una carga máxima de 55.858 KN con una deformación de 3.943 mm, el bambú posee una carga de 33.759 KN con una deformación de 5.375 mm y la guadúa posee una carga de 27.269 KN con una deformación de 4.469 mm.



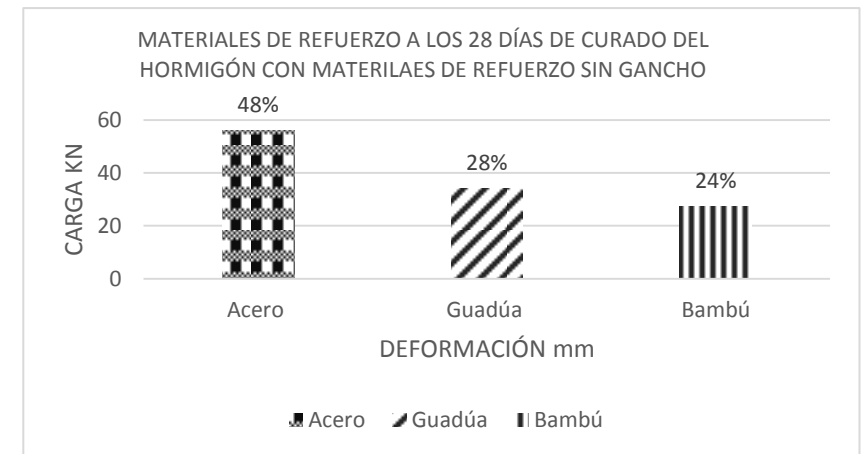
**GRÁFICO 26.- RESULTADO DE ENSAYOS A LOS 28 DÍAS DE CURADO DEL HORMIGÓN DE LOS DIFERENTES MATERIALES PROPUESTOS SIN GANCHO**

1



Fuente: Egda. Kruzkaya Irene Cuji Siguenza.

MATERIALES DE REFUERZO SIN GANCHO	CARGA KN	DEFORMACIÓN mm
Acero	55.858	5.999
Guadúa	32.253	6.715
Bambú	27.269	4.469

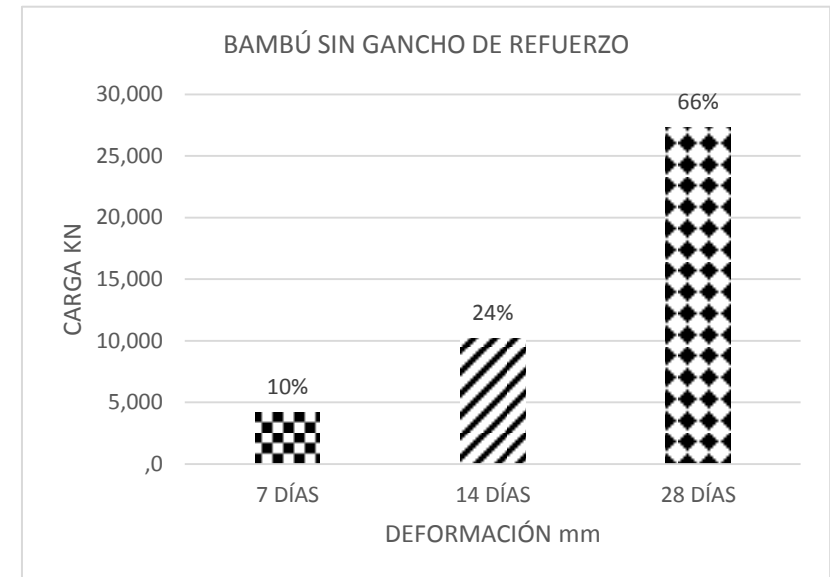


**Interpretación del Gráfico:** Finalizados los ensayos de flexión en las vigas a los 28 días de curado del hormigón con acero, bambú y guadúa de refuerzo sin gancho, se puede decir que la armadura que posee más carga es el acero con una carga máxima de 55.858 KN con una deformación de 5.999 mm, el bambú posee una carga de 32.253 KN con una deformación de 6.715 mm y la guadúa posee una carga de 27.269 KN con una deformación de 4.469 mm.

**GRÁFICO 27.- RESULTADO DE ENSAYOS A LOS 7, 14, 28 DÍAS DE CURADO DEL HORMIGÓN CON BAMBÚ SIN GANCHO DE REFUERZO**

<b>BAMBÚ SIN GANCHO DE REFUERZO</b>		
<b>DÍAS DE CURADO DEL HORMIGÓN</b>	<b>CARGA KN</b>	<b>DEFORMACIÓN mm</b>
7 DÍAS	4.150	1.566
14 DÍAS	10.178	1.101
28 DÍAS	27.269	4.469

**Fuente: Egda. Kruzkaya Irene Cuji Siguenza.**

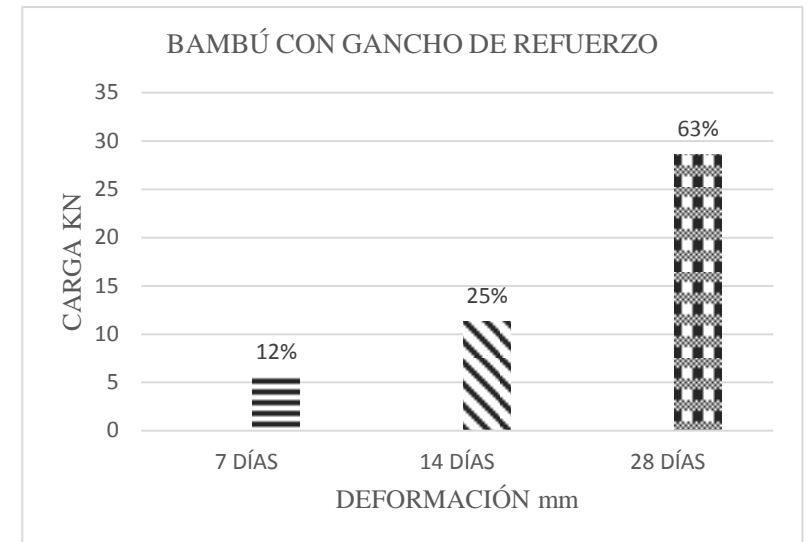


**Interpretación del Gráfico:** Finalizados los ensayos de flexión en las vigas a los 7, 14, 28 días de curado del hormigón con armadura de Bambú sin gancho, se puede decir que la carga que presenta a los 28 días es de 27.269 KN con una deformación de 4.469 mm, la carga a los 14 días es de 10.178 KN con una deformación de 1.101 mm y la carga a los 7 días es de 4.150 KN con una deformación de 1.566 mm.

**GRÁFICO 28.- RESULTADO DE ENSAYOS A LOS 7, 14, 28 DÍAS DE CURADO DEL HORMIGÓN CON BAMBÚ CON GANCHO DE REFUERZO**

<b>BAMBÚ CON GANCHO DE REFUERZO</b>		
<b>DÍAS DE CUARDO DEL HORMIGON</b>	<b>CARGA KN</b>	<b>DEFORMACIÓN mm</b>
7 DÍAS	5,464	0,941
14 DÍAS	11,297	1,727
28 DÍAS	28,635	3,303

**Fuente: Egda. Kruzkaya Irene Cuji Siguenza.**

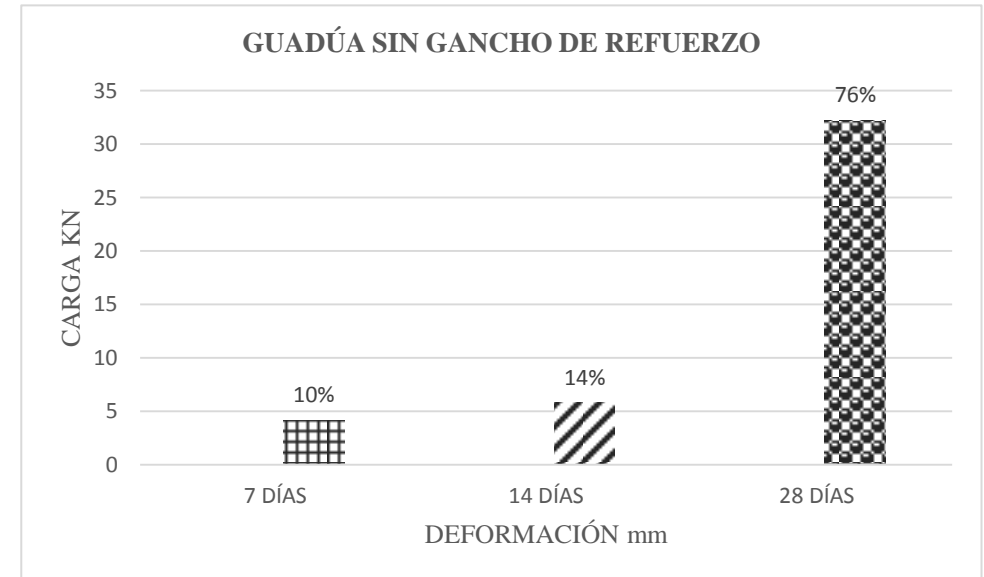


**Interpretación del Gráfico:** Finalizados los ensayos de flexión en las vigas a los 7, 14, 28 días de curado del hormigón con armadura de Bambú con gancho de refuerzo, se puede decir que la carga a los 28 días es de 28.635 KN con una deformación de 3.303 mm, la carga a los 14 días es de 11.297 KN con una deformación de 1.727 mm y la carga a los 7 días es de 5.464 KN con una deformación de 0.941 mm.

**GRÁFICO 29.- RESULTADO DE ENSAYOS A LOS 7, 14, 28 DÍAS DE CURADO DEL HORMIGÓN CON GUADÚA SIN GANCHO DE REFUERZO**

GUADÚA SIN GANCHO DE REFUERZO		
DÍAS DE CUARDO DEL HORMIGON	CARGA KN	DEFORMACIÓN mm
7 DÍAS	4,150	1,566
14 DÍAS	5,798	1,214
28 DÍAS	32,253	6,715

Fuente: Egda. Kruzkaya Irene Cuji Siguenza.

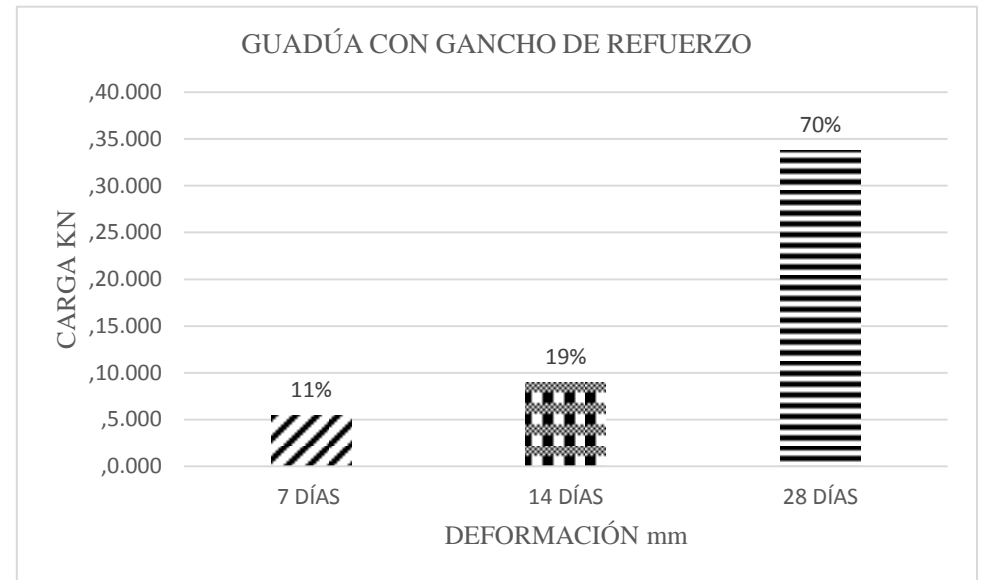


**Interpretación del Gráfico:** Finalizados los ensayos de flexión en las vigas a los 7, 14, 28 días de curado del hormigón con armadura de guadúa sin gancho de refuerzo, se puede decir que la carga máxima a los 28 días es de 32.253 KN con una deformación de 6.715 mm, la carga a los 14 días es de 5.798 KN con una deformación de 1.214 mm y la carga a los 7 días es de 4.150 KN con una deformación de 1.566 mm.

**GRÁFICO 30.- RESULTADO DE ENSAYOS A LOS 7, 14, 28 DÍAS DE CURADO DEL HORMIGÓN CON GUADÚA CON GANCHO DE REFUERZO**

<b>GUADÚA CON GANCHO DE REFUERZO</b>		
<b>DIAS DE CUARDO DEL HORMIGON</b>	<b>CARGA KN</b>	<b>DEFORMACIÓN mm</b>
<b>7 DÍAS</b>	5,464	0,941
<b>14 DÍAS</b>	8,958	2,497
<b>28 DÍAS</b>	33,759	5,375

**Fuente: Egda. Kruzkaya Irene Cuji Siguenza.**

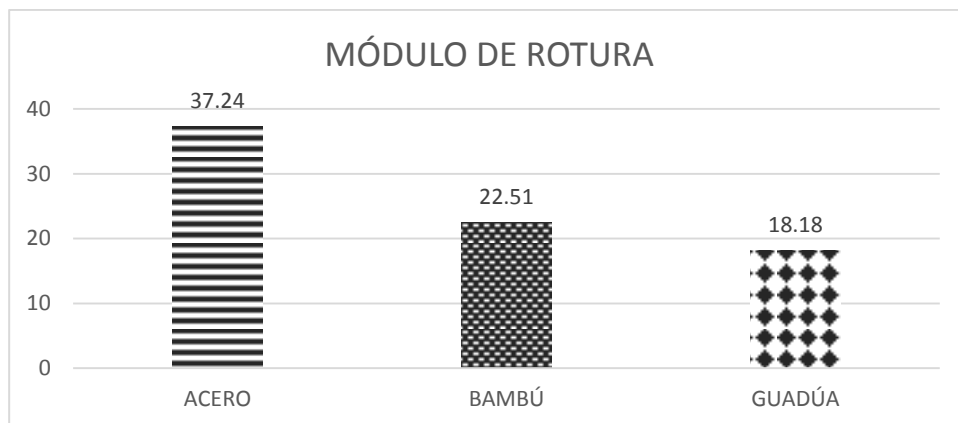


**Interpretación del Gráfico:** Finalizados los ensayos de flexión en las vigas a los 7, 14, 28 días de curado del hormigón con guadúa con gancho de refuerzo, se puede decir que la carga máxima a los 28 días de curado es de 33.759 KN con una deformación de 5.375 mm, la carga de 14 días es de 8.958 KN con una deformación de 2.497 mm y la carga a los 7 días es de 5.464 KN con una deformación de 0.941 mm.

**GRÁFICO 31.- RESULTADO DE ENSAYOS DEL MÓDULO DE ROTURA DEL ACERO, BAMBÚ Y GUADÚA DE REFUERZO A LOS 28 DÍAS DE CURADO**

DATOS		$Mr: \frac{3Pa}{bd^2}$ $Mr: \frac{3Pl}{bd^2}$
EDAD	14 DÍAS	
LONGITUD	750 mm	
ANCHO	150 mm	
ALTURA	150 mm	
VOLUMEN	16875000	
DISTANCIA ENTRE APOYOS	450 mm <sup>2</sup>	
MATERIALES DE REFUERZO	CARGA (N)	MÓDULO DE ROTURA (Mpa)
ACERO	55858	37.24
BAMBÚ	33759	22.51
GUADÚA	27269	18.18

Fuente: Egda. Kruzkaya Irene Cuji Siguenza.



**Interpretación del Gráfico:** El módulo de rotura a los 28 días de curad del acero posee una carga de 55858 N con un módulo de rotura de 37.24 MPa, el bambú con una carga de 33759 N con un módulo de rotura 22.51 MPa y de la guadúa tiene una carga de 27269 N con un módulo de rotura de 18.18 MPa.

	<p><b>VIGAS A FLEXIÓN CON ACERO SIN GANCHO DE REFUERZO</b></p> <p>Se produce el fisuramiento a <math>315^\circ</math> la fractura en la superficie de tracción dentro del tercio medio de la luz libre.</p>
	<p><b>VIGAS A FLEXIÓN CON ACERO CON GANCHO DE REFUERZO</b></p> <p>Se produce la fractura en la superficie de tracción dentro del tercio medio de la viga. Se produce la fisura por combinación de flector y cortante.</p>
	<p><b>VIGAS A FLEXIÓN CON GUADÚA SIN GANCHO DE REFUERZO</b></p> <p>Se produce la fractura en la superficie de tracción dentro del tercio medio de la viga y la fractura es considerada explosiva.</p>
	<p><b>VIGAS A FLEXIÓN CON GUADÚA CON GANCHO DE REFUERZO</b></p> <p>La rotura se da en el tercio medio, se produce un intermedio producido por la fisura a flexión.</p>

	<p><b>VIGAS A FLEXIÓN CON BAMBÚ SIN GANCHO DE REFUERZO</b></p> <p>Se produce la fractura en la superficie de tracción dentro del tercio medio de la luz libre.</p>
	<p><b>VIGAS A FLEXIÓN CON BAMBÚ CON GANCHO DE REFUERZO</b></p> <p>Se produce el fisuramiento a 315° por la, por la colocación del reforzamiento disminuye la fisuración y aparece el agrietamiento del hormigón</p>

TABLA 30 ANEXO FOTOGRÁFICO DE VIGAS A FLEXIÓN CON ARMADURAS PROPUESTAS

Fuente: Egda. Kruzkaya Irene Cuji Siguenza.



## Cálculo del Momento Confiable de la Viga (Acero de Refuerzo)

Área del acero=2 Φ 10 mm= 0.785cm<sup>2</sup> para los estribos.

Área del acero=2 Φ 12 mm=1.13 cm<sup>2</sup> para el refuerzo longitudinal.

- **Momento Ideal**

$$C=T$$

$$0.85f'c*a*b=As*fy$$

$$a = \frac{As*fy}{0.85f'c*b}$$

$$a = \frac{1.13 \text{ cm}^2 * 4200 \text{ kg/cm}^2}{0.85 * 240 \text{ kg/cm}^2 * 15 \text{ cm}}$$

$$\mathbf{a=1.55 \text{ cm}}$$

- **Momento Calculado**

$$M_o = C d - \frac{a}{2}$$

$$M_o = 0.85 * f'c * a * b * \left[ d - \frac{a}{2} \right]$$

$$M_o = 0.85 * 240 \text{ kg/cm}^2 * 1.55 \text{ cm} * 15 \text{ cm} * \left[ 13.5 \text{ cm} - \frac{1.55 \text{ cm}}{2} \right]$$

$$M_o = 60354.68 \text{ cm-Kg}$$

$$M_o = 0.60 \text{ m-Tn}$$

$$\mathbf{M_o=6.04 \text{ m-KN}}$$

- **Momento Confiable**

$$M_u = \Phi M_o$$

$$M_u = 0.9 * 6.04 \text{ m-KN}$$

$$\mathbf{M_u=5.44 \text{ m-KN}}$$

- **Tipo de Falla**

$$B1 = 1.05 - \frac{f'c}{1400}$$

$$B1 = 1.05 - \frac{240}{1400}$$

$$\mathbf{B1=0.878}$$

- **Distancia de la fibra más comprimida al eje neutro**

$$c = \frac{a}{B1}$$

$$c = \frac{1.55}{0.878}$$

$$\mathbf{c=1.765 \text{ cm}}$$

- **Esfuerzo Deformación**

$$Es = \frac{Ec(d-c)}{c}$$

$$Es = \frac{0.003(12-1.765)}{1.765}$$

$$Es = 0.0173$$

$$Fy = Es * EY$$

$$Ey = fy / Es$$

$$Ey = \frac{4200}{2.1 \times 10^6}$$

$$Ey = 0.002$$

**Es > Ey Es un falla dúctil**

- **Momento de Fisuración**

$$Mcr =$$

$$fr = 2 * 1 * \sqrt{240 \text{ kg/cm}^2}$$

$$fr = 30.98 \text{ kg/cm}^2$$

- **Inercia**

$$Ig = \frac{b * h^3}{12}$$

$$Ig = \frac{15 * 15^3}{12}$$

$$Ig = 4218.75 \text{ cm}^4$$

- **Distancia del Eje Neutro Fisurado**

$$Yt = h - c$$

$$Yt = 15 - 1.0 \text{ cm}$$

$$Yt = 14.0 \text{ cm}$$

$$Mcr = \frac{30.98 * 4218.75}{14.0 \text{ cm}}$$

$$Mcr = 9335.49 \text{ cm-Kg}$$

$$Mcr = 0.0933 \text{ m-Ton}$$

## CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 Conclusiones

- Se determinó que el método para curar las fibras vegetales y poder utilizarlas como material de reforzamiento, fue el método por inmersión, con la utilización de un perseverante conocido como MADEROL CONCENTRADO.<sup>[2]</sup>
- Para poder anclar el bambú en el proceso de reforzamiento, el corte más frecuente es la boca de pescado y se lo hace con la broca copa, la cual hay diferentes diámetros capaz de dejar un buen terminado en el variado grosor del Bambú, concordando con el proceso constructivo establecido en la Norma Construcción Colombiana.<sup>[9]</sup>
- Las piezas de bambú, deben ser cortadas de tal forma que quede un nudo entero en cada extremo o próximo a él, a una distancia máxima  $D= 6$  cm del nudo.<sup>[10]</sup>
- Se estableció mediante la presente investigación. que la guadúa y el bambú al ser utilizados como material de refuerzo no presentan una adecuada resistencia a la flexión, lo contrario al acero que presento una carga superior al 55 % de las otras fibras vegetales con gancho.
- Se determinó que el acero sin gancho posee mayor resistencia a la flexión con un 48% superior que el bambú con un 24% y la guadúa con un 28%.
- El ensayo a flexión determinó que las vigas reforzadas con guadúa a los 28 días de curado del hormigón presentan mayor resistencia que el bambú con un 29%.
- Se observó que la caña guadúa o bambú al no ser tratada se descompone dentro del hormigón, lo que ocasiona menos resistencia a la flexión y lo convierte en un material no apto.
- La guadúa o el bambú poseen mejor trabajabilidad en el proceso constructivo que el acero.
- Se concluye que el gancho en la fibra vegetal utilizada como reforzamiento le permite obtener adherencia dentro hormigón, incrementando la resistencia a flexión.

- En el ensayo de flexión, a los 28 días de curado del hormigón, la caña guadúa con gancho posee una carga de 27.269 KN con una deformación de 4.469 mm, el bambú con gancho una carga de 33.759 KN con una deformación de 5.375 mm y el acero con gancho una carga de 55.858 KN con una deformación de 3.943 mm, coincidiendo con la Norma Constructiva Peruana.<sup>[9]</sup>
- A los 28 días de curado del hormigón, la caña guadúa sin gancho posee una carga en el ensayo de flexión de 34.00 KN con una deformación de 6.805 mm, el bambú sin gancho una carga de 27.269 KN con una deformación de 4.469 mm y el acero sin gancho una carga de 55.898 KN con una deformación de 5.99 mm.
- El bambú con gancho de refuerzo posee una carga a los 14 días de curado del hormigón es de 11.297 KN con una deformación de 1.727 mm y la carga a los 7 días es de 5.464 KN con una deformación de 0.941 mm.
- El bambú sin gancho de refuerzo posee una carga a los 14 días de curado del hormigón es de 10.178 KN con una deformación de 1.101 mm y la carga a los 7 días es de 4.150 KN con una deformación de 1.566 mm.
- La carga de 14 días de curado del hormigón reforzada con caña de guadúa con gancho es de 8.958 KN con una deformación de 2.497 mm y la carga a los 7 días es de 5.464 KN con una deformación de 0.941 mm.
- La caña guadúa sin gancho de refuerzo posee una carga a los 14 días es de 5.798 KN con una deformación de 1.214 mm y la carga a los 7 días es de 4.150 KN con una deformación de 1.566 mm.
- El módulo de rotura a los 28 días de curado del hormigón, el acero posee una carga de 55858 N con un módulo de rotura de 37.24 MPa, el bambú con una carga de 33759 N con un módulo de rotura 22.51 MPa y de la guadúa tiene una carga de 27269 N con un módulo de rotura de 18.18 MPa.
- Se analizó que las vigas reforzadas con fibra vegetal y acero, tienen una fractura en la superficie de tracción dentro del tercio medio de la luz libre en el ensayo a flexión.

- Es substancial atenuar en las nuevas ventajas que representa utilizar la caña guadúa y bambú como reforzamiento al ser un material ligero no incrementa el peso en la estructura.

## **5.2 Recomendaciones**

- Se aconseja colocar maderol concentrado en la fibra vegetal por un lapso de 12 a 15 días y dejar al ambiente media hora antes de utilizarle como refuerzo, para evitar el deterioro del material dentro del hormigón.
- Se recomienda tener precaución al seleccionar el material de guadúa y bambú que se desea colocar como armadura y se debe considerar como principal factor su edad vegetativa porque al ser muy joven no arrojará los resultados deseados.
- Se debe realizar un buen curado de la guadúa y bambú para evitar el ataque de insectos u hongos que puedan dañarla.
- Se sugiere impulsar el desarrollo de investigaciones sobre la guadúa para obtener como país una norma constructiva, en donde tengamos datos en que basarnos el momento de construir una estructura con seguridad.
- Las piezas de bambú estructural no pueden presentar fisuras perimetrales en los nudos ni fisuras longitudinales a lo largo del eje neutro del elemento. En caso de tener elementos con fisuras, estas deben estar ubicadas en la fibra externa superior o en la fibra externa inferior. <sup>[11]</sup>
- Las piezas de bambú estructural no deben presentar perforaciones causadas por ataque de insectos xilófagos antes de ser utilizadas. <sup>[2]</sup>

## 1. Bibliografía

- [1] INEN 1578-ASTM C 143.
- [2] Norma Técnica del Bambú de Perú. Capítulo 9, PROCESO CONSTRUCTIVO.
- [3] ACI 318S, Capitulo 10, Flexión y Cargas Axiales.
- [4] ACI 318-05, Capítulo 9, Artículo 9.3.2.
- [5] Comportamiento Estructural en Obra Civil–Dr. Raúl Serrano (2001), Ediciones CEAC, Cuarta Edición, Barcelona
- [6] Norma Construcción Colombiana Proceso Constructivo.
- [7]Lina Jeanenette Mora Ramos (1992), “LATILLAS DE BAMBÚ Y CARRIZO COMO ELEMENTO RESISTENTE A LA TRACCIÓN EN COLUMNAS DE MATERIALES TRADICIONALES, ORIENTADO A LA BÚSQUEDA DE ALTERNATIVAS PARA LA CONTRUCCIÓN DE UNA VIVIENDA ECONÓMICA, Pág.92.
- [8]Karina Monteros Cueva (2007), “USOS ALTERNATIVOS DEL BAMBÚ PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS CONDICIONES DE HÁBITAT CON ENFÁSIS EN LA CAÑA GUADÚA”, Pág.58
- [9] Norma Técnica del Bambú de Perú. Capítulo 2, TIPOS DE CORTES DE PIEZAS DE BAMBÚ
- [10] Norma Técnica del Bambú de Perú. Capítulo 9, UNIONES PERPENDICULARES Y EN DIAGONAL.
- [11] Norma Técnica del Bambú de Perú. REQUISITOS DE RESISTENCIA PARA ELEMENTOS EN FLEXIÓN .Pág.9

## 2. Anexos

**GRÁFICO 32 Ensayos previos en el Laboratorio**



**Fuente: Egda. Irene Kruzkaya Cuji Siguenza.**

**GRÁFICO 33 Ensayos de granulometría**



**Fuente: Egda. Irene Kruzkaya Cuji Siguenza.**

**GRÁFICO 34 Pesos del material grueso en la balanza**



**Fuente: Egda. Irene Kruzkaya Cuji Siguenza.**

**GRÁFICO 35 Ensayos de Densidad Real del Ripio**



**Fuente: Egda. Irene Kruzkaya Cuji Siguenza.**

**GRÁFICO 36 Ensayos de Densidad Real de la Arena**



**Fuente: Egda. Irene Kruzkaya Cuji Siguenza.**

**GRÁFICO 37 Ensayos de Dosificación**



**Fuente: Egda. Irene Kruzkaya Cuji Siguenza.**



**GRÁFICO 38 Caña Guadúa y Bambú Cortada de la Mata**



**Fuente: Egda. Irene Kruzkaya Cuji Siguenza.**

**GRÁFICO 39 Tiras cortadas de Guadúa Colocadas el Plastificante**



**Fuente: Egda. Irene Kruzkaya Cuji Siguenza.**

**GRÁFICO 40 Tiras cortadas de Guadúa Curadas**



**Fuente: Egda. Irene Kruzkaya Cuji Siguenza.**

**GRÁFICO 41 Tiras cortadas de Bambú Colocadas el Plastificante “MADEROL CONCENTRADO”**



**Fuente: Egda. Irene Kruzkaya Cuji Siguenza.**

**GRÁFICO 42 Armado de Vigas con Acero, Bambú y Caña Guadúa**



**Fuente: Egda. Irene Kruzkaya Cuji Siguenza.**

**GRÁFICO 33 Encofrado de Vigas con Acero, Bambú y Caña Guadúa**



**Fuente: Egda. Irene Kruzkaya Cuji Siguenza.**

**GRÁFICO 44.-Encofrado para Vigas con Acero, Bambú y Caña Guadúa**



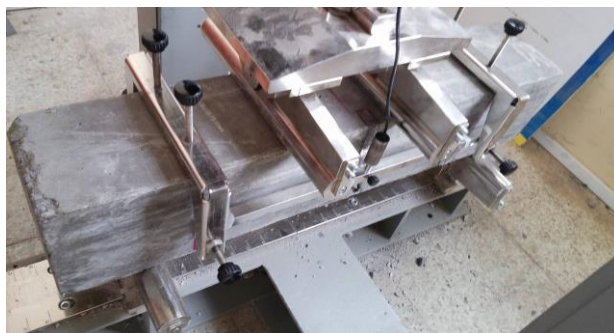
**Fuente: Egda. Irene Kruzkaya Cuji Siguenza.**

**GRÁFICO 45.-Desencofrado para Vigas con Acero, Bambú y Caña Guadúa**



**Fuente: Egda. Irene Kruzkaya Cuji Siguenza.**

**GRÁFICO 46.-Vigas en la Máquina para el Ensayo a Flexión**



**Fuente: Egda. Irene Kruzkaya Cuji Siguenza.**

**GRÁFICO 47.-Preparación de Vigas en la Máquina**



**Fuente: Egda. Irene Kruzkaya Cuji Siguenza.**

**GRÁFICO 48.-Vigas Ensayadas de Guadúa**



**Fuente: Egda. Irene Kruzkaya Cuji Siguenza.**

**GRÁFICO 49.-Vigas Ensayadas de Guadúa**



**Fuente: Egda. Irene Kruzkaya Cuji Siguenza.**



**GRÁFICO 50.- Vigas Ensayadas de Bambú**



**Fuente: Egda. Irene Kruzkaya Cuji Siguenza.**

**GRÁFICO 51.- Vigas Ensayadas de Bambú**



**Fuente: Egda. Irene Kruzkaya Cuji Siguenza.**

**GRÁFICO 52.- Vigas Ensayadas de Acero**



**Fuente: Egda. Irene Kruzkaya Cuji Siguenz**

# ANÁLISIS DE LA CAÑA GUADÚA Y BAMBÚ COMO MATERIAL ESTRUCTURAL UTILIZADO EN VIGAS Y SU INCIDENCIA EN LA RESISTENCIA A FLEXIÓN DEL CONCRETO

AUTOR: IRENE KRUKAYA CUJI SIGUENZA

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

Ambato, Ecuador. Email. [ceciliasiguenza@hotmail.com](mailto:ceciliasiguenza@hotmail.com)

---

Resumen: este proyecto experimental contiene los resultados de vigas de hormigón con: acero, guadúa, y bambú de refuerzo, para ser comparada su resistencia a flexión a distintas edades de curado del hormigón 7, 14, 28 días. En este artículo se puede identificar los diferentes resultados de cada una de las vigas ensayadas y tener un soporte técnico del comportamiento de una viga al ser reforzada con fibra vegetal.

Palabras claves: Acero, Guadúa, Bambú, Flexión.

Summary: This experimental project contains the results of concrete beams with steel, guadúa, and bamboo reinforcement, to be compared resistance to bending at different ages concrete curing 7, 14, 28 days. This article can identify the different outcomes of each of the beams tested and have technical support the behavior of a beam to be reinforced with vegetable fiber.

Keywords: Steel, Guadúa, Bamboo, Flexion

---

La necesidad que impulsó a realizar el presente trabajo de investigación fue el utilizar materiales realmente innovadores como lo es la caña guadúa y el bambú en el proceso de construcción. En donde se intentará mejorar la resistencia a flexión en las estructuras, buscando así nuevos caminos a los procesos tradicionales.

Este proyecto tiene como finalidad evaluar la factibilidad que puede

aportar la inclusión de nuevos materiales. Para poder llevar a acabo esto, se realizará múltiples pruebas de ensayo en donde compararé la flexión que posee cada viga de acuerdo al material utilizado, como por ejemplo el acero, la caña guadúa y el bambú. A partir de aquello analizaré cual es la mejor opción que se puede implementar a nivel estructural.

Además el objetivo que se quiere alcanzar con dicha investigación es informar al lector de los diferentes procedimientos que se debe realizar para utilizar los materiales propuestos en el armado de vigas y así poder tener una guía para futuras obras civiles.

Esta investigación constará todo sobre lo relacionado con los materiales propuestos, los diferentes procesos que se deben cumplir para su utilización y mostrará un detalle de los resultados que arrojan las vigas reforzadas en el ensayo a flexión.

### **NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN**

Los niveles de investigación que van a ser empleados en este proyecto serán: exploratorio y descriptivo.

Será exploratorio considerando que el tema consiste en utilizar la caña guadúa y el bambú como material estructural este tema ha sido poco analizado, lo cual se requiere obtener un sustento técnico, mediante los ensayos respectivos, se logrará determinar la influencia de estos materiales en la resistencia a flexión del concreto.

Será descriptivo porque se contará con una amplia información acerca del comportamiento que tendrá el hormigón al incorporar la caña guadúa y el bambú como material estructural, estudiando su factibilidad como material compuesto, el cual se podría utilizar con mayor confiabilidad y seguridad en las futuras obras civiles.

### **POBLACIÓN Y MUESTRA**

Para definir el número total de vigas, se consideró lo establecido en la Norma ASTM C-78[1], sugiere elaborar tres muestras mínimas para determinar la flexión del hormigón y en el presente proyecto se realizó un total de 66 vigas .

Se llevo a cabo al armado de las vigas con los tres materiales propuestos que són: acero, bambú y guadúa. Se utilizó plastificante para el curado de las fibras vegetales (MADEROL CONCENTRADO), se armo con gancho y sin gancho para adquirir a evaluar la adherencia en la fibra vegetal con el hormigón.

Las vigas fueron ensayadas a los 7,14 y 28 días de curado del hormigón y 3 muestras fueron ensayadas sin utilizar plastificante en

la fibra vegetal a los 28 días de curado.

### Ensayos Previos

Para la obtención de los datos realizados en los ensayos a flexión en las vigas reforzadas con los diferentes materiales propuestos que son: caña guadúa, bambú y acero se realizó como primer punto los ensayos de laboratorio que son: [2]

- A) Densidad Aparente Suelta
- B) Granulometría del Agregado Fino
- C) Granulometría del Agregado Grueso
- D) Capacidad de Absorción
- E) Densidad Aparente Compactada del Suelo
- F) Densidad Real del Cemento

### Proceso de Armado

Las dimensiones que se plantea para la sección de la viga son de 15x15x75 cm. Se elaboran 66 vigas de similares características, la armadura longitudinal en la zona de tracción es 2Ø12 mm, el acero longitudinal en la zona de compresión es 2Ø12 mm, adicional se colocan 7 estribos de 2Ø10 mm cada 10 cm en el armado del acero.

- **Armadura mínima en elementos sometidos a flexión**

$$A_s \geq \max \left[ \frac{1.4}{f_y} b w d; A_{s \text{mín}} = \frac{\sqrt{f'_c}}{4 f_y} b w * d \right]$$

Donde:

$A_{s \text{mín}}$  = Área mínima de refuerzo a flexión (mm<sup>2</sup>)

$B_w$  = Ancho del alma o de la sección

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

$F_y$  = Resistencia especificada a la fluencia del acero

$F'_c$  = Resistencia especificada a la compresión del hormigón

$$A_{s \text{mín}} = \frac{\sqrt{f'_c}}{4 f_y} b w * d$$

$$A_{s \text{mín}} = \frac{\sqrt{240}}{4 * 4200} 15 * 12$$

$$A_{s \text{mín}} = 0.165$$

Área del acero = 2 Ø 10 mm = 0.785 cm<sup>2</sup> para estribos.

$$A_{s \text{máx}} = \left[ \frac{1.4}{f_y} b w d \right]$$



$$Asm_{\text{máx}} = \left[ \frac{1.4}{4200} 15 * 12 \right]$$

$$Asm_{\text{máx}} = 0.06$$

Área del acero =  $2 \Phi 12 \text{ mm} = 1.13 \text{ cm}^2$  para el refuerzo longitudinal.

En el armado de las fibras vegetales, se procedió a la obtención de la materia prima en la provincia de Pastaza, ciudad de Puyo. Para ser utilizadas como refuerzo se ha procedido primeramente a realizar un secado en la mata y después el curado por el método de inmersión descrito anteriormente. De esta forma se evitará el ataque de hongos e insectos, los cuales son perjudiciales para el armado.

Basándonos en la Norma Técnica del Bambú de Perú estipula que se debe colocar un plastificante para impedir la pudrición de la fibra, para llevar a cabo esta sugerencia se empleó Maderol concentrado, se aplicó con una brocha y se dejó secar por un lapso de 30 minutos. Seguidamente se tuvo que recurrir a este procedimiento por segunda vez. [3]

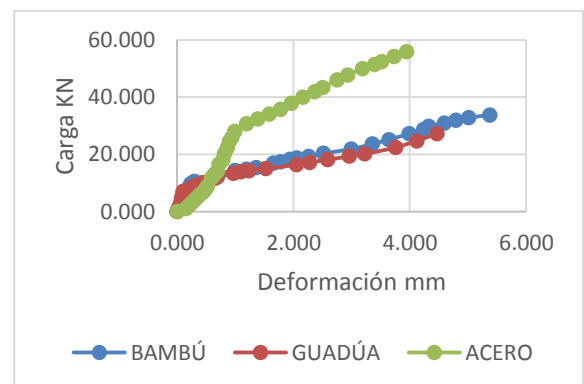
MATERIAL DE REFUERZO CON GANCHO	CARGA KN	DEFORMACIÓN mm
ACERO	56.980	4.005
BAMBÚ	28.635	3.303
GUADÚA	33.759	5.375

Se realizó paquetes en el armado de bambú y guadúa hasta el diámetro que tiene el refuerzo longitudinal del armado de acero para poder realizar su comparación.

Por método experimental se realizó en las fibras vegetales un armado que posea gancho y otro que carezca de éste, ya que la guadúa o bambú no poseen anillos como la varilla de acero, que le proporcionan adherencia dentro del hormigón.

Finalmente se trabajó con tres armados de fibras vegetales los cuáles no constaron de curado ni de plastificante para poder verificar sus resultados y ser comparados con los armados anteriormente descritos.

**GRÁFICO 1.- RESULTADO DE ENSAYOS A LOS 28 DÍAS DE CURADO DEL HORMIGÓN DE LOS DIFERENTES MATERIALES PROPUESTOS CON GANCHO**



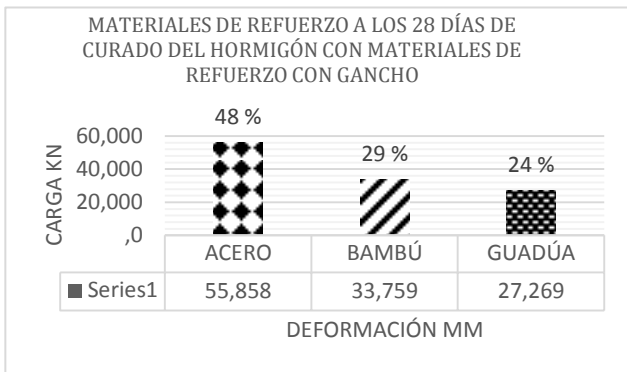
Fuente: Egda. Kruzkaya Irene Cuji

Siguenza.

**TABLA N 1.-MATERIALES DE REFUERZO CON GANCHO**

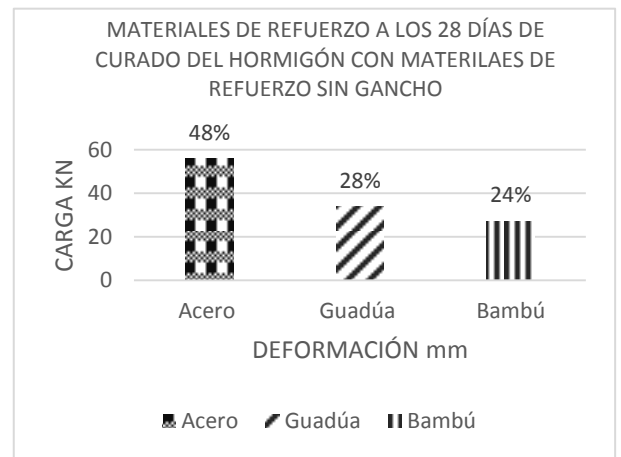
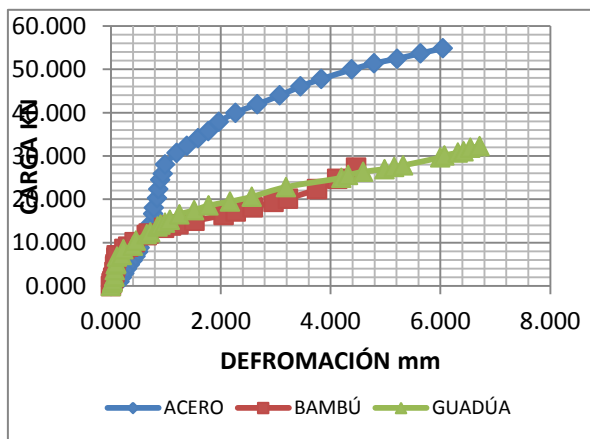
**Interpretación del Gráfico:**

Finalizados los ensayos de flexión en las vigas a los 28 días de curado del



hormigón con acero, bambú y guadúa de refuerzo sin gancho, se puede decir que la armadura que posee más carga es el acero con una carga máxima de 55.858 KN con una deformación de 3.943 mm, el bambú posee una carga de 33.759 KN con una deformación de 5.375 mm y la guadúa posee una carga de 27.269 KN con una deformación de 4.469 mm.

**GRÁFICO 2.- RESULTADO DE ENSAYOS A LOS 28 DÍAS DE CURADO DEL HORMIGÓN DE LOS DIFERENTES MATERIALES**



**Fuente: Egda. Kruzkaya Irene Cuji Siguenza.**

**Interpretación del Gráfico:**

Finalizados los ensayos de flexión en las vigas a los 28 días de curado del hormigón con acero, bambú y guadúa de refuerzo sin gancho, se puede decir que la armadura que posee más carga es el acero con una carga máxima de 55.858 KN con una deformación de 5.999 mm, el bambú posee una carga de 32.253 KN con una deformación de 6.715 mm y la guadúa posee una carga de 27.269 KN con una deformación de 4.469 mm.

**TABLA 3.- RESULTADO DE ENSAYOS A LOS 7, 14, 28 DÍAS DE CURADO DEL HORMIGÓN CON BAMBÚ SIN GANCHO DE REFUERZO**

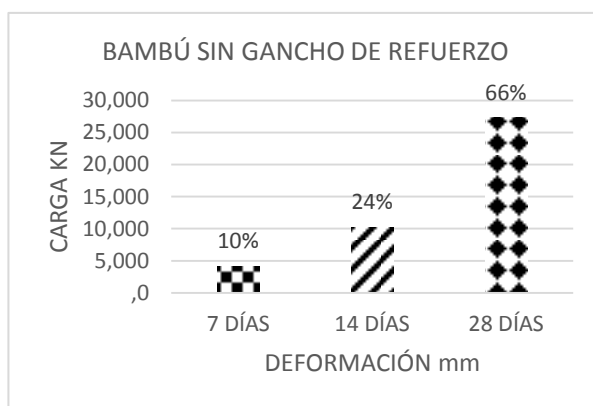
BAMBÚ SIN GANCHO DE REFUERZO		
DÍAS DE CURADO DEL HORMIGÓN	CARGA KN	DEFORMACIÓN mm
7 DÍAS	4.150	1.566
14 DÍAS	10.178	1.101
28 DÍAS	27.269	4.469

**Interpretación del Gráfico:**

Finalizados los ensayos de flexión en las vigas a los 7, 14, 28 días de curado del hormigón con armadura de Bambú sin gancho, se puede decir

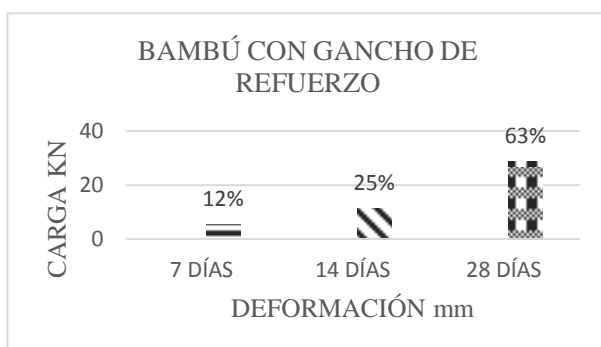
que la carga que presenta a los 28 días es de 27.269 KN con una deformación de 4.469 mm, la carga a los 14 días es de 10.178 KN con una deformación de 1.101 mm y la carga a los 7 días es de 4.150 KN con una deformación de 1.566 mm.

**GRÁFICO 3.- RESULTADO DE ENSAYOS A LOS 7, 14, 28 DÍAS DE CURADO DEL HORMIGÓN CON BAMBÚ CON GANCHO DE REFUERZO**



**TABLA 3.-MATERIALES DE REFUERZO SIN GANCHO**

BAMBÚ CON GANCHO DE REFUERZO		
DÍAS DE CUARDO DEL HORMIGON	CARGA KN	DEFORMACIÓN mm
7 DÍAS	5,464	0,941
14 DÍAS	11,297	1,727
28 DÍAS	28,635	3,303

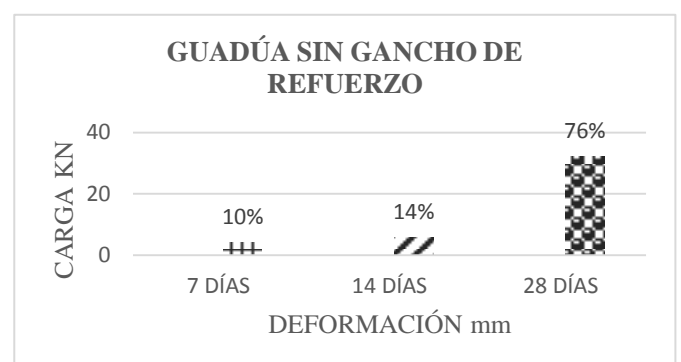


Finalizados los ensayos de flexión en las vigas a los 7, 14, 28 días de curado del hormigón con armadura de Bambú con gancho de refuerzo, se puede decir que la carga a los 28 días es de 28.635 KN con una deformación de 3.303 mm, la carga a los 14 días es de 11.297 KN con una deformación de 1.727 mm y la carga a los 7 días es de 5.464 KN con una deformación de 0.941 mm.

**TABLA 4.- RESULTADO DE ENSAYOS A LOS 7, 14, 28 DÍAS DE CURADO DEL HORMIGÓN CON GUADÚA SIN GANCHO DE REFUERZO**

GUADÚA SIN GANCHO DE REFUERZO		
DÍAS DE CUARDO DEL HORMIGON	CARGA KN	DEFORMACIÓN mm
7 DÍAS	4,150	1,566
14 DÍAS	5,798	1,214
28 DÍAS	32,253	6,715

Fuente: Egda. Kruzkaya Irene  
Cuji Siguenza.



**Interpretación del Gráfico:** Finalizados los ensayos de flexión en las vigas a los 7, 14, 28 días de curado del hormigón con armadura de guadúa sin gancho de refuerzo, se puede decir que la carga máxima a los 28 días es de 32.253 KN con una deformación de

6.715 mm, la carga a los 14 días es de 5.798 KN con una deformación de 1.214 mm y la carga a los 7 días es de 4.150 KN con una deformación de 1.566 mm.

**TABLA 5.- RESULTADO DE ENSAYOS A LOS 7, 14, 28 DÍAS DE CURADO DEL HORMIGÓN CON GUADÚA CON GANCHO DE REFUERZO**

GUADÚA CON GANCHO DE REFUERZO		
DIAS DE CUARDO DEL HORMIGON	CARGA KN	DEFORMACIÓN mm
7 DÍAS	5,464	0,941
14 DÍAS	8,958	2,497
28 DÍAS	33,759	5,375

Fuente: Egda. Kruzkaya Irene Cuji Siguenza.

**Interpretación del Gráfico:** Finalizados los ensayos de flexión en las vigas a los 7, 14, 28 días de curado del hormigón con guadúa con gancho de refuerzo, se puede decir que la carga máxima a los 28 días de curado es de 33.759 KN con una deformación de 5.375 mm, la carga de 14 días es de 8.958 KN con una deformación de 2.497 mm y la carga a los 7 días es de 5.464 KN con una deformación de 0.941 mm.

**TABLA 6.- RESULTADO DE ENSAYOS DEL MÓDULO DE ROTURA DEL ACERO, BAMBÚ Y GUADÚA DE REFUERZO A LOS 28 DÍAS DE CURADO**

Fuente: Egda. Kruzkaya Irene Cuji Siguenza.

**Interpretación del Gráfico:** El módulo de rotura a los 28 días de curado del acero posee una carga de 55858 N con un módulo de rotura de 37.24 MPa, el bambú con una carga de 33759 N con un módulo de rotura de 22.51 MPa y de la guadúa tiene una carga de 27269 N con un módulo de rotura de 18.18 MPa

DATOS		$I_r = \frac{3Pa}{bd^2}$ $M_r = \frac{3Pl}{bd^2}$
EDAD	14 DÍAS	
LONGITUD	750 mm	
ANCHO	150 mm	
ALTURA	150 mm	
VOLUMEN	16875000	
DISTANCIA ENTRE APOYOS	450 mm2	
MATERIALES DE REFUERZO	CARGA (N)	MÓDULO DE ROTURA (Mpa)
ACERO	55858	37.24
BAMBÚ	33759	22.51
GUADÚA	27269	18.18

**GRÁFICA 5.-VIGAS A FLEXIÓN CON ACERO SIN GANCHO DE REFUERZO**



Se produce el fisuramiento a  $315^\circ$  la fractura en la superficie de tracción dentro del tercio medio de la luz libre.

**GRÁFICO 6.- VIGAS A FLEXIÓN CON ACERO CON GANCHO DE REFUERZO**



Se produce la fractura en la superficie de tracción dentro del tercio medio de la viga. Se produce la fisura por combinación de flector y cortante.

**GRÁFICO 7.- VIGAS A FLEXIÓN CON GUADÚA SIN GANCHO DE REFUERZO**



Se produce la fractura en la superficie de tracción dentro del

tercio medio de la viga y la fractura es considerada explosiva.

**GRÁFICO 8.- VIGAS A FLEXIÓN CON GUADÚA CON GANCHO DE REFUERZO**



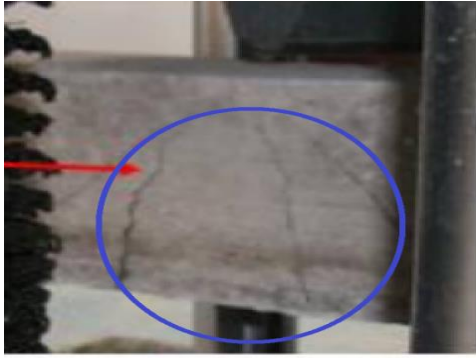
La rotura se da en el tercio medio, se produce un intermedio producido por la fisura a flexión.

**GRÁFICO 9.- VIGAS A FLEXIÓN CON BAMBÚ SIN GANCHO DE REFUERZO**



Se produce la fractura en la superficie de tracción dentro del tercio medio de la luz libre.

**GRÁFICO 10.- VIGAS A FLEXIÓN CON BAMBÚ CON GANCHO DE REFUERZO**



Se produce el fisuramiento a 315° por la, por la colocación del reforzamiento disminuye la fisuración y aparece el agrietamiento del hormigón.

## CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 Conclusiones

- Se determinó que el método para curar las fibras vegetales y poder utilizarlas como material de reforzamiento, fue el método por inmersión, con la utilización de un perseverante conocido como MADEROL CONCENTRADO.<sup>[2]</sup>
- Para poder anclar el bambú en el proceso de reforzamiento, el corte más frecuente es la boca de pescado y se lo hace con la broca copa, la cual hay diferentes diámetros capaz de dejar un buen terminado en el

variado grosor del Bambú, concordando con el proceso constructivo establecido en la Norma Construcción Colombiana.<sup>[9]</sup>

- Las piezas de bambú, deben ser cortadas de tal forma que quede un nudo entero en cada extremo o próximo a él, a una distancia máxima  $D= 6$  cm del nudo.<sup>[10]</sup>
- Se estableció mediante la presente investigación, que la guadúa y el bambú al ser utilizados como material de refuerzo no presentan una adecuada resistencia a la flexión, lo contrario al acero que presento una carga superior al 55 % de las otras fibras vegetales con gancho.
- Se determinó que el acero sin gancho posee mayor resistencia a la flexión con un 48% superior que el bambú con un 24% y la guadúa con un 28%.
- El ensayo a flexión determinó que las vigas reforzadas con guadúa a los 28 días de curado del hormigón presentan mayor

resistencia que el bambú con un 29%.

- Se observó que la caña guadúa o bambú al no ser tratada se descompone dentro del hormigón, lo que ocasiona menos resistencia a la flexión y lo convierte en un material no apto.
- La guadúa o el bambú poseen mejor trabajabilidad en el proceso constructivo que el acero.
- Se concluye que el gancho en la fibra vegetal utilizada como reforzamiento le permite obtener adherencia dentro del hormigón, incrementando la resistencia a flexión.
- En el ensayo de flexión, a los 28 días de curado del hormigón, la caña guadúa con gancho posee una carga de 27.269 KN con una deformación de 4.469 mm, el bambú con gancho una carga de 33.759 KN con una deformación de 5.375 mm y el acero con gancho una carga de 55.858 KN con una deformación de 3.943 mm, coincidiendo con la Norma Constructiva Peruana.<sup>[9]</sup>
- A los 28 días de curado del hormigón, la caña guadúa sin gancho posee una carga en el ensayo de flexión de 34.00 KN con una deformación de 6.805 mm, el bambú sin gancho una carga de 27.269 KN con una deformación de 4.469 mm y el acero sin gancho una carga de 55.898 KN con una deformación de 5.99 mm.
- El bambú con gancho de refuerzo posee una carga a los 14 días de curado del hormigón es de 11.297 KN con una deformación de 1.727 mm y la carga a los 7 días es de 5.464 KN con una deformación de 0.941 mm.
- El bambú sin gancho de refuerzo posee una carga a los 14 días de curado del hormigón es de 10.178 KN con una deformación de 1.101 mm y la carga a los 7 días es de 4.150 KN con una deformación de 1.566 mm.
- La carga de 14 días de curado del hormigón reforzada con caña de guadúa con gancho



es de 8.958 KN con una deformación de 2.497 mm y la carga a los 7 días es de 5.464 KN con una deformación de 0.941 mm.

- La caña guadúa sin gancho de refuerzo posee una carga a los 14 días es de 5.798 KN con una deformación de 1.214 mm y la carga a los 7 días es de 4.150 KN con una deformación de 1.566 mm.
- El módulo de rotura a los 28 días de curado del hormigón, el acero posee una carga de 55858 N con un módulo de rotura de 37.24 MPa, el bambú con una carga de 33759 N con un módulo de rotura 22.51 MPa y de la guadúa tiene una carga de 27269 N con un módulo de rotura de 18.18 MPa.
- Se analizó que las vigas reforzadas con fibra vegetal y acero, tienen una fractura en la superficie de tracción dentro del tercio medio de la luz libre en el ensayo a flexión.
- Es substancial atenuar en las nuevas ventajas que representa utilizar la caña

guadúa y bambú como reforzamiento al ser un material ligero no incrementa el peso en la estructura.

## 5.2 Recomendaciones

- Se aconseja colocar maderol concentrado en la fibra vegetal por un lapso de 12 a 15 días y dejar al ambiente media hora antes de utilizarle como refuerzo, para evitar el deterioro del material dentro del hormigón.
- Se recomienda tener precaución al seleccionar el material de guadúa y bambú que se desea colocar como armadura y se debe considerar como principal factor su edad vegetativa porque al ser muy joven no arrojará los resultados deseados.
- Se debe realizar un buen curado de la guadúa y bambú para evitar el ataque de insectos u hongos que puedan dañarla.
- Se sugiere impulsar el desarrollo de investigaciones sobre la guadúa para obtener como país una norma



constructiva, en donde tengamos datos en que basarnos el momento de construir una estructura con seguridad.

- Las piezas de bambú estructural no pueden presentar fisuras perimetrales en los nudos ni fisuras longitudinales a lo largo del eje neutro del elemento. En caso de tener elementos con fisuras, estas deben estar ubicadas en la fibra externa superior o en la fibra externa inferior.<sup>[11]</sup>
- Las piezas de bambú estructural no deben presentar perforaciones causadas por ataque de insectos xilófagos antes de ser utilizadas.<sup>[2]</sup>

## 1. Bibliografía

- [1] INEN 1578-ASTM C 143.
- [2] Norma Técnica del Bambú de Perú. Capítulo 9, PROCESO CONSTRUCTIVO.
- [3] ACI 318S, Capítulo 10, Flexión y Cargas Axiales.
- [4] ACI 318-05, Capítulo 9, Artículo 9.3.2.
- [5] Comportamiento Estructural en Obra Civil–Dr. Raúl Serrano (2001), Ediciones CEAC, Cuarta Edición, Barcelona
- [6] Norma Construcción Colombiana Proceso Constructivo.
- [7] Lina Jeanenette Mora Ramos (1992), “LATILLAS DE BAMBÚ Y CARRIZO COMO ELEMENTO RESISTENTE A LA TRACCIÓN EN COLUMNAS DE MATERIALES TRADICIONALES, ORIENTADO A LA BÚSQUEDA DE ALTERNATIVAS PARA LA CONTRUCCIÓN DE UNA VIVIENDA ECONÓMICA, Pág.92.
- [8] Karina Monteros Cueva (2007), “USOS ALTERNATIVOS DEL BAMBÚ PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS CONDICIONES DE HÁBITAT CON ENFÁSIS

EN LA CAÑA GUADÚA”,  
Pág.58

- [9] Norma Técnica del Bambú de Perú. Capítulo 2, TIPOS DE CORTES DE PIEZAS DE BAMBÚ
- [10] Norma Técnica del Bambú de Perú. Capítulo 9, UNIONES PERPENDICULARES Y EN DIAGONAL.
- [11] Norma Técnica del Bambú de Perú. REQUISITOS DE RESISTENCIA PARA ELEMENTOS EN FLEXIÓN .Pág.9