



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PAEZ

**TABULADOR DE EQUIVALENCIAS ENTRE EL CONCRETO ARMADO Y
EL CONCRETO REFORZADO CON GUADUA ANGUSTIFOLIA (BAMBÚ)
EN ELEMENTOS SOLICITADOS POR ESFUERZOS DE FLEXO-
COMPRESIÓN**

Autores:

Díaz B. Josneidy N.

García R. José I.

Urb. Yuma II, calle N° 3. Municipio San Diego
Teléfono: (0241) 8714240 (máster) – Fax: (0241) 8712394



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**TABULADOR DE EQUIVALENCIAS ENTRE EL CONCRETO ARMADO Y
EL CONCRETO REFORZADO CON GUADUA ANGUSTIFOLIA (BAMBÚ)
EN ELEMENTOS SOLICITADOS POR ESFUERZOS DE FLEXO-
COMPRESIÓN**

Trabajo de Grado presentado como requisito parcial para optar al título de
INGENIERO CIVIL

Autores:

Díaz B. Josneidy N.

C.I-. 24.923.324

García R. José I.

C.I: 25.903.681

Tutor:

MSc. Jutzy Herrada

San Diego, abril de 2021



FI-L-010-2020-3CR (IG)

Valencia, 22 de marzo de 2021

Ciudadanos:

DÍAZ BANCO, JOSNEIDY NAZARETH.

C.I 24.923.324

GARCÍA RODRIGUEZ, JOSÉ ISMAEL.

C.I 25.903.681

Presente-

Cumplo con informarle que la Comisión de Trabajo de Grado y Pasantías de la Facultad de Ingeniería en su reunión N° 02-2021 de fecha 19-01-2021 aprobó el proyecto de trabajo de grado titulado ***TABULADOR DE EQUIVALENCIAS ENTRE EL CONCRETO ARMADO Y EL CONCRETO REFORZADO CON GUADUA ANGUSTIFOLIA (BAMBU) EN ELEMENTOS SOLICITADOS POR ESFUERZOS DE FLEXO- COMPRESIÓN.*** Presentado por usted (es) como requisito para optar al título de Ingeniero Civil.

Se ratifica la designación de la Ing. Jutzy Herrada C.I: 12.809.606 como Tutora Académica que los asesorara en el desarrollo de este proyecto.

Atentamente,

Dr. Francisco Gelanzé Sevilla.
Decano

c.c. Coordinación de Pasantías y Trabajo de Grado (1).

GF/fm



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

ACEPTACIÓN DEL TUTOR

Quien suscribe, MSc. **Jutzy Herrada** portadora de la cédula de identidad N°**12.809.606** en mi carácter de tutor de trabajo de grado presentado por los ciudadanos Díaz B. Josneidy N., portadora de la C.I N° 24.923.324, y García R. José I., portador de la C.I N° 25.903.681 titulado **“TABULADOR DE EQUIVALENCIAS ENTRE EL CONCRETO ARMADO Y EL CONCRETO REFORZADO CON GUADUA ANGUSTIFOLIA (BAMBÚ) EN ELEMENTOS SOLICITADOS POR ESFUERZOS DE FLEXO-COMPRESIÓN”** Presentado como requisito parcial para optar al título de **INGENIERO CIVIL**, Considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En San Diego, a los 05 días del mes de abril del año 2021.

MSc. Jutzy Herrada

C.I: 12809606

DEDICATORIA

En primer lugar a Dios, por ser el inspirador y darme fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de mis anhelos más deseados.

A mis padres, Neida Blanco y José Díaz mis pilares, a mi hermano Amílcar Chacín quienes con su paciencia y amor me guiaron, me levantaron en cada tropiezo, por su apoyo incondicional, económico y moral, sin ustedes nada de esto sería posible.

A mi amor, Taylor Berroteran quien fue pieza fundamental para la culminación de esta etapa, quien creyó en mí y me apoyó de todas la formas posibles.

A mi tía Dayana Morales, quien con su profesionalismo y dedicación aportó sus conocimientos que fueron de mucha ayuda.

A mis amigos y amigas, Ariana Nieves, Gabriela Niño, Oriana Nieves, Emily Rojas, Yune Martínez, Rhoxana Noguera, Julio Zavarce, Juan Barreto, que nunca dudaron en darme ánimos cuando ya no me quedaban, quienes con sus consejos y risas alivianaron cada carga siempre que lo necesité.

A mis amigos y compañeros de estudio, Ruddy Fonseca, Paula Pires, Zorianna Medrano, Argenis Castillo, Lerwin Colina, José García, con quienes compartí infinitas emociones durante el transcurso de este largo viaje y juntos fuimos superando cada reto.

Josneidy Díaz.

DEDICATORIA

Este Trabajo de Grado y Mis Metas irán siempre Dedicados a Serveleon Salas, Alicia Rodriguez, Aimara Salas, Aimiris Salas, Carmelo Salas y Maria V. Acosta ya que por ustedes estoy aquí y ahora.

José García.

AGRADECIMIENTOS

Primeramente a Dios, nuestro Padre Celestial por darme los recursos, permitirme vivir y culminar esta etapa, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad.

Gracias a mis padres, por ser los principales promotores de nuestros sueños, por confiar y creer en nuestras expectativas, por los consejos, valores y principios que me han inculcado, por su trabajo y sacrificio todos estos años, ¡Este logro es de ustedes!

A mi familia, por haber sido apoyo a lo largo de toda nuestra carrera universitaria. A todas las personas especiales que me acompañaron en esta etapa, aportando a mi formación tanto profesional y como ser humanos.

A mi compañero de tesis y gran amigo, José García, agradezco por siempre estar de manera incondicional y juntos lograr la culminación de nuestro trabajo de grado.

A nuestra querida Tutora Jutzy Herrada por Dirigir y Guiar este Maravilloso Trabajo de Grado.

A nuestra casa de estudios y profesores, futuros colegas quienes compartieron sus conocimientos a lo largo de la preparación de tan bella profesión.

¡GRACIAS!

Josneidy Díaz.

AGRADECIMIENTOS

Primeramente le doy gracias a Dios por darme la inteligencia para lograr esta meta, por darme la vida para disfrutar cada uno de estos momentos y por todas esas bendiciones que he tenido y tendré.

A mi Madre Aimiris Salas ser parte de mí, por ser ese pilar que ante cualquier problema está ahí, por ser esa consejera magnífica que tengo, por dirigir mis pasos y por ser como es, este logro también tuyo. GRACIAS.

Doy gracias a mi familia, mi equipo de trabajo y mi sostén, Alicia Rodríguez, Selveleon Salas, Aimara Salas y Carmelo Salas por todo el apoyo incondicional que me dan día a día.

A mi Hermana María Acosta por ser mi mejor maestra, amiga y confidente gracias apoyarme en este camino.

Doy gracias a dos personas que siempre han estado para brindarme ayuda Mercedes Correa y Eduardo Acosta.

Gracias a mi Madre Gregoria García Por darme la vida y poder disfrutar de este momento, a mis Hermanos Mariana García y José Luis Castillo, a todo el resto de mi familia por creer mí y aquí estoy.

Gracias a una querida profesora, amiga y compañera Liana Farias por Brindarme su apoyo y amistad durante todo este camino.

Gracias a Mis Compañeros y Futuros Colegas Ana Hernandez, Juan Urquia, Barbara Avendaño, Sandra Rincón, Osmer Vargas, Selene Rendon, Aliskahil Soto por compartir este camino hasta el final y poder gritar al cielo lo logramos.

Gracias Hermano Jesús Varela gran amigo, compañero, socio y futuro colega, te agradezco por tu apoyo y darme una mano amiga cada que me hace falta.

A mis compañeros de risas, salidas y más Ambar Troconis, Edra Lomeli, Audimar Troconis, Samaria Lomeli, Cesar Palacios, Deivi Rivas, Dilia Navarro, Danna Benitez, Carlos Fassardi, Andrés Zuelta y Leonoris Mancini Grandes Personas.

A dos personas que aprecio mucho Eucaris Rodriguez y Carmen Rondon por ser parte de este logro.

A los muy queridos Profesores Manuel Figueira, Angel Medina, Joel Curreri, Emerly Castillo, Maria Mujica por llenarme de conocimiento y ser herramientas de intelecto valioso en mi formación.

A toda la Facultad de Ingeniería de la Universidad José Antonio Páez por otorgarme el título de ingeniero que con mucho esfuerzo lograre.

A mi querida Compañera de Tesis, Socia, Colega y Amiga Josneidy Díaz este arduo trabajo, por compartir esta experiencia, por el apoyo incondicional y por todas esas levantadas cada que caíamos por todo eso estaré siempre agradecido.

A mi querida Tutora Jutzy Herrada por Dirigir y Guiar este Maravilloso Trabajo de Grado.

GRACIAS...

José García.

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	pp.
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
ÍNDICE DE CUADROS	xiii
RESUMEN INFORMATIVO	xv
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO

I EL PROBLEMA

1.1	Planteamiento del Problema.....	3
1.2	Formulación del Problema.....	6
1.3	Objetivos de la Investigación.....	6
1.3.1	Objetivo General.....	6
1.3.2	Objetivos Específicos.....	6
1.4	Justificación.....	6
1.5	Alcance.....	8
1.6	Limitaciones.....	9

II MARCO TEÓRICO

2.1	Antecedentes.....	10
2.2	Bases Teóricas.....	14
2.2.1	Tabulador de Equivalencias.....	14
2.2.2	El Concreto.....	14
2.2.3	Acero de refuerzo en la construcción.....	15
2.2.4	Concreto Armado.....	16
2.2.5	Concreto Armado en la actualidad.....	16
2.2.6	Características de los materiales en el concreto armado.....	17
2.2.6.1	Concreto.....	17
2.2.6.2	Acero de Refuerzo.....	18
2.2.6.3	Característica físicas y mecánicas del acero de refuerzo.....	18
2.2.7	Ventajas y desventajas del concreto armado.....	20
2.2.7.1	Principales ventajas.....	20
2.2.7.2	Principales desventajas.....	21
2.2.8	Columnas.....	21
2.2.8.1	Acero de refuerzo en columnas.....	22
2.2.8.2	Flexo-Compresión del acero.....	22
2.2.9	El Bambú (Guadua Angustifolia)	23
2.2.9.1.	Algunos casos de construcción con bambú en la actualidad a nivel mundial.....	25

2.2.9.2	Comportamiento del bambú en movimientos sísmicos.....	27
2.2.10	Características del bambú.....	27
2.2.10.1	Estructura molecular del Bambú.....	27
2.2.10.2	Peso Específico.....	29
2.2.10.3	Conductividad térmica.....	29
2.2.10.4	Compresión.....	29
2.2.10.5	Tracción.....	30
2.2.10.6	Elasticidad.....	30
2.2.11	Ventajas de la Guadua Angustifolia.....	32
2.2.12	Guadua Angustifolia como refuerzo del concreto.....	33
2.2.13	Cemento, concreto y bambú.....	35
2.2.13.1	Concreto y bambú.....	35
2.2.13.2	Bambú, cemento y concreto una relación de calidad.....	36
2.2.13.3	Antecedentes del concreto reforzado con bambú.....	37
2.2.13.4	Uso del bambú en columnas.....	38
2.2.14	Tabulador de equivalencias entre el concreto armado y el concreto con Guadua Angustifolia.....	39
2.3	Bases Legales.....	40
2.4	Definición de términos básicos.....	41

III MARCO METODOLÓGICO

3.1	Tipo de investigación.....	44
3.2	Diseño de la investigación.....	44
3.3	Nivel de la investigación.....	45
3.4	Población y Muestra.....	45
3.5	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	45
3.5.1	Técnicas de Recolección de datos.....	46
3.5.2	Instrumentos de recolección de datos.....	46
3.6	Descripción Metodológica.....	48

IV RESULTADOS

4.1	FASE I: Diagnóstico del uso del concreto reforzado con Guadua Angustifolia en la actualidad en elementos solicitados a esfuerzos de flexo-compresión.....	50
4.2	FASE II: Análisis de los diferentes factores y componentes de flexo-compresión del concreto armado y el concreto reforzado con Guadua angustifolia.....	51
4.3	Fase III: Determinar la Factibilidad Técnica de la elaboración de un tabulador comparativo de esfuerzos de flexo-	

compresión con el uso de concreto armado y con Guadua Angustifolia.....	109
4.3.1 Tamaño del proyecto.....	109
4.3.2 Capacidad del proyecto.....	109
4.3.3 Factores Condicionantes del tamaño.....	109
4.3.4 Proceso Global de transformación.....	110
4.3.5 Descripción Global de transformación.....	110
4.3.5.1. Insumo principal	110
4.3.5.2. Beneficiario principal.....	110
4.3.6 Flujograma Global de transformación.....	111
4.3.7 Localización del proyecto.....	111
4.3.8 Cronograma de actividades	112
4.4 FASE IV: Elaboración del tabulador de equivalencias entre el concreto armado y el concreto reforzado con Guadua angustifolia en elementos solicitados por esfuerzos de flexo- compresión	113
CONCLUSIONES.....	117
RECOMENDACIONES.....	119
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	121

ÍNDICE DE CUADROS

CUADROS	Pág.
1 Características mínimas garantizadas.....	19
2 Componentes químicos del bambú y otras maderas.....	28
3 Propiedades mecánicas del bambú.....	30
4 Técnicas e instrumentos de datos.....	47
5 Matriz FODA.....	50
6 Resistencia última 1.....	51
7 Resistencia última 2.....	51
8 Datos obtenidos.....	53
9 Cronograma de Actividades.....	108

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	Pág.
1 Tableros y Parquet (de Bambú).....	25
2 Casa Económica terminada	26
3 Tablilla de Bambú.....	34
4 Columnas de Bambú utilizando la caña completa.....	39
5 Resistencia Concreto estándar a 7-14-28 días.....	52
6 Resistencia Concreto Reforzado con fibras de Guadua 7-14-28 días...	52
7 Viga 190 – 500Kg - L:2m.....	54
8 Diagrama de esfuerzo de la viga con concreto $R_{cc}=190\text{kg}/\text{cm}^2$	54
9 Diagrama de esfuerzo de la viga con fibra de Guadua $R_{cc}=210\text{kg}/\text{cm}^2$	57
10 Diagrama de esfuerzo de la viga con fibra de Guadua $R_{cc}=230\text{kg}/\text{cm}^2$	59
11 Viga 210 – 1000Kg – L:2m.....	62
12 Diagrama de esfuerzo de la viga con fibra de Guadua $R_{cc}=210\text{kg}/\text{cm}^2$	62
13 Diseño de Viga $R_{cc}=210\text{kg}/\text{cm}^2$	64

14	Viga 210 – 1000Kg – L:3m.....	71
15	Diagrama de esfuerzo de la viga con fibra de Guadua $R_{cc}=210\text{kg}/\text{cm}^2$	71
16	Diseño de Viga $R_{cc}=210\text{kg}/\text{cm}^2$ L3.....	73
17	Viga 190 – 1000Kg – L:2m.....	79
18	Diagrama de esfuerzo de la viga con fibra de Guadua $R_{cc}=190\text{kg}/\text{cm}^2$	79
19	Diseño de Viga $R_{cc}=190\text{kg}/\text{cm}^2$ L2.....	81
20	Viga 190 – 1000Kg – L:3m.....	86
21	Diagrama de esfuerzo de la viga con fibra de Guadua $R_{cc}=190\text{kg}/\text{cm}^2$	87
22	Diseño de Viga $R_{cc}=190\text{kg}/\text{cm}^2$ L3.....	89
23	Viga 230 – 1000Kg – L:2m.....	94
24	Diagrama de esfuerzo de la viga con fibra de Guadua $R_{cc}=230\text{kg}/\text{cm}^2$	95
25	Diseño de Viga $R_{cc}=190\text{kg}/\text{cm}^2$ L2.....	97
26	Viga 230 – 1000Kg – L:3m.....	102
27	Diagrama de esfuerzo de la viga con fibra de Guadua $R_{cc}=230\text{kg}/\text{cm}^2$	102
28	Diseño de Viga $R_{cc}=230\text{kg}/\text{cm}^2$ L3.....	104
29	Flujograma del Proceso Global de Transformación.....	111



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**TABULADOR DE EQUIVALENCIAS ENTRE EL CONCRETO ARMADO Y
EL CONCRETO REFORZADO CON GUADUA ANGUSTIFOLIA (BAMBÚ)
EN ELEMENTOS SOLICITADOS POR ESFUERZOS DE FLEXO-
COMPRESIÓN**

Autores: Josneidy Díaz y José García

Tutora: MSc. Jutzy Herrada

Fecha: Abril 2021

RESUMEN INFORMATIVO

Durante los últimos años se han realizado investigaciones y ensayos que han buscado combinar el concreto con diferentes materias primas, dicho trabajo de investigación tiene como propósito evaluar el uso de la Guadua angustifolia como material de refuerzo en elementos de concreto sometidos a esfuerzos de flexo-compresión. Se realizará mediante una investigación basada en la recolección de estudios y trabajos realizados, analizados y comprobados previamente por otros autores especialistas en el tema, de esta forma se diseñará un tabulador donde se muestren sus equivalencias y así permitan al usuario comparar de manera rápida secciones de concreto reforzadas con acero o Guadua angustifolia para el diseño de elementos solicitados a esfuerzos de flexo-compresión. La importancia de determinar la posibilidad del uso del bambú en conjunto con el concreto radica en que la producción de acero causa un impacto ambiental dañino; mientras que el bambú, al igual que cualquier planta, contribuye a la mitigación de este daño, además de que su producción es posible a nivel nacional. Por esto, al lograr su utilización en algún campo se promovería su siembra y así se contribuiría a disminuir el daño ambiental que se produce actualmente. De esta manera, metodológicamente se basa a un nivel de investigación descriptivo, con un diseño documental y además, se considera una investigación factible permitiendo el correcto desarrollo de la misma.

Palabras clave: Bambú, reforzado, concreto, columnas.

INTRODUCCIÓN

Las dificultades propias del medio rural para elaborar las estructuras de las diferentes obras civiles y de infraestructura agropecuaria en concreto armado, el déficit de transporte de los materiales a zonas de difícil acceso , así como las herramientas y tecnología necesarias para el corte y figurado del refuerzo; llevaron a la investigación sobre diversos materiales vegetales nativos que proporcionaran una gran resistencia a la flexo-compresión, y que además permitieran la construcción de elementos a bajo costo, de disponibilidad inmediata de sus componentes, y la rápida solución en la adecuación de instalaciones de uso rural, ya sean monolíticas o prefabricadas. Por sus extraordinarias cualidades físicas, su forma y peso (livianidad), el bambú (*Guadua Angustifolia*) ha sido el material de construcción de uso más diversificado que haya existido, como material de construcción se documenta históricamente a tiempos previos a la colonia en zonas diversas de Latinoamérica.

En la actualidad se considera que a este material se le da un buen uso, con métodos constructivos modernos aunque aún empíricos y con muchas restricciones debido a que no está contemplado en las normas Sismo-Resistente vigentes. Esto solo es una consecuencia de la falta de investigación y estudio en las propiedades mecánicas del material para conocer sus ventajas y desventajas frente a los materiales hoy tradicionales como el acero, concreto o unidades de mampostería, los cuales son ampliamente conocidos.

De un punto de vista ecológico y desarrollo sostenible, el bambú o guadua ofrece varias soluciones a estructuras como viviendas unifamiliares en ciertas áreas de nuestro territorio: Es un material cien por ciento sostenible, la fibra crece rápidamente y se regenera sin problemas, no daña los suelos ni genera desperdicios. La metodología de construcción es más sencilla que la metodología tradicional sin generar contaminación. Las estructuras de bambú se pueden reparar más sencillamente que las construidas con materiales llamados nobles. Sin mencionar costos exactos, el uso de bambú es significativamente más económico, así como la mano de obra. El bambú se

presenta además como un material armónico que estiliza el urbanismo dándole carácter arquitectónico. Construir con bambú podría ser la solución para una sociedad en vías de desarrollo y con problemas de vivienda en casi todo el territorio.

El siguiente trabajo de grado consta de cuatro capítulos, estructurados de la siguiente manera:

Capítulo I: El problema, en el cual se encuentra conformado por el planteamiento de la problemática existente y formulación del problema, seguidamente el objetivo general y los objetivos específicos que dan inicio a la investigación, posteriormente se justifica su realización y para finalizar se determina el alcance y las limitaciones de la misma.

Capítulo II: Marco Teórico, en él se encuentra el respaldo de la investigación a través de antecedentes de trabajos de grado relacionados con la temática, incluyendo posteriormente las bases teóricas, las bases legales y la definición de términos básicos.

Capítulo III: Marco Metodológico, dedicado fundamentalmente a la definición metodológica del nivel, tipo y diseño de investigación, seguido de la población y muestra en estudio y de las técnicas e instrumentos necesarios para el desarrollo de la investigación, por último se encuentran definidas las fases metodológicas que fueron necesarias para cumplir con el objeto de la investigación.

Capítulo IV: Resultados, en donde se representan los hallazgos obtenidos en atención a cada objetivo específico, para luego incorporar el tabulador de equivalencias luego de verificar su funcionabilidad, prosiguiendo con las conclusiones y recomendaciones. Seguidamente, se sitúa la lista de Referencias consultadas.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del Problema

A nivel mundial los múltiples cambios geopolíticos han generado la necesidad de desarrollar más infraestructura y construirla con mayor eficiencia. En el caso de América Latina, la discusión es muy oportuna, ya que cada día hay más interés en estar preparados ante los retos y los efectos de la economía de la Cuarta Revolución Industrial.

Cuando se hace referencia a la construcción, inmediatamente se piensa en las diferentes formas y combinaciones de varios elementos como: el cemento, la arena, cabillas y acero para crear diferentes obras civiles, que en la actualidad en Venezuela se han visto afectadas por la disminución de la producción de los materiales antes mencionados.

En el país, el creciente aumento de la población, sumado a los problemas económicos existentes, han generado un gran déficit constructivo, “el precio de bloques, arena, cemento, entre otros materiales han ido elevándose de la misma manera que muchos de los productos por el estado en se encuentra la economía” (Infante, 2019, p.1) todo esto ha llevado a la necesidad de realizar el estudio de nuevos materiales que presenten una alternativa económica y eficiente, permitiendo atacar con mayor rapidez esta problemática y que a su vez fuera amigable con el ambiente, entre los que destaca el bambú.

El bambú ha sido desde hace siglos una planta muy importante para muchos pueblos del mundo en su proceso de desarrollo, debido a su abundancia, su facilidad de trabajarlo y a sus más que competentes características para todo tipo de usos. Es una herbácea como el arroz, el maíz o la caña de azúcar; pero a diferencia de estas plantas,

la lignina de sus tejidos se convierte con el paso del tiempo en una estructura tan dura como la madera, aunque más flexible y ligera haciendo así del bambú un material muy interesante para múltiples usos, entre ellos el estructural. El uso del bambú es tan antiguo que según el libro “Nuevas técnicas de construcción en Bambú” (1978) del autor Oscar Hidalgo López, en Ecuador se han encontrado improntas de bambú en construcciones que se estima tienen 9.500 años de antigüedad.

Las diferentes especies de bambúes han sido utilizadas en la construcción por muchas culturas como China, Japón, La India y en América se tiene conocimiento que se ha venido utilizando desde el periodo precolombino. De acuerdo con Poveda (2011):

En países como China, Japón y Colombia a esta planta se le da gran cantidad de usos en distintos campos, entre ellos está el sector de la construcción. En estos países se utiliza la planta completa en estructuras como puentes, casas o bien andamios. Y es por esto que su uso también se ha empezado a dar en nuestro país (p.9).

Entre los diferentes tipos de Bambú, destaca la *Guadua Angustifolia* que es una especie de bambú leñoso, nativa de Colombia, alcanza los 30 metros de altura y los 22 centímetros de diámetro, pertenece a la familia de las gramíneas, taxonómicamente a las Poaceae de la cual existen realmente en el mundo cerca de 1.000 especies, 500 de ellas en América; de éstas, aproximadamente 20 conforman las especies prioritarias de bambú y dentro de ellas existe una que posee las mejores propiedades físico-mecánicas del mundo y extraordinaria durabilidad: La *Guadua Angustifolia*.

La *Guadua Angustifolia*, es la especie más importante de éstas, gracias a sus extraordinarias propiedades físico-mecánicas y al avance en el estudio silvicultural y estructural que se viene llevando a cabo en los últimos años. Aunque se encuentra en estado natural desde Ecuador a Venezuela y entre los 0 y 2.000 m. sobre el nivel del mar, el desarrollo óptimo de las plantas se alcanza entre los 500 y 1.500 metros, con temperaturas de 17° a 26°, precipitaciones de 1.200 a 2.500 mm/año, humedad relativa del 80-90% y suelos con fertilidad moderada y buen drenaje, características de la región central de los Andes, conocida como el eje cafetero Colombiano. (Anónimo, 2018 p.1).

A pesar de que alrededor del mundo, ya existen industrias utilizando el bambú en la construcción, como la Sociedad Peruana del Bambú, CEAS (Comité Episcopal de Asistencia Social). Es importante señalar que en Venezuela su uso no se ha generalizado debido a que hay un desconocimiento de sus bondades en la construcción y sus capacidades para soportar los distintos tipos de clima a los que son sometidos en el medio ambiente, por lo que siempre se tiende a la utilización de productos tradicionales como el concreto armado y las vigas de acero. En la actualidad existen registros de que DANAC (Desarrollos Agrícolas Naranjal, Asociación Civil) ubicado en San Javier, edo. Yaracuy, Venezuela, que posee plantaciones de este tipo de bambú “Las parcelas de *Bambusa vulgaris* y de *Guadua Angustifolia* fueron sembradas por personal de la Fundación DANAC en julio de 1997 y entre julio y agosto de 1999” (Marín, 2008, p.1).

Cabe destacar que, hoy en día con la problemática por la cual atraviesan los países en vías de desarrollo se crea una disminución notable en la producción de materiales convencionales, generando gran escasez y poniendo alta demanda. Lo que implica una mayor problemática para la construcción de viviendas de carácter social. Por ello es casi obligante para los ingenieros, la búsqueda de nuevas alternativas que les permita incursionar con otros materiales a fin de lograr construir a menor precio y con una mayor seguridad contra los sismos, los huracanes y otros fenómenos naturales.

Lo que implica que los ingenieros busquen opciones que al ser empleadas como materiales de construcción, puedan de alguna manera minimizar el uso de materiales muy costosos y que no son ciento por ciento confiables, aunque la mayoría de construcciones en el mundo sean de concreto armado, puede en la naturaleza haber un elemento que al ser unido a estos otros de larga data, permitan nuevas construcciones más seguras y a menor costo.

De estos planteamientos se han manifestado muchas inquietudes por lo que se elaboró un tabulador de equivalencias entre el concreto armado y la *Guadua Angustifolia* en elementos solicitados por esfuerzos de flexo-compresión, con la finalidad de buscar nuevas alternativas en la construcción, que sean de bajo costo para

la población y que al compararlo con la resistencia del concreto armado se pueda corroborar que hay aspectos positivos en las propiedades de este material y de esta manera poder brindarle a los constructores la seguridad de que puede utilizarse perfectamente, como una alternativa en la construcción sin ningún problema.

1.2. Formulación del Problema

Debido a la problemática planteada, surge la siguiente interrogante.

¿De qué manera se pueden conocer las diferencias y/o semejanzas entre el concreto armado y el concreto reforzado con *Guadua Angustifolia* en elementos solicitados por esfuerzos de flexo-compresión?

1.3. Objetivos de la Investigación

1.3.1. Objetivo General

Elaborar un tabulador de equivalencias entre el concreto armado y el concreto reforzado con *Guadua angustifolia* (Bambú) en elementos solicitados por esfuerzos de flexo-compresión.

1.3.2. Objetivos Específicos

Diagnosticar el uso del concreto reforzado con *Guadua angustifolia* en la actualidad en elementos solicitados a esfuerzos de flexo-compresión.

Analizar los diferentes factores y componentes de flexo-compresión del concreto armado y el concreto reforzado con *Guadua angustifolia*.

Determinar la Factibilidad Técnica de la elaboración de un tabulador comparativo de esfuerzos de flexo-compresión con el uso de concreto armado y concreto reforzado con *Guadua Angustifolia*.

Elaborar el tabulador de equivalencias entre el concreto armado y el concreto reforzado con *Guadua angustifolia* en elementos solicitados por esfuerzos de flexo-compresión.

1.4. Justificación de la Investigación

La construcción ha crecido y avanzado con el desarrollo de la sociedad y de las nuevas tecnologías, todo con el objeto de satisfacer las necesidades cada vez más exigentes de la humanidad. Así han surgido nuevos materiales, nuevos métodos

constructivos, nuevos sistemas y herramientas que facilitan la ejecución garantizando mayor seguridad y confort.

Aporte social

En Venezuela, debido al aumento de la población, adicionado a los problemas económicos y escasos de materiales habituales para la construcción, ha llevado a la búsqueda de elementos innovadores que permitan satisfacer las necesidades que se presentan, generando múltiples ideas donde se aprovecha al medio ambiente para suplantar estos materiales. En este caso se tomó a la *Guadua Angustifolia* (Bambú) como material a utilizar en elementos estructurales sometidos a esfuerzos de flexo-compresión (vigas simplemente apoyadas y columnas), resaltando que es un material que puede reemplazar el acero de refuerzo con una ductilidad similar a este. Dicho esto, se analizaron las propiedades características de ambos materiales y posteriormente se indujeron en una tabla de equivalencias que se utilizó como tabulador.

De esta manera se pudo verificar y comparar de forma rápida las aplicaciones de dichos elementos para un mejor aprovechamiento. Cabe destacar que este método puede ser una buena alternativa desde el punto de vista económico, además refuerza la comprensión y entendimiento del uso metodológico para sus combinaciones, verificando que estos puedan ser resistentes a las condiciones de carga, al mismo tiempo aportando alternativas innovadoras y seguras a las personas que tienen medio o bajo poder adquisitivo en los materiales tradicionales.

Aporte técnico

Tomando en cuenta que se utilizó el bambú para suplantar el acero de refuerzo en vigas simplemente apoyadas y en columnas, es importante destacar que este material tiene una vida útil de 25 a 30 años. Analizando sus aspectos fundamentales, la resistencia es uno de los más importantes debido a las cantidades de cargas a las que se pueda someter, logrando así una combinación de concreto y *Guadua Angustifolia* (Bambú) de alta firmeza para la construcción. Este material es de rápido crecimiento, casi 11 cm de altura por día en la región cafetera y afirman que en sólo seis meses puede lograr su altura total, hechos positivos tomando en cuenta que uno de los

problemas planteados para la siembra de especies maderables de reforestación, es el tiempo tan extenso para la obtención de resultados para su aprovechamiento.

Aporte Académico

Actualmente existen herramientas muy útiles para calcular y diseñar estructuras al momento de llevar a cabo una obra civil, como: Sap2000 y MathCad. Analizar, organizar y clasificar las relaciones existentes de los resultados obtenidos, es una actividad de suma importancia que al realizarlo logra generar mayor confiabilidad y facilidad en la toma de decisiones necesarias para la ejecución de cualquier proyecto.

Es por esto que al realizar tal estudio, una de las mejores alternativas es tabular la información obtenida durante el proceso, de modo de conocer y manejar con mayor seguridad los mismos, a través de unas tablas de equivalencias las cuales estarán basadas en todas y cada una de las propiedades de los materiales antes mencionados, la mismas fueron obtenidas mediante estudios e investigaciones realizadas previamente por autores destacado en el tema.

Este estudio además de ayudar a las generaciones futuras en múltiples aspectos, aclarando dudas, incitando a investigar y utilizar métodos innovadores para la construcción, generando ideas para recurrir a materiales sustentables en previa ejecución de obras civiles, también funciona como un antecedente para algunos estudios posteriores al tema.

1.5. Alcance

Este trabajo de investigación se basó en la realización de un estudio de equivalencias para introducir en la ejecución de obras civiles, una nueva herramienta de análisis que permita verificar y comparar de forma rápida el comportamiento de materiales tales como: el concreto armado y el concreto reforzado con *Guadua angustifolia* (bambú) sometidos a esfuerzos de flexo-compresión (Vigas simplemente apoyadas y Columnas), para ello, se elaboró un tabulador que permite relacionar cada una de las propiedades de dichos materiales en relación a las cargas que puedan aplicarse sobre este elemento estructural. Tal estudio se inclinó principalmente en los

beneficios de trabajar con materiales innovadores y se llevó a cabo apoyándose en trabajos realizados y verificados anteriormente por expertos en el tema.

1.6. Limitaciones

La investigación se encontró limitada desde el punto de vista normativo de diseño y calculo estructural, debido a que, en este sentido al ser un material novedoso, no existen consideraciones ya establecidas y fundamentadas de acuerdo a una normativa que permitiera hacer libre uso de la Guadua Angustifolia en elementos sometidos a flexo- compresión. Por tanto, podría expresarse que se limitó su uso debido a que no existe actualmente una relación a las cantidades a utilizar y otros factores físicos y mecánicos propios del material analizado.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

El marco teórico consiste en la organización del conocimiento en un conjunto de conceptos significativos que sirven para tener una idea clara de las variables que se asocian, al problema. Arias (2012) expresa que “El marco teórico de la investigación o marco referencial puede ser definido como el compendio de una serie de elementos conceptuales que sirven de base a indagación por realizar (p.38)”.

2.1. Antecedentes

Camejo y Rodríguez (2016), elaboraron un Trabajo Especial de Grado, titulado: **Diseño de un Material Didáctico para la Introducción al Análisis Estructural mediante el Método de Elementos Finitos adaptado a la Unidad Curricular de estructuras Avanzadas**, en la Universidad de Carabobo, Valencia, estado Carabobo, Venezuela, para optar al título de Ingeniero Civil.

Esta investigación tuvo como propósito aportar un material adaptado a la tecnología de información y comunicación que introduzca conocimientos para el análisis estructural mediante el MEF, resaltando que esta iniciativa se delimita en ofrecer a los estudiantes una breve introducción a la teoría del método. El mismo estuvo constituido de contenidos prospectivos derivados de la investigación de los tópicos presentados en distintos ámbitos de la educación e investigación de las Universidades Internacionales; la Universidad de Berkeley, Universidad Nacional Autónoma de México y como Nacionales; la Universidad Central de Venezuela. Esta investigación fue de tipo descriptiva bajo un diseño de investigación documental, con una población y muestra de cinco (5) docentes de la Cátedra de Estructuras, la recolección de datos se realizó mediante formularios. Finalmente se obtuvo la aceptación de la propuesta en el 80% de la totalidad de la muestra.

Al hacer relación con la investigación que se llevó a efecto, se puede decir que la tecnología juega un papel primordial en todas las disciplinas en la actualidad, de donde la Ingeniería no está negada a esta influencia. Por el contrario, agradece a la tecnología su aplicación en los análisis que son necesarios emplear en la búsqueda de materiales y formas de construcción que permita a los ingenieros aplicarlos en sus construcciones a fin de agilizar los procesos y encontrar mejores estructuras.

Dicha investigación fue de mucha utilidad ya que se pudo obtener conocimientos sobre la posibilidad de aplicar métodos innovadores y tecnológicos que se puedan utilizar como herramienta en los cálculos y diseños las de obras civiles haciendo más cómodos estos procesos.

Cortell y Ramírez (2016), elaboraron un Trabajo Especial de Grado, titulado: **Evaluación de Resistencia a Compresión de Bloques de Arcilla Revestidos con Mortero de Cemento Reforzado con Fibras de Polipropileno**, en la Universidad de Carabobo, estado Carabobo, Venezuela, para optar al título de Ingeniero Civil.

La presente investigación tuvo por objetivo evaluar la resistencia a compresión de bloques de arcilla de 10 cm revestidos con mortero de cemento reforzado con fibra de polipropileno LABGLOC-FIBER realizando la comparación con bloques recubiertos con mortero de cemento tradicional. La misma fue de carácter cuantitativo del tipo exploratorio y descriptivo, y en este caso el diseño utilizado fue de campo; como técnicas se utilizó la observación directa e instrumentos una planilla de recolección de datos. Se elaboraron tres mezclas de mortero de cemento, una tradicional y las otras dos reforzadas con dos porcentajes de fibra recomendada, una con 50% y otra con 100%, para el revestimiento de los bloques. A los cuales, al pasar 28 días se les aplicó el ensayo de resistencia a compresión en el laboratorio de Materiales y Ensayos de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Carabobo. Los datos obtenidos de los ensayos fueron analizados mediante tablas comparativas y demostraron que la fibra aporta una resistencia relevante mientras el porcentaje es mayor.

Al igual que la presente investigación, se buscó la factibilidad de construir con este tipo de materiales, buscando la resistencia a compresión de bloques de arcilla de 10 cm revestidos con mortero de cemento reforzado con fibra de polipropileno, lo cual va a permitir emplearlos en casas populares. Esta búsqueda de resistencia se realizó con el Bambú, para la construcción de edificios y viviendas.

De acuerdo a la relación existente en ambas investigaciones, el aporte fundamental fue idear la forma en la que se decidió utilizar el bambú en dicha investigación. Ya que después de indagar en libros, en la web, la mejor solución fue encontrada en este trabajo, por facilidad y resistencia se decidió emplear el concreto reforzado con fibras de bambú en porcentaje lo cual resultó ser más recomendable debido a la poca adherencia que existe entre ambos materiales al usarlo en tablillas o en varas completas.

Goitia y Graterol (2015), realizaron un Trabajo Especial de Grado, cuyo título es: **Estudio Comparativo de Costos Constructivos entre una Estructura de Cuatro Niveles en Concreto Convencional y esta misma en Concreto Liviano, partiendo de su Análisis Estructural**, en la Universidad de Nueva Esparta, para obtener el grado de Ingeniero Civil. En el presente trabajo de investigación se detallaron todos los beneficios que provienen del concreto liviano, los distintos materiales que lo componen, las características y propiedades tanto mecánicas como físicas que lo diferencian del concreto convencional, como por ejemplo: disminución en su peso volumétrico, buen aislamiento térmico, acústico y su protección contra el fuego. Todo esto con la finalidad de realizar un estudio comparativo de costos, partiendo de un análisis estructural realizado a una estructura de cuatro niveles en concreto convencional y esta misma en concreto liviano; estas edificaciones fueron modeladas en ETABS, con la intención de demostrar la factibilidad de construir con un material como lo es el concreto liviano y verificar si es verdad que se puede obtener una evidente disminución del peso del volumen de concreto y a su vez una notable disminución en los costos constructivos, buscando así ahorros para futuros proyectos estructurales.

La búsqueda u objetivo final de este estudio fue disminuir costos, lo que es fundamental en el comercio de la construcción de hoy día. Mientras menos se deba invertir y se logren construcciones firmes, hermosas y prácticas mucho mejor. De igual forma, se pretende con la presente investigación, ahorrar costo con la inclusión del bambú en los materiales que se empleen en la construcción de columnas, lo que se podría deducir con la aplicación del tabulador que se creó como parte esencial de este trabajo.

Seguidamente el trabajo investigativo fue útil de tal forma que se pudo obtener información sobre las propiedades del concreto armado, la cual fue utilizada en dicha investigación para delimitar y hacer la comparación con las propiedades del concreto reforzado con *Guadua Angustifolia*.

Redón (2015), elaboró un Trabajo Especial de Grado, titulado: **Bambú como Material Estructural: Generalidades, Aplicaciones y Modelización de una Estructura Tipo**, en la Universidad de Valencia, España, para optar por el título de Ingeniero Civil. Este trabajo se trató de exponer y dar a conocer las posibilidades del bambú como material de construcción. Su uso como material de construcción es una ventaja medioambiental ya que estamos sustituyendo acero y hormigón (materiales con un elevado coste energético) por un material renovable y sostenible que es un excelente fijador de carbono atmosférico, ayudando así a mitigar el cambio climático.

El presente trabajo de grado tuvo como objetivo principal establecer la aptitud estructural del material bambú dentro de tipologías constructivas que actualmente se desarrollan en madera estructural. El contenido que presentó se organizó a partir del estudio de las aptitudes mecánicas del bambú. Se describieron los aspectos generales de la construcción en bambú así como implicaciones medioambientales. Se expusieron las tipologías estructurales principales a nivel mundial y asimismo, se analizaron las intervenciones realizadas a nivel nacional evaluando con especial atención su creciente interés y potencial futuro de utilización.

En relación con el trabajo que se llevó a efecto, es reconocer en el bambú sus bondades como material de construcción, el cual por su maleabilidad debería pasar a formar parte de las construcciones modernas.

Cabe destacar que el trabajo descrito fue de gran importancia para dicha investigación ya que aportó información relevante sobre las propiedades mecánicas de la planta en estudio. Permitió observar, analizar y comparar resultados de ensayos e investigaciones las cuales han sido plasmadas en el presente tomo.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Tabulador de equivalencias

Un tabulador de equivalencias es una tabla que nos permite de una forma rápida y automática, conocer el valor de una unidad, medida en un sistema concreto, en otras medidas alternativas.

2.2.2. El Concreto

El concreto es un material pétreo, artificial, obtenido de la mezcla en proporciones determinadas de cemento, agregados y agua. El cemento y el agua forman una pasta que rodea a los agregados, constituyendo un material homogéneo. El peso volumétrico del concreto oscila entre 1.9 y 2.5 ton/m³ dependiendo principalmente de los agregados pétreos que se empleen.

Por otra parte, el concreto simple, sin refuerzo, es resistente a la compresión, pero es débil en tensión, lo que limita su aplicabilidad como material estructural. Para resistir tensiones, se emplea refuerzo de acero, generalmente en forma de barras colocado en las zonas donde se prevé que se desarrollaran tensiones bajo las acciones de servicio. El acero restringe el desarrollo de las grietas originadas por la poca resistencia a la tensión del concreto.

Así, la falla de compresión del concreto se logra ensayando en compresión axial un cilindro de concreto simple. En cilindros con relación de lado de diámetro igual a dos, la falla suele presentarse a través de planos inclinados respecto a la dirección de carga. Esta inclinación es debida principalmente a la restricción que ofrecen las placas de apoyo de la máquina contra movimientos laterales (Bárceñas 2005; p.6).

2.2.3. Acero de refuerzo en la construcción

El acero de refuerzo es aquel que se coloca para absorber y resistir esfuerzos provocados por cargas u cambios volumétricos por temperatura y para quedar ahogado dentro de la masa del concreto, ya sea colado en obra o precolado. El acero de refuerzo es la varilla corrugada o lisa; además de los torones y cables utilizados para pretensados y potenzados. Otros elementos que se utilizan como refuerzo para el concreto son las mallas electro soldadas, castillos y cadenas electro soldadas (armex), escalerillas, entre otras. (Santiago 2009; p.7).

El acero de refuerzo en las estructuras de concreto tiene la función de atender las fuerzas de tracción que el concreto no está en capacidad de resistir por sí solo, adicionalmente restringe el desarrollo de grietas y mejora tanto su resistencia como su capacidad de deformación. El acero de refuerzo forma una armadura que queda embebida en el concreto para absorber y resistir los esfuerzos provocados por las diferentes cargas a las que se encuentra sometida, y adicionalmente controla las fisuras debidas a los cambios volumétricos por retracción y temperatura cuando se presenta el proceso del fraguado.

Las propiedades del acero más importantes son la conformabilidad y durabilidad, resistencia a la tracción y su buena resistencia a la fluencia, buena conductividad térmica, y, para los aceros inoxidables, la resistencia a la corrosión.

Cuando se tiene que seleccionar un material para una aplicación en particular, es necesario estar seguro de que será el material adecuado para las condiciones de carga y los desafíos del medio ambiente al que será sometido durante su servicio.

De manera que, la comprensión y control de las propiedades de un material es esencial. Las propiedades mecánicas del acero pueden ser cuidadosamente controladas a través de la selección de una composición de los productos químicos, el procesamiento y el tratamiento térmico, que conducen a su micro estructura final.

Las aleaciones y el tratamiento térmico utilizado en la producción de acero en el resultado de diferentes valores de las propiedades y los puntos fuertes y las pruebas

deben ser realizadas para determinar las propiedades finales de un acero y para garantizar el cumplimiento de las normas respectivas (Total Materia 2019; p.15).

2.2.4. Concreto Armado

El concreto armado se usó desde la tercera década del siglo XIX. Entre 1832 y 1835, Sir Marc Isambard Brunel y Francois Martin Le Brun erigieron, en Inglaterra y Francia, respectivamente, estructuras de este material tales como arcos y edificaciones. En 1848, Joseph Louis Lambot construyó un bote de concreto reforzado el cual presentó en la Exposición de París en 1854 y patentó en 1855. En Inglaterra, W.B. Wilkinson, registró, en 1855, un piso de concreto reforzado con cuerdas de acero desechadas en las minas. Un año después, Francois Coignet patentó un sistema de refuerzo para pisos consistente en barras de acero embebidas en el concreto.

A pesar de los precedentes antes indicados, Joseph Monier, francés, es considerado el creador del concreto reforzado. Dedicado a la jardinería, fabricó macetas de concreto con refuerzo de mallas de alambre, registrando el sistema en 1867. En los años siguientes patentó el uso de esta técnica para la construcción de tanques, puentes, tuberías, vigas, columnas y escaleras. En 1879, G.A. Wayss, de la firma Wayss and Freitag de Alemania, compró la patente de Monier y en 1887, publicó un libro acerca de sus métodos constructivos. Por su parte, Rudolph Schuster, de Austria, adquirió también los derechos de patente. De este modo, el nombre de Monier, como creador del concreto armado, se extendió por toda Europa.

2.2.5. Concreto Armado en la actualidad

En la actualidad el uso del concreto juega un papel muy importante aunque casi siempre pase desapercibido. El concreto es el material fabricado por el hombre más utilizado en el mundo y contribuye beneficios a la sociedad, tan importantes que, sin él muchas de las cosas que vemos cotidianamente, no existirían. Como por ejemplo, los colegios, hospitales, edificios altos, puentes, túneles, sistemas de alcantarillado, aceras, pavimentos, departamentos, presas, etc.

El concreto es tan vital para el desarrollo de productos y sistemas, que se puede utilizar en edificios ecológicos de bajo consumo y aun así, seguirán siendo más

duraderos. Hoy en día, el concreto con su resistencia, durabilidad y excelente masa térmica, debería ser un componente clave en eco-edificios para así extenderse a lo largo del futuro.

El concreto simple, sin refuerzo, es resistente a la compresión, pero débil en tensión, lo que limita su aplicabilidad como material estructural. Para resistir tensiones, se emplea refuerzo de acero, generalmente en forma de barras, colocado en las zonas donde se prevé que se desarrollarán tensiones bajo las acciones deservicio. El acero restringe el desarrollo de las grietas originadas por la poca resistencia a la tensión del concreto. El uso del refuerzo no está limitado a la finalidad anterior, también se emplea en zonas de compresión para aumentar la resistencia del elemento reforzado, para reducir las deformaciones debidas a cargas de larga duración y para proporcionar confinamiento lateral al concreto, lo que indirectamente aumenta su resistencia a la compresión. La combinación de concreto simple con refuerzo constituye lo que se llama concreto armado.

2.2.6. Características de los materiales en el Concreto Armado

2.2.6.1. Concreto

El concreto es una mezcla de cemento, agregados inertes (por lo general grava y arena) y agua, la cual se endurece después de cierto tiempo de mezclado. Los elementos que componen el concreto se dividen en dos grupos: activos e inertes. Son activos, el agua y el cemento a cuya cuenta corre la reacción química por medio de la cual esa mezcla, llamada “lechada”, se endurece (fragua) hasta alcanzar un estado de gran solidez. Los elementos inertes (agregados) son la grava y la arena, cuyo papel fundamentales formar el “esqueleto” del concreto, ocupando gran parte del volumen del producto final, con lo cual se logra abaratarlo y disminuir notablemente los efectos de la reacción química del fraguado: la elevación de temperatura y la contracción de la lechada al endurecerse. El agua que entra en combinación química con el cemento es aproximadamente un 33% de la cantidad total y esa fracción disminuye con la resistencia del concreto. En consecuencia, la mayor parte del agua de mezclado se destina a lograr fluidez y trabajabilidad de la mezcla, coadyuvando a la “contracción

del fraguado” y dejando en su lugar los vacíos correspondientes, cuya presencia influye negativamente en la resistencia final del concreto.

2.2.6.2. Acero de refuerzo

El acero para reforzar concreto se utiliza en distintas formas; la más común es la barra o varilla que se fabrica tanto de acero laminado en caliente, como de acero trabajado en frío. Los diámetros usuales de barras producidas varían de ¼ pulg. a 1 ½ pulg. (Algunos productores han fabricado barras corrugadas de 5/16 pulg, 5/33 pulg y 3/16 pulg.) En otros países se usan diámetros aún mayores. Todas las barras, con excepción del alambra de ¼ de pulg, que generalmente es liso, tienen corrugaciones en la superficie para mejorar su adherencia al concreto. Generalmente el tipo de acero se caracteriza por el límite de esfuerzo de fluencia. Existe una variedad relativamente grande de aceros de refuerzo. Las barras laminadas en caliente pueden obtenerse con límites de fluencia desde 2300 hasta 4200 kg/cm² El acero trabajado en frío alcanza límites de fluencia de 4000 a 6000 kg/cm². Una propiedad importante que debe tenerse en cuenta en refuerzos con detalles soldados es la soldabilidad. La soldadura de aceros trabajados en frío debe hacerse con cuidado. Otra propiedad importante es la facilidad de doblado, que es una medida indirecta de ductilidad y un índice de su trabajabilidad. Se ha empezado a generalizar el uso de mallas como refuerzo de losas, muros y algunos elementos prefabricados.

2.2.6.3. Características físicas y mecánicas del acero de refuerzo

- **Ductilidad:** es la elongación que sufre la barra cuando se carga sin llegar a la rotura. Las especificaciones estipulan que el estiramiento total hasta la falla, no sea menor de cierto porcentaje mínimo que varía con el tamaño y grado de la propia barra.
- **Dureza:** se define como la propiedad del acero a oponerse a la penetración de otro material.
- **Resistencia a la tensión:** Es la máxima fuerza de tracción que soporta la barra, cuando se inicia la rotura, dividida por el área de sección inicial de la barra. Se denomina también, más precisamente, carga unitaria máxima a tracción.

· **Límite de fluencia, f_y :** es la tensión a partir de la cual el material pasa a sufrir deformaciones permanentes, es decir, hasta este valor de tensión, si se interrumpe el traccionamiento de la muestra, ella volverá a su tamaño inicial, sin presentar ningún tipo de deformación permanente, esta se llama deformación elástica. El ingeniero utiliza el límite de fluencia de la barra para calcular la dimensión de la estructura, pues la barra soporta cargas y sobrecargas hasta el punto y vuelve a su condición inicial sin deformación. Pasado este punto, la estructura está fragilizada y comprometida.

Si bien la tendencia actual, en la construcción con hormigón reforzado, es hacia el uso de barras de refuerzo con grado de resistencia más elevado, dado que el uso de estas conduce a una reducción significativa del tonelaje de hacer y del tamaño de los miembros estructurales de hormigón, lo que da por resultado economía en la mano de obra y en otros materiales, se tiene un límite práctico sobre cuál fuerte debe ser el acero de refuerzo utilizado en una construcción estándar de Hormigón armado (Santiago 2019;p.4).

Debido a las importantes estructuras de las edificaciones en las cuales se utiliza este acero de refuerzo, es necesario que se cumplan algunas normas: resistencia, ductilidad, dimensiones, límites físicos y químicos, además que materia prima se utilizó para su elaboración. Se presenta a continuación el cuadro 3 indicando las características mecánicas mínimas garantizadas del acero:

Cuadro 1

Características Mecánicas Mínimas Garantizadas

Designación (1)	Clase de Acero	Límite elástico F_y [Mpa], no menor que	Carga unitaria de rotura, f_s [Mpa], no menor que⁽²⁾	Alargamiento de rotura en %, sobre base 5-0, no menor que	Relación F_s/f_y en ensayo no menor que ⁽³⁾
AH400 N	D.N.	400	520	16	1,29
AH400 F	E.F.	400	440	12	1,1
AH500 N	D.N.	500	600	14	1,2
AH500 F	E.F.	500	550	10	1,1
AH600 N	D.N.	600	700	12	1,16
AH600 F	E.F.	600	660	8	1,1

- (1) AH= acero para hormigón (DN= Dureza natural; EF = Estirado en frío)
- (2) Para el cálculo de valores unitarios se utilizará la sección nominal
- (3) Relación mínimo entre los valores de la carga unitaria de rotura del límite elástico, obtenidos en cada ensayo.

Fuente: Santiago (2019), adaptado por Díaz y García (2021).

2.2.7. Ventajas y desventajas del Concreto Armado.

El hecho de que el concreto armado sea uno de los materiales de construcción más utilizados en el mundo, estriba en las innumerables ventajas que ofrece. Sin embargo, al igual que cualquier otro material de construcción, el concreto también presenta desventajas en comparación con otros materiales.

2.2.7.1. Principales Ventajas:

1. Es un material con aceptación universal. Es relativamente fácil conseguir o transportar los materiales necesarios para su fabricación.
2. No se necesita mucha habilidad para su fabricación y utilización. No es necesario contar con mano de obra altamente calificada.
3. Es económico comparado con otros materiales.
4. El concreto armado se emplea en casi cualquier tipo o forma estructural, es decir su uso no está limitado a un tipo de forma en particular. Se emplea en la construcción de represas, puentes, edificios, casas, túneles, muelles, etc.
5. Es un material de construcción con una buena durabilidad y un bajo costo de mantenimiento.
6. El concreto es un material con resistencia al fuego, una estructura de concreto armado sin detalles especiales
7. Es un material apropiado para cumplir funciones estructurales y arquitectónicas.
8. Las estructuras de concreto armado poseen monolitismo e hiperestaticidad (redundancia). La redundancia en una estructura permite la redistribución de las fuerzas internas en la eventualidad de una sobrecarga accidental no prevista, así se logra un mayor grado de seguridad al colapso.

9. Las estructuras de concreto armado poseen masa y rigidez, esto las hace menos sensibles a las vibraciones verticales y laterales.

2.2.7.2 Principales Desventajas:

1. El concreto tiene una baja resistencia a los esfuerzos de tracción, es necesario adicionar refuerzo de acero para absorber los esfuerzos de tracción y controlar los agrietamientos.
2. Las grietas hacen permeable al concreto armado y puede producirse o acelerarse la corrosión de las armaduras.
3. Para la construcción de los elementos de concreto son necesarios los encofrados, el encofrado representa un costo importante en Estructuras.
4. El proceso constructivo puede ser lento. Lo que significa un mayor “costo del dinero”.
5. El concreto sufre cambios de volumen en el tiempo.

2.2.8. Columnas

Las columnas son aquellos elementos verticales que soportan fuerzas de compresión y flexión, encargados de transmitir todas las cargas de la estructura a la cimentación; es decir, son uno de los elementos más importantes para el soporte de la estructura, por lo que su construcción requiere especial cuidado. Para garantizar la ductilidad de los pórticos que conforman las estructuras de concreto es necesario confinar los nudos, colocando estribos en su interior para garantizar que bajo la acción de un sismo, la fisuración se forme en las vigas, fuera del nudo. Así se garantiza la formación de articulaciones plásticas en los extremos de la viga. Por lo tanto, las zonas de confinamiento garantizan el desarrollo de la ductilidad establecida en las condiciones de diseño.

Las columnas son diseñadas con una sección y refuerzo según los esfuerzos que debe resistir, generalmente repartiendo el esfuerzo longitudinal simétricamente en la cara de la sección, para no causar excentricidades en el elemento.

2.2.8.1. Acero de refuerzo en columnas

El acero de refuerzo debe colocarse en la longitud y con el diámetro estipulado en el diseño estructural. La longitud y lugar de los traslapos en el refuerzo longitudinal no debe exceder más de la mitad de las varillas a una misma altura, tal como lo indica la NSR – 10 y debe quedar fuera y no muy cerca de los apoyos.

Los estribos se distribuirán de acuerdo al diseño, respetando las zonas de confinamiento e iniciando a una distancia respecto al nudo siguiendo los cálculos respectivos.

La zona de confinamiento es una distancia en la cual se colocan los estribos con menor espaciamiento entre sí para mejorar la resistencia del concreto. Una vez están amarrados todos los estribos, sobre la placa se cimbra el perímetro de todas las columnas demarcando la sección con total exactitud, evitando así que la columna genere excentricidades no contempladas en el diseño, afectando la rigidez del conjunto para garantizar que las varillas queden en su lugar, basta colocar un par de estribos encima del tramo a vaciar.

En caso de que se vayan a construir columnas de sección circular, se utiliza una espiral como refuerzo transversal, que, a diferencia de los estribos que se figuran en planta, generalmente se fabrica en obra. El refuerzo en espiral es sumamente importante y no debe reemplazarse con igual efectividad por estribos circulares individuales. Dicho espiral otorga al núcleo de concreto un confinamiento adicional.

2.2.8.2 Flexo compresión del acero

Las diversas propiedades del acero estructural, son determinadas por su composición química. Dichas propiedades son:

- a) La elasticidad que es la capacidad de un metal de regresar a su forma original después de ser cargado y subsecuentemente descargado.
- b) La fatiga que ocurre cuando un metal es sometido a esfuerzos en forma repetida por arriba de su límite de fatiga por medio de muchos ciclos de carga y descarga.
- c) La ductilidad que es la capacidad de un cuerpo de deformarse sin fracturarse en el rango enélastico, es decir, más allá del límite elástico.

- d) La resistencia última que es el resultado de dividir la carga (cuando se fractura una probeta en una prueba de tensión) entre el área original del espécimen.
- e) La tenacidad que se define como la combinación de resistencia y ductilidad.

El acero es una aleación cuyo componente principal es el hierro. Otro componente de todos los aceros estructurales, aunque en cantidades mucho menores, es el carbono que contribuye a la resistencia, pero reduce la ductilidad (Bárcenas 2005; p.6).

2.2.9. El bambú (*Guadua Angustifolia*)

El bambú pertenece a la gran familia de las gramíneas, crecen usualmente en selvas de clima cálido, en bosques mesofítico caducifolio y xerfítico caducifolia de Asia, así como en los bosques tropicales lluviosos o, en el caso de los bambúes herbáceos, en la sombra de los bosques cálidos.

De igual forma, el uso del bambú es una alternativa en muchos países, lo consideran una gran potencial de desarrollo. Según Martínez (2015): la palabra "bambú" fue introducida por:

Carl von Linné en 1753 en su obra *Species Plantarum*. Es una herbácea como el arroz, el maíz o la caña de azúcar. Pero a diferencia de estas plantas, la lignina de sus tejidos se convierte con el paso del tiempo en una estructura tan dura como la madera, pero más flexible y ligera. Esto hace del bambú un material muy interesante para muchísimos usos, entre ellos el estructural (p.1).

Muchos pueblos han usado el bambú como parte de cotidianidad, lo emplean en la construcción de sus casas, solares y utensilios de trabajo. Aunque el bambú se tiene como referencia de zonas rurales y empobrecidas, hoy es cada vez más común en construcciones modernas en áreas urbanas sustentadas con este material natural y ecológico. En este sentido Martínez (ob.cit.) sostiene que:

En el mundo de la arquitectura de vanguardia, y en el resto de ámbitos, está cobrando cada vez más importancia y se valora cada vez más este material debido a su estética, a su facilidad de trabajo y a su valor medioambiental, ya que es un excelente sumidero de carbono y un recurso

forestal con gran capacidad que todavía no se ha explotado acorde a sus posibilidades (p.2).

De manera que, el bambú es una planta abundante a nivel global y rápido en su crecimiento y con gran fijación de carbono. Además de sus cualidades mecánicas que permiten realizar construcciones complejas y se trata de poner en valor un elemento forestal. Así mismo, Rodríguez (2006) sostiene que:

El bambú es un material muy bueno resistiendo flexión y compresión, además es una opción para construir livianamente, es uno de los “materiales usados desde la más remota antigüedad por el hombre para aumentar su comodidad y bienestar; en el mundo de plástico y acero de hoy, el bambú continúa aportando su centenaria contribución y aun crece en importancia” (p.67).

Considerando que en la actualidad todas las disciplinas deben estar en constante búsqueda de materiales e insumos que gracias a uso se proteja el medio ambiente, los ingenieros consideran que el bambú es un material óptimo para incluirlo en sus construcciones. Su uso va desde muebles hasta puentes, lo que lo convierte en un material versátil y de gran utilidad. Sin embargo, no se debe olvidar que para utilizar cualquier material como refuerzo en concreto es necesario conocer las características que afecten el diseño estructural del elemento reforzado.

Todas las especies de bambú, pero Guadua en particular, tienen un crecimiento más rápido y de alta productividad si se realiza una comparación con los árboles. Este tipo de plantas de bambú crecen desde el suelo con un diámetro prácticamente constante, sin incrementos significativos del mismo con el tiempo, como sí ocurre con los árboles. Esto permite que la cantidad de plantas de bambú que se siembren por unidad de área sea mayor, ya que conforme esta crezca no ampliará considerablemente su tamaño diametralmente, lo que disminuye la separación entre plantas y logra así poder obtener una mayor cantidad de materia prima de esta planta en comparación con otras plantas maderables. Según Poveda (2011):

El diámetro máximo registrado para una planta de Guadua es de 25 cm, aunque su diámetro medio está entre 9 y 13 cm. En el caso de la especie Guadua Angustifolia, se ha llegado a observar un crecimiento diario de 21

cm, de manera que alcanza su máxima altura (15-30 metros) en sus primeros seis meses, y puede ser cosechado tras 4 o 5 años. Tras la cosecha del bambú, este tiene la gran ventaja de renovarse sin reforestar. Esto significa que de donde fue cortada la planta se generará una nueva sin la necesidad de sembrar otra (p.15).

De tal manera, beneficia a la naturaleza, ya que no es necesario alterar los bosques de más lento crecimiento para obtener materia prima que puede ser adquirida de bosques de bambú.

2.2.9.1. Algunos usos del Bambú en la actualidad a nivel mundial:

- **Tableros y Parquets:** Los tableros de bambú se fabrican en China desde 1940, a la fecha se han desarrollado 28 productos y más de 100 tipos diferentes. En la actualidad en este país se producen 100 mil metros cúbicos de tableros de bambú. El bambú solo, puede ser utilizado para hacer partes de una casa con excepción del fogón de la chimenea. En la mayoría de los casos, sin embargo, el bambú es combinado con otros materiales de construcción tales como madera, arena, cal, cemento, acero, y hojas de palma, de acuerdo con su relativa eficiencia, disponibilidad y costo.



Figura 1: Tableros y Parquet (de Bambú)

Fuente: El bambú como material de construcción. Rodríguez (2006).

El uso de tallos (o culmos) de bambú en la fabricación de paneles sustituye actualmente la utilización de un millón de metros cúbicos de madera 67 en pie en China y 400,000 metros cúbicos en la India.

- **Cimientos:** Los ejemplos del empleo de postes de bambú, en lugar de cimiento convencional para casas económicas, pueden verse en ambos hemisferios. A menos

que sean tratados con algún producto químico preservativo, no es de esperarse que tales postes duren unos dos o tres años promedio o cinco años, a lo más, en condiciones favorables poco comunes. Aunque no hay datos experimentales, parece razonable esperar que las clases duraderas de cañas de bambú puedan durar un tiempo mayor, hincadas en el suelo, mediante la aplicación del pentaclorofenol en una forma apropiada. Mientras se estudian tratamientos convenientes y económicos para la preservación del bambú en condiciones en que se humedezca frecuentemente o que este en contacto con la tierra húmeda, se considera conveniente emplear para los cimientos algún material que sea mejor que el bambú no tratado, por ejemplo el concreto, la piedra, el tabicón de concreto. Si se emplea el bambú como soporte en casas de bajo costo, las cañas deberán tener un diámetro mayor, paredes gruesas y nudos más próximos, para proporcionar un máximo de resistencia al pandeo. Cuando no se puede obtener piezas grandes de bambú es conveniente emplear pequeños bambúes, con características estructurales adecuadas, amarrados y formando pilares compuestos.



Figura 2: Casa Económica ya terminada.

Fuente: El bambú como material de construcción. Rodríguez (2006).

El uso del bambú como material de construcción ya sea primario, secundario, u ocasional es común en las áreas donde el bambú adecuado crece en suficiente cantidad. La importancia del bambú en cualquier región dada, está determinada habitualmente

por el nivel económico de la gente común y por el uso de otros materiales más durables. La solidez estructural, adecuada a las exigencias de las condiciones locales, se consigue comúnmente con el bambú, pero por lo común una monotonía general en el diseño y un nivel mediocre de ejecución caracterizan las casas de bambú en muchas regiones. En ciertas áreas culturales, sin embargo, y especialmente en niveles económicos muy altos, como en las partes cultas del Japón, Java y Malasia, el bambú es empleado arquitectónicamente en formas que son distintivas y básicamente artísticas. Cohen, indirectamente, alude a este reconocimiento de las virtudes especiales del bambú: “El poste principal en una casa japonesa, caracteriza la casa en cuanto se considere la calidad y construcción. Los elementos estructurales del tejado son fijados al poste, y permite que una casa adecuadamente construida se mantenga en pie pese a los temblores de tierra y las operaciones.” El autor ha visto muchas casas en las que el poste principal es un bambú fornido o donde añade carácter a un poste de madera revistiéndolo con bambú.

2.2.9.2. Comportamiento del Bambú en movimientos sísmicos

Las fuerzas que se presentan en las estructuras debido a las aceleraciones del sismo están directamente relacionadas con el peso de la edificación, por lo tanto a mayor peso mayores fuerzas de inercia.

La constitución anatómica tubular y fibrosa del bambú le permite absorber energía de deformación que redundará en una mayor flexibilidad, retardando las fallas o roturas y permitiendo un comportamiento más dúctil.

Aun cuando se presenten movimientos sísmicos muy intensos las características de absorción y disipación de energía le permiten mostrar ese comportamiento dúctil, absorbiendo y amortiguando sin fallar, efectos mayores a los previstos. (Peñaranda 2015).

2.2.10. Características del bambú

2.2.10.1. Estructura molecular del bambú (composición química)

En cuanto a su composición química, el bambú se encuentra entre pino y las maderas duras; conteniendo componentes tales como: celulosa, hemicelulosa, lignina,

sílice. El contenido de cenizas es de 1-3% y en las maderas duras es menos de 0.5%. Los pastos y bambúes son conocidos por su contenido de grandes cantidades de depósitos de sílice en las hojas.

En bambú el sílice es el mayor componente de la epidermis del culmo y se encuentra principalmente en forma de pequeñas células silíceas (células que contienen cristales de dióxido de silicón) asociados a células de corcho. El contenido de sílice varía de acuerdo a la especie, y se incrementa en las partes superiores del culmo (Peña 2008; p.46) (Ver Cuadro 1).

Cuadro 2

Componentes químicos del bambú y otras maderas

Compuestos Químicos (%)	Bambú	Maderas Duras	Pino Sur
Holocelulosa	75	78-85	75-80
Alfa-Celulosa	45	45-50	50
Pentosas total	16-21	18-25	10-12
Ligninas	22-30	18-25	26-30
Cenizas	1-3	0,2-0,5	0,2-05

Fuente: Tomado de Peña (2008). Adaptado por Díaz y García (2021).

En Venezuela, según Peña (2008):

El estudio tanto de propiedades físicas y mecánicas así como también la preservación del bambú (*Guadua angustifolia Kunth*) no ha tenido un auge importante a pesar de contar en el país con innumerable cantidad de plantaciones que nacieron y se mantienen de forma natural (p.47).

Es por tanto, importante y recomendable a las autoridades forestales de Venezuela que tomen acciones a fin de proteger estas plantaciones y permitir a partir de la tecnología y el esfuerzo mancomunado de todos, hacer crecer estas plantaciones para darles el mejor uso en el área de la construcción.

Así mismo, Peña (ob.cit.) indica que:

En vista de las ventajas que posee el bambú, se hace necesario impulsar el estudio de las propiedades físico-mecánicas de la *Guadua angustifolia Kunth*, preservada a través de compuestos químicos, con la finalidad de mejorar de forma sustancial dichas propiedades y ser usada como material de competencia para la construcción sustentable (p.51).

La sustentabilidad es un término que se ha puesto en auge desde hace varias décadas desde que los científicos y ambientalistas se han dado cuenta que el planeta está siendo atacado por miles de acciones humanas que sin discriminación deforestan, queman y destruyen el medio ambiente.

2.2.10.2. Peso específico

Varía con la humedad, pero para cañas secadas al aire (18% de humedad), oscila entre 700 y 850 kg/m, dependiendo de si se tiene en cuenta solo la pared. El peso específico depende también de la porción de caña analizada: a la base ronda los 0,57 kg/dm (mayor volumen hueco) y en la cima 0,76 kg/dm³ (Bárbaro 1997, citado por Martínez (2015)).

2.2.10.3. Conductividad térmica

Expresa el poder aislante de un material: cuanto más baja es, más poder aislante tiene. En el bambú depende del sentido de propagación del flujo de calor y del elemento que se esté ensayando. Por ejemplo, la propagación en sentido perpendicular a las fibras en material secado en horno es de 0.088 Kcal/m·h·°C para el bambú frente a 0.104 Kcal/m·h·°C que presenta el abeto común, o en sentido paralelo en el cual la diferencia es mayor obteniéndose valores de 0.143 Kcal/m·h·°C frente a las 0.191 Kcal/m·h·°C respectivamente (Bárbaro (1997), citado por Martínez (2015)).

2.2.10.4. Compresión

Gran parte del bambú empleado en construcción está sometido a compresión paralela a la fibra, por ejemplo, en columnas, vigas, soportes, montantes y otros, los cuales están sujetos a cargas que tienden a aplastar o a acortar los miembros longitudinalmente. La resistencia del bambú a la compresión es relativamente alta, pero carece de significado si no se especifica el grado de sazónamiento y la relación entre la longitud y el diámetro de la pieza. Dicho de otra forma, si no se conoce la esbeltez de la pieza a estudiar y no se define la curación del bambú, no se podrá precisar correctamente la resistencia frente a este esfuerzo, ya que sus características varían. A mayor humedad se tienen peores prestaciones. Además, la relación longitud-sección mínima también es de vital importancia para prevenir el pandeo. (Martínez 2015; p.12).

2.2.10.5. Tracción

Depende del elemento de la caña ensayado (base, centro o cima), del % de humedad, del elemento a ensayar y de la presencia o no de nudos. Se trata del esfuerzo más complicado de todos a los que se enfrentan las estructuras de bambú. Los métodos mediante los cuales se unen las diversas piezas hacen que al aparecer esfuerzos de tracción, estas se rajen debido a los herrajes. Es por esto que no es fácil encontrar valores de la resistencia del material frente a este tipo de cargas.

2.2.10.6. Elasticidad

Es un coeficiente adimensional y se define como la relación lineal, conocida como la Ley de Hooke, entre la tensión debida a la carga aplicada al material y su deformación. Al igual que en la madera tradicional, decrece de un 5 - 10% con el aumento de la carga. Depende del tipo de esfuerzo aplicado, y del tipo de fibra (interna o externa de la sección solicitada). Desde un punto de vista estructural, para cañas enteras sometidas a flexión se puede adoptar el dato promedio reflejado en el cuadro 2.

Cuadro 3

Propiedades Mecánicas del Bambú

Propiedades Mecánicas	Promedio (MPa)	D.E. (MPa)	C.V.
Compresión Paralela a la Fibra			
Esfuerzo máximo	48.0	3.0	5%
Esfuerzo en el límite proporcional	36.0	2.0	6%
Módulo de elasticidad	19137	1625	9%

Compresión perpendicular a la fibra			
Esfuerzo máximo radial	5.0	0.6	12%
Esfuerzo máximo tangencial	6.8	0.9	13%
Tracción paralela a la fibra			
Esfuerzo máximo	132.0	24-1	18%
Módulo de elasticidad	17468	3655	21%
Tracción perpendicular a la fibra			
Esfuerzo máximo radial	1.1	0.3	22%
Esfuerzo máximo tangencial	1.8	0.4	21%
Corte paralela a la fibra			
Esfuerzo máximo	9.4	1.2	13%
Flexión			
Esfuerzo máximo radial	74.0	10.6	14%
Módulo de elasticidad Radial	9523	1100	12%
Esfuerzo máximo tangencial	87.0	12.8	15%
Módulo de elasticidad tangencial	11456	1450	13%

Fuente: Adaptado de Martínez (2015) por Díaz y García (2021).

2.2.11. Ventajas de la Guadua Angustifolia

- Sembrando hoy 80 plántulas de bambú en una área de 1300 m², puede al cabo de 4 o 5 años obtener un guadual (bosque de guadua) desarrollado, con el material aproximado correspondiente a 130 tallos o culmos requeridos para construir muros y estructura de vigas superiores y columnas necesarias para una casa de 60 m².
- Lo anterior es perfectamente posible en la mayor parte del mundo, teniendo en cuenta que un guadual nativo, del tipo zona cafetera, técnicamente explotado podemos obtener 1300 culmos o tallos de guadua por hectárea/año. O si se trata de un cultivo nuevo lo podemos comenzar a explotar a partir del quinto año de sembrada.
- La flexibilidad y la alta resistencia a la tensión hacen que el muro de bambú sea altamente resistente a los sismos y en caso de colapsar, su poco peso causa menos daño; la reconstrucción es rápida y fácil.
- Las construcciones con este material no requieren herramienta especializada y permiten el uso intensivo de mano de obra no calificada, un oficial y su ayudante, aunque debe haber un profesionalista para la supervisión y dirección.
- Las unidades naturales, varas o cañas de bambú como se les llama, son medidas o formas que la hacen manuales, almacenables y sistematizables, en forma conveniente y económica.
- Las cañas tienen una estructura física característica que les proporciona alta resistencia con relación a su peso. Son redondas o casi redondas en su sección transversal, ordinariamente huecas, y con tabiques transversales rígidos, estratégicamente colocados para evitar la ruptura al curvarse. En esta posición pueden actuar más eficientemente, proporcionándole resistencia mecánica y formando un firme y resistente caparazón.
- La sustancia y la textura de las cañas hace fácil la división a mano en piezas cortas (aserrándolas o cortándolas), o en tiras angostas (hendiéndolas). No se necesitan máquinas costosas, sino sólo herramientas simples.

- La superficie natural de muchos bambúes es limpia, dura y lisa, con un color atractivo, cuando las cañas han sido convenientemente almacenadas y maduras.
- Los bambúes tienen poco desperdicio y ninguna corteza que eliminar.

2.2.12. Guadua Angustifolia como refuerzo del concreto

El empleo de la *Guadua Angustifolia* como elemento de refuerzo en el concreto en el reemplazo de la varilla de acero, es una de las aplicaciones más importantes que tienen este material en la construcción. La alta resistencia a la tracción del bambú hace posible este tipo de aplicaciones, lo cual no sería posible en otros materiales como la madera (Hidalgo, citado por Atuaje 1986).

Atuaje (1986) indica que, el concreto reforzado con acero es un material de construcción que no está al alcance de la mayoría de los peruanos, especialmente en zonas rurales. Ya sea por el alto costo del acero, como por las dificultades que implica su transporte a estas zonas.

Dentro de los vegetales, el bambú posee muchas ventajas de forma y relación resistencia/peso.

Se han investigado aplicaciones del bambú como refuerzo en el concreto en varios países de Asia, Europa, etc., con resultados pocos satisfactorios. Estos resultados se deben a que las cañas de bambú aumentan de volumen con la humedad al embeberse en el concreto fresco y posteriormente se contraen al secarse, lo cual solo produce el agrietamiento de la superficie de concreto sino la pérdida casi total de la adherencia entre los dos materiales (Geymayer et al., citado por Atuaje 1986).

Aunque el bambú es un material muy resistente, solo ha sido usado como relleno en muchos países, no habiendo sido explotado mayormente en sus aplicaciones estructurales. Adicionalmente el bambú como refuerzo en el concreto no ha encontrado en alguna medida éxito, principalmente debido a su bajo módulo de elasticidad, no obstante estudios de laboratorio han demostrado que el bambú es perfectamente adaptable como refuerzo en concretos de bajos módulos de elasticidad (Datye y Portfield, citado por Atuaje 1986)

Una forma de utilizar el bambú como refuerzo es cortando la caña longitudinalmente en segmentos. Estos segmentos pueden ser tensionados para formar cables, los mismos que han sido una forma eficiente de mejorar la adherencia (Hidalgo, 978). (Ver Figura 1).

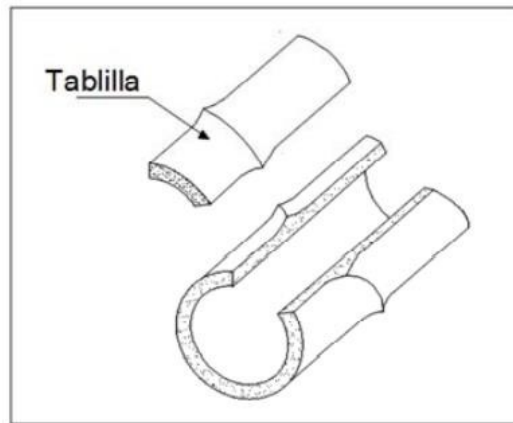


Figura 3: Tablilla de bambú

Fuente: Comparación del bambú con el acero. Poveda (2011) (p.14)

El bambú ha sido utilizado como material de construcción de bajo costo por muchos años; este contiene un gran porcentaje de fibras que poseen una gran capacidad de tensión, flexión y deformación. Sin embargo el bambú presenta el problema de una alta absorción de agua lo que conduce a una hinchazón-contracción y pudrición. Tal vez estos factores sean la razón principal por la cual el bambú no se utiliza ampliamente hoy en día en la construcción moderna. A fin de utilizar el bambú en aplicaciones técnicas, especialmente como sustituto del acero en barras en el concreto estructural, es necesario comprender el mecanismo de interacción bambú-agua (Fang y Fay, citado por Atuaje 1986).

Gonzales (2001) reafirma lo establecido por Atuaje y señala que, la dificultad del bambú como refuerzo para el concreto es la poca adherencia que el bambú desarrolla en la matriz. La variación volumétrica del material origina la aparición de fisuras longitudinales en el concreto provocando la disminución de su carga y

empeorando la adherencia; tales fisuras aumenta cuando el porcentaje de bambú en la matriz de concreto es alto (mayor del 4 por ciento).

2.2.13. Cemento, concreto y bambú

Por ser el bambú una planta vulnerable a la humedad, por lo que debe desplantarse desde una cadena que lo separe del suelo; esa cadena suele ser de concreto. Por su parte, el cemento se usa en el repellado de los muros (con mortero de cemento-arena), en los firmes pulido y en el “colado” de la losa. Existen investigaciones en donde se emplea bambú ahogado en el concreto como sustituto de las varillas para losas. La guadua o bambú tiene una capa externa dura y se parece en esto más a un tubo metálico que al a madera, así que en muchos casos no se deforman los pernos en las uniones cruzadas. Con una inyección adicional de mortero se permite una fijación confiable de pernos y las uniones pueden ser calculadas por programas computarizados, cuando son metálicas. (Bravo, 2018; p. 2).

2.2.13.1. Concreto y bambú

El concreto y el cemento, pueden ser usados de diferentes maneras en las edificaciones de bambú. Sin duda, el concreto armado es un material insustituible para todo aquello que esté en contacto con el suelo, son los cimientos; también debe ser de concreto todo elemento sobre el cual vayan a apoyarse las columnas, que pueden ser de bambú. Las dimensiones de éstas estarán en función de la carga que genere la estructura de bambú y el número de columnas que se vaya a disponer.

El cemento, en forma de mortero o como mezcla de cemento arena y agua, se utiliza para rellenar los entrenudos inferiores del bambú que son utilizados como columnas y que estarán en contacto con el concreto armado que las soportará. De igual forma, el cemento es usado (como mortero de arena cemento), inyectándolo en el interior de los nudos de un bambú para que logre soportar los esfuerzos de compresión causados por otras bambúes que queden apoyados en aquel, con el fin de evitar aplastamientos. También se usa el cemento en los nudos o uniones donde es necesario colocar aceros trabajen donde haya demanda de esfuerzos de tracción y el mortero contribuya a resistir los esfuerzos de compresión (Bravo 2018; p.5).

2.2.13.2. Bambú, Cemento y Concreto una relación de alta calidad

El bambú es denominado el “acero del siglo XXI” (Bravo 2018; p. 1.), debido a sus características, pues su ligereza, flexibilidad y bajo costo, lo hace muy accesible a los ingenieros para emplearlo en sus edificaciones. No obstante, posee algunas debilidades debido a que sin ser tratado, puede ser poco resistente a huracanes, a la lluvia o al ataque biológico. Sin embargo, hoy día se ha utilizado con éxito uniéndolo al cemento y el concreto, además de otros materiales como la madera o el acero galvanizado, los cuales minimizan sus deficiencias.

La conformación de estructura natural que posee el bambú lo hace un material de alta tecnología. Es estable pero al mismo tiempo, por sus cavidades, es ligero y flexible. A través de la inyección de concreto en el interior del bambú, éste se convierte en un material macizo que, junto con el acero, puede fabricar uniones de alta resistencia capaces de transferir cargas grandes.

En investigaciones llevadas a efecto por F.A. McClure (investigador asociado en botánica en el Smithsonian Institute), realiza algunas recomendaciones apropiadas en esta investigación referidas en el diseño y construcción con bambú reforzado con concreto:

- En elementos importantes de concreto no se recomienda el uso de cañas completas, verdes, como refuerzo del material.

- En losas de concreto y elementos secundarios, pueden usarse con éxito cañas completas, verdes y sin estacionar, cuando los diámetros de las cañas no excedan los cuartos de pulgadas.

- El bambú usado como refuerzo de elementos de concreto sujeto a flexión, deberá ser cortado y estacionado de tres semanas a un mes antes de empleo.

- No se recomienda el empleo de cañas de bambú como refuerzo de elementos de concreto sujetos a flexión si han sido cortadas en primavera a comienzos de verano.

2.2.13.3. Antecedentes del concreto reforzado con bambú

Gonzales (2001) indica que, uno de los primeros estudios del bambú es el realizado en 1914 por H.K Chu en el instituto Tecnológico de Massachusetts, Estados Unidos.

En la China se ha hecho investigaciones en este campo desde hace muchos años. Las primeras aplicaciones de que se tiene noticia se realizaron en 1918, pudiendo citar las siguientes:

- En la construcción del cuarto de refrigeración de la International Export Co. En Nanking, se emplearon tablillas cuadradas de bambú de 6 mm como refuerzo de muros de concreto de 5cm de espesor, que se construyeron con el objetivo de proteger al aislante de corcho.
- El gobierno Chino utilizó en la cimentación de algunos puentes de ferrocarril, pilotes de fricción de concreto reforzado con bambú con el objeto de facilitar su transporte y colocación.
- La dirección de Conservación de Whangpoo empleó de placas de concreto reforzadas con bambú en muros de protección debajo del agua.
- Posteriormente el bambú fue utilizado como refuerzo en concreto durante la segunda guerra mundial. En las islas del Pacífico se realizaron construcciones de instalaciones militares con bloques de concreto reforzados con bambú por parte de las fuerzas armadas de Japón y Estados Unidos. Este último país lo utilizó para los mismos propósitos cuando intentó construir una estructura abovedada en concreto reforzado con bambú, durante la guerra de Vietnam, con resultados poco alentadores.
- En la guerra del Sur Asiático (1963), se utilizó en instalaciones militares, a raíz de lo cual se hicieron de nuevo investigaciones en este sentido de los Estados Unidos.

Sin embargo, la poca información en nuestro medio sobre el comportamiento físico – mecánico y estructural del bambú (*Guadua Angustifolia*) en comparación con

el acero y concreto, hace que los arquitectos e ingenieros tomen poco interés a pesar de ser un material renovable y de fácil obtención; a pesar de esto, en la actualidad hay investigaciones que podrían revertir esta situación.

El Bambú posee una alta resistencia a la tracción, una gran resistencia a flexión y capacidad de deformación, esto hace posible que se la utilice como refuerzo en elementos de concreto reforzado, otra de las razones para su uso es su bajo costo en comparación con el acero, el cual no está al alcance de los pobladores de las zonas rurales.

Es necesario acotar que se han realizado un sin número de investigaciones a nivel internacional sobre la utilización del bambú como refuerzo del concreto, con resultados poco alentadores. Siendo el problema principal la baja adherencia entre el bambú y el concreto, la cual se debe principalmente al aumento de volumen del bambú con la humedad al embeberse en el concreto fresco y su posterior contracción al secarse, esto origina que se produzca grietas en la superficie del concreto y la pérdida de la adherencia entre los dos materiales. Ante este problema diferentes investigadores han tratado de reducir la absorción de agua usando diferentes tratamientos de impermeabilización, con una mejora significativa en la adherencia. Se ha escogido en la presente investigación el tratamiento más conveniente que permita mejorar la adherencia y el consecuente uso del bambú como refuerzo en columnas de concreto que cumplan con los parámetros de resistencia y deformaciones admisibles y pueda ser utilizado tanto en vivienda rurales como en zonas de mejor situación económica puesto que no es costoso y es fácil de manejar.

2.2.13.4. Uso del bambú en columnas

Existen ciertos elementos típicos de cualquier estructura que suelen ser elaborados en concreto o en acero que también pueden ser y han sido elaborados en bambú. Entre esos elementos podemos mencionar las columnas. En este tipo de elementos estructurales el bambú se utiliza en su totalidad, es decir la caña completa. Esta se coloca sobre pedestales de concreto que han sido colados junto con la cimentación de la estructura logrando así que los pedestales sean parte de la misma.

Para asegurarse el adecuado anclaje entre el pedestal y la columna de bambú se dejan expuestos pernos para anclar ambas partes, y que no se generen problemas como puede ser el desprendimiento de la columna (Ver Figura 2).

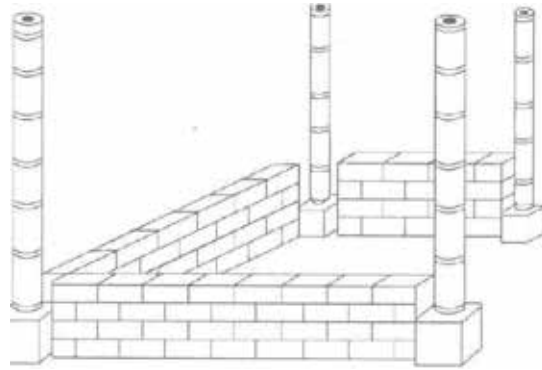


Figura 4: Columnas de Bambú utilizando la caña completa.

Fuente: Comparación del bambú con el acero. Poveda (2011) (p.16)

2.2.14. Tabulador de equivalencias entre el concreto armado y el concreto reforzado con *Guadua angustifolia* (Bambú)

Es importante conocer cómo o de qué forma se comportan los elementos cuando se mezclan. El bambú posee sus propias características ya definidas en la investigación, y el concreto por igual. Para los ingenieros es fundamental probar cómo al mezclarlos surge un nuevo material que es apropiado para las construcciones y edificaciones de la vida contemporánea y que permita una mayor economía y ayude al desarrollo sustentable.

Cabe destacar que, de acuerdo al diccionario Larousse (2010), expone el siguiente concepto sobre lo que significa tabular: “cálculo de un conjunto de valores formado por una función cuando sus variables forman valores que dividen un intervalo en subintervalos iguales”. (p.955).

Es así como en este estudio se diseñará un tabulador de equivalencias entre el concreto armado y el concreto reforzado con bambú. Este tabulador les dio a los investigadores los datos necesarios para demostrar que esta combinación es un avance en el sistema de la construcción.

2.3. Bases Legales

Las bases legales son aquellas que comprenden el conjunto de leyes, reglamentos y normas que le dan pertinencia en cuanto a aspecto legal se refiere. Rodríguez (2001) dice que: “es aquí donde se hace referencia a toda aquella normativa legal vigente sobre el cual se apoya la investigación” (p. 96). Es decir, las bases legales son todas las leyes, reglamentos, códigos, respalden la investigación en curso y guíe su funcionamiento y que también exija el cumplimiento de obligaciones por parte del patrono a tener una buena seguridad industrial y protección a los trabajadores (as).

Constitución de la República Bolivariana de Venezuela (1999)

Capítulo IX de los Derechos Ambientales

... “supera, con una visión sistemática o de totalidad, la concepción del conservacionismo clásico que sólo procuraba la protección de los recursos naturales como parte de los bienes económicos”... “impulsados por una necesidad y una tendencia mundial, los postulados constitucionales exigen que la normativa en esta materia responda a políticas ambientales de amplio alcance que se inscriban en los parámetros contenidos en los tratados internacionales de carácter ambiental, todo ello con el objeto de garantizar un desarrollo ecológico, social y económicamente sustentable, en el que el uso de los recursos por parte de las presentes generaciones no comprometa el patrimonio de las futuras”.

Cuando se hace referencia al bambú como un producto natural que puede ser empleado como material de construcción, se debe tener claro, que estas plantas aunque son de rápido crecimiento (cinco años), es necesario que haya un equipo multidisciplinario organizado por el Estado, para que proteja este producto y constantemente haga revisiones y análisis de su buen aprovechamiento como producto natural.

Ley Orgánica del Ambiente (2006)

TÍTULO I

Artículo 11

“Corresponde al Estado, por órgano de las autoridades competentes, garantizar la incorporación de la dimensión ambiental en sus políticas, planes, programas y proyectos para alcanzar el desarrollo sustentable”

En la actualidad, el Estado venezolano debe promover el desarrollo sustentable, el mismo se logra desde muchas perspectivas, en este trabajo se hizo la proyección desde el uso adecuado del bambú, el cual como material apto para la construcción, permite el desarrollo de viviendas con menor uso de materiales y a precios más accesibles a las personas de bajos recursos.

De la calidad ambiental

Artículo 12

El Estado, conjuntamente con la sociedad, deberá orientar sus acciones para lograr una adecuada calidad ambiental que permita alcanzar condiciones que aseguren el desarrollo y el máximo bienestar de los seres humanos, así como el mejoramiento de los ecosistemas, promoviendo la conservación de los recursos naturales, los procesos ecológicos y demás elementos del ambiente, en los términos establecidos en esta Ley.

De igual forma, en este artículo se precisa la mejor manera de proteger al ambiente, a través de condiciones de calidad que no agreda los ecosistemas y que permita que las personas tengan una mayor calidad de vida.

2.4. Definición de términos básicos

Acero de refuerzo: Es un importante material para la industria de la construcción utilizado para el refuerzo de estructuras y demás obras que requieran de este elemento, de conformidad con los diseños y detalles mostrados en los planos y especificaciones.

Caducifolio: Planta que pierde sus hojas cada año.

Ductilidad: Se conoce como ductilidad a la propiedad de aquellos materiales que, bajo la acción de una fuerza, pueden deformarse en forma de hilo sin llegar a romperse.

Ejecución de obras civiles: Constituye un conjunto de actividades para la realización de un proyecto, donde se gestiona adecuadamente los recursos para desarrollar dicha obra, tomando en cuenta las características técnicas de cada obra a realizarse.

Elementos a Flexo-compresión: Es cuando en las columnas, en adición a la carga axial, deben soportar cargas laterales y transmitir momentos entre sus extremos y quedan entonces sometidas a esfuerzos combinados debidos a carga axial y a momento.

Humedad relativa: La cantidad de vapor de agua contenida en el aire, en cualquier momento determinado, normalmente es menor que el necesario para saturar el aire. La humedad relativa es el porcentaje de la humedad de saturación, que se calcula normalmente en relación con la densidad de vapor de saturación.

Material sostenible: Se denomina sostenible a aquellos materiales que sean duraderos y que necesiten un escaso mantenimiento, que puedan reutilizarse, reciclarse o recuperarse.

Materiales innovadores: Los materiales innovadores surgen a cada momento para tratar de resolver problemas puntuales que han sido heredados de los métodos industriales más comunes. ... En este sentido, encontramos materiales que son biodegradables y que se usan para hacer edificaciones, muebles, artículos de uso diario, empaques y mucho más.

Mesofítico: Plantas y comunidades vegetales que viven en condiciones ambientales intermedias entre el medio seco y el medio acuático. Se puede utilizar también el término mesófilo.

Parquet: Es un pavimento formado por piezas de madera fina acopladas y dispuestas regularmente formando dibujos variados.

Reforestación: La reforestación es la acción por la cual se vuelve a poblar de árboles un territorio. Su finalidad es de tipo medioambiental, ya que no hay que olvidar que la masa forestal es esencial para el oxígeno que respiramos, regula el clima y es el hábitat natural de especies vegetales y animales.

Resistencia de los materiales: Se define como su capacidad para resistir esfuerzos y fuerzas aplicadas sin romperse, adquirir deformaciones permanentes o deteriorarse de algún modo.

Seguridad: Se define como una serie de condiciones que deben cumplir las estructuras para considerar que las actividades para los que fueron diseñados pueden realizarse de

forma segura. Estas condiciones aplican tanto para el uso previsto de la estructura como para su periodo de construcción.

Silvicultura: es la disciplina que trata sobre la gestión de los bosques o montes forestales y también, por extensión, la ciencia que trata de este cultivo; es decir, de las técnicas que se aplican a las masas forestales para obtener de ellas una producción continua y sostenible de bienes y servicios demandados por la sociedad.

Tabulación: Es cuando se realiza una tabla donde se explicitan valores, números o datos. Pero además de la acción, existe un adjetivo que justamente menciona que un objeto tiene forma o se parece a una tabla.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo de investigación

La obtención de información de la presente investigación, fue realizada a través de una Investigación de tipo factible, según el Manual de las Normas APA en 2020, define que “Un proyecto factible es una propuesta operativa que está ideada para la solución de un problema específico y que se sustenta en una investigación para probar su pertinencia y viabilidad” (p. 1).

En este sentido, esta investigación demostró desde el punto de vista teórico su relevancia y desde la metodología sus posibilidades de aplicación. Se concentró además en buscar la aplicación del conocimiento adquirido con la idea de consolidar el saber destacando los beneficios que se pueden encontrar utilizando nuevas herramientas en la construcción con materiales innovadores y resistentes, que a su vez sean accesibles económicamente para los usuarios.

3.2. Diseño de investigación

En cuanto al diseño de la investigación, desde el punto de vista metodológico se sustentó en una investigación documental, el cual “es aquella que se realiza a través de la consulta de documentos (libros, revistas, periódicos, memorias, anuarios, registros, códigos, constituciones, etc.)” (Zorrilla ,1993:43)

Dentro de este orden de ideas, se realizó la consulta de fuentes secundarias tales como: libros y documentos a fin de atender las necesidades que involucraron el desarrollo detallado y organizado de una herramienta digital referente a el análisis estructural, mediante un tabulador de equivalencias entre el concreto armado y el concreto reforzado con bambú sometido a esfuerzos de flexo-compresión, el cual contiene la información y programación adecuada para generar resultados válidos haciendo uso de la tecnología.

3.3. Nivel de investigación

“La investigación descriptiva consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento”. Arias (2006)

El presente estudio se basó en describir los aspectos que caracterizan básicamente a la Guadua Angustifolia, su comportamiento y beneficios para con la construcción. Aunado a esto, se describió la importancia de evaluar nuevas alternativas que contribuyan al desarrollo de obras civiles.

3.4. Población y Muestra

Arias definió el término población como “un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación. Ésta queda delimitada por el problema y por los objetivos del estudio” (2012, p. 81). De acuerdo con la definición anterior la población estuvo constituida por los elementos estructurales y materiales aplicados a la construcción de estructuras.

De igual manera, Sampieri Fernández y Baptista (2010) definen la muestra como “un subgrupo de la población de interés sobre el cual se recolectarán datos, y que tiene que definirse o delimitarse de antemano con precisión, éste deberá ser representativo de dicha población” (p. 173). En relación a la definición antes mencionada, se estableció como muestra a la utilización del bambú como material de refuerzo para elementos sometidos a Flexo-Compresión.

En resumen se seleccionó la población, así como el tamaño y forma de la muestra dentro del contexto de la investigación llegando a deducir que la muestra es de tipo estratificado, que consiste en seleccionar un conjunto de materiales y elementos de una estructura que poseen características (población), y para la muestra se dividió cada uno de estos elementos y materiales en subconjuntos para así relacionarlo al tema estudiado.

3.5. Técnicas e Instrumentación de Recolección de Datos.

Las técnicas están referidas a la manera como se van a obtener los datos y los instrumentos, son los medios materiales a través de los cuales se hace posible la obtención y archivo de la información requerida para la investigación. Aguilar (2006).

3.5.1. Técnicas de Recolección de Datos

Las técnicas de recolección de datos son las distintas formas o maneras de obtener la información. Rodríguez (2001) define técnica como “la parte del método que consiste en un procedimiento o conjunto de procedimientos, regulados y previstos de una determinada eficacia” (p. 124). Es así como, las técnicas, son las formas de recolectar la información dentro del estudio.

- **Observación Documental:** Jiménez y Carrera (2002, p. 37) la señalan como observación Documental refiriéndose a la utilización de los documentos para obtener datos y/o para analizarlos como objeto de estudio, pudiéndose decir, que existen dos tipos de documentos, aquellos que muestran los datos y los que en sí mismos son vistos como hechos.

- **Observación Participante:** Huenupil (2018, p. 87) se define como una investigación basa en una descripción profunda de los componentes de la situación gracias a la proximidad con lo esencial del campo. En conjunto se logran desarrollar inquietudes y estrategias a través de los diversos sucesos registrados.

3.5.2. Instrumentación de Recolección de Datos

Carlos Sabino (2010) define un instrumento de recolección de datos es en principio cualquier recurso de que pueda valerse el investigador para acercarse a los fenómenos y extraer de ellos información. De este modo el instrumento sintetiza en sí toda la labor previa de la investigación, resume los aportes del marco teórico al seleccionar datos que corresponden a los indicadores y, por lo tanto a las variables o conceptos utilizados (p. 149,150). De tal manera que para la aplicación de una técnica son precisos los instrumentos, es decir son necesarios soportes, recursos, dispositivos o formatos para registrar el almacenamiento de información que se

recolecta con la técnica para lograr recuperarlos, procesarlos, analizarlos e interpretarlos.

- **Observación Documental:** para este medio el objetivo es realizar una recolección apropiada de la información, cuyo fin es alcanzar los resultados de la investigación, los cuales usaremos un registro de datos y una serie de archivos electrónicos:

- **Registro de Datos:** esto se realizó a través de una agenda de notas, lo que permitió reunir toda información de manera de resumen, recolectando las referencias bibliográficas, según las unidades de análisis previamente indicadas en la matriz para estudiar la respectiva categoría.

- **Archivos Electrónicos:** su utilización comprendió la distinción del nombre de cada autor, siendo separados en dos carpetas, cuyo contenido fue relacionado según la información con textos y otras provenientes de información virtual (Internet).

Observación Participante:

- **Matriz FODA:** son las siglas correspondientes a una metodología de análisis que tiene por objetivo proporcionar una vista detallada de la estructura interna y externa de una empresa o proyecto. La mayor parte del tiempo, el análisis FODA se lleva a cabo siguiendo 4 pasos específicos, como lo son el estudio interno y externo, la elaboración de la matriz y el desarrollo de una estrategia completa. Sus siglas FODA corresponden a las palabras Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas.

Cuadro 4.

Técnicas e Instrumentos de recolección de Datos

Diseño de investigación	Técnicas	Instrumentos
Documental	· Observación Documental	· Registro de Datos · Archivos Electrónicos
	· Observación Participante	· Matriz FODA

Fuente: Díaz y García, (2021)

3.6. Descripción de la Metodología

Las fases metodológicas obedecen a la definición de todas y cada una de las actividades a desarrollar para llevar a cabo una secuencia sistemática que permita el desarrollo y cumplimiento de objetivos establecidos para la solución del problema planteado. En este sentido se ha dividido el estudio en diversas fases descritas a continuación:

FASE I: Diagnóstico del uso del concreto reforzado con *Guadua angustifolia* en la actualidad en elementos solicitados a esfuerzos de flexo-compresión.

Es la primera fase, es en la que fue necesario realizar investigaciones, indagar en libros y páginas web de manera de realizar un diagnóstico sobre los diferentes componentes del concreto reforzado con *Guadua Angustifolia*, se encontraron las ventajas y desventajas del material, así como también su resistencia a esfuerzos de flexo-compresión y de esta manera se lograron identificar sus propiedades. Para esto fue necesario organizar y clasificar toda la información recaudada, con el fin de obtener mejores resultados logrando así a un correcto aprovechamiento de la misma. El instrumento que se utilizó en esta Fase fue la matriz FODA

FASE II: Análisis de los diferentes factores y componentes de flexo-compresión del concreto armado y el concreto reforzado con *Guadua angustifolia*.

En esta fase se realizó toda una revisión de la bibliografía existente, la que anteriormente se ha organizado y clasificado, para proceder a analizarla. Así mismo, tal objetivo se logró utilizando estrategias metodológicas y prácticas tales como: herramientas de diseño y cálculo como lo es Sap2000, RAM ELEMENT y Microsoft Excel para hacer del presente estudio una base de información más amplia, esto fue posible mediante los conocimientos previos que se han adquirido en las diferentes áreas de análisis estructural durante el transcurso y desarrollo de la carrera de ingeniería civil.

FASE III Determinar la Factibilidad Técnica de la elaboración de un tabulador comparativo de esfuerzos de flexo-compresión con el uso de concreto armado y con *Guadua Angustifolia*.

Por tratarse de una investigación de modalidad de proyecto factible el estudio de factibilidad será de tipo técnico, para realizar el análisis de rentabilidad del proyecto con el objetivo de determinar los recursos económicos, humanos y sociales para la elaboración del modelo viable.

A continuación se presenta el esquema del estudio de factibilidad.

Ü **Tamaño del Proyecto**

§ Capacidad del Proyecto

§ Factores Condicionantes del Proyecto.

Ü **Proceso Global de Transformación.**

§ Descripción del Proceso Global de Transformación.

§ Flujograma del Proceso global de Transformación.

Ü **Localización del Proyecto.**

§ Macro Localización.

§ Micro Localización.

Ü **Análisis de Costos.**

Ü **Cronograma de Actividades.**

FASE IV: Elaboración el tabulador de equivalencias entre el concreto armado y el concreto reforzado con Guadua angustifolia en elementos solicitados por esfuerzos de flexo-compresión.

Fue la fase donde se elaboró el tabulador de equivalencias entre el concreto armado y el concreto reforzado con Guadua Angustifolia en elementos solicitados por esfuerzos de flexo-compresión. Esto se llevó a cabo luego de analizar los componentes de los materiales antes mencionados, posteriormente fue necesario incluir los resultados de cálculos los cuales nos permitieron obtener los diferentes ítems contenidos en la base de datos de tal herramienta y por último es de importancia mencionar la implementación del programa Microsoft Excel, el cual nos ayudó a desarrollar por completo el tabulador de equivalencias, siendo este un programa avanzado y especializado para el diseño y elaboración del mismo.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

FASE I: Diagnóstico del uso del concreto reforzado con *Guadua Angustifolia* en la actualidad en elementos solicitados a esfuerzos de flexo-compresión.

En términos generales diagnóstico significa "aprender a conocer", por lo cual se puede considerar como llegar al conocimiento de algo a través de un medio o técnica. Por lo que no se reduce a la aplicación mecánica de instrumentos o de técnicas sino que también requiere de un proceso reflexivo para el análisis de los resultados. En este caso se decidió usar el concreto reforzado con fibras de *Guadua Angustifolia*.

En un Proyecto Factible, el instrumento por excelencia para realizar el Diagnóstico es la matriz FODA, esta herramienta aplicada a la presente investigación de muestra en el Cuadro 5.

Cuadro 5.
Matriz FODA

Fortalezas	Debilidades
La <i>Guadua Angustifolia</i> existe en cantidad suficiente en diversas zonas de Venezuela.	Su uso en la construcción, está limitado por el tipo de carga a la que va a estar sometido el elemento estructural.
Esta planta posee buenas características físicas que permiten utilizarla como material de construcción.	Requiere de tratamiento previo para evitar su desintegración.
Oportunidades	Amenazas
Hay información disponible de la utilización de la <i>Guadua Angustifolia</i> en elementos estructurales.	No hay una legislación que normalice su uso.
En la actualidad existe una tendencia mundial hacia la sustentabilidad.	Costo de traslado, si la construcción de hace en sitios donde esta planta no se pueda cultivar.

Fuente: García y Díaz. (2021)

FASE II: Análisis de los diferentes factores y componentes de flexo-compresión del concreto armado y el concreto reforzado con *Guadua angustifolia*.

Al realizar un estudio comparativo entre las propiedades de algún material en específico es importante contar con fuentes confiables que hagan más fácil este proceso. En esta oportunidad el análisis correspondiente surgió de las siguientes tablas:

Cuadro 6: Resistencia última 1.

MUESTRA	CARGA MÁXIMA (N)	σ RESISTENCIA ÚLTIMA CORTE (MPa)
Promedio	39213,451	5,605
Desviación estándar	18256,050	1,353
Coefficiente de variación (%)	46,556	24,140
Percentil 5	22491,302	3,488

Resistencia última promedio 5,605 MPa

Cuadro 7: Resistencia última 2.

MUESTRA	CARGA MÁXIMA (N)	σ RESISTENCIA ÚLTIMA FLEXIÓN (MPa)
Promedio	5015,194	7,481
Desviación estándar	3152,412	7,708
Coefficiente de variación (%)	62,857	103,029
Percentil 5	1641,622	0,919

Resistencia última promedio: 7,481%

Fuente: Propiedades física-mecánica de la *Guadua Angustifolia* Kunth. Cobos y León (2007)

De igual manera, fue necesario contar con gráficas para determinar la resistencia del concreto. Las gráficas utilizadas fueron las siguientes:

Figura 5: Resistencia Concreto estándar a 7-14-18 días.

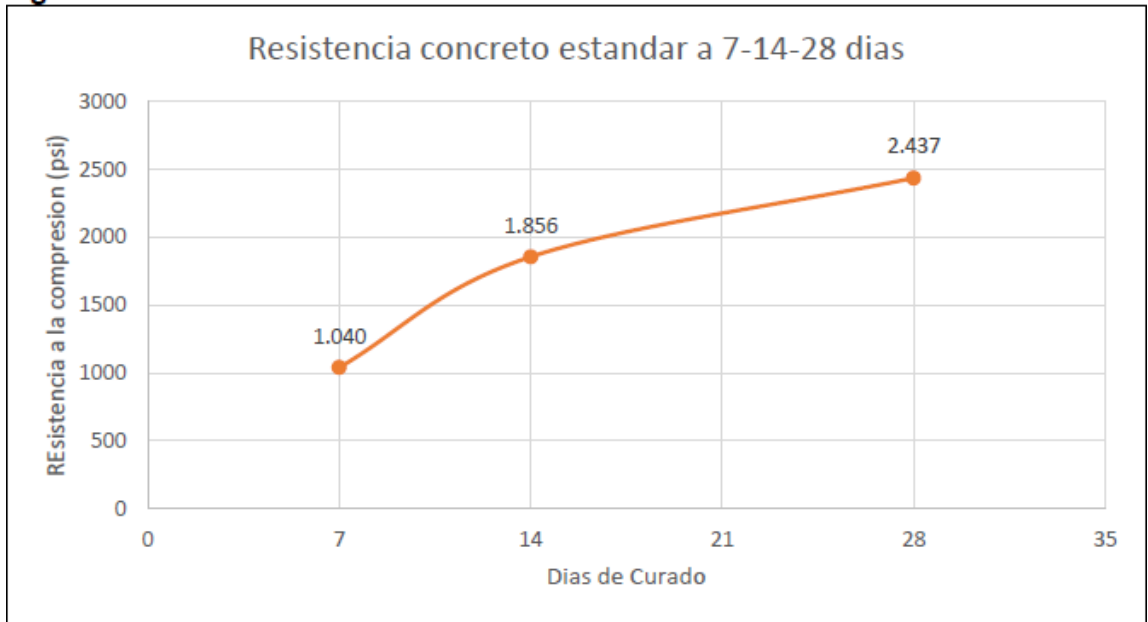
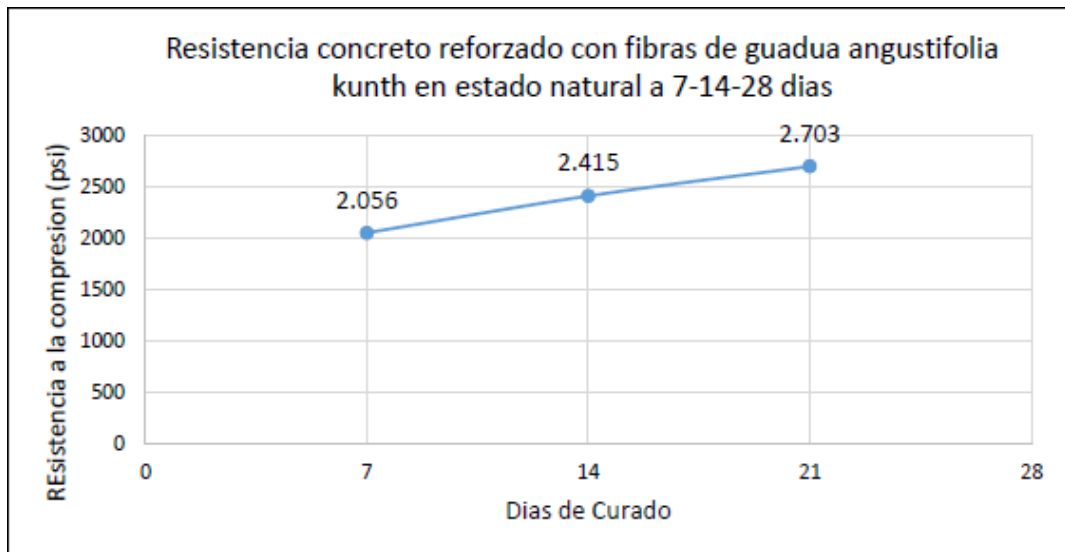


Figura 6: Resistencia Concreto Reforzado con fibras de guadua angustifolia Kunth en estado Natural a 7-14-28 días.



Fuente: Estudio de la resistencia mecánica del concreto reforzado con fibras de Guadua Angustifolia Bejarano (2011).

Los datos obtenidos en dicho análisis se muestran en la siguiente tabla:

Cuadro 8: Datos obtenidos

CONCRETO CON FIBRA GUADA ESTADO NATURAL				
	ESFUERZO Rcc 21 dias	UND	ESFUERZO Rcc 28 dias	UND
DISEÑO CONCRETO	3000PSI		3000 PSI	
CONCRETOS/D.	2704	PSI	3300	PSI
EQUIVALENCIA	190	Kg/cm2	230	Kg/cm2
E (Kg/cm2)	208,139.14		229,002.84	
R=(A/C)=	0.62		0.62	
PESO	0.0006852	Kg/m3	0.0006854	Kg/cm2

Fibra	Guadua Angustifolia Kunth			
E (Kg/cm2)	1.23E+06			

El programa implementado fue RAM ELEMENT y los resultados fueron los siguientes:



Figura 7. Viga 190 – 500Kg – L: 2m.
Fuente: Díaz y García, (2021)

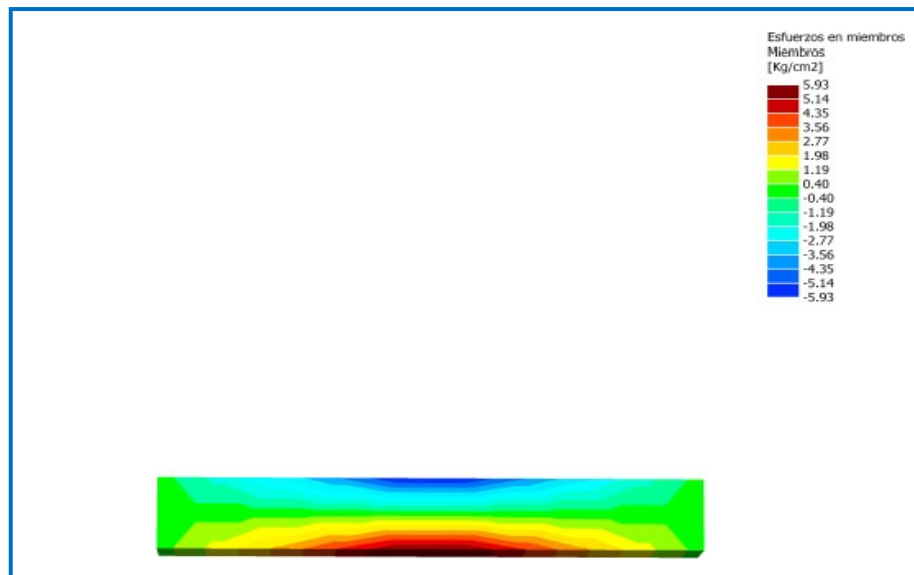


Figura 8. Diagrama de Esfuerzo de la viga con fibra de Guadua $R_{cc}=190\text{ kg/cm}^2$.

Fuente: Díaz y García, (2021)



Fecha Actual: 24/03/2021 16:18

Sistema de unidades: Métrico

Nombre del archivo: C:\Documents and Settings\All Users\Datos de programa\Bentley\Engineering\RAM Elements\Data\yosneydi\VIGA GUADA1.etz\

Resultados del Análisis

Impresión de diagramas de esfuerzos

Estados considerados:

I1=CM+SCP

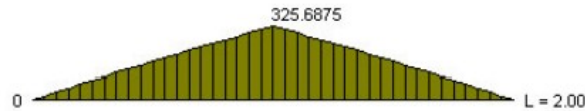
I2=1.2CM+SCP

MIEMBRO	: 1	Largo	: 2.000 [m]	Nudo J	: 1
Material	: CON-GUAD 190	Sección	: RC 25x30	Nudo K	: 2

Envolventes :

Momentos flectores M33:
Momentos [Kg*m], Long [m]

Max : 325.6875[Kg*m] a 1.00[m] de J

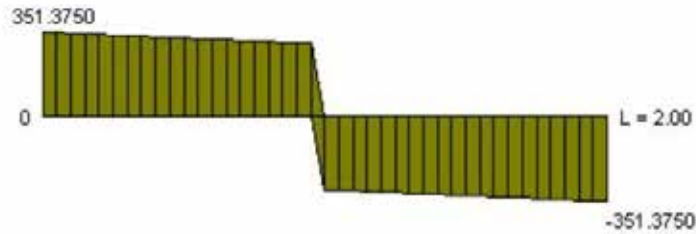


Min : 0.000[Kg*m] a 0.00[m] de J

Esfuerzos cortantes V2:

Fuerzas [Kg], Long [m]

Max : 351.3750[Kg] a 0.00[m] de J



Min : -351.3750[Kg] a 2.00[m] de J



Fecha Actual: 25/03/2021 00:50

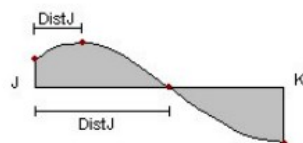
Sistema de unidades: Métrico

Nombre del archivo: C:\Documents and Settings\All Users\Datos de programa\Bentley\Engineering\RAM Elements\Data\yosneydi\VIGA GUADA1.etz\

Resultados del Análisis

Acciones discriminadas y puntos de inflexión en miembros

Nota: Los puntos de inflexión son aproximados y su precisión aumenta con el número de estaciones.



Puntos considerados

ESTADO : I1=CM+SCP

Estación	Dist a J [m]	Axial [Kg]	Corte V2 [Kg]	Plano 1-2		Plano 1-3	
				M33 [Kg*m]	Corte V3 [Kg]	M22 [Kg*m]	Torsión [Kg*m]
MIEMBRO 1							
0%	0.000	0.000	301.375	0.000	0.000	0.000	0.000
50%	1.000	0.000	-250.000	275.688	0.000	0.000	0.000
100%	2.000	0.000	-301.375	0.000	0.000	0.000	0.000

ESTADO : I2=1.2CM+SCP

Estación	Dist a J [m]	Axial [Kg]	Corte V2 [Kg]	Plano 1-2		Plano 1-3	
				M33 [Kg*m]	Corte V3 [Kg]	M22 [Kg*m]	Torsión [Kg*m]
MIEMBRO 1							
0%	0.000	0.000	351.375	0.000	0.000	0.000	0.000
50%	1.000	0.000	-300.000	325.688	0.000	0.000	0.000
100%	2.000	0.000	-351.375	0.000	0.000	0.000	0.000

Máximos esfuerzos en miembros

Estado : I1=CM+SCP

	Axial [Kg]	Corte V2 [Kg]	Corte V3 [Kg]	Torsión [Kg*m]	M22 [Kg*m]	M33 [Kg*m]
MIEMBRO 1						
Max	0.00	301.38	0.00	0.00	0.00	275.69
Min	0.00	-301.38	0.00	0.00	0.00	0.00

Estado : I2=1.2CM+SCP

	Axial [Kg]	Corte V2 [Kg]	Corte V3 [Kg]	Torsión [Kg*m]	M22 [Kg*m]	M33 [Kg*m]
MIEMBRO 1						
Max	0.00	351.38	0.00	0.00	0.00	325.69
Min	0.00	-351.38	0.00	0.00	0.00	0.00

Máximas deformaciones relativas

Nota.- Los valores de las deformaciones estan en valor absoluto.

ESTADO I1=CM+SCP

Miembro	Defl. (2) [cm]	@(%)	Defl. (3) [cm]	@(%)
1	0.00863 (< L/10000)	50.00000	0.00000 (< L/10000)	0.00000

ESTADO I2=1.2CM+SCP

Miembro	Defl. (2) [cm]	@(%)	Defl. (3) [cm]	@(%)
1	0.01016 (< L/10000)	50.00000	0.00000 (< L/10000)	0.00000

Envolvente de tensiones principales en miembros

Nota.- **ec** es el estado de carga crítico
 Envolverte de Tensiones Principales para :
 I1=CM+SCP
 I2=1.2CM+SCP

MIEMBRO 1

Estación		Flexión													
		Axial [Kg/cm2]	ec	Corte V2 [Kg/cm2]	ec	Corte V3 [Kg/cm2]	ec	2-Pos [Kg/cm2]	ec	2-Neg [Kg/cm2]	ec	3-Pos [Kg/cm2]	ec	3-Neg [Kg/cm2]	ec
0%	Max	0.00	I1	0.47	I2	0.00	I1	0.00	I1	0.00	I1	0.00	I1	0.00	I1
	Min	0.00	I1	0.40	I1	0.00	I1	0.00	I1	0.00	I1	0.00	I1	0.00	I1
50%	Max	0.00	I1	0.40	I2	0.00	I1	-7.35	I1	8.68	I2	0.00	I1	0.00	I1
	Min	0.00	I1	0.33	I1	0.00	I1	-8.68	I2	7.35	I1	0.00	I1	0.00	I1
100%	Max	0.00	I1	0.47	I2	0.00	I1	0.00	I1	0.00	I1	0.00	I1	0.00	I1
	Min	0.00	I1	0.40	I1	0.00	I1	0.00	I1	0.00	I1	0.00	I1	0.00	I1

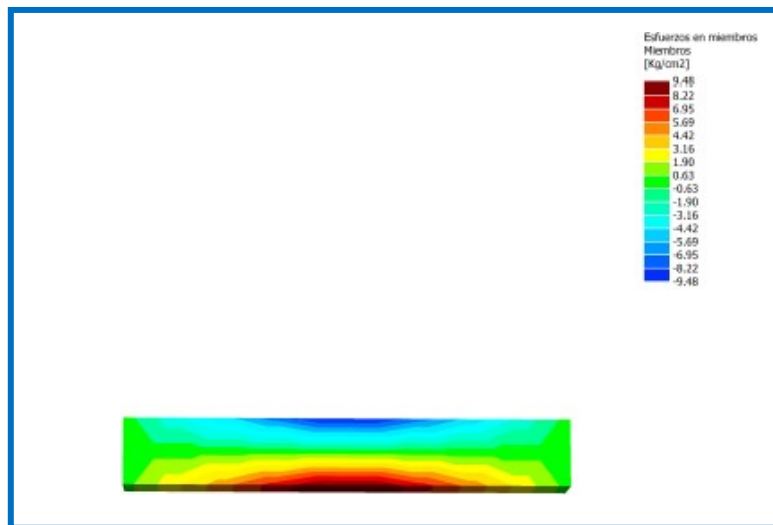


Figura 9. Diagrama de Esfuerzo de la viga con concreto $R_{cc} = 210 \text{ kg/cm}^2$.
 Fuente: Díaz y García, (2021)



Fecha Actual: 25/03/2021 00:24

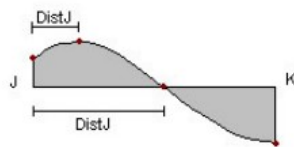
Sistema de unidades: Métrico

Nombre del archivo: C:\Documents and Settings\All Users\Datos de programa\Bentley\Engineering\RAM Elements\Data\yosneydi\VIGA GUADA 210 Rcc.etz\

Resultados del Análisis

Acciones discriminadas y puntos de inflexión en miembros

Nota: Los puntos de inflexión son aproximados y su precisión aumenta con el número de estaciones.



Puntos considerados

ESTADO : I1=CM+SCP

Estación	Dist a J [m]	Axial [Kg]	Corte V2 [Kg]	Plano 1-2		Plano 1-3	
				M33 [Kg*m]	Corte V3 [Kg]	M22 [Kg*m]	Torsión [Kg*m]
MIEMBRO 1							
0%	0.000	0.000	429.988	0.000	0.000	0.000	0.000
50%	1.000	0.000	-250.000	339.994	0.000	0.000	0.000
100%	2.000	0.000	-429.988	0.000	0.000	0.000	0.000

ESTADO : I2=1.2CM+SCP

Estación	Dist a J [m]	Axial [Kg]	Corte V2 [Kg]	Plano 1-2		Plano 1-3	
				M33 [Kg*m]	Corte V3 [Kg]	M22 [Kg*m]	Torsión [Kg*m]
MIEMBRO 1							
0%	0.000	0.000	479.988	0.000	0.000	0.000	0.000
50%	1.000	0.000	-300.000	389.994	0.000	0.000	0.000
100%	2.000	0.000	-479.988	0.000	0.000	0.000	0.000

Máximos esfuerzos en miembros

Estado : I1=CM+SCP

	Axial [Kg]	Corte V2 [Kg]	Corte V3 [Kg]	Torsión [Kg*m]	M22 [Kg*m]	M33 [Kg*m]
MIEMBRO 1						
Max	0.00	429.99	0.00	0.00	0.00	339.99
Min	0.00	-429.99	0.00	0.00	0.00	0.00

Estado : I2=1.2CM+SCP

	Axial [Kg]	Corte V2 [Kg]	Corte V3 [Kg]	Torsión [Kg*m]	M22 [Kg*m]	M33 [Kg*m]
MIEMBRO 1						
Max	0.00	479.99	0.00	0.00	0.00	389.99
Min	0.00	-479.99	0.00	0.00	0.00	0.00

Máximas deformaciones relativas

Nota.- Los valores de las deformaciones estan en valor absoluto.

ESTADO I1=CM+SCP

Miembro	Defl. (2) [cm]	@(%)	Defl. (3) [cm]	@(%)
1	0.01038 (< L/10000)	50.00000	0.00000 (< L/10000)	0.00000

ESTADO I2=1.2CM+SCP

Miembro	Defl. (2) [cm]	@(%)	Defl. (3) [cm]	@(%)
1	0.01182 (< L/10000)	50.00000	0.00000 (< L/10000)	0.00000

Envolvente de tensiones principales en miembros

Nota.- **ec** es el estado de carga crítico
 Envolverte de Tensiones Principales para :
 I1=CM+SCP
 I2=1.2CM+SCP

MIEMBRO 1

Estación		Axial		Corte V2		Corte V3		Flexión							
		[Kg/cm2]	ec	[Kg/cm2]	ec	[Kg/cm2]	ec	2-Pos	ec	2-Neg	ec	3-Pos	ec	3-Neg	ec
0%	Max	0.00	I1	0.64	I2	0.00	I1	0.00	I1	0.00	I2	0.00	I1	0.00	I1
	Min	0.00	I1	0.57	I1	0.00	I1	0.00	I2	0.00	I1	0.00	I1	0.00	I1
50%	Max	0.00	I1	0.40	I2	0.00	I1	-9.07	I1	10.40	I2	0.00	I1	0.00	I1
	Min	0.00	I1	0.33	I1	0.00	I1	-10.40	I2	9.07	I1	0.00	I1	0.00	I1
100%	Max	0.00	I1	0.64	I2	0.00	I1	0.00	I1	0.00	I1	0.00	I1	0.00	I1
	Min	0.00	I1	0.57	I1	0.00	I1	0.00	I1	0.00	I1	0.00	I1	0.00	I1

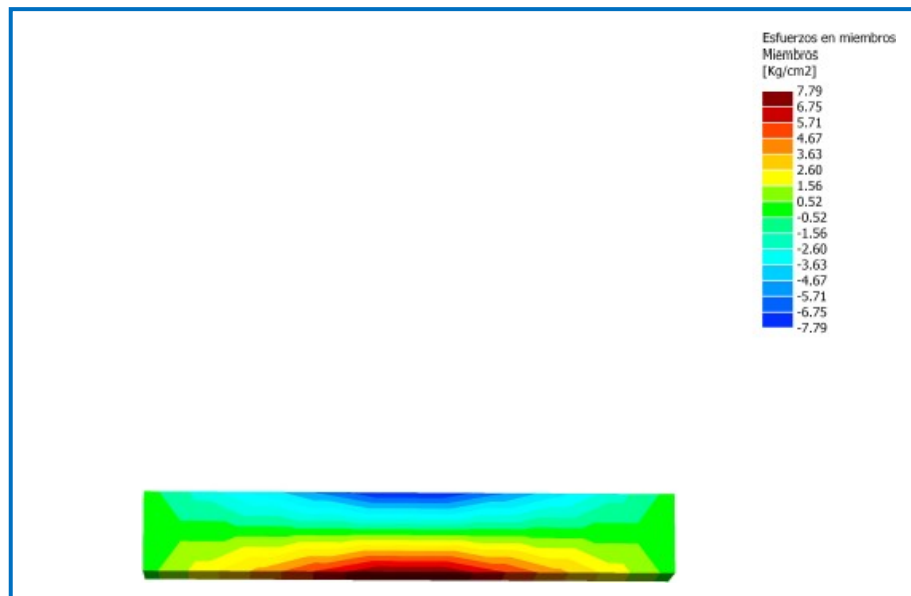


Figura 10. Diagrama de Esfuerzo de la viga con fibra de Guadua Rcc=230 kg/cm². Fuente: Díaz y García, (2021)



Fecha Actual: 25/03/2021 00:41

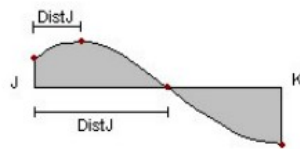
Sistema de unidades: Métrico

Nombre del archivo: C:\Documents and Settings\All Users\Datos de programa\Bentley\Engineering\RAM Elements\Data\yosneyd\VIGA GUADA 2.etz\

Resultados del Análisis

Acciones discriminadas y puntos de inflexión en miembros

Nota: Los puntos de inflexión son aproximados y su precisión aumenta con el número de estaciones.



Puntos considerados

ESTADO : I1=CM+SCP

Estación	Dist a J [m]	Axial [Kg]	Plano 1-2			Plano 1-3	
			Corte V2 [Kg]	M33 [Kg*m]	Corte V3 [Kg]	M22 [Kg*m]	Torsión [Kg*m]
MIEMBRO 1							
0%	0.000	0.000	301.405	0.000	0.000	0.000	0.000
50%	1.000	0.000	-250.000	275.703	0.000	0.000	0.000
100%	2.000	0.000	-301.405	0.000	0.000	0.000	0.000

ESTADO : I2=1.2CM+SCP

Estación	Dist a J [m]	Axial [Kg]	Plano 1-2			Plano 1-3	
			Corte V2 [Kg]	M33 [Kg*m]	Corte V3 [Kg]	M22 [Kg*m]	Torsión [Kg*m]
MIEMBRO 1							
0%	0.000	0.000	351.405	0.000	0.000	0.000	0.000
50%	1.000	0.000	-300.000	325.703	0.000	0.000	0.000
100%	2.000	0.000	-351.405	0.000	0.000	0.000	0.000

Máximos esfuerzos en miembros

Estado : I1=CM+SCP

	Axial [Kg]	Corte V2 [Kg]	Corte V3 [Kg]	Torsión [Kg*m]	M22 [Kg*m]	M33 [Kg*m]
MIEMBRO 1						
Max	0.00	301.41	0.00	0.00	0.00	275.70
Min	0.00	-301.41	0.00	0.00	0.00	0.00

Estado : I2=1.2CM+SCP

	Axial [Kg]	Corte V2 [Kg]	Corte V3 [Kg]	Torsión [Kg*m]	M22 [Kg*m]	M33 [Kg*m]
MIEMBRO 1						
Max	0.00	351.41	0.00	0.00	0.00	325.70
Min	0.00	-351.41	0.00	0.00	0.00	0.00

Máximas deformaciones relativas

Nota.- Los valores de las deformaciones estan en valor absoluto.

ESTADO I1=CM+SCP

Miembro	Defl. (2) [cm]	@(%)	Defl. (3) [cm]	@(%)
1	0.00784 (< L/10000)	50.00000	0.00000 (< L/10000)	0.00000

ESTADO I2=1.2CM+SCP

Miembro	Defl. (2) [cm]	@(%)	Defl. (3) [cm]	@(%)
1	0.00923 (< L/10000)	50.00000	0.00000 (< L/10000)	0.00000

Envolvente de tensiones principales en miembros

Nota.- **ec** es el estado de carga crítico

Envolvente de Tensiones Principales para :

I1=CM+SCP

I2=1.2CM+SCP

MIEMBRO 1

Estación		Flexión													
		Axial	ec	Corte V2	ec	Corte V3	ec	2-Pos	ec	2-Neg	ec	3-Pos	ec	3-Neg	ec
		[Kg/cm2]		[Kg/cm2]		[Kg/cm2]		[Kg/cm2]		[Kg/cm2]		[Kg/cm2]		[Kg/cm2]	
0%	Max	0.00	I1	0.47	I2	0.00	I1	0.00	I1	0.00	I2	0.00	I1	0.00	I1
	Min	0.00	I1	0.40	I1	0.00	I1	0.00	I2	0.00	I1	0.00	I1	0.00	I1
50%	Max	0.00	I1	0.40	I2	0.00	I1	-7.35	I1	8.69	I2	0.00	I1	0.00	I1
	Min	0.00	I1	0.33	I1	0.00	I1	-8.69	I2	7.35	I1	0.00	I1	0.00	I1
100%	Max	0.00	I1	0.47	I2	0.00	I1	0.00	I1	0.00	I1	0.00	I1	0.00	I1
	Min	0.00	I1	0.40	I1	0.00	I1	0.00	I1	0.00	I1	0.00	I1	0.00	I1

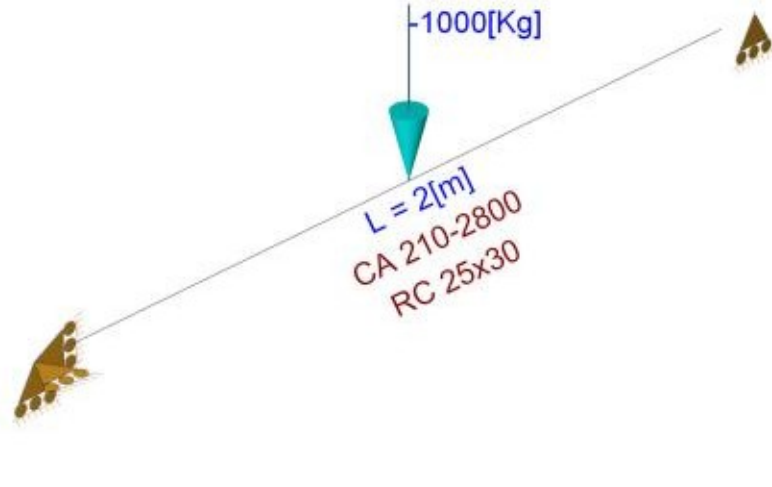


Figura 11. Viga 210 – Carga -1000Kg – L: 2m.
 Fuente: Díaz y García, (2021)

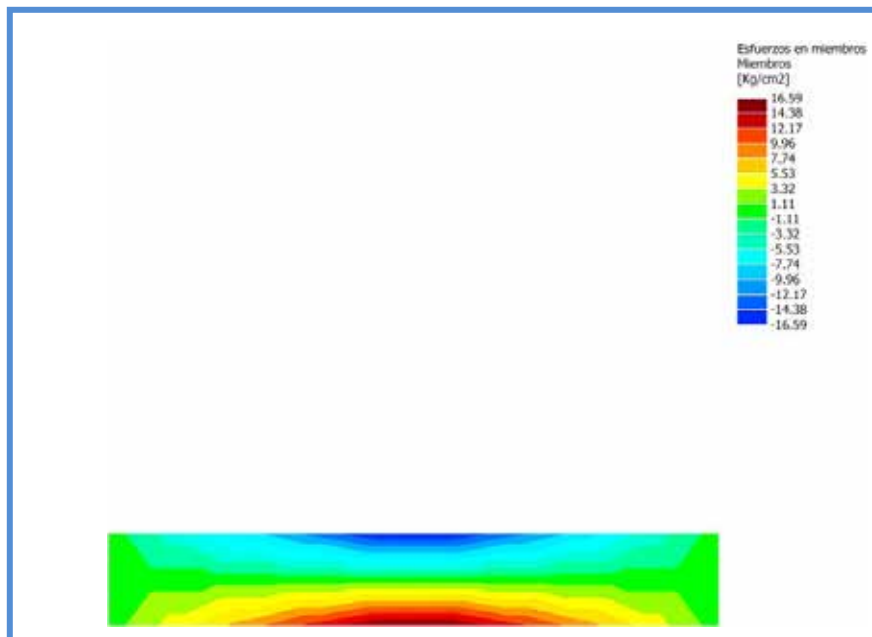


Figura 12. Diagrama de Esfuerzo de la viga con fibra de Guadua $R_{cc}=210$ kg/cm^2 . L2.
 Fuente: Díaz y García, (2021)

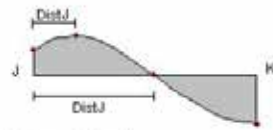


Fecha Actual: 30/03/2021 04:28
 Sistema de unidades: Métrico
 Nombre del archivo: C:\Documents and Settings\All Users\Datos de programa\Bentley\Engineering\RAM Elements\Dat\iyosneyd\VIGA GUADA 210 Rcc Po=2P.et2

Resultados del Análisis

Acciones discriminadas y puntos de inflexión en miembros

Nota: Los puntos de inflexión son aproximados y su precisión aumenta con el número de estaciones.



Puntos considerados

ESTADO : I1=CM+SCP

Estación	Dist a J [m]	Axial [Kg]	Plano 1-2			Plano 1-3	
			Corte V2 [Kg]	M33 [Kg*m]	Corte V3 [Kg]	M22 [Kg*m]	Torsión [Kg*m]
MIEMBRO 1							
0%	0.000	0.000	679.988	0.000	0.000	0.000	0.000
50%	1.000	0.000	-500.000	589.994	0.000	0.000	0.000
100%	2.000	0.000	-679.988	0.000	0.000	0.000	0.000

ESTADO : I2=1.2CM+SCP

Estación	Dist a J [m]	Axial [Kg]	Plano 1-2			Plano 1-3	
			Corte V2 [Kg]	M33 [Kg*m]	Corte V3 [Kg]	M22 [Kg*m]	Torsión [Kg*m]
MIEMBRO 1							
0%	0.000	0.000	779.988	0.000	0.000	0.000	0.000
50%	1.000	0.000	-600.000	689.994	0.000	0.000	0.000
100%	2.000	0.000	-779.988	0.000	0.000	0.000	0.000

Máximos esfuerzos en miembros

Estado : I1=CM+SCP

	Axial [Kg]	Corte V2 [Kg]	Corte V3 [Kg]	Torsión [Kg*m]	M22 [Kg*m]	M33 [Kg*m]
MIEMBRO 1						
Max	0.00	679.99	0.00	0.00	0.00	589.99
Min	0.00	-679.99	0.00	0.00	0.00	0.00

Estado : I2=1.2CM+SCP

	Axial [Kg]	Corte V2 [Kg]	Corte V3 [Kg]	Torsión [Kg*m]	M22 [Kg*m]	M33 [Kg*m]
MIEMBRO 1						
Max	0.00	779.99	0.00	0.00	0.00	689.99
Min	0.00	-779.99	0.00	0.00	0.00	0.00

Máximas deformaciones relativas

Nota.- Los valores de las deformaciones estan en valor absoluto.

ESTADO I1=CM+SCP

Miembro	Defl. (2) [cm]	@(%)	Defl. (3) [cm]	@(%)
1	0.01757 (< L/10000)	50.00000	0.00000 (< L/10000)	0.00000

ESTADO I2=1.2CM+SCP

Miembro	Defl. (2) [cm]	@(%)	Defl. (3) [cm]	@(%)
1	0.02044 (L/9783)	50.00000	0.00000 (< L/10000)	0.00000

Envolvente de tensiones principales en miembros

Nota.- **ec** es el estado de carga crítico
 Envolverte de Tensiones Principales para :
 I1=CM+SCP
 I2=1.2CM+SCP

MIEMBRO 1

Estación		Axial [Kg/cm2]	ec	Corte V2 [Kg/cm2]	ec	Corte V3 [Kg/cm2]	ec	Flexión							
								2-Pos [Kg/cm2]	ec	2-Neg [Kg/cm2]	ec	3-Pos [Kg/cm2]	ec	3-Neg [Kg/cm2]	ec
0%	Max	0.00	I1	1.04	I2	0.00	I1	0.00	I1	0.00	I1	0.00	I1	0.00	I1
	Min	0.00	I1	0.91	I1	0.00	I1	0.00	I1	0.00	I1	0.00	I1	0.00	I1
50%	Max	0.00	I1	0.80	I2	0.00	I1	-15.73	I1	18.40	I2	0.00	I1	0.00	I1
	Min	0.00	I1	0.67	I1	0.00	I1	-18.40	I2	15.73	I1	0.00	I1	0.00	I1
100%	Max	0.00	I1	1.04	I2	0.00	I1	0.00	I1	0.00	I1	0.00	I1	0.00	I1
	Min	0.00	I1	0.91	I1	0.00	I1	0.00	I1	0.00	I1	0.00	I1	0.00	I1

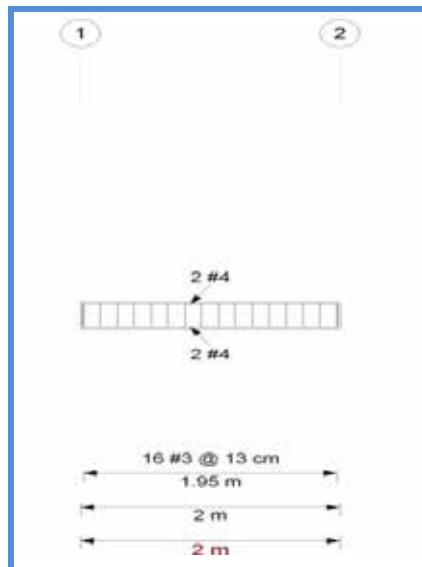


Figura 13: Diseño de Viga. Rcc=210 kg/cm². L2.
 Fuente: Díaz y García, (2021)

Resultados de Diseño

Vigas de Hormigón Armado

DATOS GENERALES:

Norma de Diseño : ACI 318-2011

Estados de carga considerados:

I2 = 1.2CM+SCP

Riesgo sísmico : Riesgo Bajo

Materiales

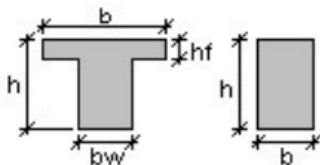
Hormigón, f_c	: 210.92 [Kg/cm ²]	Acero longitudinal, f_y	: 2812.26 [Kg/cm ²]
Tipo de concreto	: Normal	Acero transversal, f_y	: 2812.26 [Kg/cm ²]
Módulo de elasticidad hormigón	: 219498.50 [Kg/...]	Módulo de elasticidad acero	: 2038891.00 [Kg/...]
Peso unitario	: 2399.84 [Kg/m ³]	Recubrimiento epóxico	: No

DATOS Y RESULTADOS

Estatus : Bien

Geometría

Eje	Pos columna	Ancho inferior [cm]	Ancho superior [cm]	Dist x [m]
1	Centro	0.00	0.00	0.00
2	Centro	0.00	0.00	2.00

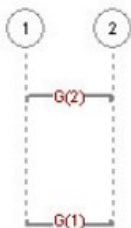


Tramo	Dist entre ejes [m]	Miembro No	Sección	b [cm]	h [cm]	bw [cm]	hf [cm]
1-2	2.00	1		25.00	30.00	--	--

Armadura

Recubrimiento libre : 2.00 [cm]

Refuerzo longitudinal



Grupo	Cantidad	Diámetro	Pos	Eje Ref. 1	Dist1 [m]	Eje Ref. 2	Dist2 [m]	Gancho1	Gancho2
1	2	#4	Inferior	1	0.02	2	-0.02	Si	Si
2	2	#4	Superior	1	0.02	2	-0.02	Si	Si

Longitudes de anclaje y empalme

Grupo	Diámetro	Ld [cm]	Ldh [cm]	L. Empalme [cm]	L. total [m]
1	#4	38.00	16.00	50.00	2.32
2	#4	50.00	16.00	64.00	2.32

Refuerzo transversal

Tramo	Diámetro	Cantidad	@ [cm]	Ramas	Cerrado
1-2	#3	16	13.00	2	Si

Separación inicial de estribos:

Tramo	S inicial [cm]	Sin lim [cm]
0-1	2.50	14.00

DISEÑO FLEXION

Tramo: 1-2 Miembro No: 1

Porcentaje de redistribución de momentos: Apoyo A = 0.00% Apoyo B = 0.00%
 Cuantía geométrica máxima: ρ maxsup = 2.32% ρ maxinf = 2.32%
 Separación límite entre barras por fisuración: sb lim = 45.72 [cm]

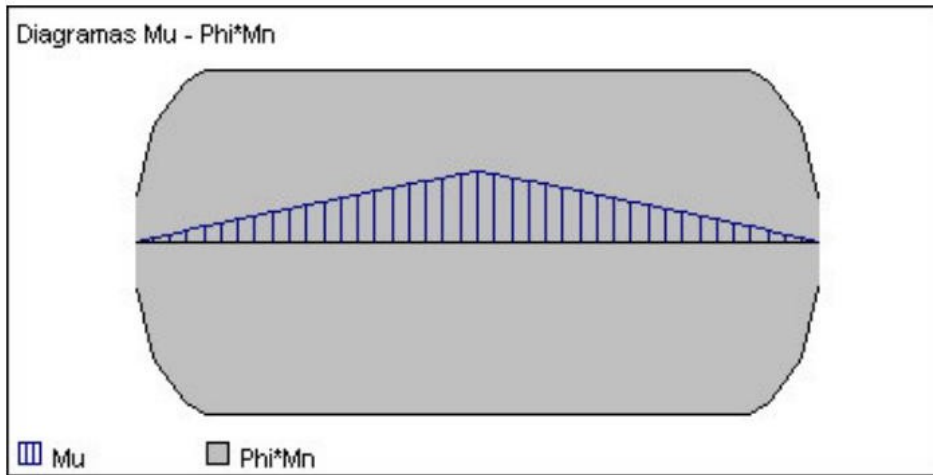
Momentos flectores positivos

Estación	d[cm]	Mu[Kg*m]	ϕ *Mn[Kg*m]	Asreq [cm2]	Asprov [cm2]	ρ (%)	sb [cm]
Mu/(ϕ *Mn)							
No. Dist							
1	0%	28.00	0.00	433.22	0.00	0.00	14.02
0.00							
2	10%	26.41	152.40	1672.30	0.30	2.58	14.02
0.09							
3	20%	26.41	297.60	1672.30	0.60	2.58	14.02

0.18								
4	30%	26.41	435.59	1672.30	0.88	2.58	0.39	14.02
0.26								
5	40%	26.41	566.39	1672.30	1.14	2.58	0.39	14.02
0.34								
6	50%	26.41	689.99	1672.30	1.39	2.58	0.39	14.02
0.41								
7	60%	26.41	566.39	1672.30	1.14	2.58	0.39	14.02
0.34								
8	70%	26.41	435.59	1672.30	0.88	2.58	0.39	14.02
0.26								
9	80%	26.41	297.60	1672.30	0.60	2.58	0.39	14.02
0.18								
10	90%	26.41	152.40	1672.30	0.30	2.58	0.39	14.02
0.09								
11	100%	28.00	0.00	433.22	0.00	0.00	0.00	14.02
0.00								
C	50%	26.41	689.99	1672.30	1.39	2.58	0.39	14.02
0.41								

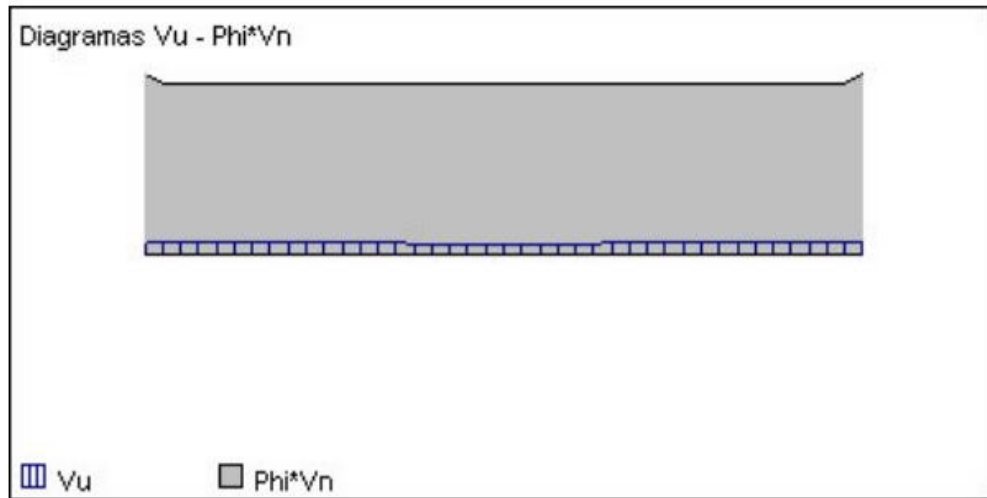
Momentos flectores negativos

Estación Mu/(ϕ *Mn) No. Dist	d[cm]	Mu[Kg*m]	ϕ *Mn[Kg*m]	Asreq [cm ²]	Asprov [cm ²]	ρ (%)	sb [cm]	
1	0%	28.00	0.00	-433.22	0.00	0.00	0.00	14.02
0.00								
2	10%	26.41	0.00	-1672.30	0.00	2.58	0.39	14.02
0.09								
3	20%	26.41	0.00	-1672.30	0.00	2.58	0.39	14.02
0.18								
4	30%	26.41	0.00	-1672.30	0.00	2.58	0.39	14.02
0.26								
5	40%	26.41	0.00	-1672.30	0.00	2.58	0.39	14.02
0.34								
6	50%	26.41	0.00	-1672.30	0.00	2.58	0.39	14.02
0.41								
7	60%	26.41	0.00	-1672.30	0.00	2.58	0.39	14.02
0.34								
8	70%	26.41	0.00	-1672.30	0.00	2.58	0.39	14.02
0.26								
9	80%	26.41	0.00	-1672.30	0.00	2.58	0.39	14.02
0.18								
10	90%	26.41	0.00	-1672.30	0.00	2.58	0.39	14.02
0.09								
11	100%	28.00	0.00	-433.22	0.00	0.00	0.00	14.02
0.00								
C	50%	26.41	0.00	-1672.30	0.00	2.58	0.39	14.02
0.41								



CORTE Y TORSIÓN

Estación		Estribos		Spc prov	Spc lím	Tu	ϕ^*T_n	Al	Vu	Vs	Vc	ϕ^*V_n
No.	Dist	Diám	VCT									
Tramo: 1-2 Miembro No: 1												
1	0%	#3		13.00	14.00	0.00	982.90	0.00	725.99	8597.28	5391.19	10491.35
0.07												
2	10%	#3		13.00	13.21	0.00	982.90	0.00	725.99	8109.84	5085.53	9896.53
0.07												
3	20%	#3		13.00	13.21	0.00	982.90	0.00	707.99	8109.84	5085.53	9896.53
0.07												
4	30%	#3		13.00	13.21	0.00	982.90	0.00	672.00	8109.84	5085.53	9896.53
0.07												
5	40%	#3		13.00	13.21	0.00	982.90	0.00	636.00	8109.84	5085.53	9896.53
0.06												
6	50%	#3		13.00	13.21	0.00	982.90	0.00	600.00	8109.84	5085.53	9896.53
0.06												
7	60%	#3		13.00	13.21	0.00	982.90	0.00	636.00	8109.84	5085.53	9896.53
0.06												
8	70%	#3		13.00	13.21	0.00	982.90	0.00	672.00	8109.84	5085.53	9896.53
0.07												
9	80%	#3		13.00	13.21	0.00	982.90	0.00	707.99	8109.84	5085.53	9896.53
0.07												
10	90%	#3		13.00	13.21	0.00	982.90	0.00	725.99	8109.84	5085.53	9896.53
0.07												
11	100%	#3		13.00	14.00	0.00	982.90	0.00	725.99	8597.28	5391.19	10491.35
0.07												
C	2%	#3		13.00	13.21	0.00	982.90	0.00	725.99	8109.84	5085.53	9896.53
0.07												



Notas aclaratorias:

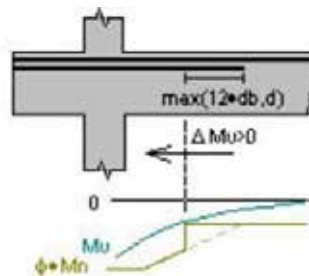
* Sólo se consideran las solicitaciones a flexión (M_u), corte (V_u) y torsión (T_u) en el diseño.

* Los valores en rojo no cumplen con alguna provisión de la norma.

* El área requerida por flexión tanto negativa como positiva incluye el refuerzo longitudinal.

Ver abajo, la nota relacionada con el parámetro VCT para determinar cuándo las barras han sido provistas para resistir además torsión o compresión. Esta armadura considera el área de refuerzo mínimo dado por norma (10.5).

* Las barras no contribuirán a la resistencia del miembro en una distancia igual al máximo ($12 \cdot d_b, d$) cuando el diagrama de momentos disminuye en la misma dirección del anclaje.



- * Si la sección se encuentra dentro de la longitud de anclaje, el aporte de resistencia será proporcional al desarrollo de su longitud de anclaje hasta el punto en consideración.
- * El refuerzo transversal se encuentra ordenado de izquierda a derecha.
- * El programa no considera las verificaciones ACI 318-11 12.11.3 de la norma para la longitud de anclaje, limitando el diámetro de la barra a utilizar.
- * A_{sprov} es el refuerzo provisto considerando el descuento por la longitud de anclaje mencionado en el punto anterior.
- * "C" indica la estación crítica del tramo.
- * $L_d - L_{dh}$ = La longitud de anclaje de cada barra. Considera la longitud del gancho L_{dh} en el caso que la barra termine en gancho.
- * La longitud de empalme mostrada no se encuentra reducida por el factor A_{sreq}/A_{sprov} .
- * s_b = separación libre entre barras superior o inferior correspondiente a la capa de barras más cercana al borde de la viga (capa 1). No se calcula cuando se dispone de una sola barra.
- * Estribos VCT = una bandera que determina si son necesarios los estribos para resistir corte (V), torsión (T) o por tener armadura a compresión (C).
- * closed = Indica si el estribo es cerrado (si) o abierto (no).
- * $\frac{R_c}{R_{cr}}$ = Relación de resistencia crítica para la estación. Si el valor se encuentra en rojo, la relación es mayor a la unidad.
- * A_l = Es el refuerzo total adicional requerido por torsión.
- * S_{pa} = separación entre estribos asignada por el usuario.
- * $S_{pa\ lim}$ = separación límite dada por condiciones geométricas. (11.4.5.1, 11.4.5.3, 21.3.4.2, 21.5.3.2).

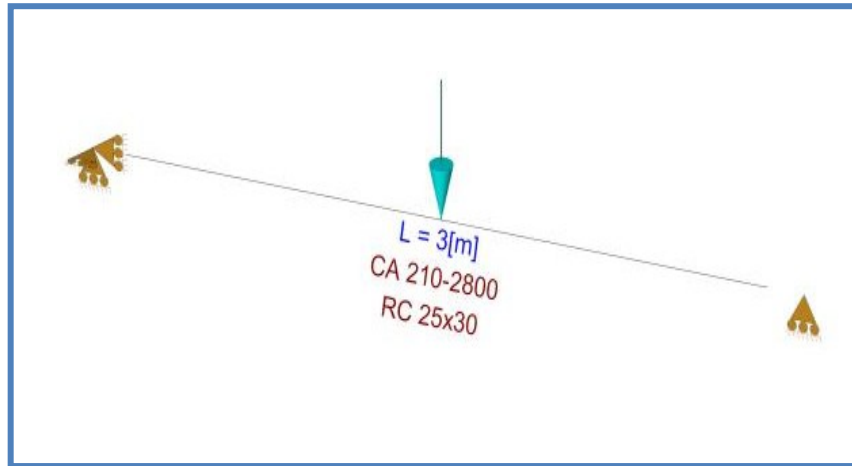


Figura 14.: Viga 210 – Carga -1000Kg – L: 3m.

Fuente: Díaz y García, (2021)

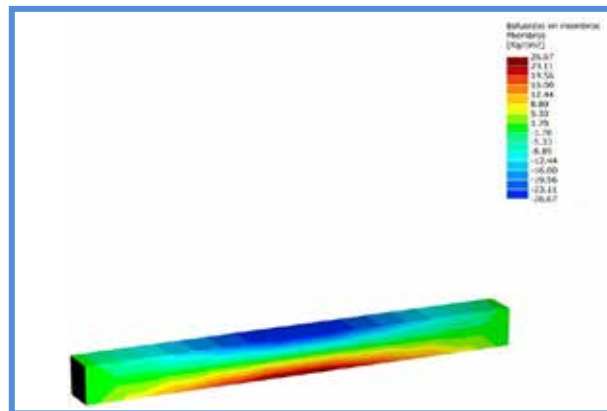


Figura 15. Diagrama de Esfuerzo de la viga con fibra de Guadua Rcc=210 kg/cm². L3.

Fuente: Díaz y García, (2021)

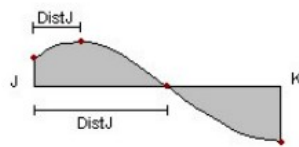


Fecha Actual: 30/03/2021 03:52
 Sistema de unidades: Métrico
 Nombre del archivo: C:\Documents and Settings\All Users\Datos de programa\Bentley\Engineering\RAM Elements\Data\yosneydi\VIGA concret 210 Rcc Po=2P-L3.etz

Resultados del Análisis

Acciones discriminadas y puntos de inflexión en miembros

Nota: Los puntos de inflexión son aproximados y su precisión aumenta con el número de estaciones.



Puntos considerados

ESTADO : I1=CM+SCP

Estación	Dist a J [m]	Axial [Kg]	Corte V2 [Kg]	Plano 1-2		Plano 1-3	
				M33 [Kg*m]	Corte V3 [Kg]	M22 [Kg*m]	Torsión [Kg*m]
MIEMBRO 1							
0%	0.000	0.000	769.981	0.000	0.000	0.000	0.000
50%	1.500	0.000	-500.000	952.486	0.000	0.000	0.000
100%	3.000	0.000	-769.981	0.000	0.000	0.000	0.000

ESTADO : I2=1.2CM+SCP

Estación	Dist a J [m]	Axial [Kg]	Corte V2 [Kg]	Plano 1-2		Plano 1-3	
				M33 [Kg*m]	Corte V3 [Kg]	M22 [Kg*m]	Torsión [Kg*m]
MIEMBRO 1							
0%	0.000	0.000	869.981	0.000	0.000	0.000	0.000
50%	1.500	0.000	-600.000	1102.486	0.000	0.000	0.000
100%	3.000	0.000	-869.981	0.000	0.000	0.000	0.000

Máximos esfuerzos en miembros

Estado : I1=CM+SCP

	Axial [Kg]	Corte V2 [Kg]	Corte V3 [Kg]	Torsión [Kg*m]	M22 [Kg*m]	M33 [Kg*m]
MIEMBRO 1						
Max	0.00	769.98	0.00	0.00	0.00	952.49
Min	0.00	-769.98	0.00	0.00	0.00	0.00

Estado : I2=1.2CM+SCP

	Axial [Kg]	Corte V2 [Kg]	Corte V3 [Kg]	Torsión [Kg*m]	M22 [Kg*m]	M33 [Kg*m]
MIEMBRO 1						
Max	0.00	869.98	0.00	0.00	0.00	1102.49
Min	0.00	-869.98	0.00	0.00	0.00	0.00

Máximas deformaciones relativas

Nota.- Los valores de las deformaciones estan en valor absoluto.

ESTADO I1=CM+SCP

Miembro	Defl. (2) [cm]	@(%)	Defl. (3) [cm]	@(%)
1	0.06260 (L/4792)	50.00000	0.00000 (< L/10000)	0.00000

ESTADO I2=1.2CM+SCP

Miembro	Defl. (2) [cm]	@(%)	Defl. (3) [cm]	@(%)
1	0.07197 (L/4168)	50.00000	0.00000 (< L/10000)	0.00000

Envolvente de tensiones principales en miembros

Nota.- **ec** es el estado de carga crítico
 Envolverte de Tensiones Principales para :
 I1=CM+SCP
 I2=1.2CM+SCP

MIEMBRO 1

Estación		Axial [Kg/cm2]	ec	Corte V2 [Kg/cm2]	ec	Corte V3 [Kg/cm2]	ec	Flexión							
								2-Pos [Kg/cm2]	ec	2-Neg [Kg/cm2]	ec	3-Pos [Kg/cm2]	ec	3-Neg [Kg/cm2]	ec
0%	Max	0.00	I1	1.16	I2	0.00	I1	0.00	I1	0.00	I1	0.00	I1	0.00	I1
	Min	0.00	I1	1.03	I1	0.00	I1	0.00	I1	0.00	I1	0.00	I1	0.00	I1
50%	Max	0.00	I1	0.80	I2	0.00	I1	-25.40	I1	29.40	I2	0.00	I1	0.00	I1
	Min	0.00	I1	0.67	I1	0.00	I1	-29.40	I2	25.40	I1	0.00	I1	0.00	I1
100%	Max	0.00	I1	1.16	I2	0.00	I1	0.00	I1	0.00	I1	0.00	I1	0.00	I1
	Min	0.00	I1	1.03	I1	0.00	I1	0.00	I1	0.00	I1	0.00	I1	0.00	I1

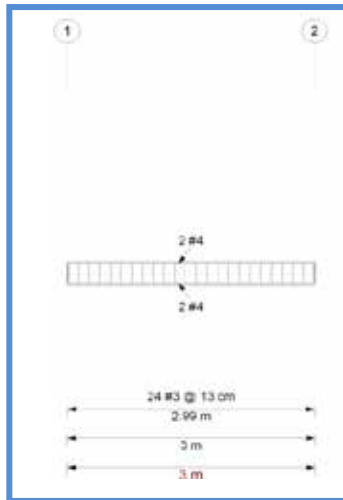


Figura 16: Diseño de Viga. Rcc=210 kg/cm². L3.
 Fuente: Díaz y García, (2021)

Resultados de Diseño

Vigas de Hormigón Armado

DATOS GENERALES:

Norma de Diseño : ACI 318-2011

Estados de carga considerados:

I2 = 1.2CM+SCP

Riesgo sísmico : Riesgo Bajo

Materiales

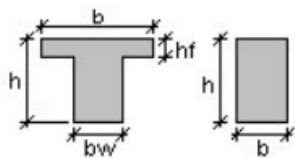
Hormigón, f'_c	: 210.92 [Kg/cm ²]	Acero longitudinal, f_y	: 2812.26 [Kg/cm ²]
Tipo de concreto	: Normal	Acero transversal, f_{yt}	: 2812.26 [Kg/cm ²]
Módulo de elasticidad hormigón	: 219498.50 [Kg/...]	Módulo de elasticidad acero	: 2038891.00 [Kg/...]
Peso unitario	: 2399.84 [Kg/m ³]	Recubrimiento epóxico	: No

DATOS Y RESULTADOS

Estatus : Bien

Geometría

Eje	Pos columna	Ancho inferior [cm]	Ancho superior [cm]	Dist x [m]
1	Centro	0.00	0.00	0.00
2	Centro	0.00	0.00	3.00

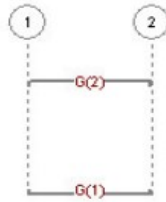


Tramo	Dist entre ejes [m]	Miembro No	Sección	b [cm]	h [cm]	bw [cm]	hf [cm]
1-2	3.00	1		25.00	30.00	--	--

Armadura

Recubrimiento libre : 2.00 [cm]

Refuerzo longitudinal



Grupo	Cantidad	Diámetro	Pos	Eje Ref. 1	Dist1 [m]	Eje Ref. 2	Dist2 [m]	Gancho1	Gancho2
1	2	#4	Inferior	1	0.02	2	-0.02	Si	Si
2	2	#4	Superior	1	0.02	2	-0.02	Si	Si

Longitudes de anclaje y empalme

Grupo	Diámetro	Ld [cm]	Ldh [cm]	L. Empalme [cm]	L. total [m]
1	#4	38.00	16.00	50.00	3.32
2	#4	50.00	16.00	64.00	3.32

Refuerzo transversal

Tramo	Diámetro	Cantidad	@ [cm]	Ramas	Cerrado
1-2	#3	24	13.00	2	Si

Separación inicial de estribos:

Tramo	S inicial [cm]	Sin lim [cm]
0-1	0.50	14.00

DISEÑO FLEXION

Tramo: 1-2 Miembro No: 1

Porcentaje de redistribución de momentos: Apoyo A = 0.00% Apoyo B = 0.00%
 Cuantía geométrica máxima: ρ maxsup = 2.32% ρ maxinf = 2.32%
 Separación límite entre barras por fisuración: sb lim = 45.72 [cm]

Momentos flectores positivos

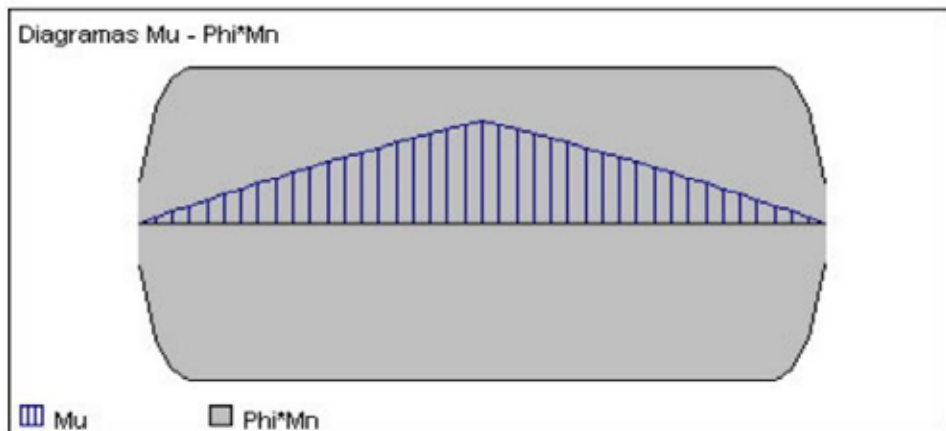
Estación	Mu/(ϕ*Mn)	d[cm]	Mu[Kg*m]	ϕ*Mn[Kg*m]	Asreq [cm2]	Asprov [cm2]	ρ (%)	sb [cm]
No. Dist								
1	0%	28.00	0.00	433.22	0.00	0.00	0.00	14.02
2	10%	26.41	252.90	1672.30	0.51	2.58	0.39	14.02
3	20%	26.41	489.59	1672.30	0.99	2.58	0.39	14.02

0.29								
4	30%	26.41	710.09	1672.30	1.43	2.58	0.39	14.02
0.42								
5	40%	26.41	914.39	1672.30	1.85	2.58	0.39	14.02
0.55								
6	50%	26.41	1102.49	1672.30	2.24	2.58	0.39	14.02
0.66								
7	60%	26.41	914.39	1672.30	1.85	2.58	0.39	14.02
0.55								
8	70%	26.41	710.09	1672.30	1.43	2.58	0.39	14.02
0.42								
9	80%	26.41	489.59	1672.30	0.99	2.58	0.39	14.02
0.29								
10	90%	26.41	252.90	1672.30	0.51	2.58	0.39	14.02
0.15								
11	100%	28.00	0.00	433.22	0.00	0.00	0.00	14.02
0.00								
C	50%	26.41	1102.49	1672.30	2.24	2.58	0.39	14.02
0.66								

Momentos flectores negativos

Estación Mu/(ϕ *Mn) No. Dist	d[cm]	Mu[Kg*m]	ϕ *Mn[Kg*m]	Asreq [cm2]	Asprov [cm2]	ρ (%)	sb [cm]
--	-------	----------	------------------	-------------	--------------	------------	---------

1	0%	28.00	0.00	-433.22	0.00	0.00	0.00	14.02
	0.00							
2	10%	26.41	0.00	-1672.30	0.00	2.58	0.39	14.02
	0.15							
3	20%	26.41	0.00	-1672.30	0.00	2.58	0.39	14.02
	0.29							
4	30%	26.41	0.00	-1672.30	0.00	2.58	0.39	14.02
	0.42							
5	40%	26.41	0.00	-1672.30	0.00	2.58	0.39	14.02
	0.55							
6	50%	26.41	0.00	-1672.30	0.00	2.58	0.39	14.02
	0.66							
7	60%	26.41	0.00	-1672.30	0.00	2.58	0.39	14.02
	0.55							
8	70%	26.41	0.00	-1672.30	0.00	2.58	0.39	14.02
	0.42							
9	80%	26.41	0.00	-1672.30	0.00	2.58	0.39	14.02
	0.29							
10	90%	26.41	0.00	-1672.30	0.00	2.58	0.39	14.02
	0.15							
11	100%	28.00	0.00	-433.22	0.00	0.00	0.00	14.02
	0.00							
C	50%	26.41	0.00	-1672.30	0.00	2.58	0.39	14.02
	0.66							

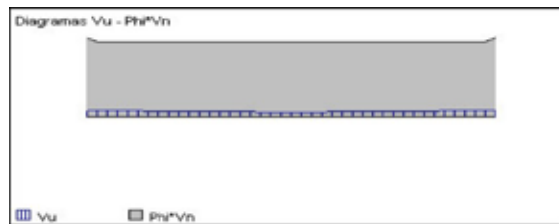


CORTE Y TORSIÓN

Tramo: 1-2

Miembro No: 1

<u>Estación</u>		<u>Estribos</u>		<u>Spc prov</u>	<u>Spc lim</u>	<u>Tu</u>	ϕ^*Tn	<u>AI</u>	<u>Vu</u>	<u>Vs</u>	<u>Vc</u>	ϕ^*Vn
No.	Dist	Diám	VCT	[cm]	[cm]	[Kg*m]	[Kg*m]	[cm2]	[Kg]	[Kg]	[Kg]	[Kg]
1	0%	#3		13.00	14.00	0.00	982.90	0.00	815.98	8597.28	5391.19	10491.35
0.08												
2	10%	#3		13.00	13.21	0.00	982.90	0.00	815.98	8109.84	5085.53	9896.53
0.08												
3	20%	#3		13.00	13.21	0.00	982.90	0.00	761.99	8109.84	5085.53	9896.53
0.08												
4	30%	#3		13.00	13.21	0.00	982.90	0.00	707.99	8109.84	5085.53	9896.53
0.07												
5	40%	#3		13.00	13.21	0.00	982.90	0.00	654.00	8109.84	5085.53	9896.53
0.07												
6	50%	#3		13.00	13.21	0.00	982.90	0.00	600.00	8109.84	5085.53	9896.53
0.06												
7	60%	#3		13.00	13.21	0.00	982.90	0.00	654.00	8109.84	5085.53	9896.53
0.07												
8	70%	#3		13.00	13.21	0.00	982.90	0.00	707.99	8109.84	5085.53	9896.53
0.07												
9	80%	#3		13.00	13.21	0.00	982.90	0.00	761.99	8109.84	5085.53	9896.53
0.08												
10	90%	#3		13.00	13.21	0.00	982.90	0.00	815.98	8109.84	5085.53	9896.53
0.08												
11	100%	#3		13.00	14.00	0.00	982.90	0.00	815.98	8597.28	5391.19	10491.35
0.08												
C	2%	#3		13.00	13.21	0.00	982.90	0.00	815.98	8109.84	5085.53	9896.53
0.08												



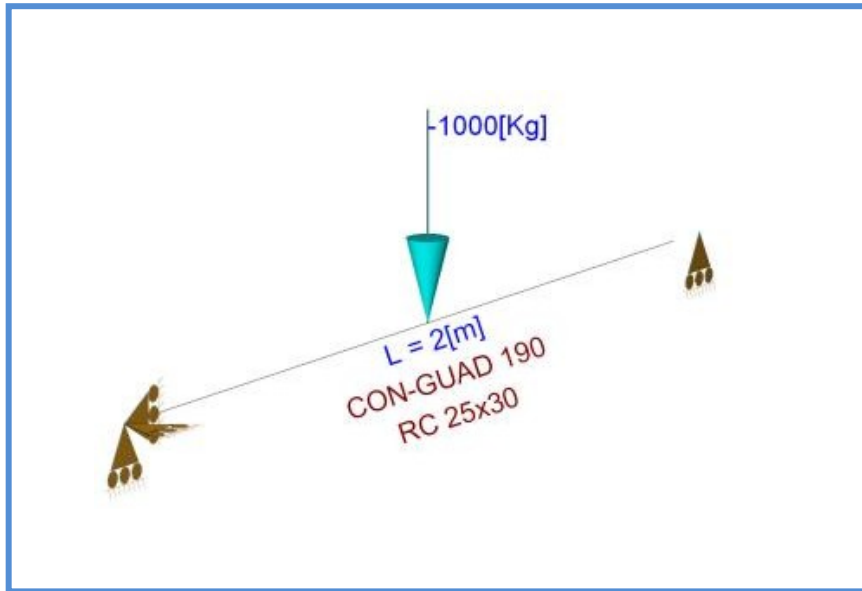


Figura 17. Viga 190 – Carga -1000Kg – L: 2m.
Fuente: Díaz y García, (2021)

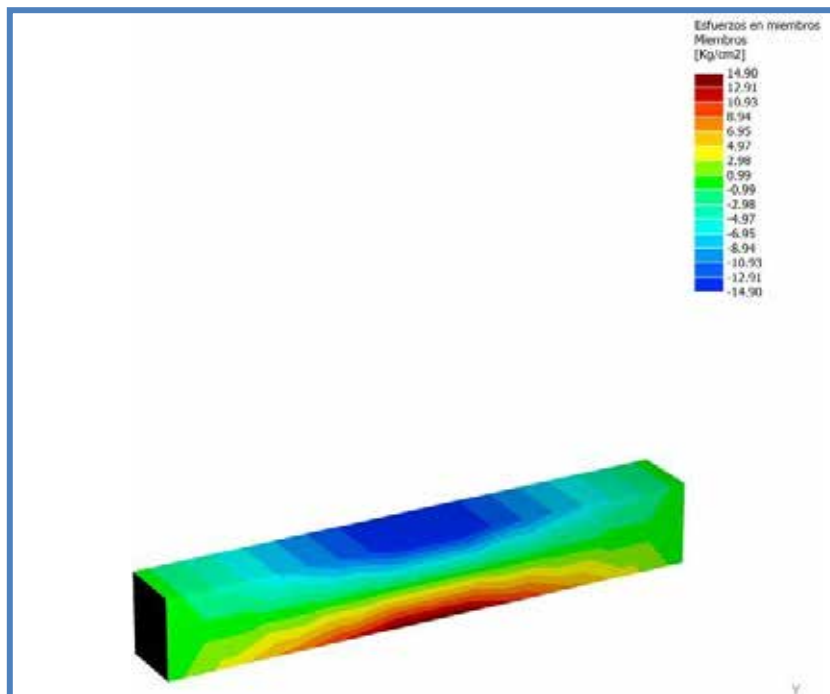


Figura 18. Diagrama de Esfuerzo de la viga con fibra de Guadua $R_{cc}=190\text{ kg/cm}^2$. L2.
Fuente: Díaz y García, (2021)



Fecha Actual: 30/03/2021 06:03

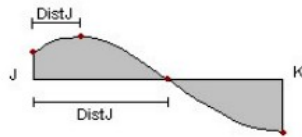
Sistema de unidades: Métrico

Nombre del archivo: C:\Documents and Settings\All Users\Datos de programa\Bentley\Engineering\RAM Elements\Data\yosneydi\VIGA GUADA 230 Rcc Po=2P.etz\

Resultados del Análisis

Acciones discriminadas y puntos de inflexión en miembros

Nota: Los puntos de inflexión son aproximados y su precisión aumenta con el número de estaciones.



Puntos considerados

ESTADO : I1=CM+SCP

Estación	Dist a J [m]	Axial [Kg]	Corte V2 [Kg]	Plano 1-2		Plano 1-3	
				M33 [Kg*m]	Corte V3 [Kg]	M22 [Kg*m]	Torsión [Kg*m]
MIEMBRO 1							
0%	0.000	0.000	551.405	0.000	0.000	0.000	0.000
50%	1.000	0.000	-500.000	525.703	0.000	0.000	0.000
100%	2.000	0.000	-551.405	0.000	0.000	0.000	0.000

ESTADO : I2=1.2CM+SCP

Estación	Dist a J [m]	Axial [Kg]	Corte V2 [Kg]	Plano 1-2		Plano 1-3	
				M33 [Kg*m]	Corte V3 [Kg]	M22 [Kg*m]	Torsión [Kg*m]
MIEMBRO 1							
0%	0.000	0.000	651.405	0.000	0.000	0.000	0.000
50%	1.000	0.000	-600.000	625.703	0.000	0.000	0.000
100%	2.000	0.000	-651.405	0.000	0.000	0.000	0.000

Máximos esfuerzos en miembros

Estado : I1=CM+SCP

	Axial [Kg]	Corte V2 [Kg]	Corte V3 [Kg]	Torsión [Kg*m]	M22 [Kg*m]	M33 [Kg*m]
MIEMBRO 1						
Max	0.00	551.41	0.00	0.00	0.00	525.70
Min	0.00	-551.41	0.00	0.00	0.00	0.00

Estado : I2=1.2CM+SCP

	Axial [Kg]	Corte V2 [Kg]	Corte V3 [Kg]	Torsión [Kg*m]	M22 [Kg*m]	M33 [Kg*m]
MIEMBRO 1						
Max	0.00	651.41	0.00	0.00	0.00	625.70
Min	0.00	-651.41	0.00	0.00	0.00	0.00

Máximas deformaciones relativas

Nota.- Los valores de las deformaciones estan en valor absoluto.

ESTADO I1=CM+SCP

Miembro	Defl. (2) [cm]	@(%)	Defl. (3) [cm]	@(%)
1	0.01480 (< L/10000)	50.00000	0.00000 (< L/10000)	0.00000

ESTADO I2=1.2CM+SCP

Miembro	Defl. (2) [cm]	@(%)	Defl. (3) [cm]	@(%)
1	0.01758 (< L/10000)	50.00000	0.00000 (< L/10000)	0.00000

Envolvente de tensiones principales en miembros

Nota.- **ec** es el estado de carga crítico
 Envolverte de Tensiones Principales para :
 I1=CM+SCP
 I2=1.2CM+SCP

MIEMBRO 1

Estación		Flexión													
		Axial [Kg/cm2]	ec	Corte V2 [Kg/cm2]	ec	Corte V3 [Kg/cm2]	ec	2-Pos [Kg/cm2]	ec	2-Neg [Kg/cm2]	ec	3-Pos [Kg/cm2]	ec	3-Neg [Kg/cm2]	ec
0%	Max	0.00	I1	0.87	I2	0.00	I1	0.00	I1	0.00	I1	0.00	I1	0.00	I1
	Min	0.00	I1	0.74	I1	0.00	I1	0.00	I1	0.00	I1	0.00	I1	0.00	I1
50%	Max	0.00	I1	0.80	I2	0.00	I1	-14.02	I1	16.69	I2	0.00	I1	0.00	I1
	Min	0.00	I1	0.67	I1	0.00	I1	-16.69	I2	14.02	I1	0.00	I1	0.00	I1
100%	Max	0.00	I1	0.87	I2	0.00	I1	0.00	I1	0.00	I1	0.00	I1	0.00	I1
	Min	0.00	I1	0.74	I1	0.00	I1	0.00	I1	0.00	I1	0.00	I1	0.00	I1

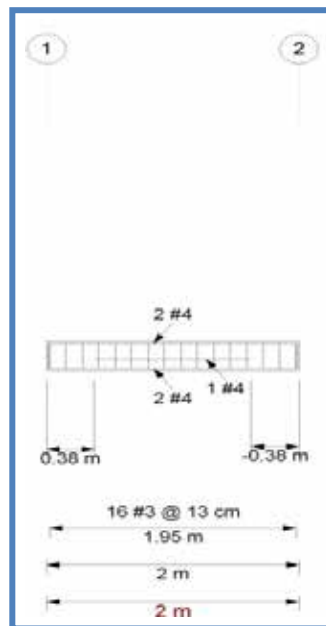


Figura 19: Diseño de Viga. Rcc=190 kg/cm². L2.
 Fuente: Díaz y García, (2021)

Resultados de Diseño

Vigas de Hormigón Armado

DATOS GENERALES:

Norma de Diseño : ACI 318-2011

Estados de carga considerados:

I2 = 1.2CM+SCP

Riesgo sísmico : Riesgo Bajo

Materiales

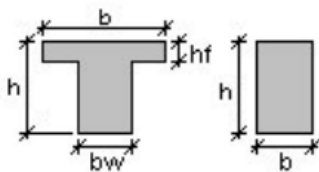
Hormigón, f_c	: 230.00 [Kg/cm ²]	Acero longitudinal, f_y	: 1144.00 [Kg/cm ²]
Tipo de concreto	: Normal	Acero transversal, f_{yt}	: 200.00 [Kg/cm ²]
Módulo de elasticidad hormigón	: 229002.00 [Kg/...]	Módulo de elasticidad acero	: 123000.00 [Kg/...]
Peso unitario	: 685.40 [Kg/m ³]	Recubrimiento epóxico	: No

DATOS Y RESULTADOS

Estatus : Bien

Geometría

Eje	Pos columna	Ancho inferior [cm]	Ancho superior [cm]	Dist x [m]
1	Centro	0.00	0.00	0.00
2	Centro	0.00	0.00	2.00

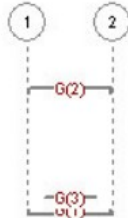


Tramo	Dist entre ejes [m]	Miembro No	Sección	b [cm]	h [cm]	bw [cm]	hf [cm]
1-2	2.00	1		25.00	30.00	--	--

Armadura

Recubrimiento libre : 2.00 [cm]

Refuerzo longitudinal



Grupo	Cantidad	Diámetro	Pos	Eje Ref. 1	Dist1 [m]	Eje Ref. 2	Dist2 [m]	Gancho1	Gancho2
1	2	#4	Inferior	1	0.02	2	-0.02	Si	Si
2	2	#4	Superior	1	0.02	2	-0.02	Si	Si
3	1	#4	Inferior	1	0.38	2	-0.38	No	No

Longitudes de anclaje y empalme

Grupo	Diámetro	Ld [cm]	Ldh [cm]	L. Empalme [cm]	L. total [m]
1	#4	32.00	16.00	40.00	2.32
2	#4	32.00	16.00	40.00	2.32
3	#4	32.00	16.00	40.00	1.24

Refuerzo transversal

Tramo	Diámetro	Cantidad	@ [cm]	Ramas	Cerrado
1-2	#3	16	13.00	2	Si

Separación inicial de estribos:

Tramo	S inicial [cm]	Sin lim [cm]
0-1	2.50	14.00

DISEÑO FLEXION

Tramo: 1-2 Miembro No: 1

Porcentaje de redistribución de momentos:
 Cuantía geométrica máxima:
 Separación límite entre barras por fisuración:

Apoyo A = 0.00%
 $\rho_{maxsup} = 4.00\%$
 $sb_{lim} = 112.39$ [cm]

Apoyo B = 0.00%
 $\rho_{maxinf} = 4.00\%$

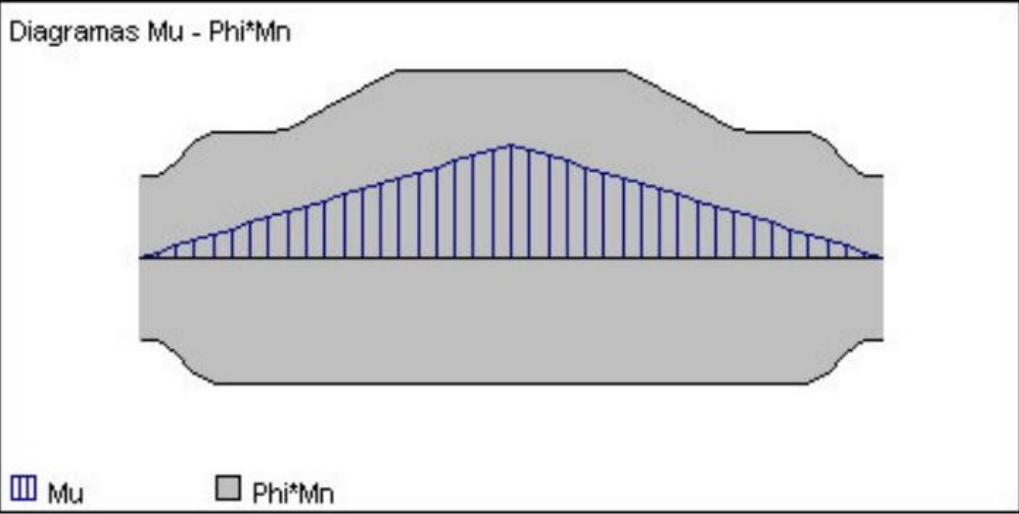
Momentos flectores positivos

Estación	Mu (ϕ Mn)	d [cm]	Mu [Kg*m]	ϕ Mn [Kg*m]	Asreq [cm ²]	Asprov [cm ²]	ρ (%)	sb [cm]
No. Dist								
1 0%	0.00	28.00	0.00	452.39	0.00	0.00	0.00	14.02
2 10%		26.41	129.25	693.76	0.64	2.58	0.39	14.02

0.19								
3	20%	26.41	256.45	716.25	1.26	2.67	0.40	6.37
0.36								
4	30%	26.41	381.59	940.19	1.88	3.51	0.53	6.37
0.41								
5	40%	26.41	504.67	1034.63	2.50	3.87	0.59	6.37
0.49								
6	50%	26.41	625.70	1034.63	3.10	3.87	0.59	6.37
0.60								
7	60%	26.41	504.67	1034.63	2.50	3.87	0.59	6.37
0.49								
8	70%	26.41	381.59	940.19	1.88	3.51	0.53	6.37
0.41								
9	80%	26.41	256.45	716.25	1.26	2.67	0.40	6.37
0.36								
10	90%	26.41	129.25	693.76	0.64	2.58	0.39	14.02
0.19								
11	100%	28.00	0.00	452.39	0.00	0.00	0.00	14.02
0.00								
C	50%	26.41	625.70	1034.63	3.10	3.87	0.59	6.37
0.60								

Momentos flectores negativos

Estación	d[cm]	Mu[Kg*m]	ϕ *Mn[Kg*m]	Asreq [cm2]	Asprov [cm2]	ρ (%)	sb [cm]
Mu/(ϕ *Mn)							
No. Dist							
1	0%	28.00	0.00	-452.39	0.00	0.00	14.02
0.00							
2	10%	26.41	0.00	-693.76	0.00	2.58	14.02
0.19							
3	20%	26.41	0.00	-693.76	0.00	2.58	14.02
0.36							
4	30%	26.41	0.00	-693.76	0.00	2.58	14.02
0.41							
5	40%	26.41	0.00	-693.76	0.00	2.58	14.02
0.49							
6	50%	26.41	0.00	-693.76	0.00	2.58	14.02
0.60							
7	60%	26.41	0.00	-693.76	0.00	2.58	14.02
0.49							
8	70%	26.41	0.00	-693.76	0.00	2.58	14.02
0.41							
9	80%	26.41	0.00	-693.76	0.00	2.58	14.02
0.36							
10	90%	26.41	0.00	-693.76	0.00	2.58	14.02
0.19							
11	100%	28.00	0.00	-452.39	0.00	0.00	14.02
0.00							
C	50%	26.41	0.00	-693.76	0.00	2.58	14.02
0.60							



CORTE Y TORSIÓN

Tramo: 1-2				Miembro No: 1								
<u>Estación</u>		<u>Estribos</u>		<u>Spc prov</u>	<u>Spc lim</u>	<u>Tu</u>	ϕ^*Tn	<u>Al</u>	<u>Vu</u>	<u>Vs</u>	<u>Vc</u>	ϕ^*Vn
No.	Dist	Diám	VCT	[cm]	[cm]	[Kg*m]	[Kg*m]	[cm ²]	[Kg]	[Kg]	[Kg]	[Kg]
1	0%	#3		13.00	14.00	0.00	154.22	0.00	635.98	611.41	5629.76	4680.88
0.14												
2	10%	#3		13.00	13.21	0.00	154.22	0.00	635.98	576.75	5310.57	4415.49
0.14												
3	20%	#3		13.00	13.21	0.00	154.22	0.00	630.84	576.75	5310.57	4415.49
0.14												
4	30%	#3		13.00	13.21	0.00	154.22	0.00	620.56	576.75	5310.57	4415.49
0.14												
5	40%	#3		13.00	13.21	0.00	154.22	0.00	610.28	576.75	5310.57	4415.49
0.14												
6	50%	#3		13.00	13.21	0.00	154.22	0.00	600.00	576.75	5310.57	4415.49
0.14												
7	60%	#3		13.00	13.21	0.00	154.22	0.00	610.28	576.75	5310.57	4415.49
0.14												
8	70%	#3		13.00	13.21	0.00	154.22	0.00	620.56	576.75	5310.57	4415.49
0.14												
9	80%	#3		13.00	13.21	0.00	154.22	0.00	630.84	576.75	5310.57	4415.49
0.14												
10	90%	#3		13.00	13.21	0.00	154.22	0.00	635.98	576.75	5310.57	4415.49
0.14												
11	100%	#3		13.00	14.00	0.00	154.22	0.00	635.98	611.41	5629.76	4680.88
0.14												
C	2%	#3		13.00	13.21	0.00	154.22	0.00	635.98	576.75	5310.57	4415.49
0.14												

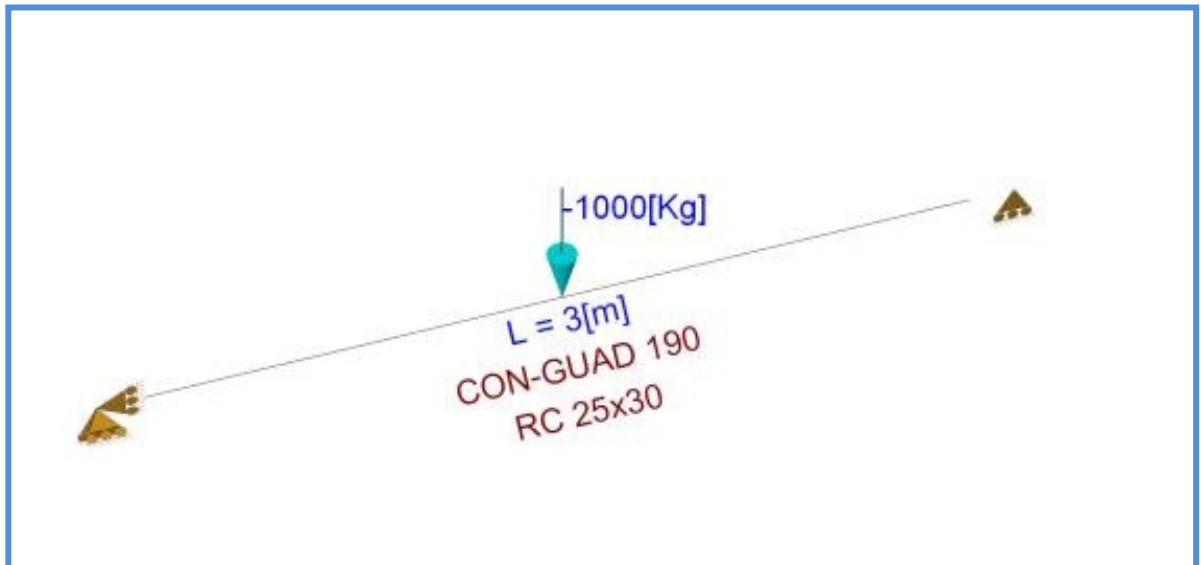
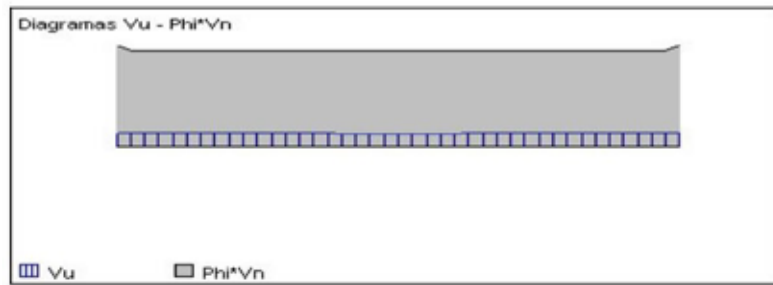


Figura 20. Viga 190 – Carga -1000Kg – L: 3m.
Fuente: Díaz y García, (2021)

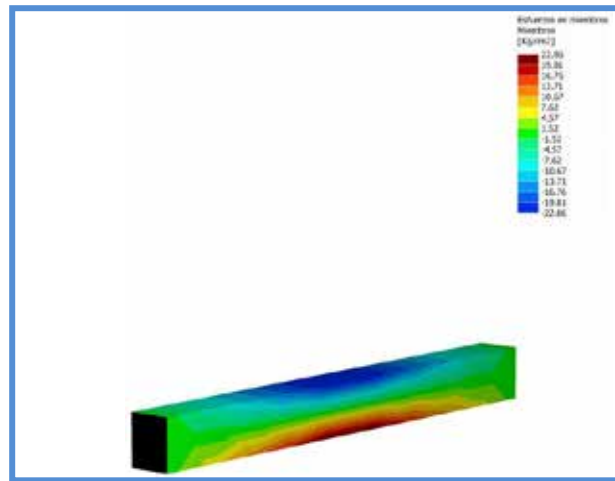


Figura 21. Diagrama de Esfuerzo de la viga con fibra de Guadua $R_{cc}=190 \text{ kg/cm}^2$. L3.Fuente: Díaz y García, (2021)



Fecha Actual: 30/03/2021 04:11

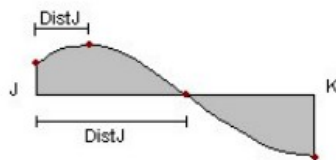
Sistema de unidades: Métrico

Nombre del archivo: C:\Documents and Settings\All Users\Datos de programa\Bentley\Engineering\RAM Elements\Data\yosneyd\VIGA GUADA 190 Rcc Po=2P L3.etz

Resultados del Análisis

Acciones discriminadas y puntos de inflexión en miembros

Nota: Los puntos de inflexión son aproximados y su precisión aumenta con el número de estaciones.



Puntos considerados

ESTADO : I1=CM+SCP

Estación	Dist a J [m]	Axial [Kg]	Plano 1-2			Plano 1-3	
			Corte V2 [Kg]	M33 [Kg*m]	Corte V3 [Kg]	M22 [Kg*m]	Torsión [Kg*m]
MIEMBRO 1							
0%	0.000	0.000	577.063	0.000	0.000	0.000	0.000
50%	1.500	0.000	-500.000	807.797	0.000	0.000	0.000
100%	3.000	0.000	-577.063	0.000	0.000	0.000	0.000

ESTADO : I2=1.2CM+SCP

Estación	Dist a J [m]	Axial [Kg]	Plano 1-2			Plano 1-3	
			Corte V2 [Kg]	M33 [Kg*m]	Corte V3 [Kg]	M22 [Kg*m]	Torsión [Kg*m]
MIEMBRO 1							
0%	0.000	0.000	677.063	0.000	0.000	0.000	0.000
50%	1.500	0.000	-600.000	957.797	0.000	0.000	0.000
100%	3.000	0.000	-677.063	0.000	0.000	0.000	0.000

Máximos esfuerzos en miembros

Estado : I1=CM+SCP

	Axial [Kg]	Corte V2 [Kg]	Corte V3 [Kg]	Torsión [Kg*m]	M22 [Kg*m]	M33 [Kg*m]
MIEMBRO 1						
Max	0.00	577.06	0.00	0.00	0.00	807.80
Min	0.00	-577.06	0.00	0.00	0.00	0.00

Estado : I2=1.2CM+SCP

	Axial [Kg]	Corte V2 [Kg]	Corte V3 [Kg]	Torsión [Kg*m]	M22 [Kg*m]	M33 [Kg*m]
MIEMBRO 1						
Max	0.00	677.06	0.00	0.00	0.00	957.80
Min	0.00	-677.06	0.00	0.00	0.00	0.00

Máximas deformaciones relativas

Nota.- Los valores de las deformaciones estan en valor absoluto.

ESTADO I1=CM+SCP

Miembro	Defl. (2) [cm]	@(%)	Defl. (3) [cm]	@(%)
1	0.05441 (L/5514)	50.00000	0.00000 (< L/10000)	0.00000

ESTADO I2=1.2CM+SCP

Miembro	Defl. (2) [cm]	@(%)	Defl. (3) [cm]	@(%)
1	0.06434 (L/4662)	50.00000	0.00000 (< L/10000)	0.00000

Envolvente de tensiones principales en miembros

Nota.- **ec** es el estado de carga crítico
 Envolverte de Tensiones Principales para :
 I1=CM+SCP
 I2=1.2CM+SCP

MIEMBRO 1

Estación		Axial [Kg/cm2]	ec	Corte V2		Corte V3		Flexión									
				[Kg/cm2]	ec	[Kg/cm2]	ec	2-Pos	ec	2-Neg	ec	3-Pos	ec	3-Neg	ec		
0%	Max	0.00	I1	0.90	I2	0.00	I1	0.00	I1	0.00	I1	0.00	I1	0.00	I1	0.00	I1
	Min	0.00	I1	0.77	I1	0.00	I1	0.00	I1	0.00	I1	0.00	I1	0.00	I1	0.00	I1
50%	Max	0.00	I1	0.80	I2	0.00	I1	-21.54	I1	25.54	I2	0.00	I1	0.00	I1	0.00	I1
	Min	0.00	I1	0.67	I1	0.00	I1	-25.54	I2	21.54	I1	0.00	I1	0.00	I1	0.00	I1
100%	Max	0.00	I1	0.90	I2	0.00	I1	0.00	I1	0.00	I1	0.00	I1	0.00	I1	0.00	I1
	Min	0.00	I1	0.77	I1	0.00	I1	0.00	I1	0.00	I1	0.00	I1	0.00	I1	0.00	I1

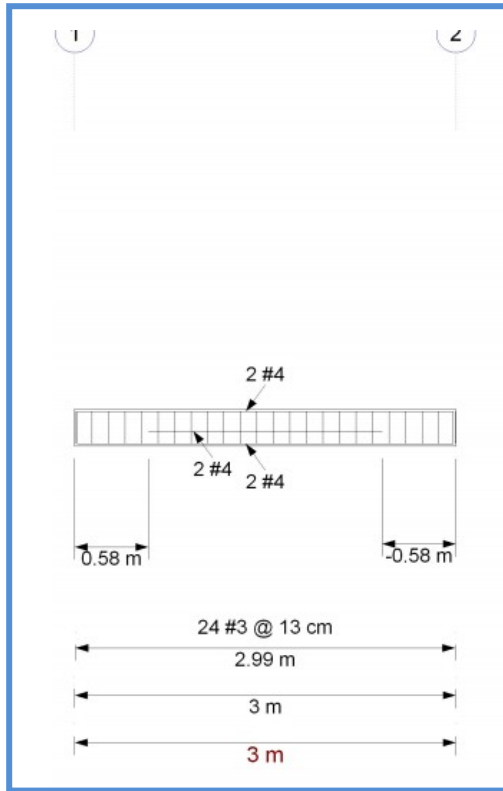


Figura 22: Diseño de Viga. $R_{cc} = 190 \text{ kg/cm}^2$. L3.
Fuente: Díaz y García, (2021)

Resultados de Diseño

Vigas de Hormigón Armado

DATOS GENERALES:

Norma de Diseño : ACI 318-2011

Estados de carga considerados:

I2 = 1.2CM+SCP

Riesgo sísmico : Riesgo Bajo

Materiales

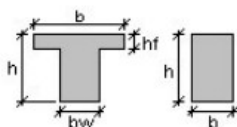
Hormigón, f_c	: 190.00 [Kg/cm ²]	Acero longitudinal, f_y	: 1144.00 [Kg/cm ²]
Tipo de concreto	: Normal	Acero transversal, f_{yt}	: 200.00 [Kg/cm ²]
Módulo de elasticidad hormigón	: 208139.00 [Kg/...]	Módulo de elasticidad acero	: 121429.00 [Kg/...]
Peso unitario	: 685.00 [Kg/m ³]	Recubrimiento epóxico	: No

DATOS Y RESULTADOS

Estatus : Bien

Geometría

Eje	Pos columna	Ancho inferior [cm]	Ancho superior [cm]	Dist x [m]
1	Centro	0.00	0.00	0.00
2	Centro	0.00	0.00	3.00

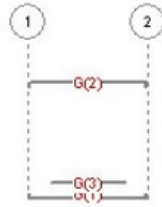


Tramo	Dist entre ejes [m]	Miembro No	Sección	b [cm]	h [cm]	bw [cm]	hf [cm]
1-2	3.00	1		25.00	30.00	--	--

Armadura

Recubrimiento libre : 2.00 [cm]

Refuerzo longitudinal



Grupo	Cantidad	Diámetro	Pos	Eje Ref. 1	Dist1 [m]	Eje Ref. 2	Dist2 [m]	Gancho1	Gancho2
1	2	#4	Inferior	1	0.02	2	-0.02	Si	Si
2	2	#4	Superior	1	0.02	2	-0.02	Si	Si
3	2	#4	Inferior	1	0.58	2	-0.58	No	No

Longitudes de anclaje y empalme

Grupo	Diámetro	Ld [cm]	Ldh [cm]	L. Empalme [cm]	L. total [m]
1	#4	32.00	16.00	40.00	3.32
2	#4	32.00	16.00	40.00	3.32
3	#4	32.00	16.00	40.00	1.84

Refuerzo transversal

Tramo	Diámetro	Cantidad	@ [cm]	Ramas	Cerrado
1-2	#3	24	13.00	2	Si

Separación inicial de estribos:

Tramo	S inicial [cm]	Sin lim [cm]
0-1	0.50	14.00

DISEÑO FLEXION

Tramo: 1-2

Miembro No: 1

Porcentaje de redistribución de momentos:

Apoyo A = 0.00%

Apoyo B = 0.00%

Cuantía geométrica máxima:

$\rho_{maxsup} = 4.00\%$

$\rho_{maxinf} = 4.00\%$

Separación límite entre barras por fisuración:

sb lim = 112.39 [cm]

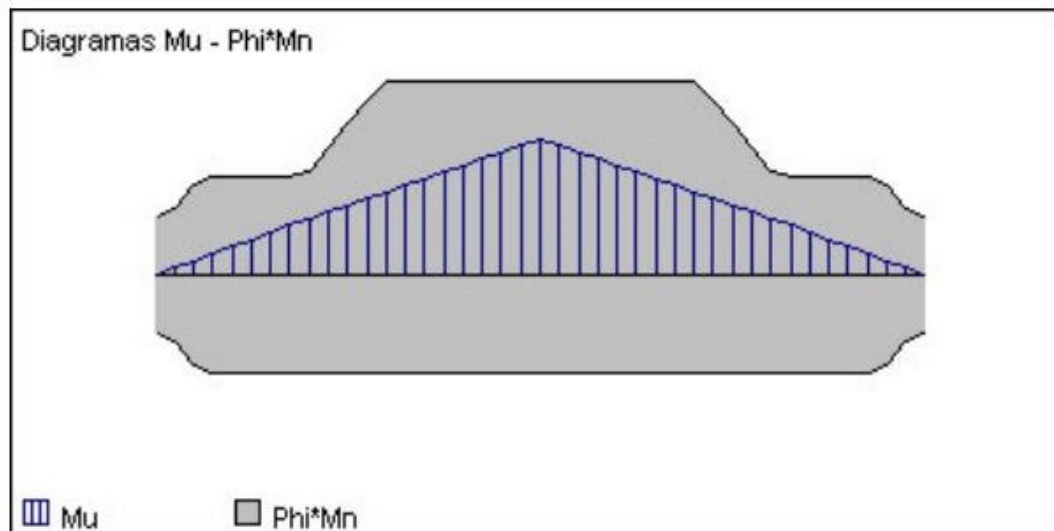
Momentos flectores positivos

Estación	d[cm]	Mu[Kg*m]	ϕ^*Mn [Kg*m]	Asreq [cm2]	Asprov [cm2]	ρ (%)	sb [cm]
1	0%	28.00	0.00	411.18	0.00	0.00	14.02
2	10%	26.41	200.81	692.07	0.99	2.58	14.02

0.29								
3	20%	26.41	396.99	736.79	1.96	2.75	0.42	3.83
0.54								
4	30%	26.41	588.55	1364.72	2.92	5.16	0.78	3.83
0.43								
5	40%	26.41	775.49	1364.72	3.86	5.16	0.78	3.83
0.57								
6	50%	26.41	957.80	1364.72	4.79	5.16	0.78	3.83
0.70								
7	60%	26.41	775.49	1364.72	3.86	5.16	0.78	3.83
0.57								
8	70%	26.41	588.55	1364.72	2.92	5.16	0.78	3.83
0.43								
9	80%	26.41	396.99	736.79	1.96	2.75	0.42	3.83
0.54								
10	90%	26.41	200.81	692.07	0.99	2.58	0.39	14.02
0.29								
11	100%	28.00	0.00	411.18	0.00	0.00	0.00	14.02
0.00								
C	50%	26.41	957.80	1364.72	4.79	5.16	0.78	3.83
0.70								

Momentos flectores negativos

Estación Mu/(ϕ *Mn) No. Dist	d[cm]	Mu[Kg*m]	ϕ *Mn[Kg*m]	Asreq [cm2]	Asprov [cm2]	ρ (%)	sb [cm]	
1	0%	28.00	0.00	-411.18	0.00	0.00	0.00	14.02
0.00								
2	10%	26.41	0.00	-692.07	0.00	2.58	0.39	14.02
0.29								
3	20%	26.41	0.00	-692.07	0.00	2.58	0.39	14.02
0.54								
4	30%	26.41	0.00	-692.07	0.00	2.58	0.39	14.02
0.43								
5	40%	26.41	0.00	-692.07	0.00	2.58	0.39	14.02
0.57								
6	50%	26.41	0.00	-692.07	0.00	2.58	0.39	14.02
0.70								
7	60%	26.41	0.00	-692.07	0.00	2.58	0.39	14.02
0.57								
8	70%	26.41	0.00	-692.07	0.00	2.58	0.39	14.02
0.43								
9	80%	26.41	0.00	-692.07	0.00	2.58	0.39	14.02
0.54								
10	90%	26.41	0.00	-692.07	0.00	2.58	0.39	14.02
0.29								
11	100%	28.00	0.00	-411.18	0.00	0.00	0.00	14.02
0.00								
C	50%	26.41	0.00	-692.07	0.00	2.58	0.39	14.02
0.70								



CORTE Y TORSIÓN

Tramo: 1-2		Miembro No: 1										
<u>Estación</u>		<u>Estribos</u>		<u>Spc prov</u>	<u>Spc lim</u>	<u>Tu</u>	ϕ^*Tn	<u>Al</u>	<u>Vu</u>	<u>Vs</u>	<u>Vc</u>	ϕ^*Vn
No.	Dist	Diám	VCT	[cm]	[cm]	[Kg*m]	[Kg*m]	[cm ²]	[Kg]	[Kg]	[Kg]	[Kg]
1	0%	#3		13.00	14.00	0.00	140.17	0.00	661.65	611.41	5116.85	4296.20
0.15												
2	10%	#3		13.00	13.21	0.00	140.17	0.00	661.65	576.75	4826.74	4052.62
0.16												
3	20%	#3		13.00	13.21	0.00	140.17	0.00	646.24	576.75	4826.74	4052.62
0.16												
4	30%	#3		13.00	13.21	0.00	140.17	0.00	630.83	576.75	4826.74	4052.62
0.16												
5	40%	#3		13.00	13.21	0.00	140.17	0.00	615.41	576.75	4826.74	4052.62
0.15												
6	50%	#3		13.00	13.21	0.00	140.17	0.00	600.00	576.75	4826.74	4052.62
0.15												
7	60%	#3		13.00	13.21	0.00	140.17	0.00	615.41	576.75	4826.74	4052.62
0.15												
8	70%	#3		13.00	13.21	0.00	140.17	0.00	630.83	576.75	4826.74	4052.62
0.16												
9	80%	#3		13.00	13.21	0.00	140.17	0.00	646.24	576.75	4826.74	4052.62
0.16												
10	90%	#3		13.00	13.21	0.00	140.17	0.00	661.65	576.75	4826.74	4052.62
0.16												
11	100%	#3		13.00	14.00	0.00	140.17	0.00	661.65	611.41	5116.85	4296.20
0.15												
C	2%	#3		13.00	13.21	0.00	140.17	0.00	661.65	576.75	4826.74	4052.62
0.16												

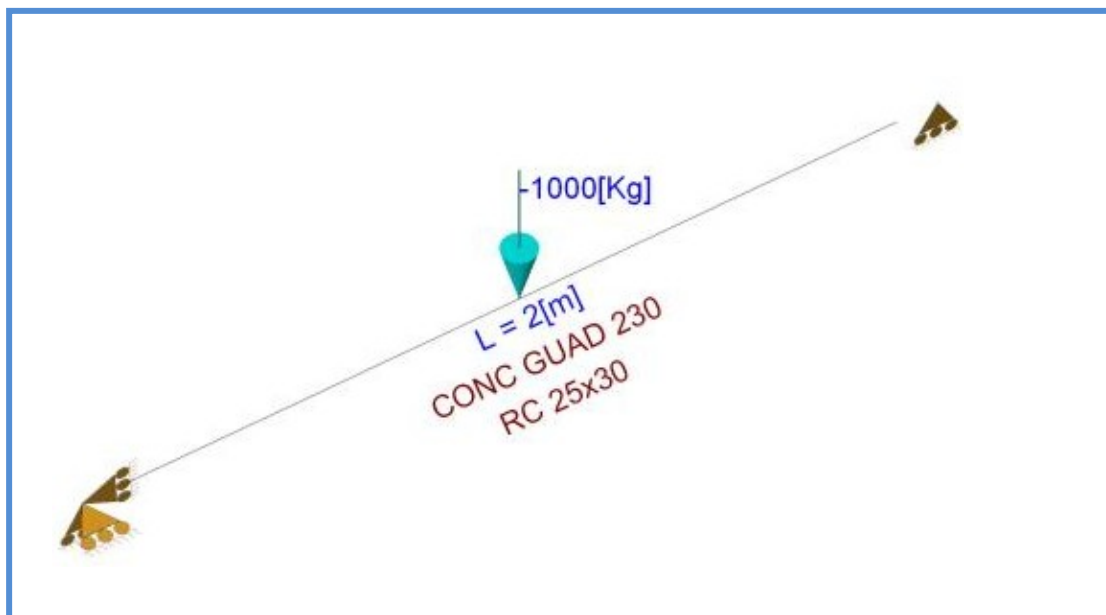
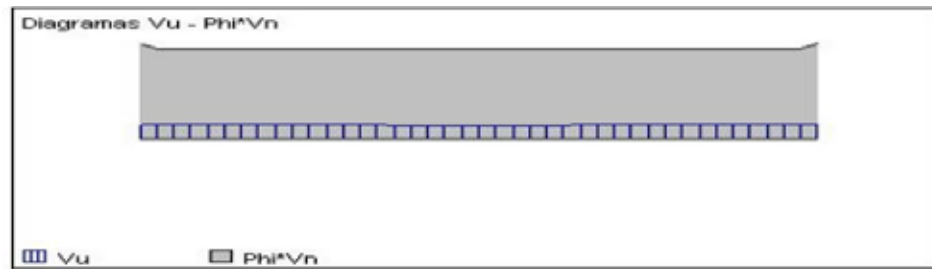


Figura 23. Viga 230 – Carga -1000Kg – L: 2m.

Fuente: Díaz y García, (2021)

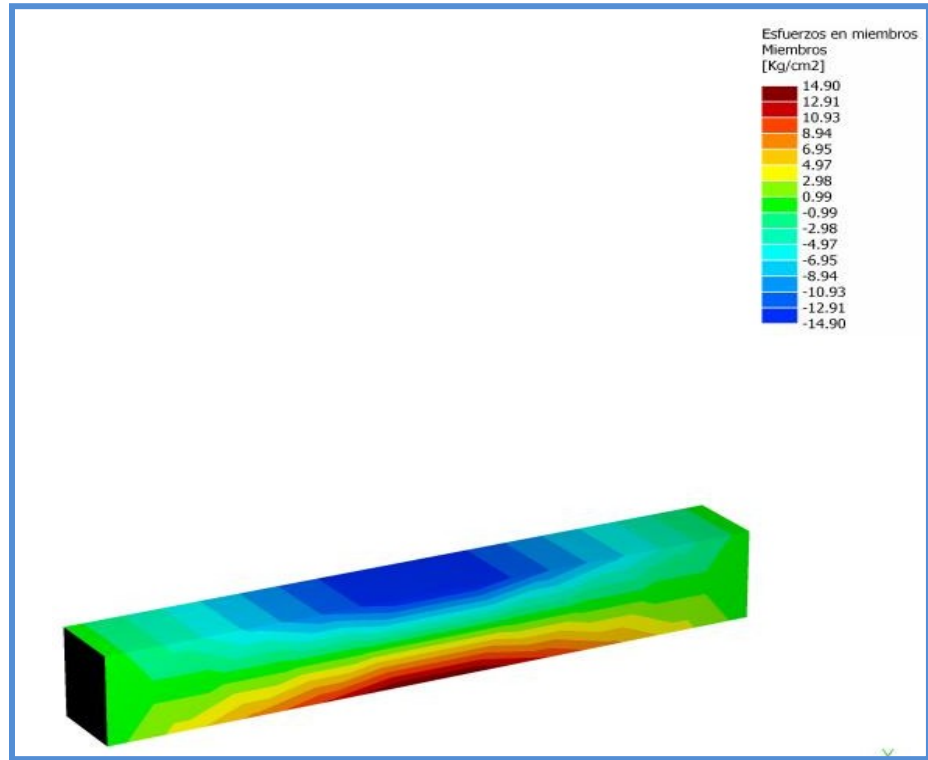


Figura 24. Diagrama de Esfuerzo de la viga con fibra de Guadua Rcc=230 kg/cm² . L2
.Fuente: Díaz y García, (2021)



Fecha Actual: 30/03/2021 06:03

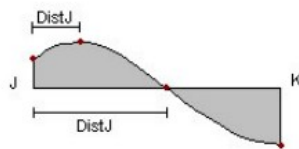
Sistema de unidades: Métrico

Nombre del archivo: C:\Documents and Settings\All Users\Datos de programa\Bentley\Engineering\RAM Elements\Data\yosneydi\VIGA GUADA 230 Rcc Po=2P.etz\

Resultados del Análisis

Acciones discriminadas y puntos de inflexión en miembros

Nota: Los puntos de inflexión son aproximados y su precisión aumenta con el número de estaciones.



Puntos considerados

ESTADO : I1=CM+SCP

Estación	Dist a J [m]	Axial [Kg]	Plano 1-2			Plano 1-3	
			Corte V2 [Kg]	M33 [Kg*m]	Corte V3 [Kg]	M22 [Kg*m]	Torsión [Kg*m]
MIEMBRO 1							
0%	0.000	0.000	551.405	0.000	0.000	0.000	0.000
50%	1.000	0.000	-500.000	525.703	0.000	0.000	0.000
100%	2.000	0.000	-551.405	0.000	0.000	0.000	0.000

ESTADO : I2=1.2CM+SCP

Estación	Dist a J [m]	Axial [Kg]	Plano 1-2			Plano 1-3	
			Corte V2 [Kg]	M33 [Kg*m]	Corte V3 [Kg]	M22 [Kg*m]	Torsión [Kg*m]
MIEMBRO 1							
0%	0.000	0.000	651.405	0.000	0.000	0.000	0.000
50%	1.000	0.000	-600.000	625.703	0.000	0.000	0.000
100%	2.000	0.000	-651.405	0.000	0.000	0.000	0.000

Máximos esfuerzos en miembros

Estado : I1=CM+SCP

	Axial [Kg]	Corte V2 [Kg]	Corte V3 [Kg]	Torsión [Kg*m]	M22 [Kg*m]	M33 [Kg*m]
MIEMBRO 1						
Max	0.00	551.41	0.00	0.00	0.00	525.70
Min	0.00	-551.41	0.00	0.00	0.00	0.00

Estado : I2=1.2CM+SCP

	Axial [Kg]	Corte V2 [Kg]	Corte V3 [Kg]	Torsión [Kg*m]	M22 [Kg*m]	M33 [Kg*m]
MIEMBRO 1						
Max	0.00	651.41	0.00	0.00	0.00	625.70
Min	0.00	-651.41	0.00	0.00	0.00	0.00

Máximas deformaciones relativas

Nota.- Los valores de las deformaciones estan en valor absoluto.

ESTADO I1=CM+SCP

Miembro	Defl. (2) [cm]	@(%)	Defl. (3) [cm]	@(%)
1	0.01480 (< L/10000)	50.00000	0.00000 (< L/10000)	0.00000

ESTADO I2=1.2CM+SCP

Miembro	Defl. (2) [cm]	@(%)	Defl. (3) [cm]	@(%)
1	0.01758 (< L/10000)	50.00000	0.00000 (< L/10000)	0.00000

Envolvente de tensiones principales en miembros

Nota.- **ec** es el estado de carga crítico
 Envolverte de Tensiones Principales para :
 I1=CM+SCP
 I2=1.2CM+SCP

MIEMBRO 1

Estación		Axial [Kg/cm ²]	ec	Flexión											
				Corte V2 [Kg/cm ²]	ec	Corte V3 [Kg/cm ²]	ec	2-Pos [Kg/cm ²]	ec	2-Neg [Kg/cm ²]	ec	3-Pos [Kg/cm ²]	ec	3-Neg [Kg/cm ²]	ec
0%	Max	0.00	I1	0.87	I2	0.00	I1	0.00	I1	0.00	I1	0.00	I1	0.00	I1
	Min	0.00	I1	0.74	I1	0.00	I1	0.00	I1	0.00	I1	0.00	I1	0.00	I1
50%	Max	0.00	I1	0.80	I2	0.00	I1	-14.02	I1	16.69	I2	0.00	I1	0.00	I1
	Min	0.00	I1	0.67	I1	0.00	I1	-16.69	I2	14.02	I1	0.00	I1	0.00	I1
100%	Max	0.00	I1	0.87	I2	0.00	I1	0.00	I1	0.00	I1	0.00	I1	0.00	I1
	Min	0.00	I1	0.74	I1	0.00	I1	0.00	I1	0.00	I1	0.00	I1	0.00	I1

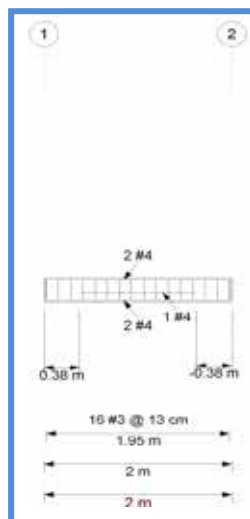


Figura 25: Diseño de Viga. Rcc=230 kg/cm². L2.
 Fuente: Díaz y García, (2021)

Resultados de Diseño

Vigas de Hormigón Armado

DATOS GENERALES:

Norma de Diseño : ACI 318-2011

Estados de carga considerados:

I2 = 1.2CM+SCP

Riesgo sísmico : Riesgo Bajo

Materiales

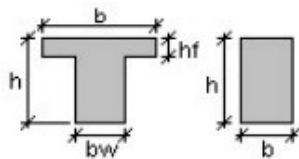
Hormigón, f_c	: 230.00 [Kg/cm ²]	Acero longitudinal, f_y	: 1144.00 [Kg/cm ²]
Tipo de concreto	: Normal	Acero transversal, f_{yt}	: 200.00 [Kg/cm ²]
Módulo de elasticidad hormigón	: 229002.00 [Kg/...]	Módulo de elasticidad acero	: 123000.00 [Kg/...]
Peso unitario	: 685.40 [Kg/m ³]	Recubrimiento epóxico	: No

DATOS Y RESULTADOS

Estatus : Bien

Geometría

Eje	Pos columna	Ancho inferior [cm]	Ancho superior [cm]	Dist x [m]
1	Centro	0.00	0.00	0.00
2	Centro	0.00	0.00	2.00

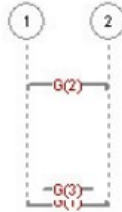


Tramo	Dist entre ejes [m]	Miembro No	Sección	b [cm]	h [cm]	bw [cm]	hf [cm]
1-2	2.00	1		25.00	30.00	--	--

Armadura

Recubrimiento libre : 2.00 [cm]

Refuerzo longitudinal



Grupo	Cantidad	Diámetro	Pos	Eje Ref. 1	Dist1 [m]	Eje Ref. 2	Dist2 [m]	Gancho1	Gancho2
1	2	#4	Inferior	1	0.02	2	-0.02	Si	Si
2	2	#4	Superior	1	0.02	2	-0.02	Si	Si
3	1	#4	Inferior	1	0.38	2	-0.38	No	No

Longitudes de anclaje y empalme

Grupo	Diámetro	Ld [cm]	Ldh [cm]	L. Empalme [cm]	L. total [m]
1	#4	32.00	16.00	40.00	2.32
2	#4	32.00	16.00	40.00	2.32
3	#4	32.00	16.00	40.00	1.24

Refuerzo transversal

Tramo	Diámetro	Cantidad	@ [cm]	Ramas	Cerrado
1-2	#3	16	13.00	2	Si

Separación inicial de estribos:

Tramo	S inicial [cm]	Sin lim [cm]
0-1	2.50	14.00

DISEÑO FLEXION

Tramo: 1-2 Miembro No: 1

Porcentaje de redistribución de momentos:
 Cuantía geométrica máxima:
 Separación límite entre barras por fisuración:

Apoyo A = 0.00%
 $\rho_{maxsup} = 4.00\%$
 $sb\ lim = 112.39 [cm]$

Apoyo B = 0.00%
 $\rho_{maxinf} = 4.00\%$

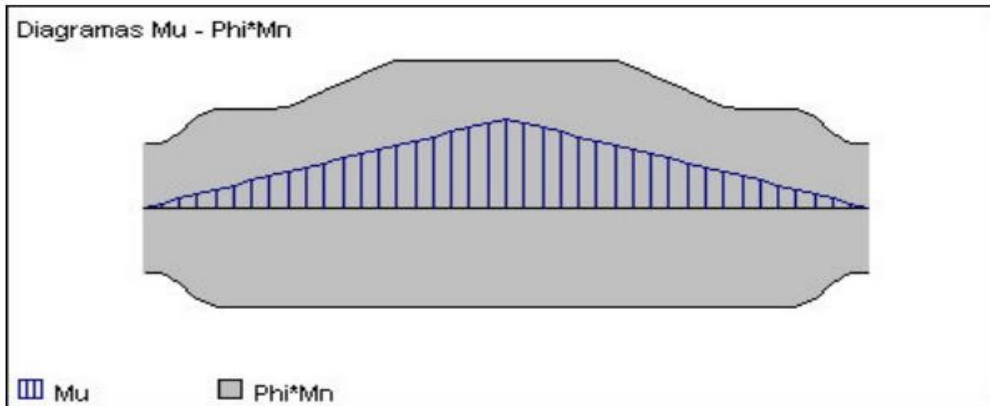
Momentos flectores positivos

Estación	d[cm]	Mu[Kg·m]	ϕ Mn[Kg·m]	Asreq [cm ²]	Asprov [cm ²]	ρ (%)	sb [cm]
Mu/(ϕ Mn) No. Dist							
1 0%	28.00	0.00	452.39	0.00	0.00	0.00	14.02
0.00							
2 10%	26.41	129.25	693.76	0.84	2.58	0.39	14.02

0.19								
3	20%	26.41	256.45	716.25	1.26	2.67	0.40	6.37
0.36								
4	30%	26.41	381.59	940.19	1.88	3.51	0.53	6.37
0.41								
5	40%	26.41	504.67	1034.63	2.50	3.87	0.59	6.37
0.49								
6	50%	26.41	625.70	1034.63	3.10	3.87	0.59	6.37
0.60								
7	60%	26.41	504.67	1034.63	2.50	3.87	0.59	6.37
0.49								
8	70%	26.41	381.59	940.19	1.88	3.51	0.53	6.37
0.41								
9	80%	26.41	256.45	716.25	1.26	2.67	0.40	6.37
0.36								
10	90%	26.41	129.25	693.76	0.64	2.58	0.39	14.02
0.19								
11	100%	28.00	0.00	452.39	0.00	0.00	0.00	14.02
0.00								
C	50%	26.41	625.70	1034.63	3.10	3.87	0.59	6.37
0.60								

Momentos flectores negativos

Estación Mu/(ϕ *Mn) No. Dist	d[cm]	Mu[Kg*m]	ϕ *Mn[Kg*m]	Asreq [cm2]	Asprov [cm2]	ρ (%)	sb [cm]	
1	0%	28.00	0.00	-452.39	0.00	0.00	0.00	14.02
0.00								
2	10%	26.41	0.00	-693.76	0.00	2.58	0.39	14.02
0.19								
3	20%	26.41	0.00	-693.76	0.00	2.58	0.39	14.02
0.36								
4	30%	26.41	0.00	-693.76	0.00	2.58	0.39	14.02
0.41								
5	40%	26.41	0.00	-693.76	0.00	2.58	0.39	14.02
0.49								
6	50%	26.41	0.00	-693.76	0.00	2.58	0.39	14.02
0.60								
7	60%	26.41	0.00	-693.76	0.00	2.58	0.39	14.02
0.49								
8	70%	26.41	0.00	-693.76	0.00	2.58	0.39	14.02
0.41								
9	80%	26.41	0.00	-693.76	0.00	2.58	0.39	14.02
0.36								
10	90%	26.41	0.00	-693.76	0.00	2.58	0.39	14.02
0.19								
11	100%	28.00	0.00	-452.39	0.00	0.00	0.00	14.02
0.00								
C	50%	26.41	0.00	-693.76	0.00	2.58	0.39	14.02
0.60								



CORTE Y TORSIÓN

Tramo: 1-2				Miembro No: 1								
<u>Estación</u>		<u>Estribos</u>		<u>Spc prov</u>	<u>Spc lim</u>	<u>Tu</u>	ϕ^*Tn	<u>Al</u>	<u>Vu</u>	<u>Vs</u>	<u>Vc</u>	ϕ^*Vn
No.	Dist	Diám	VCT	[cm]	[cm]	[Kg*m]	[Kg*m]	[cm ²]	[Kg]	[Kg]	[Kg]	[Kg]
1	0%	#3		13.00	14.00	0.00	154.22	0.00	635.98	611.41	5629.76	4680.88
0.14												
2	10%	#3		13.00	13.21	0.00	154.22	0.00	635.98	576.75	5310.57	4415.49
0.14												
3	20%	#3		13.00	13.21	0.00	154.22	0.00	630.84	576.75	5310.57	4415.49
0.14												
4	30%	#3		13.00	13.21	0.00	154.22	0.00	620.56	576.75	5310.57	4415.49
0.14												
5	40%	#3		13.00	13.21	0.00	154.22	0.00	610.28	576.75	5310.57	4415.49
0.14												
6	50%	#3		13.00	13.21	0.00	154.22	0.00	600.00	576.75	5310.57	4415.49
0.14												
7	60%	#3		13.00	13.21	0.00	154.22	0.00	610.28	576.75	5310.57	4415.49
0.14												
8	70%	#3		13.00	13.21	0.00	154.22	0.00	620.56	576.75	5310.57	4415.49
0.14												
9	80%	#3		13.00	13.21	0.00	154.22	0.00	630.84	576.75	5310.57	4415.49
0.14												
10	90%	#3		13.00	13.21	0.00	154.22	0.00	635.98	576.75	5310.57	4415.49
0.14												
11	100%	#3		13.00	14.00	0.00	154.22	0.00	635.98	611.41	5629.76	4680.88
0.14												
C	2%	#3		13.00	13.21	0.00	154.22	0.00	635.98	576.75	5310.57	4415.49
0.14												

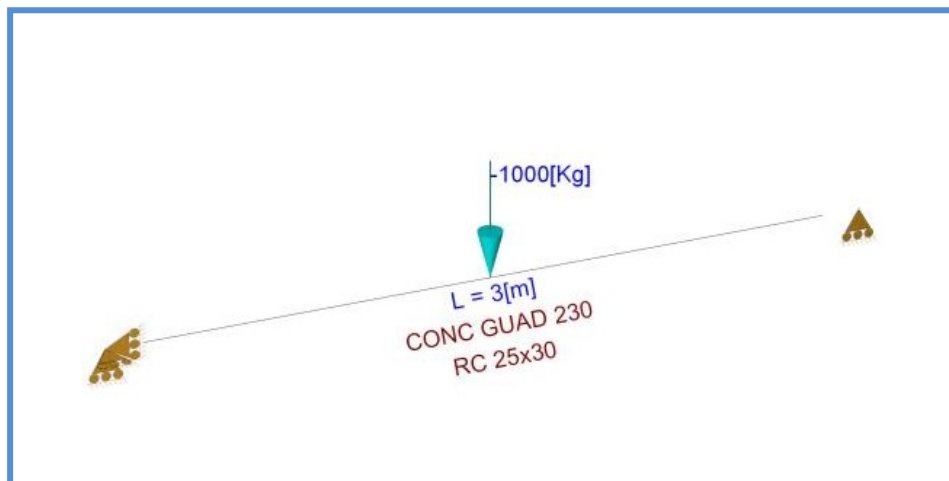
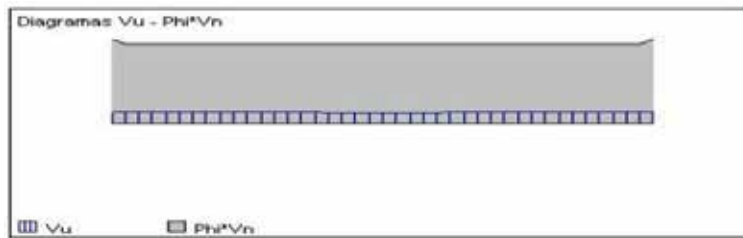


Figura 26. Viga 230 – Carga -1000Kg – L: 3m.
Fuente: Díaz y García, (2021)

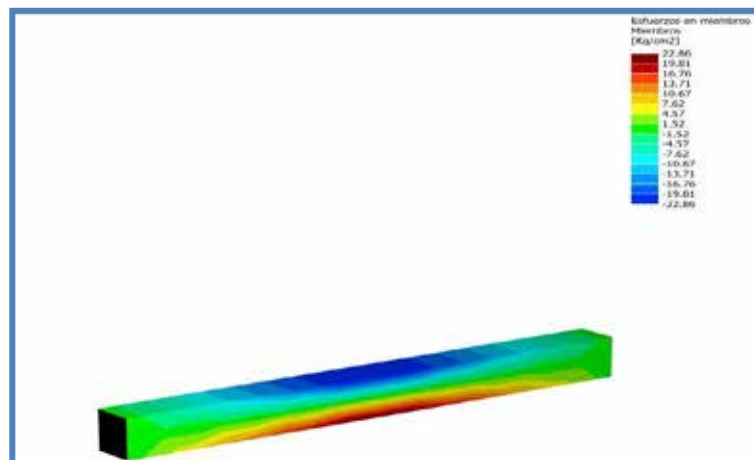


Figura 27. Diagrama de Esfuerzo de la viga con fibra de Guadua Rcc=230 kg/cm².
Fuente: Díaz y García, (2021)

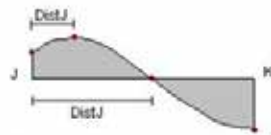


Fecha Actual: 30/03/2021 04:17
 Sistema de unidades: Métrico
 Nombre del archivo: C:\Documents and Settings\All Users\Datos de programa\Bentley\Engineering\RAM Elements\Data\yosneydi\VIGA GUADA 230 Roc Po-2P L3.etc

Resultados del Análisis

Acciones discriminadas y puntos de inflexión en miembros

Nota: Los puntos de inflexión son aproximados y su precisión aumenta con el número de estaciones.



Puntos considerados

ESTADO : I1=CM+SCP

Estación	Dist a J [m]	Axial [Kg]	Plano 1-2			Plano 1-3	
			Corte V2 [Kg]	M33 [Kg*m]	Corte V3 [Kg]	M22 [Kg*m]	Torsión [Kg*m]
MIEMBRO 1							
0%	0.000	0.000	577.108	0.000	0.000	0.000	0.000
50%	1.500	0.000	-500.000	807.831	0.000	0.000	0.000
100%	3.000	0.000	-577.108	0.000	0.000	0.000	0.000

ESTADO : I2=1.2CM+SCP

Estación	Dist a J [m]	Axial [Kg]	Plano 1-2			Plano 1-3	
			Corte V2 [Kg]	M33 [Kg*m]	Corte V3 [Kg]	M22 [Kg*m]	Torsión [Kg*m]
MIEMBRO 1							
0%	0.000	0.000	677.108	0.000	0.000	0.000	0.000
50%	1.500	0.000	-600.000	957.831	0.000	0.000	0.000
100%	3.000	0.000	-677.108	0.000	0.000	0.000	0.000

Máximos esfuerzos en miembros

Estado : I1=CM+SCP

	Axial [Kg]	Corte V2 [Kg]	Corte V3 [Kg]	Torsión [Kg*m]	M22 [Kg*m]	M33 [Kg*m]
MIEMBRO 1						
Max	0.00	577.11	0.00	0.00	0.00	807.83
Min	0.00	-577.11	0.00	0.00	0.00	0.00

Estado : I2=1.2CM+SCP

	Axial [Kg]	Corte V2 [Kg]	Corte V3 [Kg]	Torsión [Kg*m]	M22 [Kg*m]	M33 [Kg*m]
MIEMBRO 1						
Max	0.00	677.11	0.00	0.00	0.00	957.83
Min	0.00	-677.11	0.00	0.00	0.00	0.00

Máximas deformaciones relativas

Nota.- Los valores de las deformaciones estan en valor absoluto.

ESTADO I1=CM+SCP					
Miembro	Defl. (2) [cm]	@(%)	Defl. (3) [cm]	@(%)	
1	0.04946 (L/6066)	50.00000	0.00000 (< L/10000)	0.00000	

ESTADO I2=1.2CM+SCP					
Miembro	Defl. (2) [cm]	@(%)	Defl. (3) [cm]	@(%)	
1	0.05848 (L/5130)	50.00000	0.00000 (< L/10000)	0.00000	

Envolvente de tensiones principales en miembros

Nota.- **ec** es el estado de carga crítico
 Envolverte de Tensiones Principales para :
 I1=CM+SCP
 I2=1.2CM+SCP

MIEMBRO 1

Estación	Axial [Kg/cm2]	ec	Corte V2 [Kg/cm2]	ec	Corte V3 [Kg/cm2]	ec	Flexión								
							2-Pos [Kg/cm2]	ec	2-Neg [Kg/cm2]	ec	3-Pos [Kg/cm2]	ec	3-Neg [Kg/cm2]	ec	
0%	Max	0.00	I1	0.90	I2	0.00	I1	0.00	I1	0.00	I1	0.00	I1	0.00	I1
	Min	0.00	I1	0.77	I1	0.00	I1	0.00	I1	0.00	I1	0.00	I1	0.00	I1
50%	Max	0.00	I1	0.80	I2	0.00	I1	-21.54	I1	25.54	I2	0.00	I1	0.00	I1
	Min	0.00	I1	0.67	I1	0.00	I1	-25.54	I2	21.54	I1	0.00	I1	0.00	I1
100%	Max	0.00	I1	0.90	I2	0.00	I1	0.00	I1	0.00	I1	0.00	I1	0.00	I1
	Min	0.00	I1	0.77	I1	0.00	I1	0.00	I1	0.00	I1	0.00	I1	0.00	I1

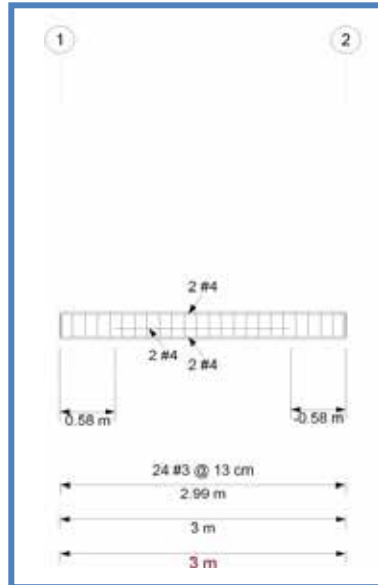


Figura 28: Diseño de Viga. Rcc=230 kg/cm². L3.
 Fuente: Díaz y García, (2021)

Resultados de Diseño

Vigas de Hormigón Armado

DATOS GENERALES:

Norma de Diseño : ACI 318-2011

Estados de carga considerados:

I2 = 1.2CM+SCP

Riesgo sísmico : Riesgo Bajo

Materiales

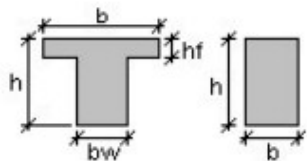
Hormigón, f'c	: 230.00 [Kg/cm2]	Acero longitudinal, fy	: 1144.00 [Kg/cm2]
Tipo de concreto	: Normal	Acero transversal, fyt	: 200.00 [Kg/cm2]
Módulo de elasticidad hormigón	: 229002.00 [Kg/...]	Módulo de elasticidad acero	: 123000.00 [Kg/...]
Peso unitario	: 685.40 [Kg/m3]	Recubrimiento epóxico	: No

DATOS Y RESULTADOS

Estatus : Bien

Geometría

Eje	Pos columna	Ancho inferior [cm]	Ancho superior [cm]	Dist x [m]
1	Centro	0.00	0.00	0.00
2	Centro	0.00	0.00	3.00

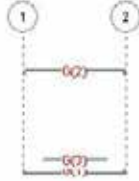


Tramo	Dist entre ejes [m]	Miembro No	Sección	b [cm]	h [cm]	bw [cm]	hf [cm]
1-2	3.00	1		25.00	30.00	--	--

Armadura

Recubrimiento libre : 2.00 [cm]

Refuerzo longitudinal



Grupo	Cantidad	Diámetro	Pos	Eje Ref. 1	Dist1 [m]	Eje Ref. 2	Dist2 [m]	Gancho1	Gancho2
1	2	#4	Inferior	1	0.02	2	-0.02	Si	Si
2	2	#4	Superior	1	0.02	2	-0.02	Si	Si
3	2	#4	Inferior	1	0.58	2	-0.58	No	No

Longitudes de anclaje y empalme

Grupo	Diámetro	Ld [cm]	Ldh [cm]	L. Empalme [cm]	L. total [m]
1	#4	32.00	16.00	40.00	3.32
2	#4	32.00	16.00	40.00	3.32
3	#4	32.00	16.00	40.00	1.84

Refuerzo transversal

Tramo	Diámetro	Cantidad	@ [cm]	Ramas	Cerrado
1-2	#3	24	13.00	2	Si

Separación inicial de estribos:

Tramo	S inicial [cm]	Sin lim [cm]
0-1	0.50	14.00

DISEÑO FLEXION

Tramo: 1-2 Miembro No: 1

Porcentaje de redistribución de momentos: Apoyo A = 0.00% Apoyo B = 0.00%
 Cuantía geométrica máxima: ρ maxsup = 4.00% ρ maxinf = 4.00%
 Separación límite entre barras por fisuración: sb lim = 112.39 [cm]

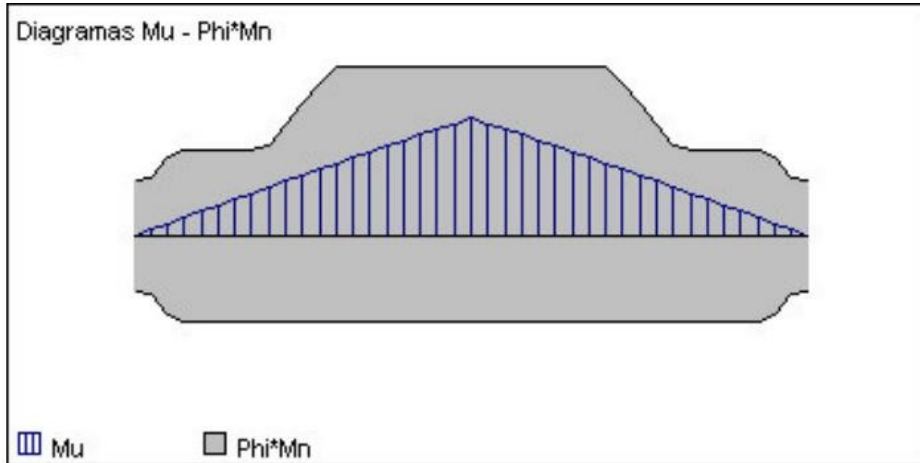
Momentos flectores positivos

Estación	d[cm]	Mu[Kg*m]	ϕ *Mn[Kg*m]	Asreq [cm2]	Asprov [cm2]	ρ (%)	sb [cm]
Mu/(ϕ *Mn) No. Dist							
1 0%	28.00	0.00	452.39	0.00	0.00	0.00	14.02
0.00							
2 10%	26.41	200.82	693.76	0.99	2.58	0.39	14.02

0.29								
3	20%	26.41	397.01	738.71	1.96	2.75	0.42	3.83
0.54								
4	30%	26.41	588.58	1371.48	2.91	5.16	0.78	3.83
0.43								
5	40%	26.41	775.52	1371.48	3.85	5.16	0.78	3.83
0.57								
6	50%	26.41	957.83	1371.48	4.77	5.16	0.78	3.83
0.70								
7	60%	26.41	775.52	1371.48	3.85	5.16	0.78	3.83
0.57								
8	70%	26.41	588.58	1371.48	2.91	5.16	0.78	3.83
0.43								
9	80%	26.41	397.01	738.71	1.96	2.75	0.42	3.83
0.54								
10	90%	26.41	200.82	693.76	0.99	2.58	0.39	14.02
0.29								
11	100%	28.00	0.00	452.39	0.00	0.00	0.00	14.02
0.00								
C	50%	26.41	957.83	1371.48	4.77	5.16	0.78	3.83
0.70								

Momentos flectores negativos

Estación Mu/(ϕ *Mn) No. Dist	d[cm]	Mu[Kg*m]	ϕ *Mn[Kg*m]	Asreq [cm2]	Asprov [cm2]	ρ (%)	sb [cm]
1	0%	28.00	0.00	-452.39	0.00	0.00	14.02
0.00							
2	10%	26.41	0.00	-693.76	0.00	2.58	14.02
0.29							
3	20%	26.41	0.00	-693.76	0.00	2.58	14.02
0.54							
4	30%	26.41	0.00	-693.76	0.00	2.58	14.02
0.43							
5	40%	26.41	0.00	-693.76	0.00	2.58	14.02
0.57							
6	50%	26.41	0.00	-693.76	0.00	2.58	14.02
0.70							
7	60%	26.41	0.00	-693.76	0.00	2.58	14.02
0.57							
8	70%	26.41	0.00	-693.76	0.00	2.58	14.02
0.43							
9	80%	26.41	0.00	-693.76	0.00	2.58	14.02
0.54							
10	90%	26.41	0.00	-693.76	0.00	2.58	14.02
0.29							
11	100%	28.00	0.00	-452.39	0.00	0.00	14.02
0.00							
C	50%	26.41	0.00	-693.76	0.00	2.58	14.02
0.70							

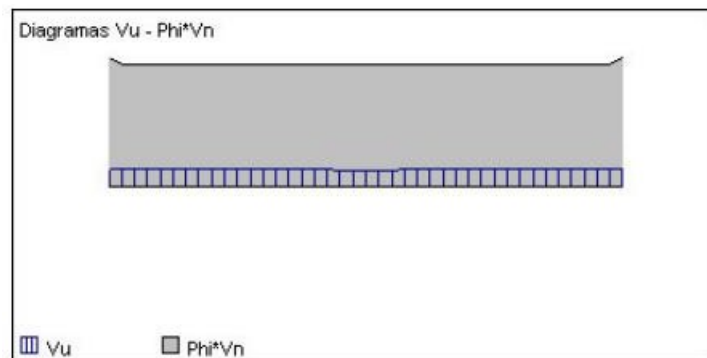


CORTE Y TORSIÓN

Tramo: 1-2

Miembro No: 1

Estación		Estribos		Spc prov	Spc lim	Tu	ϕ^*Tn	AI	Vu	Vs	Vc	ϕ^*Vn
No.	Dist	Diám	VCT	[cm]	[cm]	[Kg*m]	[Kg*m]	[cm2]	[Kg]	[Kg]	[Kg]	[Kg]
1	0%	#3		13.00	14.00	0.00	154.22	0.00	661.69	611.41	5629.76	4680.88
0.14												
2	10%	#3		13.00	13.21	0.00	154.22	0.00	661.69	576.75	5310.57	4415.49
0.15												
3	20%	#3		13.00	13.21	0.00	154.22	0.00	646.26	576.75	5310.57	4415.49
0.15												
4	30%	#3		13.00	13.21	0.00	154.22	0.00	630.84	576.75	5310.57	4415.49
0.14												
5	40%	#3		13.00	13.21	0.00	154.22	0.00	615.42	576.75	5310.57	4415.49
0.14												
6	50%	#3		13.00	13.21	0.00	154.22	0.00	600.00	576.75	5310.57	4415.49
0.14												
7	60%	#3		13.00	13.21	0.00	154.22	0.00	615.42	576.75	5310.57	4415.49
0.14												
8	70%	#3		13.00	13.21	0.00	154.22	0.00	630.84	576.75	5310.57	4415.49
0.14												
9	80%	#3		13.00	13.21	0.00	154.22	0.00	646.26	576.75	5310.57	4415.49
0.15												
10	90%	#3		13.00	13.21	0.00	154.22	0.00	661.69	576.75	5310.57	4415.49
0.15												
11	100%	#3		13.00	14.00	0.00	154.22	0.00	661.69	611.41	5629.76	4680.88
0.14												
C	2%	#3		13.00	13.21	0.00	154.22	0.00	661.69	576.75	5310.57	4415.49
0.15												



FASE III. Determinar la Factibilidad Técnica de la elaboración de un tabulador comparativo de esfuerzos de flexo-compresión con el uso de concreto armado y con Guadua Angustifolia.

4.3.1. Tamaño del Proyecto

Es la capacidad de prestación de servicio o la de producción de bienes, definida en términos técnicos en relación con la unidad de tiempo del funcionamiento normal del proyecto que se está formulando

El tamaño o amplitud del proyecto está representado principalmente por el sector de construcción de estructuras donde se vaya a utilizar la Guadua Angustifolia, en este caso se refiere al tiempo que se debe invertir para elaborar el tabulador, de manera que garantice el funcionamiento del mismo. Se considera que tendrá una duración de seis (06) meses.

4.3.2. Capacidad del Proyecto

En este aspecto se precisa, que el proyecto debe estar dirigido u orientado hacia el cumplimiento de las condiciones necesarias, para el buen funcionamiento de un tabulador comparativo de esfuerzos de flexo-compresión con el uso de concreto armado y con Guadua Angustifolia, para de esta manera tener resultados confiables.

4.3.3. Factores Condicionantes del Tamaño

- Los modelos de gestión sustentables sintetizan las necesidades ya identificadas.

- Aumento de la competitividad en el mercado.
- Resultados de los procesos constructivos confiables frente a las necesidades medio ambientales.
- Mejora continua de la gestión acorde a las necesidades del proyecto.

4.3.4. Proceso Global de Transformación

Es el procedimiento técnico utilizado en el proyecto para la obtención del beneficiario mediante una determinada función de transformación.

4.3.5. Descripción del Proceso Global de Transformación

- Identificar el Insumo Principal.
- Identificar el Beneficiario Principal.
- Describir con detalles el Proceso de Transformación.
- Describir las instalaciones, Equipos, Máquinas, Herramientas e Instrumentos que se utilizarían en el proceso de Transformación.

4.3.5.1. Insumo principal

El insumo principal será la Guadua Angustifolia, como material a utilizar en elementos sometidos a flexo-compresión

4.3.5.2. Beneficiario principal

Sobre la base de lo que se ha venido planteando, durante el desarrollo de este estudio y desde la perspectiva más general, el principal beneficiario está representado por las empresas del sector construcción que adopten este material en la construcción de elementos sometidos a flexo-compresión.

4.3.6. Flujograma del Proceso Global de Transformación

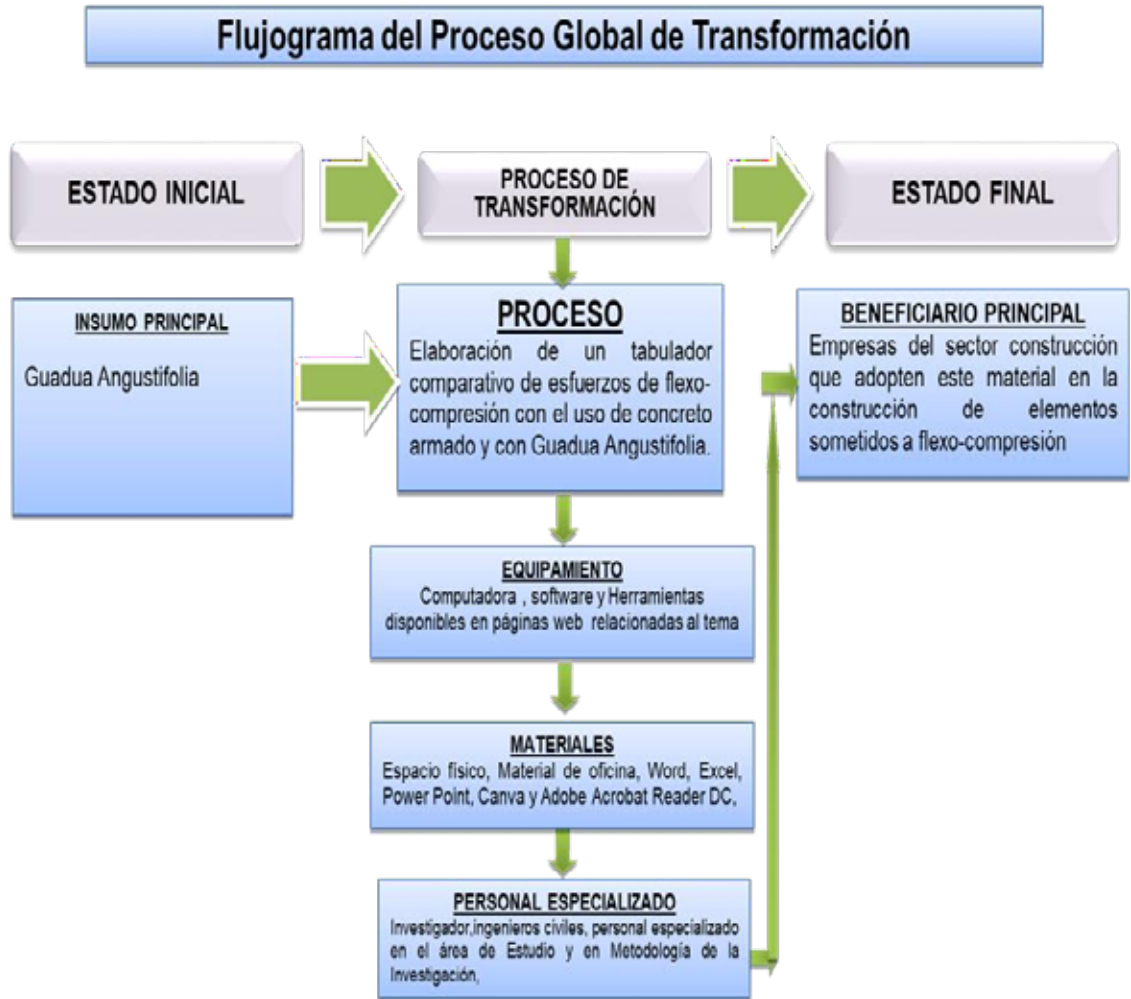


Figura 29. Flujograma del Proceso Global de Transformación.

Fuente: Aular, 2010. Adaptado por García y Díaz, (2021)

4.3.7. Localización del Proyecto

En este caso en particular por tratarse de una investigación con diseño documental, la propuesta estará ubicada encada empresa ligada al sector de la construcción que decida adoptar el uso de este material

4.3.8. Cronograma de Actividades

Cuadro 9. Cronograma de Actividades

ACTIVIDADES	2020		2021			
	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.
· Revisión Bibliográfica del Contenido	X	X				
· Búsqueda de un Software Adecuado para los Cálculos Respectivos		X				
· Análisis Comparativo de Ventajas y Desventajas			X	X		
· Elaboración del Tabulador					X	X

Fuente: Díaz y García, (2021)

FASE IV: Elaboración del tabulador de equivalencias entre el concreto armado y el concreto reforzado con Guadua angustifolia en elementos solicitados por esfuerzos de flexo-compresión.

Cuadro 10. Tabulador de Equivalencias

TABLA COMPARATIVA						
DEL CONCRETO NORMAL CON EL CONCRETO CON FIBRA GUADA						
ANALISIS PARA UNA VIGA DE LONG= 2MT						
	VIGA 25x30 Rcc 210 Concreto normal Po=500 Kg	VIGA 25x30 Rcc 210 Concreto Normal P=2 *Po Kg L2	VIGA 25x30 Rcc 190 Concreto Fibra guada Po=500 Kg	VIGA 25x30 Rcc 190 Concreto Fibra guada P=2*Po Kg L2	VIGA 25x30 Rcc 230 Concreto Fibra guada Po=500 Kg	VIGA 25x30 Rcc 230 Concreto Fibra guada P=2*Po Kg L2
ANALISIS						
t (kg/cm²)	9,48	16,59	5,93	14,9	7,79	14,9
c (Kg/cm²)	9,48	16,59	5,93	14,9	7,79	14,9
	0,01182	0,02044	0,01016	0,01934	0,00923	0,02044
V₂₂ (Kg)	300,00	-600	-300	-600	-300	-600
M₃₃ (Kg-m)	389,99	689,99	325,68	625,68	325,703	625,703
DISEÑO						
As⁺						
As⁻						

* El As corresponde una fibra de guada de diametro teoricamente equivalente al diametro de una barra de acero de 1/2" pero $f_y = 1440 \text{ Kg/cm}^2$. en el concreto con micro fibra de guada.

* El As correspondiente al concreto Rcc 210 $f_y = 2800 \text{ Kg/cm}^2$ de diametro 1/2"

ANALISIS PARA UNA VIGA DE LONG= 3MT

	VIGA 25x30 Rcc 210 Concreto Normal P=2 *Po Kg L3		VIGA 25x30 Rcc 190 Concreto Fibra guada P=2*Po Kg L3		VIGA 25x30 Rcc 230 Concreto Fibra guada P=2*Po Kg L3
ANALISIS					
$t \text{ (kg/cm}^2)$	26,67		22,86		22,86
$c \text{ (Kg/cm}^2)$	26,67		22,86		22,86
	0,07197		0,06434		0,05848
$V_{22} \text{ (Kg)}$	-600		-600		-600
$M_{33} \text{ (Kg-m)}$	1202,48		957,79		957,83
DISEÑO					
As^+	1/2"				
As^-					

DATOS	
SECCION DE VIGA 25x30	
CARGA P= 2*Po	
CONCRETO NORMAL	
L=2 MT Y L=3	
Rcc=210 kg/Cm2 MT	
CONCRETO CON MICRO FIBRA	
Rcc=190	L=2 MT Y L=3
Kg/Cm2	MT
Rcc=230	L=2 MT Y L=3
Kg/Cm2	MT

Fuente: Díaz y García, (2021)

CONCLUSIONES

A continuación se presentan las conclusiones como una reflexión final acerca del trabajo previamente realizado.

Queda latente que el bambú es un material con gran potencial, tanto en las aplicaciones estructurales que se conocen en la actualidad como para el futuro desarrollo de nuevas soluciones técnicas.

Debido a sus características como especie (velocidad de crecimiento, rectitud, crecimiento a nivel global, absorción de carbono, etc.) es un recurso forestal de gran valor que interesa potenciar para, entre muchas otras razones, aliviar la carga que sufren gran parte de las especies arbóreas maderables y ayudar a frenar la deforestación de las grandes masas selváticas.

En lo relacionado al diagnóstico, se puede concluir que existe suficiente evidencia y experiencia en la utilización de concreto reforzado con *Guadua Angustifolia* en elementos solicitados a esfuerzos de flexo-compresión, sin embargo, no se ha elaborado una legislación que normalice su uso.

Una vez realizado el análisis, se procedió a determinar la factibilidad técnica del uso de este material en elementos solicitados a esfuerzos de flexo-compresión, donde se constató que existen todas las herramientas necesarias para que su utilización sea técnicamente factible.

En términos generales la fibra de *guadua angustifolia* genera que el concreto sea más resistente, dúctil cuando es sometido a fuerzas axiales de compresión.

Se determinó que el uso de *guadua angustifolia* como material para la construcción es bueno gracias a sus propiedades de resistencia, por lo tanto, es posible diseñar un concreto reforzado con fibras naturales que presente mayor capacidad de carga y que a la vez sea más amigable con el medio ambiente.

La implementación de fibras de *guadua angustifolia* como material de refuerzo en el concreto, es más económico comparado con otro tipo de materiales como fibras

de acero, o fibras plásticas, debido a que la obtención de las fibras de Guadua Angustifolia es más sencilla de realizar, esto podría tener un beneficio económico en la obtención del material.

RECOMENDACIONES

Suministrar el tabulador de equivalencias a los estudiantes de ingeniería civil con el fin de orientar junto al profesor, el estudio por la construcción con materiales innovadores.

Fomentar un programa de análisis estructural mediante distintas herramientas con el fin de complementar la enseñanza.

La madera al igual que la guadua cambia de dimensiones cuando sufre variaciones de temperatura. La guadua como material ortotrópico posee valores diferentes de dilatación térmica en sus tres direcciones anatómicas. La dilatación tangencial y radial aumentan con la densidad de la madera, siendo la tangencial mayor que la radial. La dilatación longitudinal no depende de la densidad pero varía entre las especies. Para efecto del trabajo realizado con respecto al coeficiente de dilatación en Guadua se recomienda tomar valores típicos de la madera como son: en el eje longitudinal 3×10^{-6} , en el tangencial 25×10^{-6} y en la radial 15×10^{-6} .

Existen investigaciones que dan a conocer cierta pérdida de adherencia entre el bambú y el concreto, se entiende que el principio de este mecanismo puede ser comprendido a partir de la interacción o relación bambú-agua-concreto. Es por esto que se recomienda someter el bambú a algún tratamiento impermeabilizante y económico, como lo es el revestimiento completo de asfalto líquido de curado rápido RC-250 lo que lograría evitar el cambio de volumen de la varilla de bambú que se produce con la absorción y posterior pérdida de agua que contiene el concreto.

El bambú al ser un material biodegradable tiene infinitas de ventajas, pero es de gran importancia conocer su tiempo de vida útil al ser utilizado como material de refuerzo en el concreto, de esta forma se sugiere indagar más a fondo sobre esta característica en especial para hacer de su uso un sistema de construcción más seguro y duradero.

Realizar el mejoramiento continuo y actualización del material expuesto, así como realizar la creación de éstos en distintas áreas de ingeniería civil.

Se recomienda realizar una investigación en la cual se estudie la guadua en

estado natural y la guadua expuesta a radiación UVB, realizando pruebas de composición físico química, para determinar variaciones que puedan dar respuesta al aumento de la resistencia del concreto reforzado con fibras de guadua expuestas.

REFERENCIAS

- Aguilar, M. (2006), Técnicas e Instrumentación para la Recolección de Datos, **“<https://sabermetodologia.wordpress.com/2016/02/15/tecnicas-e-instrumentos-de-recoleccion-de-datos/>”** [Último Acceso: 06 de Octubre 2020].
- Anónimo, (2018), **“<https://bambusa.es/caracteristicas-del-bambu/bambu-guadua/>”** [Último acceso: 04 de septiembre del 2020].
- Arias, F. (2012), Investigación Descriptiva. **“http://planificaciondeproyectosemirarismendi.blogspot.com/2013/04/tipos-y-diseno-de-la-investigacion_21.html”** [Último acceso: 30 de septiembre de 2020].
- Bárcenas (2005), Diseño de elementos compuestos. **“https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/4684/295_DISENO%20DE%20ELEMENTO”** [Último acceso: 05 de septiembre del 2020]
- Bravo (2018). Bambú, cemento y concreto: una relación de calidad. **“<http://www.imcyc.com/ct2009/ene09/sustentabilidad.htm>.”** [Último acceso: 19 de setiembre del 2020]
- Camejo y Rodríguez, (2016), **Diseño de un Material Didáctico para la Introducción al Análisis Estructural mediante el Método de Elementos Finitos adaptado a la Unidad Curricular de estructuras Avanzadas.** Tesis de Grado. Universidad de Carabobo, Venezuela.
- Constitución de la República Bolivariana de Venezuela, (1999), **“<http://pdba.georgetown.edu/constitutions/venezuela/ven1999.html>.”** [Último acceso: 18 de setiembre del 2020].
- Cortell y Ramírez, (2016), **Evaluación de Resistencia a Compresión de Bloques de Arcilla Revestidos con Mortero de Cemento Reforzado con Fibras de Polipropileno.** Tesis de Grado. Universidad de Carabobo, Venezuela.
- El Pequeño Larousse ilustrado. (2006), diccionario enciclopédico duodécima edición. México: Ediciones Larousse.
- Goitia y Graterol (2015), **Estudio Comparativo de Costos Constructivos entre una Estructura de Cuatro Niveles en Concreto Convencional y esta misma en Concreto Liviano, partiendo de su Análisis Estructural.** Trabajo de Grado. Universidad de Nueva Esparta, Venezuela.

Hernandez R, Fernandez C, Baptista P, (1997). **“Metodología de la investigación”** 5ta edición. México: editorial INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.

Infante, José A. (2019), Diario El Periodiquito. **“<https://viviendaenred.net/inicio/index.php/venezuela/13949-venta-de-materiales-de-construccion-ha-disminuido-venezuela>”** [Último acceso: 22 de agosto del 2020].

Ley Orgánica del Ambiente (2006). **<https://www.monografias.com/trabajos88/nueva-ley-organica-del-ambiente/nueva-ley-organica-del-ambiente.shtml>**.” [Último acceso: 16 de setiembre del 2020].

López, O (1978), **Nuevas técnicas de construcción en Bambú**. Editorial: estudios técnicos colombianos Ltda.

Manual de Elaboración y Presentación de los Anteproyectos, Proyectos de Trabajos Especial de Grado, Trabajos de Grado e Informe de Pasantía y Extramuros de la Universidad José Antonio Páez (2018).

Marín, (2008). D. Marín Ch., Y. Guédez y L. Márquez de Hernández - Caracas jun. 2008 **http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-78182008000200005**

Martínez S. (2015). El bambú como material estructural. **“<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/55983/MARTINEZ%20-%20Bamb%C3%BA%20como%20material%20estructural%3A%20Generalidades%2C%20aplicaciones%20y%20modelizaci%C3%B3n%20de%20una%20est....pdf?sequence=1>”** [Último acceso: 09 de setiembre del 2020]

Mehta y Monteiro. **Concreto. Estructura, propiedades y Materiales**. Instituto Mexicano del Cemento y el concreto. A.C.

Morles. V (1994). Población y Muestra (8a ed.). Caracas: El Dorado. **“<https://www.monografias.com/trabajos-pdf/proyecto-investigacion/proyecto-investigacion.pdf>”** [Ultimo Acceso: 28 de Agosto 2020].

NORMAS APA (2020): **“<http://normasapa.net/que-es-un-proyecto-factible-y-como-abordarlo-en-unatesis/#:~:text=Un%20proyecto%20factible%20es%20una,probar%20su%20pertinencia%20y%20viabilidad.&text=Esto%20porque%20desde>”**

%20el%20punto,son%20inversiones%20que%20deben%20justificarse.”
[Último acceso: 15 de septiembre de 2020].

Palella y Martins. (2006). **Metodología de la Investigación Cuantitativa**. Caracas: Fedupel.

Peña L. (2008). Estudio de algunas propiedades físico mecánicas del bambú (*Guadua angustifolia Kunth*) preservado a través de compuestos químicos. **“<http://bdigital.ula.ve/storage/pdf/42154.pdf>.”** [Último acceso: 09 de septiembre de 2020].

Poveda, William (2011). **Comparación del bambú con el acero como material de refuerzo a flexión en concreto**. Tesis de Grado. Instituto tecnológico de Costa Rica, Costa Rica.

Redón (2015). **Bambú como Material Estructural: Generalidades, Aplicaciones y Modelización de una Estructura Tipo**. Trabajo de Grado. Universidad de Valencia, España.

Rodríguez, M. (2001). **Estrategias exitosas para Tutorar Investigaciones**. Venezuela: S/E.

Rodríguez Romo, J. C. (2006). **El Bambú como Material de Construcción**. *Conciencia Tecnológica*, (No. 31). [Recuperado de www.redalyc.org/pdf/944/94403115.pdf]

Sabino C. (2010), Instrumentación para la Recolección de Datos **<https://bloquemetodologicodelainvestigacionudo2010.wordpress.com/tecnicas-e-instrumentos-de-recoleccion-de-datos/>** [Último Acceso: 6 de Octubre 2020].

Santiago J. (2009). Características físicas y mecánicas del acero de refuerzo. **“https://www.academia.edu/21569253/CARACTER%20CARACTERÍSTICAS_FÍSICAS_Y_MECÁNICAS_DEL_ACERO_DE_REFUE_RZO.”** [Último acceso: 19 de septiembre de 2020].

TotalMateria. Propiedades del Acero. (2019). **“<https://www.totalmateria.com/page.aspx?ID=PropiedadesdelAcero&LN=ES>.”** [Último acceso: 17 de septiembre de 2020].

Zorrilla, Arena (1993). **“Introducción a la metodología de la investigación”**. 11^a Edición, México: Aguilar Leon y Cal, Editores.