



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**“Diseño y Comparación de una edificación con 2 Tipos de
Bambú– Moyobamba - 2020”**

**TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL**

AUTOR:

Castillo Dioses, Ricardo Fabricio (ORCID: 0000-0003-3468-2807)

ASESOR:

Mg. Ing. Pinto Barrantes, Raúl Antonio (ORCID: (0000-0002-9573-0182))

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño sísmico y estructural

Lima – Perú

2020

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mi madre, Ana, mi padre, Richard, que estuvieron conmigo en todo momento apoyándome a pesar de las caídas, a Edita, Segundo y Cesar, por el apoyo incondicional en todo momento, a Sandra, por el ánimo y el esfuerzo de ayudarme a seguir avanzando, y mis amigos, por las amanecidas para poder sobresalir en todos los cursos que llevamos juntos, les dedico esto porque sin ellos no hubiese logrado todo esto.

AGRADECIMIENTO

Un agradecimiento en especial a mi madre, que fue el pilar de mi vida, sin ella no hubiese logrado nada, gracias por tu esfuerzo, paciencia y dedicación, te estoy eternamente agradecido, a mi padre, eras el primero en enterarte de todo lo bueno que me pasaba, y ojalá hubieses estado acá para decirte que lo logre, a mi asesor, el Ing. Raúl Pinto, por el apoyo y paciencia en este largo camino de la culminación de mis estudios.

Índice de Contenido

I.	INTRODUCCION	10
1.1.	Realidad Problemática	11
1.2.	Formulación del Problema	14
1.3.	Justificación del estudio	15
1.4.	Hipótesis	16
1.5.	Objetivos	16
II.	MARCO TEORICO	17
2.1.	Antecedentes Nacionales.....	18
2.2.	Antecedentes Internacionales	22
2.3.	Antecedentes en Otro Idioma.....	25
2.4.	Teorías Relacionadas al Tema	28
III.	METODOLOGIA.....	48
3.1.	Tipo y diseño de la investigación.....	49
3.2.	Variables y Operacionalización	50
3.3.	Población, muestra, muestreo y unidad de análisis.....	51
3.4.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	51
3.5.	Procedimiento	52
3.6.	Métodos de análisis de datos.....	53
3.7.	Aspectos Eticos.....	54
IV.	RESULTADOS.....	57
V.	DISCUSIÓN	84
VI.	CONCLUSIONES	88
VII.	RECOMENDACIONES	90
	REFERENCIAS.....	92
	ANEXOS	96

Índice de Tabla

1. Tabla 1. <i>Módulo de Elasticidad</i>	38
2. Tabla 2 <i>Esfuerzos Admisibles</i>	38

Índice de Gráficos

Figura 1. Unidades de albañilería.	29
Figura 2. Detalle de pórtico de concreto armado.	30
Figura 3: Proceso de curado químico en inmersión de piscina	44
Figura 4: Secado al aire libre	44
Figura 5: Almacenamiento y secado tradicional en forma vertical	45
Figura 6: Sellado del bambú con alquitrán.	45
Figura 7: Colocado de bambú para vigas de cimentación	46
Figura 8: Vigas de bambú	46
Figura 9: Placa de concreto con bambú para paredes, de 1.00 m x 0.50 m.	47
Figura 10: Acopio de placas de bambú reforzado con concreto	47
Figura 11: Colocación artesanal de placas de bambú en paredes.	47
Figura 12: Plano en planta Primer piso	58
Figura 13: Plano en planta Segundo Piso	59
Figura 14: Plano en elevación frontal	60
Figura 15: Vista frontal del tijeral	61
Figura 16: Armadura tipo abanico	62
Figura 17: Sección del Material	62
Figura 18: Definición del peso estructural	63
Figura 19: Asignación del análisis modal espectral	63
Figura 20: Vista en planta de la Estructura	64
Figura 21: Desplazamiento de pisos	64
Figura 22: Distorsión entrepisos con respecto al análisis dinámico en la dirección X-X	65
Figura 23: Distorsión entrepisos con respecto al análisis dinámico en la dirección Y-Y	65

RESUMEN

La eficiencia y rentabilidad que se puede llegar a tener frente a este material que es el bambú es alta, ya que este material es de construcción fácil, económica y muy duradera si se realiza un buen curado, se puede observar que en una construcción de una vivienda de bambú, la cual está teniendo bastante acogida en zonas del norte, y las zonas de la selva, donde realizar una construcción de albañilería confinada es difícil y es costosa, además dar a conocer estructuralmente este material, ya que posee una norma técnica en la cual se da a conocer la capacidad estructural del mismo, además es obligatorio confirmar mediante pruebas al bambú, ya sea ensayos físicos y mecánicos, comparaciones estructurales, dimensionales y mediante una corroboración histórica del procedimiento de curado, y hasta el crecimiento del mismo, para corroborar que tiene un similar comportamiento a una construcción basada en las normas técnicas sismorresistentes, en las cuales se pueda diferenciar los esfuerzos de un material respecto a otro, en este caso son los 2 tipos de bambú. así, mediremos el uso de 02 tipos de bambú y conseguir una proporción inmediata respecto a los aspectos fundamentales tales como sus esfuerzos y resultados, mediante un software de diseño estructural, y el buen empleo de este insumo para su posterior implementación en la construcción.

El tipo de investigación es aplicada, de nivel experimental, de enfoque cuantitativo.

PALABRAS CLAVES

02 TIPOS DE BAMBÚ, ENSAYOS FÍSICOS Y MECÁNICOS, ETABS

ABSTRACT

The efficiency and profitability that can be achieved compared to this material that is bamboo is high, since this material is easy to build, economical and very durable if a good curing is carried out, it can be observed that in a construction of a bamboo housing, which is having quite a welcome in northern areas, and jungle areas, where making a confined masonry construction is difficult and expensive, in addition to making this material structurally known, since it has a technical standard in which discloses its structural capacity, it is also mandatory to confirm the bamboo through tests, either physical and mechanical tests, structural and dimensional comparisons and through a historical corroboration of the curing procedure, and even its growth, to corroborate that it has a similar behavior to a construction based on seismic resistant technical standards, in which the stresses of one material with respect to another, in this case they are the 2 types of bamboo. Thus, we will measure the use of 02 types of bamboo and achieve an immediate proportion regarding the fundamental aspects such as their efforts and results, by means of structural design software, and the good use of this input for its subsequent implementation in construction.

The type of research is applied, experimental level, quantitative approach.

KEYWORDS

02 TYPES OF BAMBOO, PHYSICAL AND MECHANICAL TESTS, ETABS

I. INTRODUCCION

En la actualidad existen estructuras netamente de bambú, tales como edificaciones, puentes, Etc., por lo cual ya se ha investigado claramente este material, lo que estoy buscando en este estudio es probar que la unión de un material natural como el bambú, posee mejores resultados respecto a otro tipo de bambú en un lugar donde es un elemento nativo, el primer tipo de bambú es **GIGANTOCHLOA APUS** que tiene un costo bajo, y una resistencia alta, como tal, y el segundo tipo de bambú es la **GUADUA ANGUSTIFOLIA**, la cual también es nativa en la selva del Perú, y posee similares características mecánicas respecto al primero, este estudio sería de gran ayuda para la población y un futuro diseño estructural que serían ideas económicas para hacer un plan de construcción, gabinetes y otros accesorios utilizando el bambú. Guiaría a las personas a mejorar y mantener su proyecto de medios de vida en fibras agrícolas que agregarían ingresos familiares. Del mismo modo, esto alentaría el enfoque participativo de los miembros de la familia para participar en actividades empresariales a través de la producción de fibras de bambú. Para los investigadores, esto serviría como referencia para explorar el desarrollo relacionado y la propuesta de innovación tecnológica relacionada a este tema.

El adelanto de la tecnología y la ciencia es una búsqueda continua de mejoras en la infraestructura del mundo que nos rodea las estructuras en la naturaleza son excelentes lecciones para el estudio humano, según el estudio, se estima que una gran multitud de personas a nivel mundial vive en casas de bambú.

Dado que el bambú se ha utilizado en la construcción y actualmente se utilizan como accesorios, cimientos, marcos, andamios, pisos, paredes, techos y cerchas. Bambúes están unidos para formar una cuadrícula refuerzo y colocado en arcilla blanda para resolver problemas de deformación en terraplenes. Durante los últimos años, varios Los investigadores han encontrado nuevos materiales para fines estructurales en ingeniería civil. Los Estados Unidos Naval Civil Laboratorio de ingeniería (1966 - 2000) comenzó el uso de bambú como refuerzo de hormigón para estructuras prefabricadas elementos. La construcción con bambú es económicamente viable, sus propiedades mecánicas, y sus múltiples usos, hacen que el bambú sea el material más efectivo en la construcción por su carácter superior

tal como ser físicamente potente, resistente y de bajo costo de material. Normalmente, el culmo de bambú con capa de superficie externa resistente a cualquier carga con una resistencia a la fractura más fuerte que el nodo. Eso sugiere que las fibras en el nodo no aportan resistencia al fracturarse.

Construir hoy por hoy está siendo, ha sido y será primordial para el progreso de las acciones humanas y eficacia de subsistencia de ellas mismas, ya que el bambú también conocido como guadua angustifolia según su nombre científico en Perú, como el principal insumo de edificaciones se fundamenta desde la antigüedad, los períodos anteriores a la colonización en lugares distintos a Latinoamérica. En Perú hallamos registro histórico la cual se basa desde las culturas pre-Incas, los procesos constructivos actuales, se están desarrollando una estructura que cumpla con los requerimientos técnicos mínimos para asegurar la resistencia de esta misma, aun así, coexisten lugares en donde los domicilios están siendo construidas de manera artesanal, sin seguir la mínima normativa vigente, lo cual no garantiza la seguridad sísmica ni el diseño estructural eficiente para la calidad de vida frente a cualquier desastre que en cualquier momento se pueda dar, El concreto es uno de los insumos de construcción más manipulado en el mundo desde su invento Se estima que el consumo actual de concreto en el mundo es cerca de 10 mil millones de toneladas (12 mil millones) cada año (Paulo Monteiro, 2012). El hormigón es una "piedra artificial" obtenida mezclando cemento, arena y agregados con agua.

El concreto fresco tiene una consistencia plástica, lo que permite que el material fluya hacia encofrado prefabricado moldeado en casi cualquier forma, dándole una ventaja inherente sobre otros materiales.

Además, se debe señalar que es de vital importancia elegir el material con el que se va a trabajar, siendo este de proporcionales características, y es aquí donde actualmente en los lugares más alejados donde se crean viviendas usando materiales alternativos, de bajo costo y de gran resistencia que son naturales de la zona, teniendo en consideración las circunstancias financieras del habitante tales como piedra, madera, bambú, adobe, esteras, cañas.

En términos de tecnología de construcción tradicional, la construcción de madera y bambú es confiable, predominante en Moyobamba, este pertenece al departamento de San Martín, se aprecia la edificación de viviendas utilizando el bambú como primordial insumo. Debido a la riqueza de los recursos forestales, la madera de los árboles, los manglares y el bambú han sido explotados durante mucho tiempo para el hogar y construcción de casas, además también se usa como revestimiento de piso.

En Asia, la aplicación de bambú es bastante común para pequeños puentes peatonales, andamios y viviendas, pero suele ser un material estructural exterior temporal (Latif, 1990). El bambú es una hierba y botánicamente pertenece a la familia "Poaceae" (Kaware1, 1995). Puede completar su crecimiento ciclo dentro de meses y puede madurar dentro de 3 años. Se estima que 60–90 géneros de bambú existen, abarca aproximadamente 1100-1500 especies y hay alrededor de 600 diferentes especies botánicas de bambú en el mundo (Sevalia, 1990). Este material es fácil de conseguir, y es una posible alternativa para las futuras construcciones de viviendas habitables, para lo cual este sigue un proceso químico para que sea utilizado correctamente y pueda resistir las normas técnicas mínimas para una vivienda. Sin embargo, las construcciones ejecutadas no están tomando en cuenta las normas técnicas originarias del Perú tal como la norma técnica E 0.30 la cual pertenece a la resistencia sísmica y la norma E.100 que pertenece al Bambú y la norma E.010 para algunas tablas de evaluación de la dureza del material, como la tabla janka.

Lo que quiero llegar a proporcionar con esta investigación, es la eficiencia y rentabilidad que se puede llegar a dar frente a una construcción de albañilería confinada para una vivienda multifamiliar, frente a una construcción de una vivienda ecológica de bambú, la cual está teniendo bastante acogida en zonas donde realizar una construcción es difícil y es costosa, además dar a conocer estructuralmente este material, ya que además posee una norma técnica en la cual se da a conocer la capacidad estructural del mismo, es obligatorio confirmar mediante pruebas al bambú, ya sea ensayos físicos y mecánicos para comprobar la norma técnica peruana E.100. Así, mediremos el uso del bambú reforzado con concreto y conseguir

una proporción inmediata respecto a los aspectos fundamentales tales como sus propiedades mecánicas y físicas, y el buen empleo de este insumo para su posterior construcción.

La norma E.100 perteneciente al “Bambú” fue añadida al Reglamento Nacional de Edificaciones el 03.03.2012, la cual fue admitida mediante DS N 011 – 2012 – Vivienda, aquí documentan los requerimientos mínimos para hacer una construcción en bambú, los tiempos de crecimiento y la forma en la que se debe trabajar para que su función estructural sea netamente buena.

Los bambúes se producen principalmente en áreas tropicales y subtropicales, a partir del nivel del mar hasta los nevados, picos de montañas, con algunas especies llegando a zonas templadas. Son más abundante en el sudeste asiático, con algunas especies en las Américas y África.

De tal manera el problema general es la proyección del problema es establecer y organizar la idea principal de la investigación en base a los conocimientos existentes, así mismo la formulación del problema debe ser novedosa, factible y eficaz, fundamentándose en una concepción teórica y estableciéndose de forma clara y sencilla (Comas, Medina, Nogueira y Sosa, 2013, p.189).

De tal manera el Problema General es: ¿Cuál será el comportamiento Sismo resistente de una vivienda hecha con bambú del tipo 01, respecto al tipo 02, en ETABS?, Moyobamba 2020?

Por lo tanto, se plantearon los siguientes Problemas Específicos ¿Cómo se realizará el análisis estructural de la vivienda de bambú del tipo 01, y tipo 02?, Moyobamba 2020, ¿Cómo será el diseño estructural de la vivienda de bambú del tipo 01, y tipo 02?, Moyobamba 2020, ¿Cómo será el análisis estático de la vivienda de Bambú del tipo 01 y 02?, Moyobamba 2020?

La justificación consiste en la fundamentación de la pertinencia, la relevancia y la factibilidad del tema a investigar; además de exponer los beneficios que se obtendrán (Altair, 2009, p.6).

Justificación Técnica: El actual proyecto se forma dentro de la norma técnica E.100 que pertenece al bambú.

Es obligatorio mostrar el uso de bambú como material estructural para la construcción de viviendas, ya que posee un rápido crecimiento, a sus características mecánicas y a sus excelentes características que desempeñan con las reglas de diseño como indica en el reglamento.

Justificación ambiental: EL Bambú crece en gran parte del país, es una planta de rápido desarrollo que logra ser reutilizada diversas veces sin perturbar el ambiente.

Su uso logra suplir intachablemente a la madera impidiendo deforestaciones de arboledas que tardan años en desarrollarse, tal es el caso de la caoba que tarde de 20 a 25 años en desarrollarse.

Justificación teórica: La presente investigación se realizará con la finalidad de aportar conocimiento existente sobre el bambú reforzado con concreto, cuyos resultados serán de utilidad para la implementación y mejoramiento de estos 02 tipos de bambú puesta, a su vez el proyecto de investigación formará parte de un compendio de investigaciones que serán utilizadas en beneficio para la mejora de próximas construcciones.

Justificación práctica: Para realizar la comparación entre 2 materiales, tales como el bambú del tipo 01, y el bambú del tipo 02, se requiere evaluar las propiedades y las características de las unidades que formarán parte del elemento estructural, para lo cual se va ejecutar los modelamientos en la unidad, los cuales van a interpretar o representar el bambú como principal elemento.

Justificación metodológica: Para la metodología es primordial reconocer el error que pueda suscitar este tipo de construcción en bambú, para el presente estudio se evaluarán las estructuras en bambú para el cual se realizarán modelamientos, cuyos parámetros obtenidos deberán cumplir las especificaciones técnicas de la N.T.P. correspondiente.

La Hipótesis busca la validez lógica del entorno a investigar, de manera de posibilitar la suposición y la explicación de cuestiones significativas (Pulido. 2015, pp.1142-1143).

Por lo tanto, la Hipótesis General será, Evaluación del comportamiento de una vivienda de bambú del tipo 01 y tipo 02, con el programa ETABS, Moyobamba 2020.

Por lo tanto, se plantearon las siguientes Hipótesis Específicas, El análisis estructural de las viviendas de bambú, varían según el programa ETABS, Moyobamba 2020, El diseño estructural del bambú del tipo 01, mejora en relación al tipo 02, Moyobamba 2020, El análisis estático en el comportamiento sismo resistente de la vivienda tipo 01 y 02, por el programa ETABS, Moyobamba 2020

El objetivo refleja la esencia del problema de investigación, así mismo describe la realidad de lo que se intenta conocer o realizar durante el proceso (Lafuente y Marín, 2008, p.3).

Entonces el Objetivo General será, Evaluar el comportamiento Sismo resistente de una vivienda de bambú del tipo 01, respecto al tipo 02, con el programa ETABS, Moyobamba 2020

Entonces los Objetivos específicos serán, Establecer el análisis estructural de una vivienda de bambú del tipo 01 y 02, Moyobamba 2020, determinar el diseño estructural de una vivienda de bambú del tipo 01 y 02, Moyobamba 2020, realizar el cálculo del análisis estático y la diferencia de una vivienda de bambú del tipo 01 y 02, Moyobamba 2020.

II. MARCO TEORICO

Antecedentes nacionales

- Según Eusebio, Saul y Alvarado, Sheiler (2018) para conseguir el título de ingeniero civil, en su tesis llamada "**DISEÑO ESTRUCTURAL DE UNA VIVIENDA ECOLÓGICA CON BAMBÚ PARA EL ASENTAMIENTO HUMANO RURAL CASCAJAL BAJO DISTRITO CHIMBOTE – 2018**" donde su **objetivo principal** fue la evaluación del diseño estructural de una vivienda, usando como material principal el bambú, realizando ensayos donde muestran valores aceptables respecto a los esfuerzos mínimos que se necesitan para la construcción de una vivienda y sea habitable, para esto también se realizó un presupuesto donde comparaban los precios de las 2 viviendas terminadas. **RESULTADOS:** los ensayos físicos fueron analizados en 6 muestras de bambú de estado adulto, de 5 años de edad, con una longitud de 100 mm, para antes y después del secado, su contenido de humedad promedio, fue de 12.71% para lo cual este material, según la NTP 251.010 estipula que no debe sobrepasar el 15% para que sea utilizado como material de construcción, específicamente para fines estructurales, la contracción que tuvo luego del secado fue de 2% ya que fue secada al horno en 24 horas, los ensayos mecánicos fueron: compresión paralela a la fibra, donde dio un promedio de 27.90 Mpa, la compresión perpendicular tuvo un promedio de 3.93 Mpa, la flexión donde se obtuvo un promedio de 5.44 Mpa, el corte donde se obtuvo un promedio de 13.56 Mpa, la tracción que tuvo un promedio de 29.20 Mpa. **CONCLUSIÓN:** Los ensayos realizados al bambú del Asentamiento Humano Rural de Cascajal Bajo para determinar sus propiedades mecánicas cumplen de acuerdo a los parámetros establecidos en la norma E.100, y es posible trabajar con ellos para construcciones de viviendas ecológicas en esta zona.

- En la tesis de Paredes Angulo, Víctor, para optar el título de Ing. civil, con su tesis titulada: "**USO DEL BAMBÚ COMO MATERIAL ESTRUCTURAL CASO VIVIENDA ECOLÓGICA EN TARAPOTO -2017**" donde su **objetivo principal** fue investigar las propiedades físicas y mecánicas de modo que se pueda lograr difundir el diseño estructural en base al análisis de la estabilidad del suelo para su diseño, dando resultados completamente favorables siendo estos ya analizados mediante el programa Etabs donde se comprobó cuáles eran los máximos esfuerzos que podía resistir este material, donde también se recomienda mejorar el suelo, para posteriores

construcciones en la zona, teniendo en cuenta a las construcciones de albañilería confinada, y el precio que conlleva realizar estas.

RESULTADOS: se acepta la hipótesis general que establece que una estructura de bambú soportara las cargas de viento y sismo en la región San Martín, que de acuerdo a los datos encontrados para las cargas de viento la sección asumida de 10 x 15 cm soporta perfectamente los esfuerzos que en ella se producen, así mismo para las cargas por sismo según el modelado estructural la vivienda tiene un desplazamiento en el primer piso menor a 0.010, es decir 0.00088 para el sismo en el eje X, y para el sismo en el eje Y es de 0.0017, para el techo el desplazamiento en el eje X es de 0.00048 y para eje Y es de 0.00094, cumplen con los requisitos de la norma E.20.

CONCLUSIÓN: el sistema estructural que se utilizó para diseñar la vivienda es un sistema aporticado, lo cual influye de una manera óptima frente a los eventos sísmicos que, al ser modelado en el programa en análisis estático y dinámico, se observó que la vivienda si cumple con los requisitos de seguridad estructural de acuerdo a la norma sismo resistente E.30. Lo que se complementa con las características mecánicas y elástica de los tallos de bambú.

- En la tesis para optar el título de ingeniero civil, Mendoza Vera, Karen, Navarro Chunga, Sandra, con el título “**DISEÑO DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR DE CONCRETO REFORZADO CON BAMBÚ (BAMBUSOIDEAESPP.) EN EL CENTRO POBLADO LA LAGUNA, JR. GRAU S/DISTRITO DE LALA QUIZ, PROVINCIA DE HUANCABAMBA; PIURA, 2018**”, donde el **objetivo principal** era diseñar una vivienda de bambú reforzada con concreto, para lo cual emplearon todo lo necesario, como un estudio de mecánica de suelo, un estudio para las fibras de bambú y un diseño estructural mediante por el cual establecieron la resistencia optima la cual cumplía con la norma técnica peruana, aquí analizaron las propiedades físicas y mecánicas del concreto reforzado con bambú, y establecieron una línea comparativa entre la resistencia y la flexión de dicho material.

RESULTADO: mediante el análisis granulométrico que el suelo tenía el 5.15% de humedad donde predomina la arena-arcilla-limo, la densidad unitaria fue de 1.71 gr/cm³, Contenido de Sales 0.07%, Ángulo de fricción interna 9, Cohesión 0.12 kg/cm², Consistencia Relativa 0.562, Índice de Compresión, 0185, Permeabilidad

1.02*10⁴ cm/seg., La resistencia a el esfuerzo de compresión entre el concreto reforzado con Bambú (Bambusoideaespp.) y el concreto armado con acero, difieren en 0.03 Mpa; mientras que la diferencia entre las resistencias al esfuerzo de flexión es de 0.08 Mpa; por ende, las diferencias no nos significativas y es aceptable el uso del concreto reforzado con Bambú (bambusoideaespp.), para viviendas de bajas solicitaciones estructurales, y esto por factores de seguridad. Además, se deduce que la resistencia a la compresión en concreto reforzado con Bambú (Bambusoideaespp.) y en el concreto armado convencional no varía mucho, ya que esta resistencia es aportada en mayor parte por el concreto y no por el acero, y el concreto en ambos casos es el mismo, lo único que cambia es el refuerzo, **CONCLUSIÓN:** Es más económico construir una vivienda unifamiliar de 01 nivel de concreto reforzado con Bambú (Bambusoideaespp.) en el distrito de Lalaquiz, que construir una vivienda de 1 nivel con concreto armado convencionalmente. Ya que nuestros resultados nos demostraron que la diferencia presupuestal es de 4.10% (S/. 13, 715.68) aproximadamente a favor del diseño de concreto reforzado con Bambú (Bambusoideaespp.), y además quedo demostrado por los ensayos a las propiedades físicas y mecánicas, que posee una resistencia muy similar al del concreto ya que quedó demostrado que el bambú tiene un alto módulo de elasticidad, y este material posee un precio mucho menor que el acero, debido a la abundancia en la zona de estudio.

- En la tesis para optar el título de ingeniero civil, Díaz V. Paul, en su tesis “**ANÁLISIS COMPARATIVO: USO DE BAMBÚ VS. PERFILES DE ACERO PARA COBERTURA LIVIANA**” – AREQUIPA, 2016” Su **objetivo principal** fue establecer en los especímenes de bambú el esfuerzo de compresión último, donde el refuerzo servía para apoyar a los nudos que es aquí donde se produce mayor esfuerzo.

RESULTADOS: Para esto se diseñó una armadura con perfiles de acero, de la cual salió una memoria de cálculo, en la cual venían todos los elementos a tracción y compresión, y el diseño de la soldadura, y además de esto, se hizo nuevamente otro diseño, pero ahora combinando materiales tales como acero y bambú, se hizo un tercer análisis y diseño el cual era netamente de bambú y se compararon las fuerzas de los 3 análisis, dando valores similares, se hizo también un presupuesto final

comparativo dando la estructura de bambú netamente el valor referencial más bajo, Debido a la falta de información del material en cuanto a sus propiedades Mecánicas en los lugares de expendio, se realizaron los ensayos correspondientes en los laboratorios de la FIC. **CONCLUSION:** El bambú es un material muy liviano y resistente, se conoce que un elemento una probeta de bambú de 12 cm de diámetro, 1 cm de espesor de pared y de una altura de 2.5 cm soporta 25 KN a compresión y hasta 100 KN a tracción; pero por muy resistente que es una determinante para el diseño satisfactorio y la construcción usando bambú son las uniones, empíricamente se les une con sogas y cuerdas por encima de un corte de boca de pescado ya conocido por nosotros. Si bien las ventajas son económicas, la desventaja de este sistema es que no son aptas al aplicar grandes fuerzas. Simplemente no lo resisten. De allí el relleno con mortero con varas de acero longitudinales dentro del entrenado para tratar de buscar mayor rigidez y resistencia a mayores cargas.

- Quinto Farfán, Brenda, para obtener el título de Arquitectura, en su tesis **“EL BAMBÚ COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA SISTEMAS CONSTRUCTIVOS BIOCLIMÁTICOS EN LOS MERCADOS DE 2DA GENERACIÓN, SAN MARTIN DE PORRES”**, 2017. Donde el **objetivo principal** fue verificar los tipos de sistemas constructivos bioclimáticos sean de un óptimo diseño para ese mercado, donde aquí influye directamente la calidad de los materiales, y el diseño estructural y arquitectónico del bambú para esta construcción, basándose en sus propiedades físicas y mecánicas del bambú tales como la temperatura, color, flexión contracción, corte. **RESULTADO:** Teniendo un complejo diseño estructural para el cual se dedujo que tenía una capacidad portante buena, su diseño tenía un procedimiento constructivo artesanal, rustico, donde uso sistemas constructivos tradicionales. **CONCLUSIÓN:** En base a la fundamentación teórica de la presente investigación, podemos concluir que lo SCB si generan un mayor nivel de confort (térmico, acústico, lumínico y olfativo) con respecto a sus propiedades físicas, esto se debe a que por medio de ellos llegan a controlar y reducir las emisiones de calor, sonido, iluminación y aire viciado presente dentro de un mercado de 2da generación, y con respecto a las propiedades mecánicas, se tiene una alta resistencia por la combinación de 2 elementos altamente resistentes, tales como el bambú y el concreto.

Antecedentes internacionales

- Según Calva L. (2015) para obtener el título de Ing. Ambiental, en su tesis titulada **“DISEÑO DE UN MODELO DE VIVIENDA ECOLÓGICA CON BAMBÚ PARA LA ZONA RURAL DE YANTZAZA” (Ecuador)** donde el **objetivo principal** fue el diseño y Plasmar un manual para la creación de una casa eco amigable donde el principal insumo para la elaboración de esta, era el bambú. **RESULTADO:** Para esto se usó la metodología de la recolección de datos para lo que el autor teniendo como principal factor a la arquitectura moderna, una vivienda de bambú no es pesada, tiene buena capacidad de resistencia, y fuerza, asimismo, las edificaciones con bambú no demandan instrumento profesionales y facilitan la Operacionalización de mano de obra con conocimientos básicos, pero conjuntamente debe haber un jefe o maestro de obra a su trayectoria con los conocimientos precisos para su meta; esto favorece efectivamente a la creación de empleabilidad para la creación de estas edificaciones sismo resistentes las cuales son buenas debido a su flexibilidad y dureza que evita que se fragmente al flexionarse. **CONCLUSIÓN:** Es apto para construcciones sismo resistentes debido a su rigidez y elasticidad que evitan su ruptura al curvarse, y entre la guadua y el acero el módulo de elasticidad del hormigón-bambú es de 150000 hasta 180000 kg/cm², igual al concreto de mezcla, pero la desventaja está en que el bambú para refuerzo de vigas no es conveniente, por cuanto se producen después muchas grietas en el concreto.
- Según Garcia, Samuel Martínez, para obtener el título de Ing. civil, en su tesis titulada **“BAMBÚ COMO MATERIAL ESTRUCTURAL: GENERALIDADES, APLICACIONES Y MODELIZACIÓN DE UNA ESTRUCTURA TIPO”** Valencia: s.n., 2015, el **objetivo principal** de esta tesis fue el análisis y viabilidad estructural del bambú, empleado en pasarelas y puentes, comparándolo directamente con la madera y sus propiedades estructurales, usando como elemento estructural el bambú, y lo centro directamente para las personas de bajos recursos en américa del sur, además también proporcional ese material y adaptarlo para ser usado en Europa siguiendo sus normativas. **RESULTADOS:** La luz en la tipología 2 de bambú será de 14 m dando una deformación máxima admisible de 11.7 mm. Se repite la misma operación y se obtienen dos resultados. Para el caso en el que no tenemos en cuenta la fluencia se

suman los 2.7 mm pertenecientes a la deformación generada por G y los 5.7 mm debidos a la carga S obteniéndose un total de 8.4 mm. Por el método en que se tiene en cuenta la fluencia, se obtiene un valor de deformación de 12.38 mm. En este caso nos encontramos por encima del valor límite que recomienda la norma (11.7 mm en este caso) y por tanto esta estructura no cumpliría los requisitos según ELS. Si no se considera el valor frecuente de combinación de la sobrecarga (0.4), el valor obtenido será mayor, alejándose todavía más del valor límite. **CONCLUSION:** Observando los resultados del Apartado 4 se puede comprobar que el bambú es un excelente material ya que las estructuras que han sido viables en madera también lo han sido en bambú, pese al incremento de los índices de comprobación de resistencia. Sin embargo, en la comprobación a pandeo sale penalizado debido a su propia naturaleza. La tipología 1 cumple frente a todas las exigencias, pero sin embargo la tipología 2, al suprimirse los apoyos centrales, no lo hace. El bambú es un material que puede llegar a ser hasta dos veces más resistente que la madera, pero carece de rigidez que lo sustente adecuadamente. Es capaz de curvarse mucho hasta llegar al punto de rotura y esto hace que en ocasiones se deba recurrir a piezas de longitudes menores o aumentar el número de apoyos para evitar este fenómeno, como ha quedado de manifiesto el dimensionado de la tipología 1 de bambú respecto a la 2.

- En la tesis de Escalona, José; Hernández, José; Requena, Cristal; para obtener el título de Ing. civil, titulada “**MÉTODO DE EMPLEO DEL BAMBÚ COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL EN EL MUNICIPIO CAMPO ELÍAS SECTOR SANTA EDUVIGES**” 2017, Cuyo **objetivo principal**, fue establecer la posibilidad de la construcción de edificaciones usando el bambú como material principal. **RESULTADO:** propiedades físicas: Contenido de Humedad 104.329 %, Densidad básica 0.551 g/cm³; propiedades mecánicas: módulo de elasticidad 11686.60 Mpa, compresión paralela a la fibra con nodo 18.41 Mpa y compresión paralela a la fibra sin nodo 14.70 Mpa, compresión perpendicular a la fibra con nodo 20.73 Mpa y compresión perpendicular a la fibra sin nodo 3.82 Mpa, flexión estática 9.34 Mpa, tracción paralela a la fibra 16.70 Mpa y corte paralelo 1.08 Mpa. Las características estructurales para el diseño en acción individual para la Guadua angustifolia Kunth son: compresión paralela a la fibra con nodo 13.36

Mpa y compresión paralela a la fibra sin nodo 11.79 Mpa, compresión perpendicular a la fibra con nodo 16.99 Mpa y compresión perpendicular a la fibra sin nodo 0.99 Mpa, flexión estática 5.05 Mpa, tracción paralela a la fibra 5.93 Mpa y corte paralelo 0.55 Mpa. **CONCLUSION:** El bambú es un insumo que tiene elasticidad y firmeza y da una salida en el problema con relación al progreso y creación de la localidad presente en esta tesis. También, se presenta variabilidad al levantar domicilios utilizando este material como insumo principal, suministra un mínimo tiempo construcción del trabajo a comparación de otros materiales; el costo de la obra se reduce significativamente puesto que se usan materiales de la zona. Ratificando que este material cumple con muchos factores de viabilidad para la construcción en zonas de bajos recursos, Las características estructurales que el diseño requiere en acción conjunta para la Guadua angustifolia Kunth son: Lo que convierte al Bambú en un excelente material de construcción.

- En la tesis de Gálvez Ávila, Francisco, para obtener el título de arquitecto, en la tesis titulada: **“TEORÍA, DISEÑO Y PRACTICA CON BAMBÚ, RIESGO Y SOSTENIBILIDAD EN SAN ANTONIO SUCHITEPÉQUEZ”**, 2017. Con el **objetivo principal** de crear un estudio que encuadre contenidos de teoría, proyecto y obra con bambú como material principal, sobresaliendo la arquitectura eco amigable, dependiendo del riesgo y sostenibilidad en dirección de la ciudad que se estudiara. El autor afirma que: “El bambú como material sostenible es una elección, ya que en el lugar a ejecutar cualquier obra posee plantaciones de bambú como material principal”. El curado de este material se realiza por un proceso químico el cual lleva desde el curado químico, hasta el secado por maquina (artificial) o secado al sol (natural) para su posterior uso como material principal para la construcción de estas mismas, El método de tratamiento más efectivo es aquel que cumpla con los objetivos de cada proyecto. **RESULTADO:** El curado se realiza por métodos naturales brindando una protección limitada y la preservación por medios químicos puede prolongar más la vida útil del bambú, aunque esto implica un riesgo para el personal que lo aplica y los usuarios, tomando en cuenta que también se utilizan insecticidas, fungicidas y plaguicidas de la agroindustria, los cuales son altamente efectivos por su toxicidad; por lo tanto, es muy importante considerar las medidas de seguridad del fabricante,

Respecto del secado, la forma recomendada más efectiva es bajo la sombra con los bambúes en posición vertical, esto permite que el agua y los almidones bajen por las fibras del bambú hacia el exterior y evita las rajaduras por ser un secado lento.

CONCLUSION: El método de tratamiento más efectivo es aquel que cumpla con los objetivos de cada proyecto. El curado se realiza por métodos naturales brindando una protección limitada y la preservación por medios químicos puede prolongar más la vida útil del bambú, aunque esto implica un riesgo para el personal que lo aplica y los usuarios, tomando en cuenta que también se utilizan insecticidas, fungicidas y plaguicidas de la agroindustria, los cuales son altamente efectivos por su toxicidad; por lo tanto, es muy importante considerar las medidas de seguridad del fabricante.

Antecedentes en otro idioma

- En el Artículo del Profesor Giridhar, V, nombrado “**FLEXURAL BEHAVIOR OF CONCRETE WITH BAMBOO AND STEEL REINFORCEMENT, 2017**” El **objetivo principal** de este artículo enfatiza el comportamiento a la flexión del concreto con o sin refuerzo, el bambú es la planta leñosa de más rápido crecimiento en el mundo y crece tres veces más rápido que la mayoría especies. Para reducir el costo de construcción, el bambú prefiere usarlo como refuerzo en estructuras elementos y estudió su comportamiento a la flexión con bambú y acero de refuerzo y evaluar los parámetros de resistencia con viga de acero reforzado. **RESULTADO:** La resistencia a la flexión del hormigón con refuerzo de bambú con respecto al acero se incrementa a 15.8% por 7 días y 30.34% por 28 días. Se observaron tendencias similares en la resistencia a la flexión del hormigón con refuerzo de acero con respecto al refuerzo se incrementa a 28.6% por 7 días y 77.7% por días. **CONCLUSION:** Sobre la base de los resultados experimentales se extraen los siguientes datos:
 - Basado en las propiedades físicas y mecánicas, el bambú es un material estructural útil
 - La absorción de agua del bambú es mayor, por lo tanto, el recubrimiento epoxi se aplica en la superficie.
 - La resistencia a la flexión de las muestras de bambú es 11.49% y 24.69% más que las muestras de concreto de cemento liso

- Durante la prueba, se observó una falla repentina en las muestras de concreto de cemento liso, pero para el bambú se restringe para la falla repentina debido al módulo de elasticidad del bambú.
- Se concluye Finalmente que el bambú se utilizará como refuerzo en vigas, columnas y estribos en elementos estructurales.
- DING, Muxing, 2015. Para obtener el grado de Master en Ciencias de Ingeniería Civil cuyo título fue: **“EXPLORING THE USE OF BAMBOO REINFORCED RUBBERIZED CONCRETE(BRRC) AS A SUSTAINABLE”**. EE. UU: s.n., 2015, Ding (2015) (EE. UU). Donde el **objetivo principal** fue la composición de concreto en conjunto con el bambú, siendo este (concreto) el elemento principal en la construcción de edificaciones, edificios y cualquier otro sistema estructural de gran envergadura, el bambú posee mejorías las cuales contienen un bajo precio, alta reserva en el lugar a analizar, bajo mantenimiento y es muy resistente a la compresión, pero el concreto es endeble a las fuerzas de tracción, para esto también hay una mínima intervención de acero el cual se usa para reforzar el concreto, el precio de las varillas de acero es alto a comparación del precio del bambú, principalmente para los países sub desarrollados y los que están en proceso de desarrollo continuo. El crecimiento en la construcción sostenible con materiales nativos de la zona ha llevado a los científicos a investigar nuevas opciones para suplantar el refuerzo con acero o usarlo ya sea en mínimas cantidades. **RESULTADO:** Las simulaciones de Monte Carlo y el código del modelo Beam se realizaron en MatLab 2015R. Todas las simulaciones se basan en el haz BRRC con la misma dimensión que se mostró. Hay 5 tipos de concreto utilizados en la simulación: concreto normal con 3000 psi capacidad de compresión (N1), concreto normal con capacidad de compresión de 4000 psi (N2), concreto normal con capacidad de compresión de 5000 psi (N3), y concreto normal con 15% el volumen de arena fue reemplazado por goma cansada de migas (R1). Línea recta hacia abajo el resultado de la simulación representa que el haz BRRC falla de manera poco reforzada, lo que fue desafiado como "Fallo de tensión" en la tabla de resumen de resultados. Todo el refuerzo de bambú tiras en BRRC fueron seleccionadas al azar de 30 muestras de bambú probadas por Schneider. **CONCLUSIÓN:** Las vigas realizadas en la Universidad de Clemson muestran que el bambú es una alternativa viable al acero

barras de refuerzo como refuerzo, en particular, cuando se utiliza en infraestructura no crítica.

Sin embargo, las pruebas también revelan que las grietas de flexión, que pueden resultar en facilidad de servicio y problemas de durabilidad, pueden formarse a nivel de carga de servicio. Esto se atribuye al MOE de la bambú más bajo que el del hormigón normal. Se realizó un estudio exploratorio para Investigue el impacto de reemplazar el concreto normal en BRC con concreto de goma.

- En el artículo de Rayadu, S. Pradiv Randiwe, Akshay y Kumar Gupta, Ishwar, titulado **“STUDY OF BAMBOO AS REINFORCEMENT IN CONCRETE”** -2017, el **objetivo principal** hacer que el bambú funcione estructuralmente con el refuerzo de concreto, para lo cual se realizaron pruebas físicas y mecánicas donde determinaron la resistencia de este material. **RESULTADO:** La viga de concreto reforzada con barras de acero y barras de bambú se probó bajo flexión para estudiar la idoneidad del bambú como refuerzo en la viga. El comportamiento de desviación de carga, la variación en el módulo de elasticidad, la variación de la carga de falla, la variación en la resistencia como, el momento de las vigas y los modos de falla y el agrietamiento se obtuvieron de las pruebas realizadas. **CONCLUSION:** Para verificar la idoneidad del bambú como refuerzo, se ha llevado a cabo una investigación experimental utilizando una prueba de flexión con una prueba de carga de dos puntos. Las siguientes conclusiones se obtienen de varios resultados de la prueba.

1. El bambú modela una resistencia a la tracción moderada, lo que propone que se puede usar como refuerzo en la estructura para proyectos de viviendas de bajo costo.
2. Como el bambú posee una baja resistencia corte, es difícil que se pueda usar como refuerzo de corte en estructuras.
3. Si el refuerzo de acero completo se reemplaza con bambú, entonces solo da un 26% de resistencia.
4. Da una resistencia razonable del 83% cuando el bambú se coloca en el lado de compresión solo con acero en el lado de tensión.
5. La resistencia a la tracción de la porción media del bambú es siempre mayor que la de la parte superior e inferior.

6. Se puede probar la opción económica para columnas de paredes compuestas

Teorías relacionadas al tema

Concreto

Albañilería confinada: El comportamiento estructural del muro de albañilería confinada se enfoca en la calidad de la albañilería, las dimensiones de los elementos y la cuantía de refuerzo en los elementos de confinamiento, de tal manera que al trabajar ambos elementos de forma compuesta se obtenga la resistencia a los esfuerzos demandados (Astroza y Schmidt, 2004, p.62).

Se denomina muro confinado al muro de albañilería bordeado en sus 4 lados por los elementos de confinamiento, cuyos elementos de concreto armado enmarcan al muro de forma horizontal y vertical, con la finalidad de proveer ductilidad al muro portante.

Unidad de albañilería: Se define a la unidad de albañilería al ladrillo elaborado mediante arcilla, sílice-cal o concreto (San Bartolomé, Quiun y Silva, 2018, p.37).

De igual manera el proceso de fabricación varía en diversas partes del país, por lo cual se obtienen diferentes tipos de unidades, ya sean mecanizadas o artesanales; lo cual origina diversas calidades en las unidades de albañilería.

Unidad de albañilería sólida: Según el artículo E.070 del R.N.E. (2018), se define a la “unidad de albañilería que presenta un área de perforaciones menor al 30% del área bruta en la cara de asentamiento” (p.543).

La norma E070 recomienda que se empleen ladrillos sólidos para la elaboración de los muros portantes, debido a que estas unidades de albañilería tienen una buena adherencia con el mortero y una distribución de peso uniforme a la cimentación.

Según Gallegos V. (2005). nos menciona La tipología de las unidades de albañilería se realiza casi universalmente basándose en el área neta, medida en proporción a la superficie bruta de cara de asiento, y en las características de los alvéolos. (p. 89)

Tras lo menciona por Gallegos, nos indica que la tipología o forma de las unidades de albañilería se basa en su área total.

Finalmente, la Editorial CEP S.L. no dan un claro concepto de albañería en general: “La albañería se define como el arte de construir edificios u obras en que empleen, según los casos, ladrillos, piedra, cal, arena, yeso, cemento u otros materiales” (p.11).

Tras lo dicho por la Editorial CEP S.L. se puede resaltar que la albañería en el campo de construcción es muy importante y existe diferentes materiales que componen este material, es nuestra investigación utilizaremos las fibras de coco.

Unidad de albañilería hueca: Según el artículo E.070 del R.N.E. (2018), se define a la “unidad de albañilería que presenta un área de perforaciones mayor al 30% del área bruta en la cara de asentamiento” (p.543).

La norma E070 no permite el uso de ladrillos huecos para la construcción de los muros portantes en zonas que presentan alto riesgo sísmico, debido al gran porcentaje de vacíos que presenta la unidad de albañilería.

Mortero: El mortero cuenta con diversas similitudes respecto al concreto, así mismo el mayor inconveniente es determinar las propiedades mecánicas de este material debido a las diversas proporciones de los componentes (Campbell y Durán, 2017, p.191).

El mortero proporciona la adherencia de las unidades de albañilería, permitiendo así la corrección de las irregularidades dimensionales respecto a la altura que estas poseen, a su vez protege la unidad de albañilería ante la intemperie y evita la presencia de la humedad



Figura 1. Unidades de albañilería.

Viga: Según el artículo E.070 del R.N.E. (2018) “la viga se define como un elemento de concreto armado que trabaja principalmente a esfuerzos de flexión y corte” (p.453). En una estructura aporricada, las vigas tienen la función de transmitir las cargas solicitadas hacia las columnas, mediante este proceso el elemento estructural es sometido a diversos esfuerzos de corte como flexión. En una estructura de albañilería confinada, las vigas son denominadas vigas soleras y tienen como función principal proveerle arrioste y confinamiento al muro de albañilería.

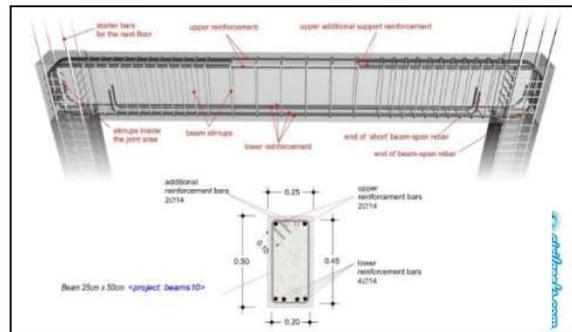


Figura 2. Detalle de pórtico de concreto armado.

Columna: Las columnas son elementos estructurales que generalmente son sometidos a esfuerzos combinados, los cuales se generan cuando sobre la sección del elemento actúan simultáneamente un esfuerzo axial de compresión o tracción y un momento flector, denominándose así el esfuerzo de flexo-compresión o flexo-tracción (Pestana y Rodríguez, 2016, p.2).

BAMBU: El bambú es hierba gigante, no un árbol. Los tallos de bambú son cilíndricos cáscara dividida por diafragmas transversales sólidos en los nodos y tiene algo intrigante, las propiedades tales como la alta resistencia en la dirección paralela a las fibras, que corren longitudinalmente a lo largo del culmo, y baja resistencia en una dirección perpendicular a las fibras, esta varía con el grosor y la altura. La distribución de la fibra es más uniforme en la base que en la parte superior o media. Esto se debe a que el bambú está sujeto a la flexión máxima estrés debido al viento en la parte superior del culmo (Ghavami 2004) El bambú es un material natural funcionalmente

calificado. Es un compuesto con estructura jerárquica La resistencia del bambú es mayor que la mayoría de las maderas.

El bambú es un recurso versátil que se caracteriza por una alta relación resistencia / peso y fácil en trabajar con herramientas simples. El bambú es el edificio natural renovable de más rápido crecimiento.

Materiales Tiene una larga y bien establecida tradición como material de construcción en todo.

Las regiones tropicales y subtropicales. Se usa en muchas formas de construcción, particularmente, viviendas para viviendas en zonas rurales. Amada y Untao (2001) mencionaron que El bambú es uno de los materiales de construcción más efectivos debido a las propiedades beneficiosas de bambú como buenas propiedades de material, resistente y de bajo costo.

El bambú se ha utilizado y se está utilizando en una amplia variedad de aplicaciones, como recreación, defensa, vivienda y construcción. En lo que respecta a la recreación, el bambú ha sido Se utiliza para construir una variedad de instrumentos musicales. Además del hecho de que el bambú se puede usar en las artes, también se puede comer. El mercado de brotes de bambú ha crecido rápidamente en los últimos años. De hecho, Taiwán exporta brotes de \$ 50 millones de dólares que se comen en todo el mundo. Una de las principales aplicaciones del bambú es para la construcción y alojamiento. Se estima que mil millones de personas viven en casas de bambú. También puede ser solía hacer muebles. Durante un período de nueve años, las exportaciones de muebles de bambú casi se duplicaron en Filipinas. En India y China, el bambú se utiliza en la construcción de puentes colgantes temporales. En Tokio y Hong Kong se usa como andamio en edificios de gran altura.

PROPIEDADES DEL BAMBU: El bambú alcanza su pleno crecimiento en solo unos meses y alcanza su máximo Resistencia mecánica en pocos años. Su abundancia en regiones tropicales y subtropicales lo convierte en un material económicamente ventajoso. Algunos de los aspectos positivos como un diseño liviano, mejor flexibilidad y resistencia debido a sus paredes delgadas con los nodos distribuidos y su gran resistencia lo convierten en un buen material de construcción.

Existen tableros fabricados con bambú que no requerían equipos sofisticados y podían fabricarse en pequeñas plantas rurales con tecnología simple, tenían que cumplir con los estándares de propiedades físicas y mecánicas (Sukartana, Ruschelia, Sulastiningsih, 2000). Con las virutas de desperdicio de bambú, las proporciones de cemento de 20% kg de bambú: 80% kg de cemento, 30:70 y 40% kg de bambú: 60% kg de cemento, las propiedades físicas fueron mayores mientras que las propiedades mecánicas como módulo de elasticidad se encontraron más bajas entre varias publicaciones. La relación 20% kg de bambú: 80% kg de cemento a las 24 h de tiempo de prensado tuvo un buen desempeño en propiedades físicas y mecánicas (Das, et al., 2012). El peso de humedad de la tabla a las 24 h de tiempo de prensado para 20% kg de bambú: 80% kg de cemento, 30% kg de bambú: 70% kg de cemento y 40% kg de bambú: 60% kg de tablas de cemento fueron 1.80, 1.48 y 1.07 g / cm³ respectivamente. El módulo de elasticidad fue de 310, 295 y 210 N / mm² respectivamente para la proporción de 20% kg de bambú: 80% kg de cemento, 30% kg de bambú: 70% kg de cemento y 40% kg de bambú: 60% kg de cemento en el momento del prensado 24 h.

En la realización de la unión interna, el efecto alcalino de la matriz de cemento debilitaría la resistencia y tenacidad de la fibra si no se trata para resistir. Se investigaron varios métodos de tratamiento para mejorar la durabilidad de las fibras vegetales cuando se usan en mezclas de concreto (Toledo, et al., 2003). Estos incluyeron soluciones químicas para mejorar la adhesión entre la superficie de la fibra y la matriz de cemento, para reducir la absorción de humedad de la fibra y para aumentar la rugosidad de la superficie de la fibra mediante la eliminación de ceras y aceites. El proceso de extracción, procesamiento y tratamiento químico de las fibras naturales varió según el tipo y las propiedades químicas.

El bambú es utilizado como material estructural para andamios en sitios de construcción en India, China y otros países ya que es un material resistente, flexible, liviano y de bajo costo. En la naturaleza cuando el bambú está cubierto de nieve intensa, se doblará hasta que toque el suelo sin rotura. Esto implica que el bambú tiene mayor flexibilidad que la madera.

“La energía necesaria para producir 1 m³ por unidad de esfuerzo proyectada en la práctica, se han utilizado materiales comúnmente usados en la construcción civil, como el acero o el concreto.

En comparación con el bambú. Se descubrió que para el acero es necesario gastar 50 veces más energía que para el bambú”. La resistencia a la tracción del bambú es muy alta y puede alcanzar 54 ksi (370 N / mm²). Esto hace que el bambú sea una alternativa al acero en la carga de tracción aplicaciones. Esto se debe al hecho de que la relación entre la resistencia a la tracción y el peso específico del bambú es seis veces mayor que el del acero (Amanda et al. 1997)

Las propiedades varían según la especie y la madurez del bambúes La resistencia a la tracción de un bambú puede alcanzar hasta 53ksi (Mark, 2011), que hace del bambú una alternativa viable al acero en aplicaciones de tracción. De acuerdo con Amanda (1997), la relación entre la resistencia a la tracción y el peso específico del bambú es seis veces mayor que la del acero, Sin embargo, la resistencia a la tracción promedio del bambú varía de una especie a otra.

Un estudio de Cao y Wu (2008) mostró que las resistencias a la tensión de la fibra del bambú oscilan entre 18 y 131 ksi. Los estudios de las propiedades mecánicas del bambú mostraron que las características físicas y mecánicas varían con el diámetro, longitud, edad, tipo, posición a lo largo del culmo y contenido de humedad del bambú. Incluso por lo mismo

En un conjunto de pruebas, las diferentes especies de bambú tienden a funcionar de manera diferente (Ingeniería Civil Naval de EE. UU., 1966, 2000 e Iyer, 2002). Amada y Untao (2001) encontraron la fuerza de el bambú también aumenta con la edad y la fuerza máxima generalmente ocurre a los 3-4 años, después de lo cual la fuerza comienza a disminuir.

Ghavami (2005) informó que el bambú tiene una ventaja estructural sobre otros Materiales de ingeniería en términos de módulo de elasticidad y densidad. De acuerdo con Janssen (2000), el módulo de elasticidad promedio del bambú es de alrededor de

2500 ksi, que también fue informado de manera similar en los resultados de las pruebas de Brink y Rush (1966, 2000). Un estudio de Khare (2005) mostró que la región nodal tiene un comportamiento quebradizo, mientras que la región nodal tiene un comportamiento más dúctil al tener una forma que disminuye gradualmente en su tallo.

El bambú aproximadamente a los 3 años llega a su desarrollo máximo, tal peculiaridad no se trastorna en función al tiempo de crecimiento del bambú, no obstante, este si puede incurrir en el proceso de curado químico y el secado.

Se sabe que el bambú es un elemento que posee una resistencia optima tanto que algunas de sus cualidades principales están por encima de la madera, para esto existen varias atribuciones para poder experimentar con mayor detalle ya sean las propiedades físicas y mecánicas de este elemento, y examinar y verificar los puntos en los cuales se podría mejorar ya que se muestra para plantear perfeccionamientos que ayuden al aumento continuo del comportamiento óptimo estructural.

En la comparación de bambú y acero se tiene que una de las propiedades que haría del bambú un buen sustituto del acero en el concreto armado es su resistencia, la resistencia del bambú es mayor que la mayoría de la madera.

Productos que son ventajosos, pero es aproximadamente la mitad de la resistencia a la tracción de acero. El bambú es de fácil acceso, ya que crece en casi todas las zonas tropicales y subtropicales, y en varias regiones, esto reduce el costo de construcción y aumenta la fortaleza de los edificios eso de otra manera no sería reforzado. Un problema importante con el bambú es que atrae organismo vivo como hongos e insectos. El bambú es más propenso a los insectos que otros.

Árboles y pastos porque tiene un alto contenido de nutrientes. Para combatir esto problema, se hace necesario tratar el bambú para protegerlo del medio ambiente. Acero no tiene este problema, pero también necesita ser recubierto para protegerlo de oxidado El bambú es muy liviano en comparación con el acero. Debido a su bajo módulo de elasticidad, el bambú puede agrietarse y desviarse más que el refuerzo de acero bajo las mismas condiciones Estos aspectos pone al bambú en la lista de

materiales de construcción viables. Estas propiedades, cuando se combinan, sugieren que el bambú será una buena adición a la selección actual de materiales, pero es necesario que las personas en general se hagan más familiarizado con sus fortalezas y debilidades.

Propiedades Físicas del bambú

Durabilidad: La densidad de las fibras en la sección transversal de una fibra de bambú varía a lo largo de su grosor. El grosor disminuye desde la base hasta la parte superior de la fibra de bambú (Sabnani, 2011). El Bambú es vulnerable a la degradación ambiental y al ataque de insectos y moldes. La durabilidad del bambú varía con el tipo de especie, edad, tratamiento y las condiciones de curado y conservación. Existe una fuerte relación entre los ataques de insectos y los niveles de almidón más el contenido de humedad del bambú (Ahmad, 2014).

los bambúes son necesarios cuando se cortan en arboledas de bambú, que incluyen el curado, secar el bambú es crucial para su conservación, cuando la humedad de un bambú es menor del 15%, la baja humedad lo hace menos propenso a los ataques de moho.

Física y mecánicamente, las propiedades dependen en gran medida de su humedad (la alta humedad debilitará bambú).

El bambú se puede secar al aire, al invernadero y al horno o al fuego, la durabilidad del bambú depende en gran medida de los métodos de tratamiento conservador de acuerdo con requisitos: su composición química no debería tener ningún efecto sobre la fibra de bambú y una vez inyectados con conservantes, las piezas de bambú no deben ser arrastradas por la lluvia o humedad (Shakeel Ahmad, 2014). El conservante se puede aplicar utilizando sistemas simples, como dejar transpiración, inmersión e impregnación.

Absorción de agua: Al igual que la madera, las propiedades de ingeniería del bambú son muy sensibles a la humedad, contenido, absorción o liberación de humedad, que se convierten en uno de los principales inconvenientes de bambú cuando se usa como reemplazo de refuerzo para concreto. Debido a la absorción de agua, la variación dimensional de las secciones transversales de bambú puede alcanzar a 6% después

de 7 días de inmersión en agua (Ghavami, 2004). Tal gran dimensión La variación puede conducir a micro y macro grietas en el concreto curado. Además, reforzando El bambú absorbe agua y se expande durante la fundición y curado del hormigón, que puede También conducen a la fisuración del concreto, debido a la expansión térmica diferencial del bambú, dado que la hinchazón y la contracción del bambú pueden crear un problema grave en el uso de bambú como sustituto del acero, un tratamiento repelente al agua eficaz es esencial para mejorar la unión entre los segmentos de bambú y el concreto. Según Sabnani (2003), el tratamiento de impermeabilidad se ve afectado por:

- a) Propiedades adhesivas de la sustancia aplicada al bambú y al concreto.
- b) su propiedad repelente al agua
- c) La topografía de la interfaz bambú / concreto.

Uno de los tratamientos efectivos es la aplicación de una fina capa de epoxi al bambú. La superficie con una capa de arena fina, otros incluyen pinturas de asfalto, pinturas a base de alquitrán y Materiales bituminosos específicos con buenas propiedades de impermeabilidad (Akeju, 2002).

Conductividad térmica: Enuncia el poder aislador de un elemento: en cuanto a más baja es, un mayor poder aislante posee. En el bambú depende del sentido de difusión del flujo de temperatura (Barbaro, 1997).

Propiedades Mecánicas del bambú

Compresión: La resistencia del bambú a la compresión es relativamente alta, pero escatima de significado si no se especifica el valor y la dependencia entre la longitud y el diámetro de la pieza. Mejor dicho, si no se sabe la delgadez del pedazo a experimentar y no se precisa el tratamiento del bambú, no se alcanzará indicar correctamente la resistencia delante este esfuerzo por lo que sus rasgos se afectan. Si se tiene una humedad excesiva, no se logra llegar a la resistencia adecuada. Asimismo, la correlación longitud-sección mínima aún es demasiado importante para que se pueda obtener el mínimo pandeo, y se pueda realizar una buena ejecución de toda la construcción con este material.

Para tener una comprensión más clara de los procedimientos que se usan, un posible diseño de los métodos implicados en los ensayos físicos y mecánicos, y la identificación de pasos viables que incurrieron en gastos en el análisis de costos, donde los principales materiales involucrados en la fabricación fueron cemento Portland tipo I, fibra de bambú, cloruro de calcio y agua.

Ya teniendo esos valores se puede proceder a usar un programa especializado como el ETABS para poder ver cómo reacciona la estructura respecto al diseño ya sea realizado con solo la estructura de bambú, la estructura de bambú combinado con concreto, y la unión de este y otros materiales, para poder realizar un diseño adecuado basándose en normas nacionales e internaciones, en las cuales influyen ya los parámetros mínimos para poder relacionar todo el modelamiento.

Tracción: Depende del bambú que se desea analizar, ya sea la base, centro o cima, el tipo de bambú y la zona, el % de humedad, del elemento a ensayar y de la presencia o no de nudos dentro del bambú.

Se trata del esfuerzo más complicado de todos a los que se retan las estructuras de bambú. Los métodos por 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, además se puede reforzar con espárragos de una medida determinada, el cual hará que este material funcione de una manera adecuada, para poder realizar edificaciones sustentables, y que sean sísmicamente correctas.

Módulo de 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.

Como en toda madera, la elasticidad decrece de un 5 - 10% con el aumento de la carga, eso incluye la dureza de este mismo material según la tabla janka, la cual posee la dureza de todas las maderas, además también influye el tipo de esfuerzo aplicado, y del tipo de fibra de bambú, ya sea esta interna o externa de la sección solicitada, y si se incluye el nudo. Analizando este elemento estructuralmente para los bambús enteros que fueron ensayados a flexión se puede adoptar el dato promedio reflejado

en la Tabla #1, donde también se denota que posee una elasticidad promedio a la del acero.

Tabla 1. Módulo de Elasticidad

MÓDULO DE ELASTICIDAD (E)	
EPROM	EMIN
9500 Mpa (95000Kg/cm ²)	7300 Mpa (73000 Kg/cm ²)

Fuente: NTP E 100

Se deberá usar el módulo de elasticidad promedio para el diseño de entramados y el módulo mínimo para el diseño de columnas aisladas.

Cortante: El esfuerzo cortante es una medida de la capacidad de resistir fuerzas que tienden a producir deslizamiento de una porción del material con relación a otra porción adyacente. El corte es una fuerza que actúa paralelamente a un plano, en contraste a las de tensión y compresión que son perpendiculares al área considerada. La fractura por corte es muy diferente de la tensión o compresión puesto que no hay reducción localizada del área, ni tampoco alargamiento.

Este esfuerzo tendremos que tenerlo muy en cuenta especialmente en el diseño de las uniones o juntas. La mayoría de estos componentes constructivos están sujetos a corte paralelo a la fibra. En culmos con paredes de 10 mm de espesor, el esfuerzo cortante es aproximadamente un 11 % más bajo que para culmos con paredes de 6 mm de espesor debido a la distribución y mayor porcentaje de fibras fuertes en la sección transversal (Rodríguez y Morales, 2008).

Tabla 2 Esfuerzos Admisibles

ESFUERZOS ADMISIBLES ESFUERZOS ADMISIBLES				
FLEXION (fm)	TRACCION PARALELA (ft)	COMPRESION PARALELA (fc)	CORTE (fv)	COMPRESION PERPENDICULAR (f'c)
5 Mpa (50 Kg/cm ²)	16 Mpa (160 Kg/cm ²)	13 Mpa (130 Kg/cm ²)	1 Mpa (10 Kg/cm ²)	1.3 Mpa (13 kg/cm ²)

Fuente: NTP E 100

$$f_i = f_i \text{ CD CL Cr}$$

Donde:

f_i = Esfuerzo admisible modificado para la sollicitación i

f_i = Esfuerzo admisible en la sollicitación i

CD = Coeficiente de modificación por duración de carga (0.9 para carga permanente y 1 para carga viva)

CL = Coeficiente de modificación por estabilidad lateral de vigas

Cr = Coeficiente de modificación por redistribución de cargas, acción conjunta. Para el caso de diseño de viguetas, correas, entablados y entramados, donde exista una acción de conjunto garantizada, estos esfuerzos podrán incrementarse en un 10% ($Cr=1.1$) siempre y cuando la separación entre elementos no sea superior a 0.6 m

Para el diseño de los entramados se pueden incrementar estos esfuerzos en un 10 %, si se asegura el trabajo de conjunto del pie-derecho.

Diseño de elementos en flexión

- Los elementos sometidos a flexión son elementos horizontales o casi horizontales que soportan cargas rectas, o casi rectas a su eje: Vigas, viguetas y correas.
- En la creación de elementos de bambú, puestos a flexión se deben comprobar los consecutivos efectos y en ningún caso pueden exceder los esfuerzos tolerables transformados para cada sollicitación.
- Las consecuentes Deflexiones del material.
- Flexión, incluyendo estabilidad lateral en vigas compuestas.
- Cortante paralelo a la fibra.
- compresión recta a la fibra.
- Se debe probar que los apoyos de un elemento de bambú sometido a flexión no fallen por compresión perpendicular. Si los nudos no proveen la suficiente resistencia, se deben rellenar los entrenudos de los apoyos con mortero de cemento, taco de madera u otro material, incluso espárragos de acero, con una mezcla de concreto para que pueda garantizar una rigidez similar o mayor.

- Cuando exista una carga concentrada sobre un elemento, ésta debe estar aplicada sobre un nudo. Se deben rellenar los entrenudos adyacentes a la carga con mortero de cemento, taco de madera u otro material incluso espárragos de acero, con una mezcla de concreto para que pueda garantizar una rigidez similar o mayor.
- Cuando en la construcción de vigas se utiliza más de un bambú los conectores deben diseñarse para resistir las fuerzas que se generan en la unión.
- Debe evitarse realizar perforaciones en las vigas. De solicitarse, debe indicarse en los planos, incluyendo los pasos a seguir para que no debilite la estructura, y no falle a futuro a pesar del mantenimiento preventivo que se realiza a este elemento.
- No son permitidas perforaciones a la altura del eje neutro en secciones donde se tengan cargas puntuales o cerca de los apoyos, ya que este debilitaría toda la estructura.
- En el caso de que se llegue a realizar perforaciones deben localizarse a la altura del eje neutro y en ningún caso serán permitidas en la zona de tensión de los elementos estructurales.
- El tamaño máximo de la perforación será de 4 cm de diámetro.
- En los apoyos y los puntos de aplicación de cargas puntuales se permiten las perforaciones, siempre y cuando éstas sirvan para poder rellenar los entrenudos con mortero de cemento y también se pueda utilizar elementos estructurales tales como acero para que este elemento tenga mayor resistencia.

Bambú en la Construcción: La respuesta de estructuras de bambú reforzado con concreto ha sido estudió en muchos trabajos de investigación. La primera investigación bien documentada fue realizada por Clemson Agricultural College en el que los comportamientos de vigas rectangulares, vigas en T y se investigaron losas reforzadas con bambúes. El estudio concluyó que el refuerzo de bambú en vigas de concreto aumentó la capacidad de carga al aumentar porcentajes de refuerzo de bambú hasta un valor óptimo de tres a cuatro por ciento (Glenn, 1950).

Kankam et al (1986) informaron que se observaron tres modos diferentes de falla en losas reforzado con bambú; concreto en compresión, tanto cortante como concreto en compresión y bambú en tensión. Las cargas de falla experimental promediaron 180

porcentaje de los valores teóricamente predichos. En un trabajo de seguimiento (Kankam et al. 1988), Diez vigas de concreto reforzado con bambú simplemente soportadas fueron probadas para fallar bajo carga monotónica a corto plazo, mientras que otras seis vigas fueron sometidas a carga a largo plazo.

El colapso se produjo principalmente debido a la falla de tensión diagonal del concreto en el corte duración, lapso. Se propuso un método basado en el análisis de los resultados para el diseño de tales vigas El estudio realizado por Ghavami (1995) mostró que las cargas finales de las vigas de concreto pueden alcanzar hasta el 400 por ciento de la capacidad de vigas de concreto no reforzado.

Basado en la evaluación de las propiedades mecánicas de seis tipos diferentes de bambú y su comportamiento en concreto realizado por Ghavami (2005), el bambú puede sustituir al acero satisfactoriamente y es necesario establecer la resistencia característica del bambú para Propósitos de diseño.

Khare (2005) también evaluó el rendimiento del concreto armado de bambú. Él realizó pruebas de tracción en tres tipos de bambú (Moso, Solid y Tonkin) para obtener su relación constitutiva, seguida de pruebas de flexión de cuatro puntos en seis vigas de concreto reforzado con bambú para identificar su comportamiento en comparación con el concreto armado de acero vigas Los resultados de las pruebas indicaron que el refuerzo de bambú mejoró el transporte de carga capacidad en aproximadamente un 250 por ciento en comparación el bambú se ha utilizado en la construcción y actualmente se utilizan como accesorios, cimientos, marcos, andamios, pisos, paredes, techos y cerchas. Los bambúes están unidos para formar una cuadrícula refuerzo y colocado en arcilla blanda para resolver problemas de deformación en terraplenes. Durante los últimos años, varias personas han encontrado nuevos materiales para fines estructurales en ingeniería civil, se comenzó a utilizar bambú como refuerzo de concreto para estructuras prefabricadas a partir de un cálculo para mostrar por qué es económicamente competitivo, con propiedades mecánicas aceptables, sus múltiples usos, su natural durabilidad y preservación del bambú hace que este material sea más efectivo en la construcción.

Normalmente, el tallo de bambú con capa de superficie externa resistente a cualquier carga con una resistencia a la fractura más fuerte que el nodo. Eso sugiere que las fibras en el nodo no aportan resistencia a la fractura. La resistencia a la tracción de las fibras de bambú casi corresponde al del acero. Steinfeld ha estudiado los usos actuales del bambú en todo el mundo para lo cual sugirió las ventajas y desventajas del bambú como Material de construcción, la ventaja del bambú es su valor ecológico, buenas propiedades mecánicas, sociales y Valor económico y consumo de energía. Por otro lado, las desventajas del bambú son la preservación, el riesgo de incendio y crecimiento natural, se descubrió que la tensión de bambú es de aproximadamente 70 N / mm², aproximadamente un tercio de la del acero con la carga inicial de grietas en la viga de concreto.

El uso de la fibra de bambú como el refuerzo en la columna de hormigón aumentó la capacidad de carga de la columna en comparación con el no reforzado concreto. También mejora la capacidad de ruptura del concreto, pero no es tan pronunciada como en la columna de acero reforzado.

El diseño desarrollado indicará claramente la reducción de costos de la estructura donde el concreto armado de acero se reemplaza por concreto armado de bambú en la estructura principal de elementos para esto, se realizarán pruebas en bambú para estudiar las propiedades físicas y mecánicas

Comparación de bambú y acero: Una de las propiedades que haría del bambú un buen sustituto del acero en el concreto armado es su resistencia. La resistencia del bambú es mayor que la mayoría de las maderas, lo cual hace que tenga productos que son ventajosos, pero es aproximadamente la mitad de la resistencia a la tracción de acero.

El bambú es de fácil acceso, ya que crece en casi todas las zonas tropicales y subtropicales del Perú, y del mundo, esto reduce el costo de construcción y aumenta la fortaleza de los edificios eso de otra manera no sería reforzado. Un problema importante con el bambú es que atrae organismos vivos tales como hongos e insectos.

El bambú es más propenso a los insectos que otros árboles y pastos porque tiene un alto contenido de nutrientes. Para combatir este problema, se hace necesario tratar el bambú para protegerlo del medio ambiente, el acero no tiene este problema, pero también necesita ser recubierto para protegerlo del óxido, el bambú es muy liviano en comparación con el acero. Debido a su bajo módulo de elasticidad, el bambú puede agrietarse y desviarse más que el refuerzo de acero bajo las mismas condiciones, ante estos aspectos pone al bambú en la lista de materiales de construcción viables. Estas propiedades, cuando se combinan, sugieren que el bambú será una buena adición a la selección actual de materiales, pero es necesario que las personas en general se hagan más familiarizado con sus fortalezas y debilidades.

Problemas con el concreto armado y el bambú: Schneider et al (2014) realizaron pruebas a gran escala de concreto armado de bambú vigas bajo carga por gravedad. Durante la prueba, hubo grietas de flexión finas se observaron a un nivel relativamente bajo de carga. La primera grieta flexural significativa típicamente ocurría a menos del 20% de la capacidad final de diseño. La razón principal de La formación de grietas tempranas es que el módulo de elasticidad del bambú es menor que el del hormigón, que es aproximadamente 2000-6000 ksi (14,000-16,000 Mpa) dependiendo de su compresión fuerza. El bajo módulo de elasticidad hace que el bambú sea ineficaz para reducir las tensiones de tracción en concreto que causa grietas (Schneider et al.2014; Glenn 1950; Janseen 2000; Rahman 19 et al. 2011). El bambú incrustado en el hormigón puede participar activamente en el transporte de tracción destaca solo después de la formación de grietas de flexión iniciales. En otras palabras, mientras que el concreto armado con bambú puede estar diseñado para transportar una carga máxima significativa, pueden formarse grietas en el nivel de carga de servicio causando problemas de servicio como grietas notables y problemas de durabilidad. Amplio Las grietas también pueden permitir que el agua, los hongos y los insectos accedan al bambú, lo que puede provocar la descomposición y Desintegración del bambú.

Una de las posibles soluciones al problema antes mencionado es usar goma hormigón para reemplazar el hormigón normal en el diseño concreto reforzado con bambú,

desde el módulo de elasticidad de goma el concreto es mucho más bajo que el concreto normal. Depende de la cantidad y tipo de goma añadido, el módulo de elasticidad del hormigón recubierto de goma puede ser incluso más bajo que el del bambú joven (1149 ksi).

Procedimiento de Aplicación del Bambú: El Procedimiento del bambú reforzado con concreto se basa primero en ya tener los culmos de bambú adultos que han sido escogidos al azar, para luego proceder a ser curados.



Figura 3: Proceso de curado químico en inmersión de piscina

En la imagen explica el proceso curado por inmersión en una piscina para el mantenimiento y procesado químico el cual está dado por el baño caliente y frío, de ácido bórico y bórax, en agua caliente y va enfriándose gradualmente por 3 días, luego pasa al secado natural de 15 a 30 días o hasta 4 a 6 meses

aproximadamente, el secado también puede ser artificial en un aproximado de 24 horas.



Figura 4: Secado al aire libre

Luego del secado se pasa al almacenamiento, tradicionalmente también se encuentra el almacenado y secado en vertical. Después de cuatro a seis meses el secado al aire está terminado. El secado al horno solamente dura 2-3 semanas, pero con algunos tipos se pueden generar grietas.



Figura 5: Almacenamiento y secado tradicional en forma vertical

La disminución de humedad es más bien insignificante en comparación con la madera. Así las tentativas, en las cuales pulsó recientemente bambú fueron secadas con la humedad 140% contenta hasta el 20% cubrir, dieron lugar a una disminución de 0,3% de axial, el 5% de más radial y el 10% de la dirección tangencial. Aquí se debe considerar que con fuerzas tangenciales y radiales fácilmente se pueden formar grietas de secado.

ahora para el proceso de aplicación del bambú con concreto, este se impermeabiliza, a partir de una emulsión asfáltica, ya sea MC-30 o RC-250 ya que, al no realizar este proceso de impermeabilización, el bambú pasaría a absorber todo el líquido del concreto, y fallaría totalmente, la capa de impermeabilizante es de aproximadamente 2mm



Figura 6: Sellado del bambú con alquitrán.

luego de esto, se pasa nuevamente a ser secado naturalmente, una vez secado, si se desea usar el tallo completo, se sella con alquitrán la parte interna del bambú, este serviría para columnas, zapatas y vigas, añadiendo también que este elemento puede ser usado partido en 2 o en 3 partes longitudinalmente, tratando de dañar lo menos posible el nudo de este mismo, ya que este proporciona una gran parte de fuerza a la flexión si es viga, y compresión si es columna



Figura 7: Colocado de bambú para vigas de cimentación



Figura 8: Vigas de bambú

si se desea usar como placas, se corta el bambú, con un diámetro de 2 pulgadas aproximadamente, y estas servirán para la fabricación de placas, de unas medidas de 100 cm x 50 cm las cuales están conformadas por el bambú, cemento, arena gruesa y cal, esas placas servirían para la construcción de paredes, las que poseen propiedades físicas tales como conductividad térmica, y propiedades mecánicas tales como la compresión y tracción excelentes para viviendas de bajos recursos.



Figura 9: Placa de concreto con bambú para paredes, de 1.00 m x 0.50 m.



Figura 10: Acopio de placas de bambú reforzado con concreto para paredes.



Figura 11: Colocación artesanal de placas de bambú en paredes.

III. METODOLOGIA

3.1 Tipo y diseño de la investigación

Así lo define, (Hernández Sampieri, 2010.p.149), nos comenta que las investigaciones Experimentales se pueden manipular una o más variables.

Así damos con que el diseño de esta investigación es del tipo Experimental, ya que identifica y cuantifica las causas de un efecto dentro de un estudio. Así mismo todos los resultados obtenidos al procesar los datos y manejar los cálculos.

Enfoque de investigación

Según nos comenta (Hernández Sampieri, 2010 pág. 4). Esto comienza de una idea exacta, la cual se va acotándose y, al ser delimitada esta se derivará en diferentes preguntas y objetivos de la mencionada investigación, también se examina la literatura y de ahí se construirá un marco teórico o una perspectiva teórica. A estas preguntas obtenidas se establecerán las hipótesis y la determinación de las variables; además su desarrollo será un plan para probar el diseño; las medidas de las variables se determinarán en su contexto; a esto se analizarán las mediciones halladas las cuales con frecuencia fueron utilizadas en métodos estadísticos, después de todo ello se establecerá una serie de conclusiones con respecto de las hipótesis.

El enfoque de la siguiente investigación es Cuantitativo.

Nivel de investigación

Según (Hernández Sampieri, 2010. pps.83 al 85) se determina las diferentes causas de los fenómenos encontrados produciendo así un sentido de entendimiento y resultado para el análisis de investigación, además se da entender que estas ya halladas son sumamente estructuradas. También se concentran explicaciones de los diversos sucesos que ocurrieron al estudiar y evaluar los diferentes fenómenos, con esto se relacionaran dos o más variables para el enfoque de investigación.

La investigación fue considerada de Nivel Explicativo

Tipo de investigación

Según comenta (Ezequiel, 2011, p. 43) nos conceptualiza a que estos tipos de investigaciones hacen el uso de los métodos ya pasados, los cuales son de recopilación de conocimientos u obtención de teorías, además investigaciones básicas para resolver un problema que existe.

La investigación es de tipo aplicada, ya que conlleva a dar soluciones a problemas existentes y observables.

3.2 Variables y Operacionalización

No siempre se requieren una definición conceptualizada ya que se indica en el reporte de investigación, que es relativa y compartida. Normalmente el mismo título de variable lo menciona (Hernández 2010 pág., 113).

V1: Variable Dependiente.

02 tipos de bambú.

Definición conceptual: se usará 02 tipos de bambú, son dos tipos de culmo, o dos tipos de tallo con características y propiedades mecánicas similares, con conductas estructurales apropiadas para la construcción y edificación, el cual servirá para poder verificar con relación a los aspectos de cargas sísmicas que pudieran sufrir. Este diseño sísmico, es implementado para diversas edificaciones, donde el diseño sísmico es muy simple, y para lo cual se hará un diseño en particular que permita que las edificaciones, estén preparadas para sufrir constantes cargas sísmicas (Cervera y Blanco. 2004, p. 61).

V2: Variable Independiente.

Diseño y Comparación de una Edificación.

Definición conceptual: Un edificio se debe diseñar para satisfacer la necesidad funcional, estéticas y sociales, por otro lado, estas deben garantizar la seguridad estructural, de acuerdo a los principios del Diseño Sismorresistente, aplicadas en todas

las edificaciones nuevas, colocar refuerzo a las que ya existen y reparar a las edificaciones dañadas por acción sísmica. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento del Perú. (Norma E-030 del RNE, 2018, p. 12).

3.3 Población, muestra, muestreo y unidad de análisis

Población

En el estudio se tomará al conjunto de las estructuras analizadas con 2 tipos de bambú, en Moyobamba, el cual servirá para realizar la presente tesis.

El autor (Hernández Sampieri, 2010 p. 174) nos da a manifestar que la variable de población debe darse en el torno de sus características que contiene en las dimensiones de lugar y tiempo.

Muestra

En concordancia con la norma ISO/22157 -1 :2004, a la precisión requerida para el presente trabajo, y teniendo en cuenta las posibilidades, recursos y criterios del investigador, el número de análisis que se realizaran será 2, uno por cada tipo de material, siguiendo los parámetros establecidos por el programa ETABS para poder hallar las deformaciones máximas en cada estructura.

Según (Hernández Sampieri, 2010. p. 173) Se define o da a entender que la variable de muestra es un subgrupo de la otra variable de población; en que la muestra llega a ser solo una parte de la población en general, para ello tiene el fin de estudiar las características particulares y las propiedades de la población a analizar.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas

Según no comenta (Del Cid, y otros, en 2011) da a entender que la técnica a emplearse nos con lleva a estar más cerca del objeto a estudiar y analizar lo que pueda suceder en la investigación.

La técnica a utilizarse sera la de observación porque se analizará detenidamente los diferentes aspectos de las edificaciones, características, comportamiento sísmico y estructural, el cual será de mucha importancia para el análisis de los resultados.

Instrumentos

Nos dice (Del Cid, y entre otros, 2011p. 112) se señala que en las fichas de recolección para los datos estas son de fuentes de información documental.

De acuerdo a la investigación los instrumentos son:

- Reglamento Nacional de Edificaciones la Norma técnica E-100 2018.
- Software Etabs, como herramienta computacional para el análisis de datos.

3.5 Procedimientos

Los procedimientos estarán divididos por etapas:

Obteniendo los planos estructurales de la vivienda a analizar.

Se procederá a hacer una revisión en el programa AutoCAD luego de eso los predimensionamientos y parámetros de la edificación serán trasladados al programa Etabs.

Los diferentes parámetros y consideraciones serán sacados de las normas E-0.30 sismorresistente y E- 100

En el Etabs se realizarán la modelación de la edificación para así obtener los resultados del análisis estático.

Con los resultados obtenidos gracias a dichos programas se explicará cuáles serán las diferencias aplicando dichas normas en la edificación para así dar a conocer cuál es el cambio que se produce en las normas y como esto influye en las demás construcciones.

3.6. Métodos de análisis de datos

Para procesar datos se utilizarán los programas:

AutoCAD

Siendo un software de dibujo, en el cual se crearán y realizan bocetos, de los respectivos planos tanto de estructuras como de arquitectura. Para una mejor ayuda en la ingeniería.

Las herramientas para el dibujo y diseño de proyectos para lo cual hacemos uso de AutoCAD son:

Desarrollar planos, editar, auditar e inspeccionar los mismos.

La configuración de un proyecto de construcción de forma virtual para el correcto modelado y diseño.

La presentación de un proyecto terminado con sus reforzamientos estructurales, detalles, planos, hojas de análisis, leyendas, cuadros, y todas las diferentes anotaciones necesarias para todo proyecto estructural.

ETABS

Software, diseñado para el análisis estructural y el dimensionamiento de edificaciones se utilizará para modelar la estructura, con dimensiones reales en 3D.

Presenta herramientas para modelamiento y visualización de objetos en 3D, además la capacidad de poder realizar el análisis lineal y no lineal, diferentes alternativas de dimensionamiento sofisticadas, que abarcan una amplia gama de materiales, esclarecedores gráficos, informes y distintos diseños esquemáticos que facilitarán la comprensión del análisis y de los respectivos resultados.

El manejo de manera correcta de la presentación de resultados, tales como fuerzas de corte, fuerzas axiales, momentos flectores, torsiones sobre los miembros estructurales, losas según los casos de carga, combinaciones de cargas, etc.

3.7. Aspectos éticos

En este actual proyecto para la investigación se utilizarán datos e información suscritos en como el del Reglamento Nacional de Edificaciones. Con los diseños creados por mi autoría, y los datos obtenidos de otras tesis ya citadas textualmente para la comparación de los diseños, se utilizarán los planos estructurales y arquitectónicos, teniendo como fin el de proteger la seguridad, privacidad y confidencialidad de toda la información obtenida.

IV. RESULTADOS

Diseño de la Edificación.

La vivienda está ubicada en el departamento de San Martín, provincia de San Martín en el distrito de Moyobamba, el primer piso refleja 2 dormitorios, uno principal y uno de visita, un baño, una cocina y una sala y comedor

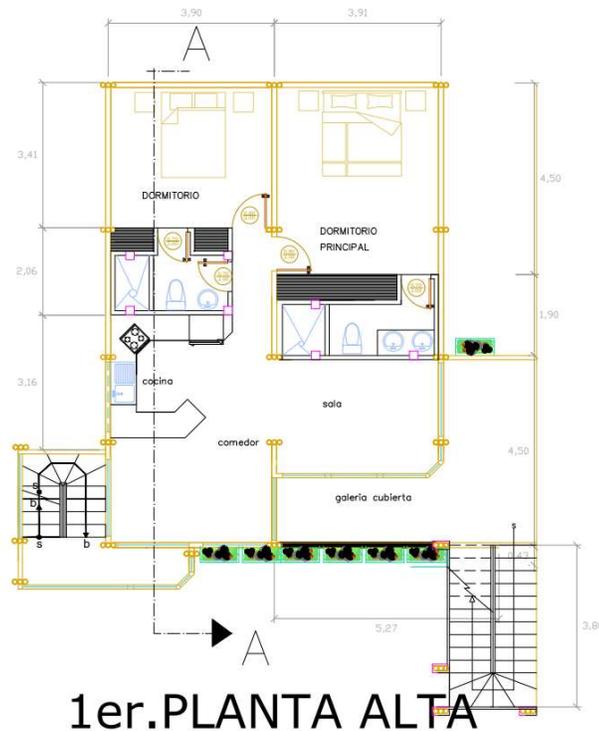


Figura 12: Plano en planta Primer piso

Fuente: Propia

El segundo piso consta de 2 dormitorios, no limita con ninguna vivienda hacia los costados, la estructura consta de bambú (vigas, columnas, muros), el entrepiso y techo consta de madera.

La capacidad portante del suelo es de aproximadamente 1.0 kg/cm^2 para realizar el diseño y análisis de la vivienda se empleó el Reglamento nacional de edificaciones, E.20 para cargas, E.30 para diseño sismorresistente, E.10 Madera y la E.100 Bambú.

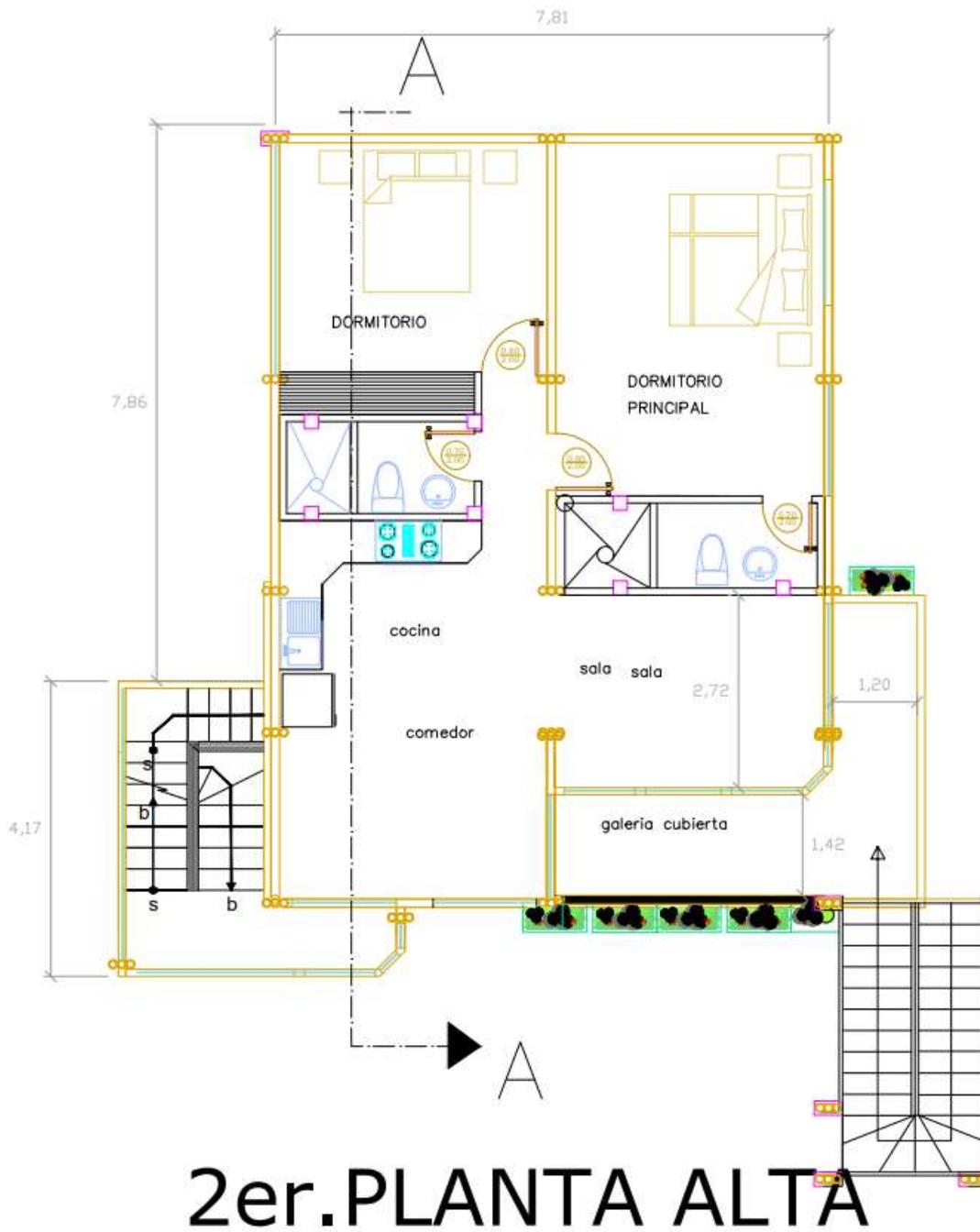


Figura 13: Plano en planta Segundo Piso

Fuente: Propia

Vista En Elevación Frontal De La Vivienda



Figura 14: Plano en elevación frontal

Fuente: Propia.

Estructura

Para realizar la estructura se ha utilizado el bambú, los pórticos están separados 2.70 metros en el eje X y 2.80 metros en el eje Y, para la cimentación se optó por usar cimiento corrido con concreto ciclópeo.

Dimensionamiento

Diseño de tijeral

Datos:

Longitud = 7.80 Metros

Material = Madera del grupo C

Tipo de Armadura = Abanico

Geometría de la armadura

Para el presente proyecto de investigación se usará una armadura tipo abanico por ser típica de la zona.

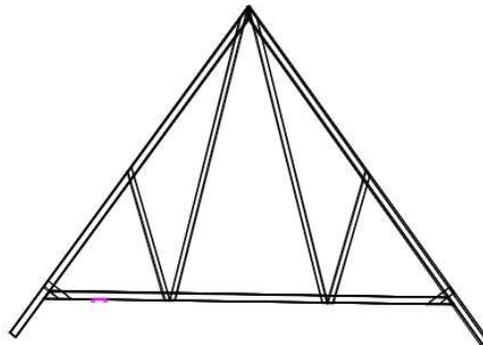


Figura 15: Vista frontal del tijeral

Fuente: Propia

Según (Cartagena, 2010, p.60): “En proporciones y luces recomendables en armaduras de maderas para las luces de los paños es”

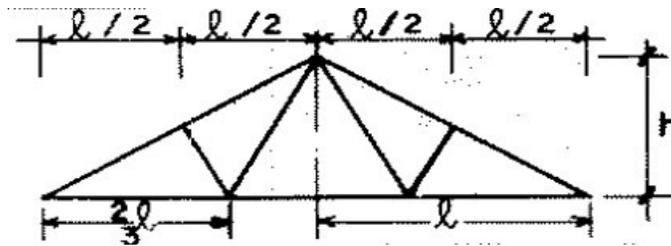


Figura 16: Armadura tipo abanico

Fuente: Cartagena, 2000

Para calcular la altura tiene que ser de $\frac{1}{2}$ multiplicado por el porcentaje de pendiente que según (Seymour, 2014, p 110) dice: “Para techo de paja o palma es del 50 % al 80 % por la longitud total de la armadura.

Respecto al material en general, el bambú (*Guadua Angustifolia* y *Gigantochloa Apu*)

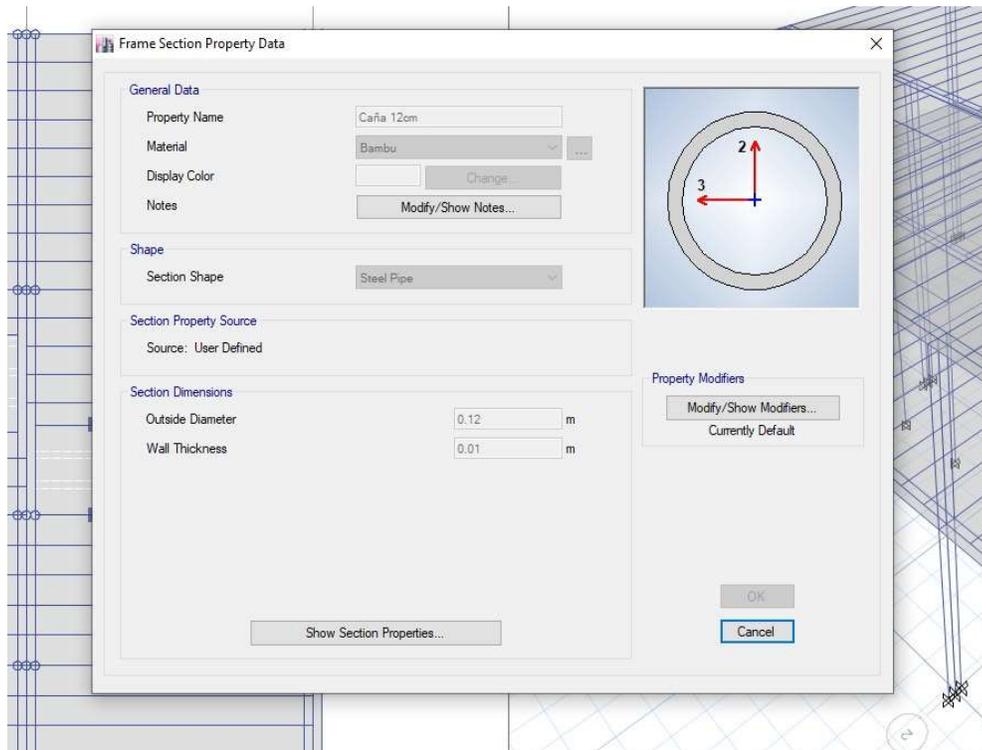


Figura 17: Sección del Material

Interpretación:

El material es bambú, con un diámetro de 0.12 m y un espesor de las paredes de 0.01 m

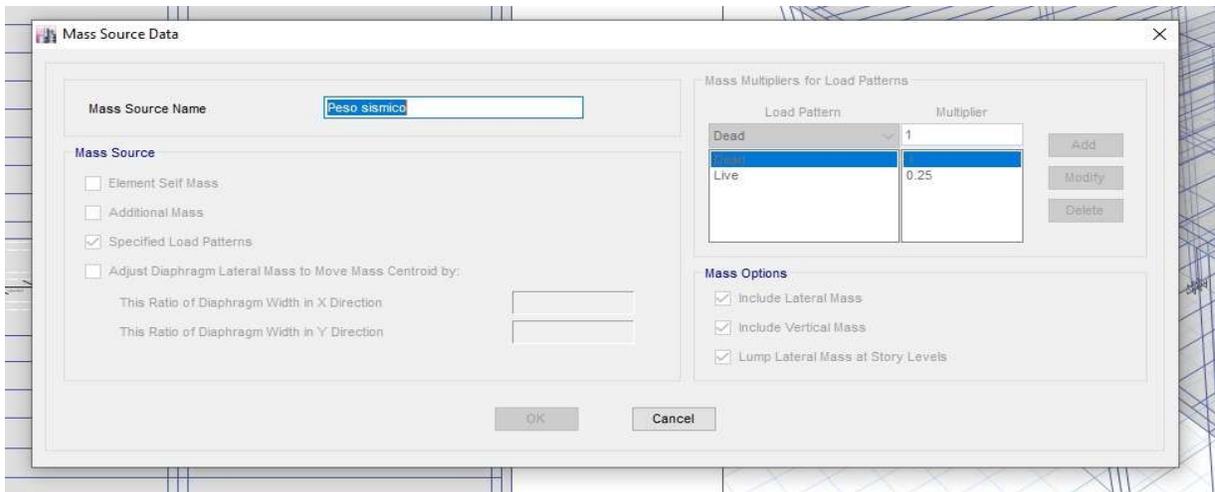


Figura 18: Definición del peso estructural

Interpretación:

El peso estructural de las cargas según la norma E 020, donde carga viva (Live) es 0.25, y carga muerta (Dead) es 1.

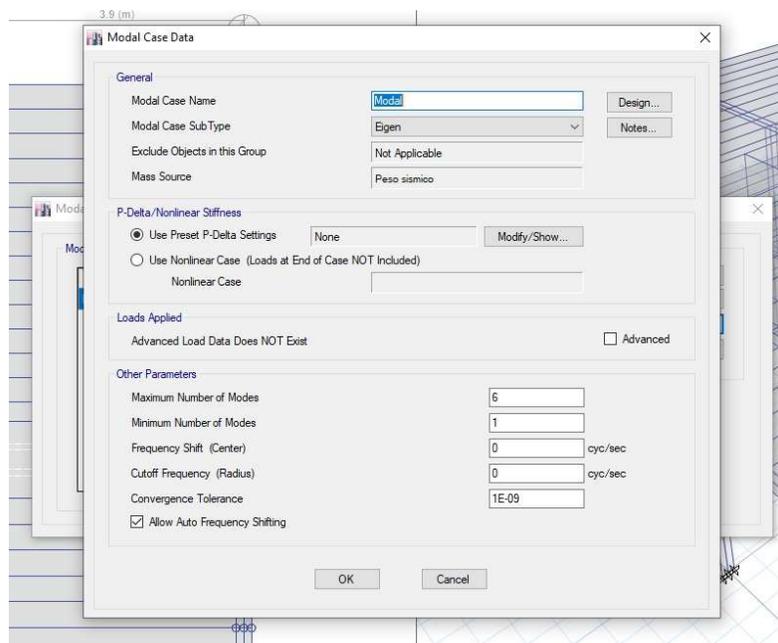


Figura 19: Asignación del análisis modal espectral

Interpretación:

Es acá donde se asignan 6 modos a evaluar en la estructura.

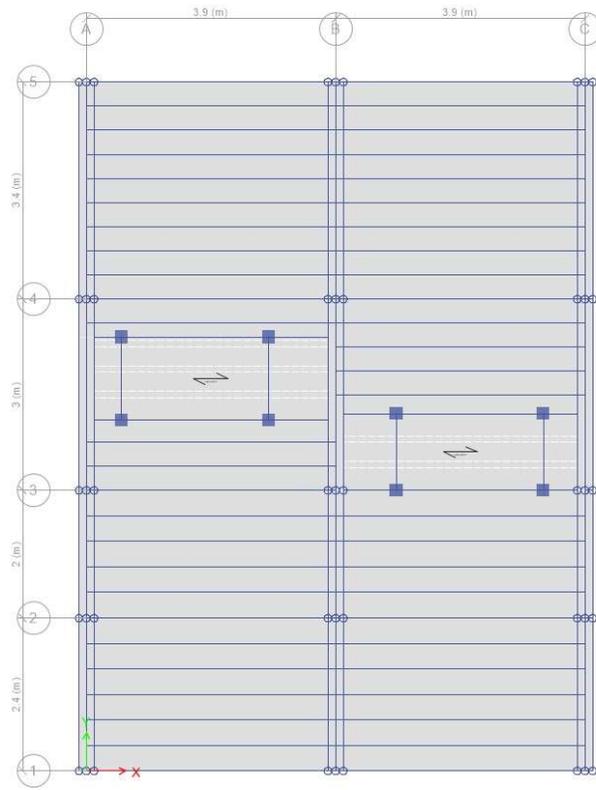


Figura 20: Vista en planta de la Estructura

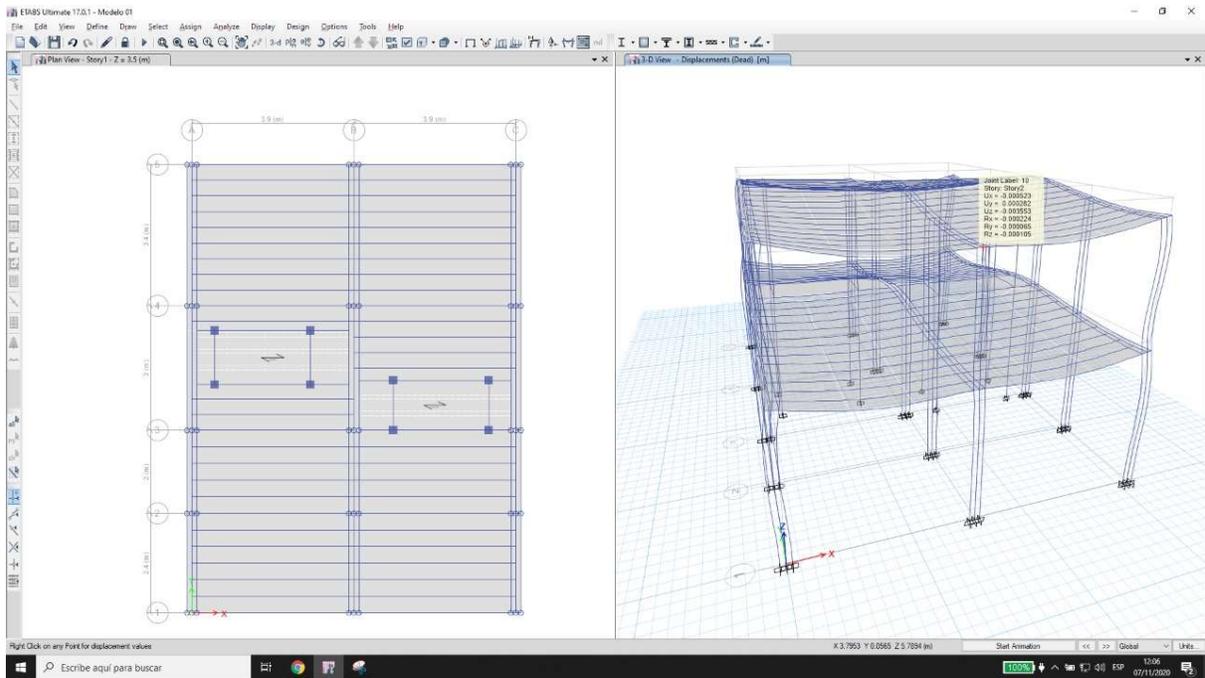


Figura 21: Desplazamiento de pisos

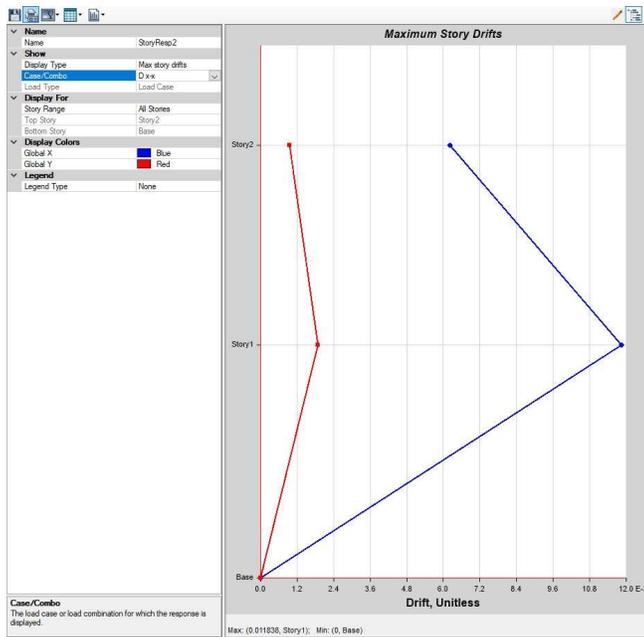


Figura 22: Distorsión entrepisos con respecto al análisis dinámico en la dirección X-X

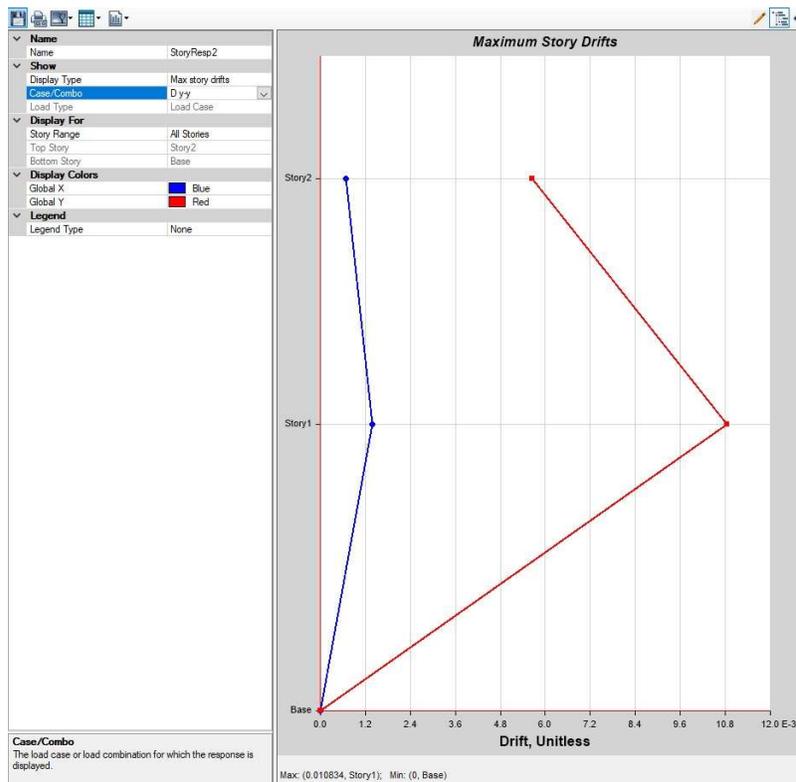
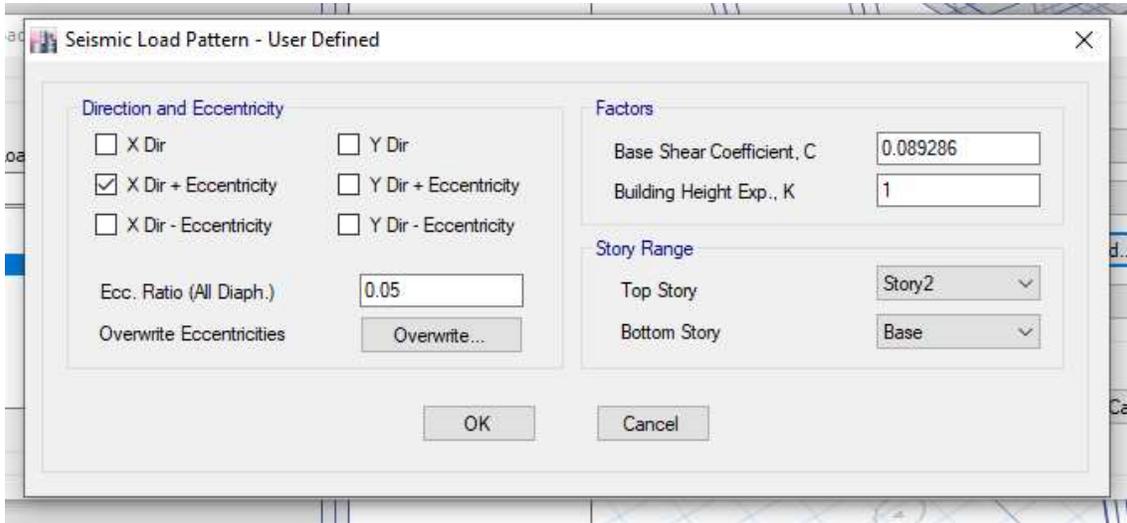


Figura 23: Distorsión entrepisos con respecto al análisis dinámico en la dirección Y-Y

MODELO 01

MODELO CON LOS ESFUERZOS ADMISIBLES NORMATIVOS



Interpretación:

Inserción de coeficientes para el análisis sísmico estático en la dirección X-X

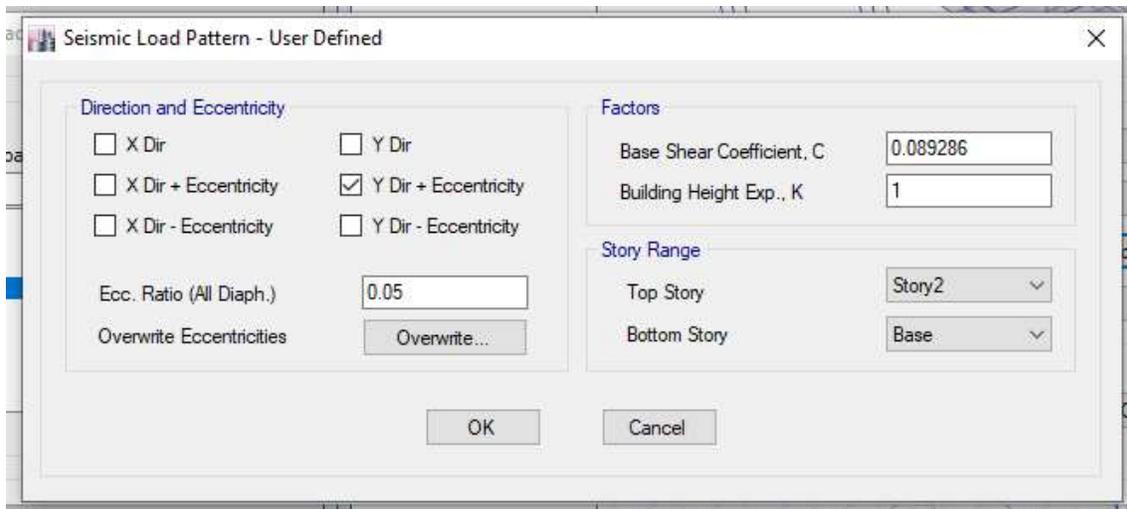
Base Reactions

2 de 8 | Reload Apply

	Load Case/Combo	FX tonf	FY tonf	FZ tonf	MX tonf-m	MY tonf-m	MZ tonf-m
	Dead	0	0	114.9756	622.8471	-446.7858	0
	Live	0	0	26.3148	142.2988	-102.289	0
	Sd x-x Max	3.8008	0.1198	0.0029	0.6285	19.8397	22.1488
	Sd y-y Max	0.1198	3.831	0.0161	20.1442	0.6255	15.0969
	D x-x Max	22.8047	0.7187	0.0176	3.7709	119.0384	132.8931
	D y-y Max	0.719	22.9936	0.0969	120.9066	3.7544	90.6123
	Sex	-10.6287	0	0	0	-57.4738	59.0382
	Sey	0	-10.6287	0	57.4738	0	-42.5747

Interpretación:

Cuadro de reacciones en la base, cortante basal análisis sísmico estático x-x 10.628 tonf.



Interpretación:

Inserción de coeficientes para el análisis sísmico estático en la dirección Y-Y

Base Reactions							
	Load Case/Combo	FX tonf	FY tonf	FZ tonf	MX tonf-m	MY tonf-m	MZ tonf-m
	Dead	0	0	114.9756	622.8471	-446.7858	0
	Live	0	0	26.3148	142.2988	-102.289	0
	Sd x-x Max	3.8008	0.1198	0.0029	0.6285	19.8397	22.1488
	Sd y-y Max	0.1198	3.831	0.0161	20.1442	0.6255	15.0969
	D x-x Max	22.8047	0.7187	0.0176	3.7709	119.0384	132.8931
	D y-y Max	0.719	22.9936	0.0969	120.9066	3.7544	90.6123
	Sex	-10.6287	0	0	0	-57.4738	59.0382
	Sey	0	-10.6287	0	57.4738	0	-42.5747

Interpretación:

Cuadro de reacciones en la base, cortante basal análisis sísmico estático y-y 10.628 tonf.

MODELO 02

FOTOS DE INSERCIÓN DE COEFICIENTES DEL ANÁLISIS ES LO MISMO NO ES NECESARIO REPETIRLO

Base Reactions							
8 de 8 Reload Apply							
	Load Case/Combo	FX tonf	FY tonf	FZ tonf	MX tonf-m	MY tonf-m	MZ tonf-m
	Dead	0	0	119.9445	649.226	-466.6104	0
	Live	0	0	26.3148	142.2988	-102.289	0
	Sd x-x Max	3.6545	0.2427	0.0057	1.3134	19.2676	21.6729
	Sd y-y Max	0.2427	3.616	0.0068	19.6628	1.2865	14.2211
	D x-x Max	13.7045	0.9102	0.0213	4.9254	72.2538	81.2739
	D y-y Max	0.9102	13.5599	0.0255	73.7357	4.8245	53.3293
	Sex	-11.0586	0	0	0	-60.1531	61.4147
▶	Sey	0	-11.0586	0	60.1531	0	-44.3658

Interpretación:

Cuadro de reacciones en la base, cortante basal análisis sísmico estático y-y 11.06 tonf., X-X 11.06 tonf.

Diseño estructural referente a las reacciones de los puntos en la base, para la obtención del cemento correspondiente.

Joint Reactions							
6 de 6 Reload Apply							
	Story	Joint Label	Unique Name	Load Case/Combo	FX tonf	FY tonf	FZ tonf
	Base	11	30	Dead	-0.0003	-0.0015	1.9962
	Base	11	30	Live	-0.0001	-0.0004	0.5141
	Base	24	75	Dead	-0.0002	-0.0016	1.9789
	Base	24	75	Live	-4.882E-05	-0.0004	0.5094
	Base	38	120	Dead	-0.0004	-0.0015	2.0172
▶	Base	38	120	Live	-0.0001	-0.0004	0.5203

Interpretación:

Reacciones en los puntos de las cañas de bambú, bajo cargas gravitatorias

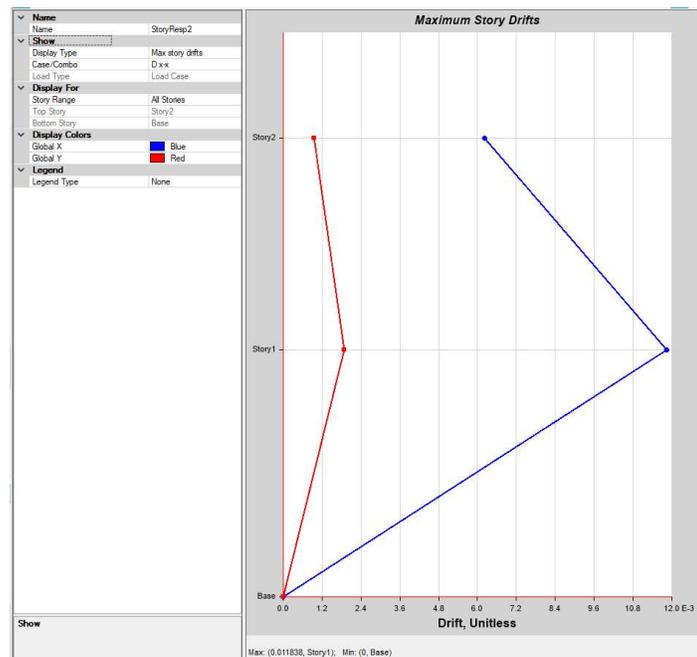
MODELO 01

DESPLAZAMIENTOS LATERALES

La tabla siguiente indica los desplazamientos obtenidos en el análisis, estos valores fueron determinados multiplicando los resultados obtenidos en el programa de análisis por 0.85 R para sistemas estructurales irregulares, conforme se especifica en la norma vigente.

DISTORSION DE ENTREPISO DIRECCIÓN X-X

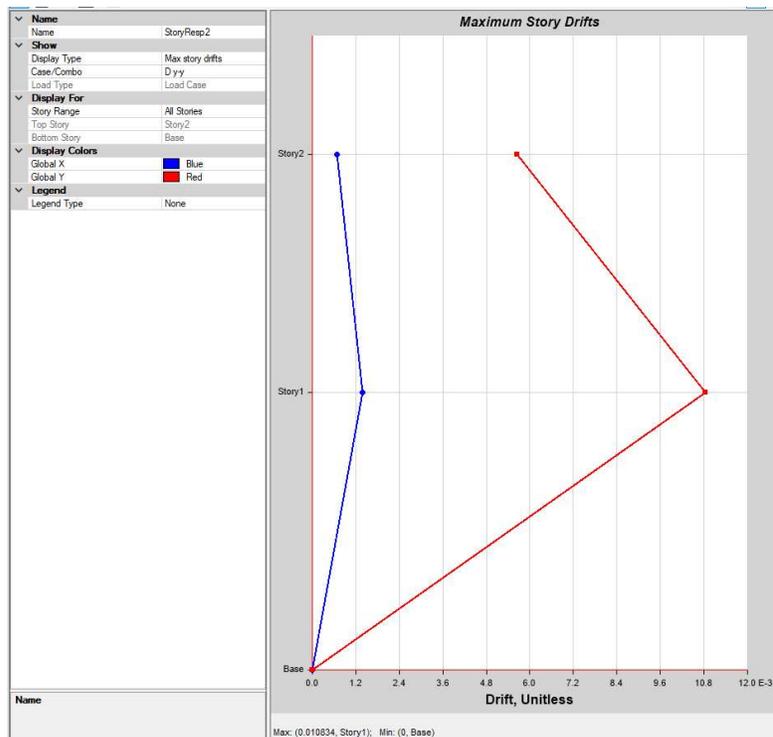
Nivel	Carga	DX		NORMA <0,010
		X	Y	
NIVEL 2	SDX	0.006206	0.000944	OK
NIVEL 1	SDX	0.011838	0.001891	NO



Máxima distorsión de entrepiso de acuerdo al análisis sísmico dinámico en la dirección X-X.

DISTORSION DE ENTREPISO DIRECCIÓN y-y

Nivel	Carga	Dy		NORMA <0,010
		X	Y	
NIVEL 2	SDX	0.000675	0.005647	OK
NIVEL 1	SDX	0.001383	0.010834	NO



Máxima distorsión de entrepiso de acuerdo al análisis sísmico dinámico en la dirección y-y.

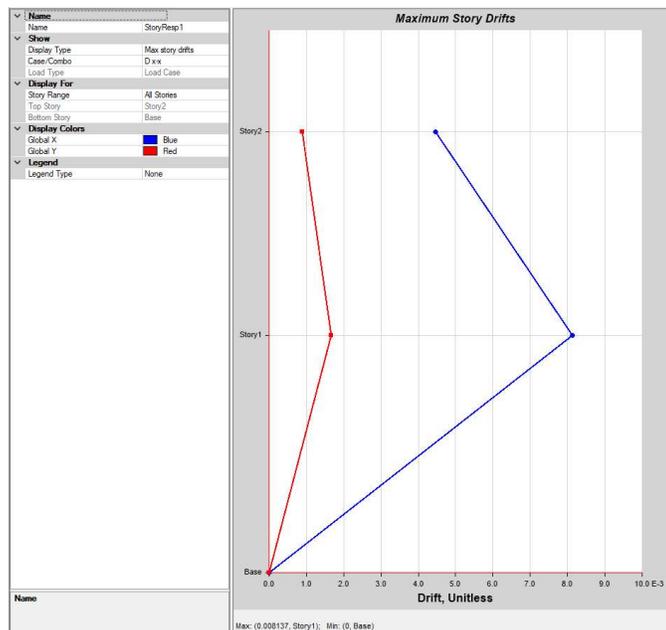
MODELO 02

DESPLAZAMIENTOS LATERALES

La tabla siguiente indica los desplazamientos obtenidos en el análisis, estos valores fueron determinados multiplicando los resultados obtenidos en el programa de análisis por 0.85 R para sistemas estructurales irregulares, conforme se especifica en la norma vigente.

DISTORSION DE ENTREPISO DIRECCIÓN X-X

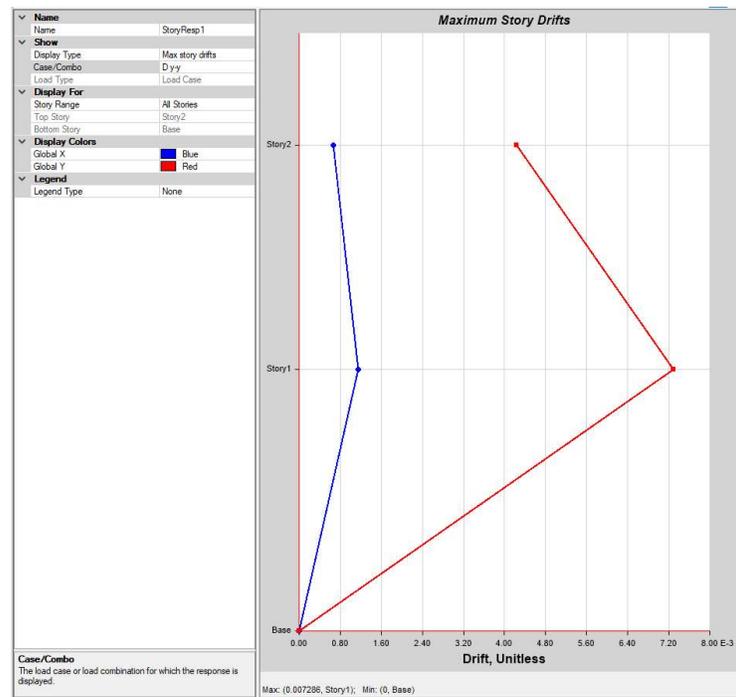
Nivel	Carga	DX		NORMA <0,010
		X	Y	
NIVEL 2	SDX	0.004471	0.000889	OK
NIVEL 1	SDX	0.008137	0.001655	OK



Máxima distorsión de entrepiso de acuerdo al análisis sísmico dinámico en la dirección X-X.

DISTORSION DE ENTREPISO DIRECCIÓN y-y

Nivel	Carga	Dy		NORMA <0,010
		X	Y	
NIVEL 2	SDX	0.000669	0.004235	OK
NIVEL 1	SDX	0.00956	0.007286	OK



Máxima distorsión de entrepiso de acuerdo al análisis sísmico dinámico en la dirección y-y

Donde aquí se llega a ver que en la primera modelación no llega a cumplir el estándar base para poder realizar una construcción que pueda ser sísmicamente aprobada, pero en el segundo modelamiento cumple con todos los estándares para poder construir con ese material, en el cual nos está dando la distorsión entre pisos menor a lo que pide la norma que es 0.010.

CALCULO DE ESPECTRO DE PSEUDO - ACELERACIONES (NORMA E030-2014/DS-003-2016)

Tabla N°1 (NORMA E030-2014/DS-003-2016)

FACTOR DE ZONA "Z"	ZONA	Z
	ZONA 2	0.25

Tabla N°3 y N°4 (NORMA E030-2014/DS-003-2016)

FACTOR DE SUELO "S"	TIPO	DESCRIPCION	S	Tp	Tl
	S1	Roca o Suelos Muy Rígidos	1.00	0.40	2.50

Tabla N°5 (NORMA E030-2014/DS-003-2016)

FACTOR DE USO "U"	CATEGORIA	U	OBSERVACIONES
	"C" Edificaciones Comunes	1.00	Revisar tabla N°6 E030-2014

Tabla N°7 (NORMA E030-2014/DS-003-2016)

FACTOR DE SISTEMA ESTRUCTURAL "R"	DIRECCION	SISTEMA ESTRUCTURAL	Ro
	DIR X-X	Madera (Por esfuerzos admisibles)	7
	DIR Y-Y	Madera (Por esfuerzos admisibles)	7

Tabla N°8 (NORMA E030-2014/DS-003-2016)

IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN ALTURA		la Dir X-X	la Dir Y-Y
Irregularidad de Rigidez – Piso Blando	<input type="checkbox"/> DIR X-X <input type="checkbox"/> DIR Y-Y	1.00	1.00
Irregularidades de Resistencia – Piso Débil	<input type="checkbox"/> DIR X-X <input type="checkbox"/> DIR Y-Y	1.00	1.00
Irregularidad Extrema de Rigidez	<input type="checkbox"/> DIR X-X <input type="checkbox"/> DIR Y-Y	1.00	1.00
Irregularidad Extrema de Resistencia	<input type="checkbox"/> DIR X-X <input type="checkbox"/> DIR Y-Y	1.000	1.000
Irregularidad de Masa o Peso	<input type="checkbox"/> AMBAS DIRECCIONES	1.000	1.000
Irregularidad Geométrica Vertical	<input type="checkbox"/> DIR X-X <input type="checkbox"/> DIR Y-Y	1.00	1.00
Discontinuidad en los Sistemas Resistentes	<input type="checkbox"/> AMBAS DIRECCIONES	1.00	1.00
Discontinuidad extrema de los Sistemas Resistentes	<input type="checkbox"/> AMBAS DIRECCIONES	1.00	1.00
Tener en cuenta las restricciones de la tabla N° 10	Se toma el valor mas critico	1.00	1.00

Tabla N°9 (NORMA E030-2014/DS-003-2016)

IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN PLANTA		Ip Dir X-X	Ip Dir Y-Y
Irregularidad Torsional	<input type="checkbox"/> DIR X-X <input type="checkbox"/> DIR Y-Y	1.00	1.00
Irregularidad Torsional Extrema	<input type="checkbox"/> DIR X-X <input type="checkbox"/> DIR Y-Y	1.00	1.00
Esquinas Entrantes	<input type="checkbox"/> DIR X-X <input type="checkbox"/> DIR Y-Y	1.00	1.00
Discontinuidad del Diafragma	<input type="checkbox"/> AMBAS DIRECCIONES	1.00	1.00
Sistemas no Paralelos	<input type="checkbox"/> DIR X-X <input type="checkbox"/> DIR Y-Y		
Tener en cuenta las restricciones de la tabla N° 10	Se toma el valor mas critico		

Categoría de la Edificación	Zona	Restricciones
A1 y A2	4, 3 y 2	No se permiten irregularidades
	1	No se permiten irregularidades extremas
B	4, 3 y 2	No se permiten irregularidades extremas
	1	Sin restricciones
C	4 y 3	No se permiten irregularidades extremas
	2	No se permiten irregularidades extremas excepto en edificios de hasta 2 pisos u 8 m de altura total
	1	Sin restricciones

la: Factor de irregularidad en altura.

Ip: Factor de irregularidad en planta.

Ro: Coeficiente básico de reducción de las fuerzas sísmicas.

g: Aceleración de la gravedad.

T: Período fundamental de la estructura para el análisis estático o período de un modo en el análisis dinámico.

Tp: Período que define la plataforma del factor C.

Tl: Período que define el inicio de la zona del factor C con desplazamiento constante.

C: Factor de amplificación sísmica.

Categoría de la Edificación	Zona	Sistema Estructural
A1	4 y 3	Aislamiento Sísmico con cualquier sistema estructural.
	2 y 1	Estructuras de acero tipo SCBF, OCBF y EBF. Estructuras de concreto: Sistema Dual, Muros de Concreto Armado, Albañilería Armada o Confinada.
A2 (*)	4, 3 y 2	Estructuras de acero tipo SCBF, OCBF y EBF. Estructuras de concreto: Sistema Dual, Muros de Concreto Armado, Albañilería Armada o Confinada.
	1	Cualquier sistema.
B	4, 3 y 2	Estructuras de acero tipo SMF, IMF, SCBF, OCBF y EBF. Estructuras de concreto: Pórticos, Sistema Dual, Muros de Concreto Armado, Albañilería Armada o Confinada. Estructuras de madera
	1	Cualquier sistema.
C	4, 3, 2 y 1	Cualquier sistema.

RESUMEN

DATOS	FACTORES	DATOS	DIR X-X	DIR Y-Y
Z	0,25	R ₀	8	8
U	1,00	R ₀	1,00	1,00
S	1,00	I _p	1,00	1,00
T _P	0,40	R	8	8
T _L	2,50	g	9.81 m/s ²	

$$S_a = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot g$$

$$R = R_0 \cdot I_a \cdot I_p$$

$$T < T_P \quad C = 2,5$$

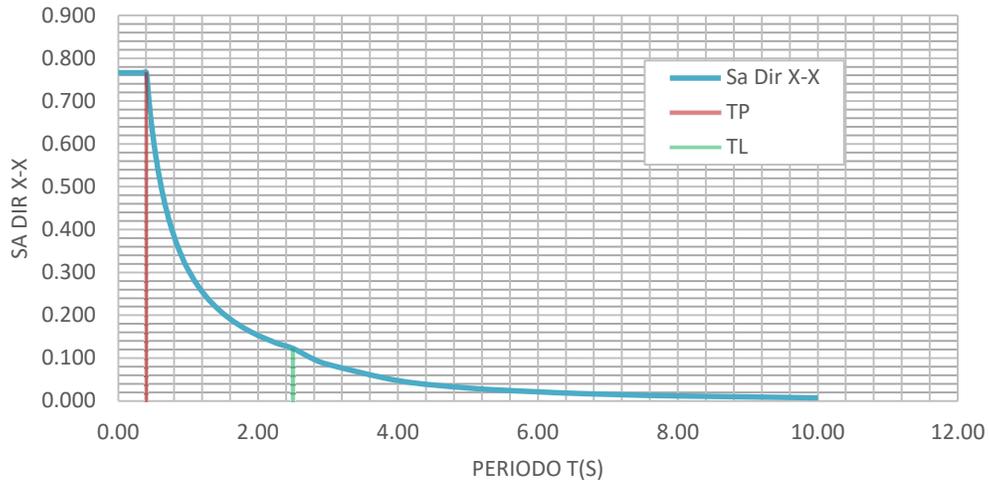
$$T_P < T < T_L \quad C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_P}{T}\right)$$

$$T > T_L \quad C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_P \cdot T_L}{T^2}\right)$$

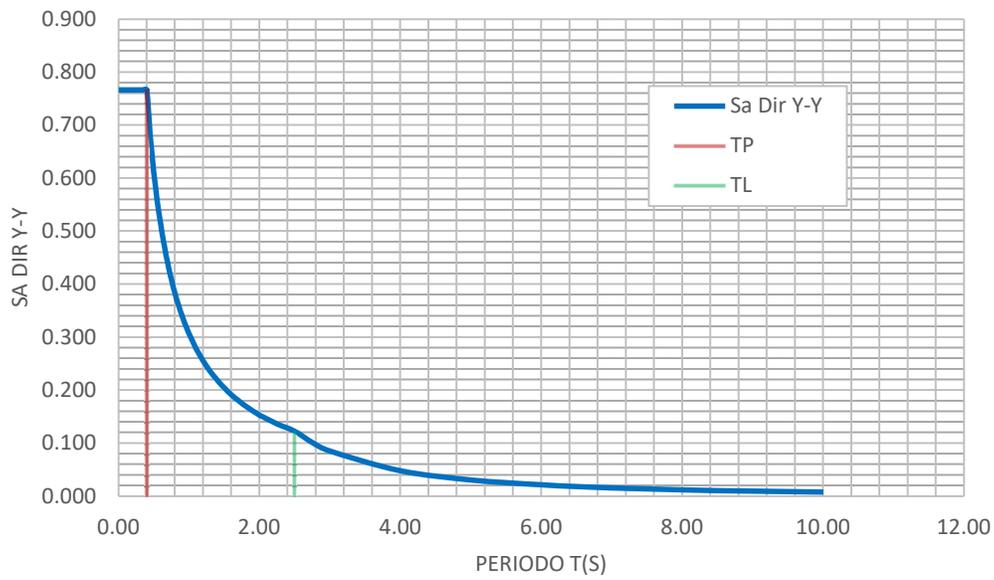
C	T	Sa Dir X-X	Sa Dir Y-Y
2,50	0,00	0,766	0,766
2,50	0,02	0,766	0,766
2,50	0,04	0,766	0,766
2,50	0,06	0,766	0,766
2,50	0,08	0,766	0,766
2,50	0,10	0,766	0,766
2,50	0,12	0,766	0,766
2,50	0,14	0,766	0,766
2,50	0,16	0,766	0,766
2,50	0,18	0,766	0,766
2,50	0,20	0,766	0,766
2,50	0,25	0,766	0,766
2,50	0,30	0,766	0,766
2,50	0,35	0,766	0,766
2,50	0,40	0,766	0,766
2,22	0,45	0,681	0,681
2,00	0,50	0,613	0,613
1,82	0,55	0,557	0,557
1,67	0,60	0,511	0,511
1,54	0,65	0,472	0,472
1,43	0,70	0,438	0,438
1,33	0,75	0,409	0,409
1,25	0,80	0,383	0,383

1,18	0,85	0,361	0,361
1,11	0,90	0,341	0,341
1,05	0,95	0,323	0,323
1,00	1,00	0,307	0,307
0,91	1,10	0,279	0,279
0,83	1,20	0,255	0,255
0,77	1,30	0,236	0,236
0,71	1,40	0,219	0,219
0,67	1,50	0,204	0,204
0,63	1,60	0,192	0,192
0,59	1,70	0,180	0,180
0,56	1,80	0,170	0,170
0,53	1,90	0,161	0,161
0,50	2,00	0,153	0,153
0,44	2,25	0,136	0,136
0,40	2,50	0,123	0,123
0,33	2,75	0,101	0,101
0,28	3,00	0,085	0,085
0,16	4,00	0,048	0,048
0,10	5,00	0,031	0,031
0,07	6,00	0,021	0,021
0,05	7,00	0,016	0,016
0,04	8,00	0,012	0,012
0,03	9,00	0,009	0,009
0,03	10,00	0,008	0,008

ESPECTRO DE PSEUDO - ACELERACIONES X-X



ESPECTRO DE PSEUDO - ACELERACIONES Y-Y



RESULTADO			
CORTANTE ESTATICA			
Z	0,25	RX	8
U	1,00	C	2,5
S	1,00	VX	0,078125
RX	8	VY	0,078125

Con los datos obtenidos podemos realizar un diseño estructural de una parte importante en este caso sería una zapata aislada.

DISEÑO DE ZAPATA AISLADA CON EL PRIMER TIPO DE BAMBU

Carga muerta =	5.9923	ton/m ²	Peso de servicio =	7.5361
Carga variable =	1.5438	ton/m ²	Peso Ultimo =	11.014
Sobrecarga =	0.25	ton/m ²		
Prof. Cimentación =	1.2	m		
Esfuerzo del terreno =	0.92	kg/cm ²	a =	0.35 cm
Peso específico del suelo =	2.647	t/m ³	b =	0.15 cm
Esfuerzo de compresión del concreto =	210	kg/cm ²		
Esfuerzo de fluencia del acero =	4200	kg/cm ²		
Peso específico del concreto =	2.4	ton/m ³		

a) Predimensionamiento en Planta

$$\sigma_n = \sigma_t - \left[\left(\frac{\gamma_s + \gamma_c}{2} \right) Df + s/c \right]$$

Esfuerzo neto del terreno:

$$\sigma_n = 5.922 \text{ tn/m}^2$$

Area de la zapata

$$A_z = \frac{P_s}{\sigma_n}$$

Area de zapata mínima

$$A_z = 1.273 \text{ m}^2$$

Lados de zapata

$$L_z = \sqrt{A_z} + \frac{t - b}{2}$$

$$B_z = \sqrt{A_z} - \frac{t - b}{2}$$

$$L_z = 1.378 \text{ m}$$

$$B_z = 0.878 \text{ m}$$

Área zapata > Área zapata mínima
 1.2101029 > 1.27260292 NO

Considerando:

$$L_z = 1.20 \text{ m}$$

$$B_z = 1.10 \text{ m}$$

Área zapata > Área zapata mínima
 1.32 > 1.273 OK

Área de zapata a utilizar = 1.32 m

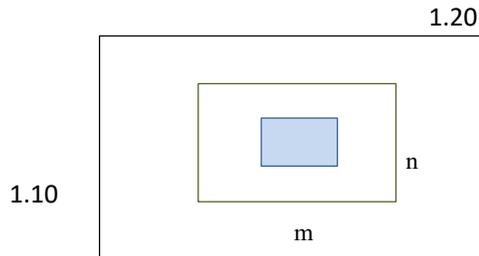
Calculo del esfuerzo ultimo

$$qu = \frac{Pu}{Az}$$

qu = 8.344 ton/m²

b) Verificacion del peralte por punzonamiento

Asumiendo un peralte de 0.60 m



$$\beta = \frac{\text{Dimension mayor de col.}}{\text{Dimension menor de col}}$$

$\beta = 2.33$

peralte = 0.6 m
 d' = 0.51 m

$$m = t + d, \quad n = b + d$$

m = 0.66
 n = 0.86

$$\phi Vc = (0.75) * 0.27 \left(2 + \frac{4}{\beta} \right) \sqrt{f'c}$$

$$\phi Vc = (0.75) * 1.06 \sqrt{f'c}$$

$\phi Vc = 54.356 \text{ ton/m}^2$

$\phi Vc = 115.206 \text{ ton/m}^2$

Se utilizara el menor valor $\phi Vc = 54.356 \text{ ton/m}^2$

$$V_{up} = Pu - qu(mxn)$$

$$V_u < \phi V_c(2m + 2n)d$$

Se debe cumplir que:

$$V_{up} = 6.278 \text{ ton}$$

$$6.278 < 84.27 \text{ OK}$$

C) Verificación por corte

$$V_u = \phi V_c$$

$$V_u = qu * B * (Lv - d)$$

$$\phi V_c = \phi * 0.53 \sqrt{f'c} * B * d$$

$$V_u = 0.300 \text{ ton}$$

$$\phi V_c = 39.954 \text{ ton}$$

$$\text{Comprobación: } 0.300 < 39.954 \text{ OK}$$

e) Diseño por flexión

Dirección X-X

$$M_{u \text{ max.}} = \frac{qu * B * Lv^2}{2}$$

$$M_u = 3.679 \text{ ton.m}$$

$$A_s = \frac{M_u}{\phi f_y (d - \frac{a}{2})}$$

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0.85 \cdot f'c \cdot b}$$

$$\begin{aligned} \text{Asumir: } a &= d/5 \\ a &= 10.2 \end{aligned}$$

Cálculo del área de acero mediante interacciones

$$A_s \text{ min} = 0.0018 \cdot B \cdot d$$

$$1er \quad A_s = 2.120 \text{ cm}^2$$

$$a = 0.416 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} A_s \text{ min} \\ = 11.016 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$2da \quad A_s = 1.916 \text{ cm}^2$$

$$a = 0.376 \text{ cm}$$

$$1.916 > 11.016 \text{ NO}$$

$$\text{Se utilizará } 11.016 \text{ cm}^2$$

Espaciamento (Diámetro de barra mínimo a utilizar $\phi 5/8''$)

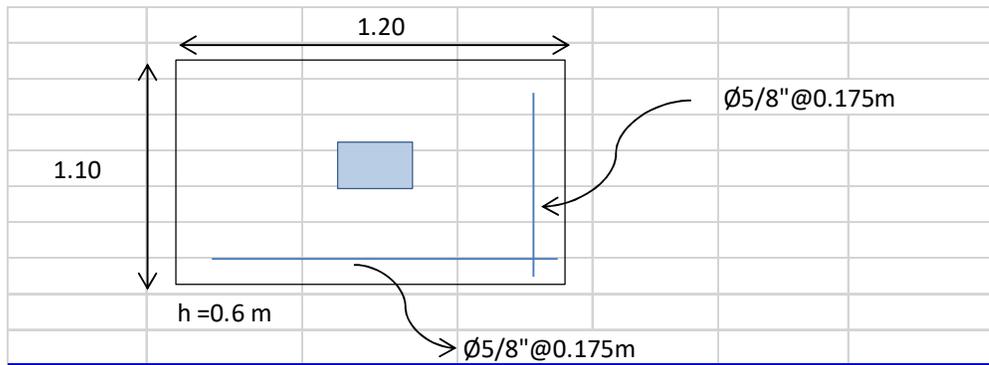
$$S = \frac{B * Av}{As}$$

$$S = 21.57$$

$$S = 17.5 \text{ cm}$$

Usará $\varnothing 5/8'' @ 0.175\text{m}$

Vista en Planta



DISEÑO DE ZAPATA AISLADA CON EL SEGUNDO TIPO DE BAMBU

Carga muerta =	4.609	ton/m ²		Peso de servicio =	6.153
Carga variable =	1.544	ton/m ²		Peso Ultimo =	9.078
Sobrecarga =	0.25	ton/m ²			
Prof. Cimentación =	1.2	m			
Esfuerzo del terreno =	0.92	kg/cm ²		a =	0.35 cm
Peso específico del suelo =	2.647	t/m ³		b =	0.15 cm
Esfuerzo de compresión del concreto =	210	kg/cm ²			
Esfuerzo de fluencia del acero =	4200	kg/cm ²			
Peso específico del concreto =	2.4	ton/m ³			

a) Predimensionamiento en Planta

Esfuerzo neto del terreno:

$$\sigma_n = \sigma_t - \left[\left(\frac{\gamma_s + \gamma_c}{2} \right) D_f + s/c \right]$$

$\sigma_n = 5.922 \text{ tn/m}^2$

Area de la zapata

$$A_z = \frac{P_s}{\sigma_n}$$

Area de zapata mínima

$A_z = 1.039 \text{ m}^2$

Lados de zapata

$$L_z = \sqrt{A_z} + \frac{t-b}{2}$$

$$B_z = \sqrt{A_z} - \frac{t-b}{2}$$

$L_z = 1.269 \text{ m}$

$B_z = 0.769 \text{ m}$

Area zapata > Area zapata minima

$0.9765863 > 1.03908635 \text{ NO}$

Considerando:

$L_z = 1.00 \text{ m}$

Bz = 1.10 m

Area zapata > Area zapata minima
 1.1 > 1.039 OK

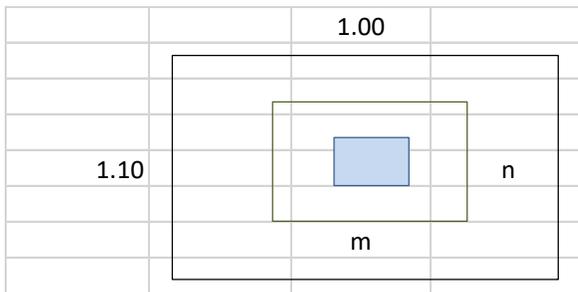
Area de zapata a utilizar = 1.1 m

Calculo del esfuerzo ultimo

$$q_u = \frac{P_u}{A_z} \quad q_u = 8.252 \text{ ton/m}^2$$

b) Verificacion del peralte por punzonamiento

Asumiendo un peralte de 0.60 m



$$\beta = \frac{\text{Dimension mayor de col.}}{\text{Dimension menor de col}} \quad \beta = 2.33$$

peralte = 0.6 m
 d' = 0.51 m

$$m = t + d, \quad n = b + d$$

m = 0.66
 n = 0.86

$$\phi V_c = (0.75) * 0.27 \left(2 + \frac{4}{\beta} \right) \sqrt{f'c}$$

$\phi V_c = 54.356 \text{ ton/m}^2$

$$\phi V_c = (0.75) * 1.06 \sqrt{f'c}$$

$\phi V_c = 115.206 \text{ ton/m}^2$

Se utilizara el menor valor $\phi V_c = 54.356 \text{ ton/m}^2$

$V_{up} = P_u - q_u(mxn)$	Se debe cumplir que:	$V_u < \phi V_c(2m + 2n)d$
$V_{up} = 4.394 \text{ ton}$		$4.394 < 84.27 \text{ OK}$

C) Verificación por corte

$V_u = \phi V_c$	$V_u = q_u * B * (Lv - d)$	$\phi V_c = \phi * 0.53 \sqrt{f'c} * B * d$
	$V_u = -1.403 \text{ ton}$	$\phi V_c = 33.295 \text{ ton}$
Comprobación : $-1.403 < 33.295 \text{ OK}$		

e) Diseño por flexión

Dirección X-X

$Mu \text{ max.} = \frac{qu * B * Lv^2}{2}$	$Mu = 2.406 \text{ ton.m}$
$As = \frac{Mu}{\phi f_y(d - \frac{a}{2})}$	$a = \frac{As * f_y}{0.85 * f'c * b}$
	Asumir: $a = d/5$ $a = 10.2$

Cálculo del area de acero mediante interacciones

1er	$As = 1.387 \text{ cm}^2$		$As \text{ min} = 0.0018 * B * d$
	$a = 0.326 \text{ cm}$		$As \text{ min} = 9.18 \text{ cm}^2$
2da	$As = 1.252 \text{ cm}^2$	$1.252 > 9.18 \text{ NO}$	
	$a = 0.295 \text{ cm}$		Se utilizará 9.180 cm^2

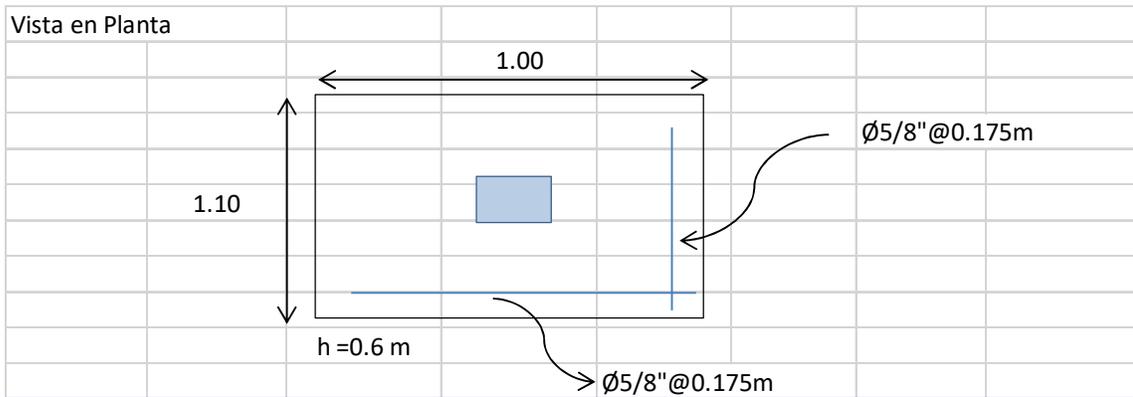
Espaciamiento (Diámetro de barra mínimo a utilizar $\varnothing 5/8"$)

$$S = \frac{B * Av}{As}$$

$$S = 21.57$$

$$S = 17.5 \text{ cm}$$

Usará $\varnothing 5/8"$ @0.175m



V. DISCUSIÓN

DISCUSIÓN 1:

Con respecto a la hipótesis planteada “Evaluación del comportamiento de una vivienda de bambú del tipo 01 y tipo 02, con el programa ETABS, Moyobamba 2020”

Según Paredes Angulo, Víctor, para optar el título de Ing. civil, con su tesis titulada: **“USO DEL BAMBÚ COMO MATERIAL ESTRUCTURAL CASO VIVIENDA ECOLÓGICA EN TARAPOTO-2017”** donde sus **RESULTADOS** aceptan la hipótesis general que establece que una estructura de bambú soportara las cargas de viento y sismo en la región San Martín donde el material a utilizar debe ser de una resistencia considerable para los trabajos realizados, además según el programa utilizado, nos da que en la base del primer piso es menor a 0.010, siendo exactamente 0.00088, siendo este el sismo directamente en X, ahora para Y es 0.0017, para el techo el desplazamiento en X es 0.00048, y para Y es 0.00094, cumpliendo así la norma E.20. Así mismo dentro de los resultados obtenidos a través de unas tablas desarrolladas con el programa Excel, nos arroja respecto a los resultados un menor desplazamiento del bambú del tipo 2, respecto al tipo 01, en el cual el desplazamiento del eje X del primer piso es 0.009 y el desplazamiento en Y es 0.00048, el cual cumple los requisitos de la norma E. 20.

DISCUSIÓN 2:

Con respecto a la hipótesis planteada “Evaluación del comportamiento de una vivienda de bambú del tipo 01 y tipo 02, con el programa ETABS, Moyobamba 2020”

Según Mendoza Vera, Karen, Navarro Chunga, Sandra, con el título **“DISEÑO DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR DE CONCRETO REFORZADO CON BAMBÚ (BAMBUSOIDEAESPP.) EN EL CENTRO POBLADO LA LAGUNA, JR. GRAU S/DISTRITO DE LALA QUIZ, PROVINCIA DE HUANCABAMBA; PIURA, 2018”**, donde el **RESULTADO**: Aquí se determinó La resistencia respecto al esfuerzo de compresión dado en el concreto reforzado con Bambú y también en las estructuras de concreto armado, donde difieren en 0.03 Mpa; además la diferencia entre las resistencias al esfuerzo de flexión es de 0.08 Mpa; por lo tanto se pueden realizar construcciones de concreto con bambú ya que las diferencias son mínimas, y esto se utilizaría para la construcción de viviendas de 2 pisos, y reforzando podrían ser más, ya que la norma permite el refuerzo estructural de las mismas, mejorando la estructura

del casco, la estructura de las uniones, y añadiendo mas conexiones hechas con este material que es el bambú.

En los resultados obtenidos hay una relación con lo que sostiene Mendoza Vera y Navarro Chunga (2018), donde los resultados que se observan según el bambú del tipo 2 (Guadua Angustifolia), al ser sometido estructuralmente logra tener un soporte y una resistencia similar al concreto armado, al ser modelado en el programa ETABS los resultados al ser comparados con la norma técnica E 20 pasa y aprueba los resultados.

DISCUSIÓN 3:

Con respecto a la hipótesis planteada "Evaluación del comportamiento de una vivienda de bambú del tipo 01 y tipo 02, con el programa ETABS, Moyobamba 2020" Según Eusebio, Saul y Alvarado, Sheiler (2018) para conseguir el título de ingeniero civil, en su tesis llamada **"DISEÑO ESTRUCTURAL DE UNA VIVIENDA ECOLÓGICA CON BAMBÚ PARA EL ASENTAMIENTO HUMANO RURAL CASCAJAL BAJO DISTRITO CHIMBOTE – 2018"** donde el **RESULTADO** respecto a los ensayos físicos fueron analizados en 6 muestras de bambú de estado adulto, de 5 años de edad, con una longitud de 100 mm, para antes y después del secado, su contenido de humedad promedio, fue de 12.71% para lo cual este material, según la NTP 251.010 estipula que no debe sobrepasar el 15% para que sea utilizado como material de construcción, específicamente para fines estructurales, la contracción que tuvo luego del secado fue de 2% ya que fue secada al horno en 24 horas, los ensayos mecánicos fueron: compresión paralela a la fibra, donde dio un promedio de 27.90 Mpa, la compresión perpendicular tuvo un promedio de 3.93 Mpa, la flexión donde se obtuvo un promedio de 5.44 Mpa, el corte donde se obtuvo un promedio de 13.56 Mpa, la tracción que tuvo un promedio de 29.20 Mpa.

En los resultados obtenidos hay una relación con lo que sostiene Eusebio y Alvarado (2018), desde el tratamiento para poder usar este elemento como material estructural, usando bambúes de edad adulta, los datos obtenidos provenientes de una tesis para realizar este modelamiento fueron también dados por ensayos mecánicos, donde dio un promedio de 28.70 Mpa, la compresión perpendicular tuvo un promedio de 3.99 Mpa, la flexión donde se obtuvo un promedio de 6.42 Mpa, el corte donde se obtuvo un promedio de 13.63 Mpa, la tracción que tuvo un promedio de 29.30 Mpa, en

comparación a los datos anteriormente dados se refleja un leve incremento en algunos ensayos realizados, los cuales sirvieron para la modelación realizada en ETABS, donde arrojó resultados positivos para esta edificación.

VI. CONCLUSIONES

Se utilizó un sistema aporticado para diseñar el sistema estructural de esta vivienda, lo cual fue óptimo para el proceso constructivo, el cual, estará siendo modelado en el programa Etabs, determinando sus fuerzas internas del material, donde se observó que el resultado óptimo complica con los requisitos mínimos de seguridad estructural de acuerdo a la norma E.30, lo cual se complementó con las características físicas y mecánicas, además del procedimiento preventivo para la utilización de este material.

La presente investigación está realizada en la ciudad de Moyobamba donde el tipo de suelo es arcilloso (determinado por un ensayo SUCS) donde muestra una capacidad portante de aproximadamente 0.95 kg/cm^2

Los resultados obtenidos en el diseño estructural de todo el aporticado de bambú fue reforzado con acero para los anclajes entre las vigas y columnas, incluidas con las losas, ya que si no se realizaba este anclaje la construcción no estaría correctamente ejecutada, dañando todo el sistema constructivo en el cual no cumpliría los requisitos mínimos para ser tomada como vivienda, y mucho menos se estaría respetando la norma E.30 – seguridad estructural.

Se siguió un método analítico en el cual todo el sistema estructural que comprende las vigas, columnas, muros y cimientos han sido basados en las normas donde están los requisitos antisísmicos para la construcción.

VII. RECOMENDACIONES

La primera recomendación basada en el trabajo presentado sería directamente al mantenimiento y curado previo a la utilización de este material, ya que un mal curado podría ser perjudicial para este material, además se debe ver un lugar apropiado para la obtención de este material ya que hay lugares donde crece naturalmente, y existe la posibilidad de que a pesar de ser curado tenga sulfatos perjudiciales para la construcción, se disponga también un personal calificado para poder realizar el trabajo de curado, respetando los procedimientos constructivos previos y este material termine siguiendo un proceso adecuado para soportar eventos sísmicos y soportar cargas de compresión y flexión adecuadamente.

La segunda recomendación sería para el proceso constructivo usar al personal calificado, el cual manejara el material y lo usara con las uniones perfectas con los espárragos de acero, y demás material de acero para las uniones, respetando todos los planos de obra.

La tercera recomendación sería directo a las construcciones en zonas rurales, donde aún se utilizan materiales tradicionales, se da la opción de que puedan utilizar el bambu como material sustitutorio para ese tipo de construcciones, ya que se demuestra que posee mejores características y una excelente durabilidad.

La cuarta recomendación sería directamente al suelo, se recomienda mejorar el suelo, para que tenga una mejor capacidad portante a la hora de realizar la construcción.

La quinta recomendación es respetar el plano de detalles, en el cual por ser el techo a 2 aguas requiere una cuneta en la parte inferior ya que por ahí evacuaría toda el agua de las lluvias.

REFERENCIAS

CALVA L. Diseño de un modelo de vivienda ecológica con bambú para la zona rural de Yantzaza (Ecuador) 2015.

DIAZ, Félix. E. Pequeño Manual del bambú. 2010.

DÍAZ V. Paul, en su tesis Análisis comparativo: uso de bambú vs. perfiles de acero para cobertura liviana – Arequipa, 2016.

DING, Muxing. Exploring the use of bamboo reinforced rubberized concrete (Brrc) As A sustainable. EE. UU: s.n., 2015.

ESCALONA, José; Hernández, José; Requena, Cristal; para obtener el título de Ing. civil, titulada Método de empleo del bambú como material alternativo para la construcción de viviendas de interés social en el Municipio Campo Elías sector Santa Ediviges 2017.

EUSEBIO, Saul y Alvarado, Sheiler (2018) Diseño estructural de una vivienda ecológica con bambú para el asentamiento humano rural Cascajal Bajo Distrito Chimbote – 2018.

FIDIAS, Arias. Metodología de la investigación. Caracas - Venezuela: Episteme, 2006.

GÁLVEZ Ávila, Francisco, Teoría, diseño y practica con bambú, riesgo y sostenibilidad en San Antonio Suchitepéquez, 2017.

GARCIA, Samuel Martínez. Bambú como material estructural: Generalidades, aplicaciones y modelización de una estructura tipo. Valencia: s.n., 2014/2015.

GIRIDHAR, V, Flexural behavior of concrete with bamboo and steel reinforcement, 2017.

GUTIERREZ, Sergio Clever. Uniones estructurales con bambú (Guadua Angustifolia). Lima: s.n., 2010.

HERNANDEZ Sampieri, Roberto, Fernández Collado, Carlos y Baptista Lucio, Pilar. Metodología de la investigación. México: Infagon S.A de C.V, 2006.

HUARCAYA Lizana, Jesús David. Determinación de resistencia de uniones estructurales en bambú (Guadua Angustifolia) Bosque: Flor del Valle, Distrito/Provincia: Rioja, Departamento: San Martin. Lima: s.n., 2010.

LANGER, Villar - Fares - Lozada. Taller de estructuras verticales. Ciudad de la plata: s.n., 2011.

MESÉN, Carlos Manuel Herrera. 2008. Evaluación y Diseño estructural de una vivienda construida a base de bambú. Costa Rica: s.n., 2008.

MENDOZA Vera, Karen, Navarro Chunga, Sandra, diseño de una vivienda unifamiliar de concreto reforzado con bambú (*bambusoideaespp.*) en el centro poblado La Laguna, JR. Grau S/Distrito de Lalaquiz, Provincia de Huancabamba; Piura, 2018.

MINISTERIO de Vivienda, Construcción y saneamiento. Norma técnica E. 100 BAMBÚ. LIMA: S.N., 2012.

MINKE, Gernika. Manual de construcción de viviendas antisísmicas de tierra. Alemania: s.n., 2005.

NEL Quezada, Lucio. Metodología de la investigación. Lima: Macro, 2010.

PARDAVE, Tania Quispe. Elementos Estructurales de Bambú (*Guadua Angustifolia*): Tijeral y viga. Lima: s.n., 1996.

QUINTO Farfán, Brenda el bambú como material alternativo para sistemas constructivos bioclimáticos en los mercados de 2da generación, San Martin de Porres, 2017

PAREDES Angulo, Víctor, Uso del bambú como material estructural caso vivienda ecológica en Tarapoto -2017.

RAYADU, S. Pradiv Randiwe, Akshay y Kumar Gupta, Ishwar, Study of bamboo as reinforcement in concrete, 2017.

RODRIGUEZ Romo, Juan Carlos. El bambú como material de construcción conciencia tecnológica. México: s.n., 2006.

SENCICO. Norma técnica Peruana E.100 bambú. Lima: s.n.

SEYMOUR, John. Guía práctica ilustrada para la vida en el campo. Gales: Blume, 2014.

TAKAHASHI, Josefina, Ascencio, Daniel. 2004. Inventario del bambú en el Perú. Lima: s.n., 2004.

A. D. O. Calcin, "El bambú como material alternativo en la construcción arquitectónica,» UNIVERSIDAD DE LOS ANDES, MERIDA, 2009".

LANGER, Villar - Farez - Lozada. 2011. Taller de estructuras verticales. Ciudad de la plata : s.n., 2011.

ADNAN, Urdaneta. 2011. Bambú como alternativa ecológica para la construcción de viviendas de interés social. Venezuela : s.n., 2011.

BERNAL, Cesar A. 2010. Metodología de la investigación. Colombia : Pearson Educacion, 2010.

RUIZ, L y AREVALO, C. 2008. Distribución y determinación de las especies de bambú nativo e introducido en el campus de la universidad nacional agraria de la selva. Tingo María - Perú.

Calero, Dennis F. 2009. Determinación mineralógica de los culmos de bambú maduros en dos especies diferentes, dendrocalamus asper (schult) backer y gigantochloa apus (schultes) .kurz provenientes del bosque reservado de la universidad nacional agraria de la selva.

GONZALES, Luis. 2001. Uso del Bambú en el Concreto Reforzado.

2004 (E) – Bamboo – Determination of physical and mechanical properties-Part 1: Requirements, ISO copyright office. 19 pp.

Janssen J.J.A. 1981. Bamboo in Building Structures. Thesis to obtain the degree of Doctor of Technical Sciences at the Eindhoven University, Nijmegen Netherlands.

Arce, O. 1993. FUNDAMENTALS OF THE DESIGN OF BAMBOO STRUCTURES. Tesis para Doctorado. Universidad Tecnológica de Eindhoven.

PUYÉN BURGA, VF.2012. Diseño estructural de una edificación de concreto armado destinada a vivienda. Lima.

Bellart-Creville, M., y Mesa-Marcos, S. 2009. “Impacto Ambiental y Ciclo de Vida de los Materiales de Construcción”, Proyecto Final, Universidad Politécnica de Catalunya, Barcelona, España.

Calvente, A.M. 2007. “El concepto moderno de sustentabilidad”, Centro de Altos Estudios Globales, Universidad Abierta Interamericana, pp. 1–7.

Stamm, J. 2008. “La evolución de los métodos constructivos en bambú”, ponencia presentada en el Congreso Mexicano de Bambú, marzo de 2008, Puebla, México.

ANEXOS

1. Matriz de operacionalización de variables

Título: Diseño y Comparación de una edificación con 2 Tipos de Bambú– Moyobamba - 2020

"Diseño y Comparación de una edificación con 2 Tipos de Bambú– Moyobamba - 2020"

Problema General	Objetivo General	Hipotesis General	Variable Dependiente (Y)	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos
¿Cuál sera el comportamientos Sismoresistente de una vivienda hecha con bambu del tipo 01, respecto al tipo 02, en ETABS7, Moyobamba 2020	Evaluar el comportamiento Sismoresistente de una vivienda de bambu del tipo 01, respecto al tipo 02, con el programa ETABS, Moyobamba 2020	Evaluacion del comportamiento de una vivienda de bambu del tipo 01 y tipo 02, con el programa ETABS, Moyobamba 2020	02 Tipos de Bambu	Analisis Estructural	Analisis Sismico	Norma del RNE (E010, E030, E050, E100)
					Modelamiento estructural	
				Diseño Estructural	Elementos estructurales	
					Sistema estructural	
Problemas Especificos	Objetivos Especificos	Hipotesis Especificas	Variable Independiente (Y)	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos
¿Cómo se realizara el analisis estructural de la vivienda de bambu del tipo 01, y tipo 02?, Moyobamba 2020	Establecer el analisis estructural de una vivienda de bambu del tipo 01 y 02, Moyobamba 2020	El analisis estructural de las viviendas de bambu, varian según el programa ETABS, Moyobamba 2020	Diseño y Comparación de una Edificación	Analisis Estatico	Peso	Analisis Computarizado Software ETABS V 16
¿Cómo sera el diseño estructural de la vivienda de bambu del tipo 01, y tipo 02?, Moyobamba 2020	determinar el diseño estructural de una vivienda de bambu del tipo 01 y 02, Moyobamba 2020	El diseño estructural del bambu del tipo 01, mejora en relacion al tipo 02, Moyobamba 2020			Carga	
¿Cómo sera el analisis estatico de la vivienda de Bambu del tipo 01 y 02?, Moyobamba 2020	Realizar el calculo del analisis estatico y la diferencia de una vivienda de bambu del tipo 01 y 02, Moyobamba 2020	El analisis estatico en el comportamiento sismoresistente de la vivienda tipo 01 y 02, por el programa ETABS, moyobamba 2020			Analisis No Lineal	
					Diagramas	

Fuente: Elaboración Propia.

2. Matriz de consistencia - Diseño y Comparación de una edificación con 2 Tipos de Bambú– Moyobamba - 2020

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO	MEDICIÓN
Variable Independiente: Diseño y Comparación de una Edificación	El principal objetivo del acero de refuerzo transversal es mantener en su posición al acero longitudinal; y adicionalmente, evitar el pandeo de las barras longitudinales cuando actúan las grandes fuerzas de compresión inducidas por las excesivas y repentinas fuerzas, como las del sismo; al interceptar las fuerzas cortantes inherentes a la flexión de la viga, minimizan el tamaño de las potenciales fisuras y grietas. Revista Informativa – Venezuela SIDETUR	El material que va a ser analizado cumple con las especificaciones técnicas según el Reglamento nacional de edificaciones Norma E-030 y E - 060 para ser utilizada como material Constructivo antisísmico	Análisis Estructural	Resistencia a la Compresión	NTP 339.034	Valor Variable, Según Comportamiento del elemento
				Resistencia a la Tracción	NTP 339.045	En MPa Según datos obtenidos
				Resistencia a la Flexión	NTP 339.064	En MPa Según datos obtenidos
Variable Dependiente: 02 Tipos de Bambú	"El estudio de una estructura consiste en evaluar la funcionalidad, factibilidad y seguridad. Estos aspectos toman en cuenta entre otras cosas, la forma, detalle, durabilidad, resistencia, costo, disponibilidad y capacidad de la estructura" Facultad de Arquitectura y Diseño febrero 2010. Sistemas estructurales, Universidad de Los Andes, Venezuela. Prof. Jorge O. Medin	El material que va a ser analizado cumple con las especificaciones técnicas según el Reglamento nacional de edificaciones Norma E-100 diseño con bambú, para ser utilizada como material estructural	Análisis Estático	Resistencia a la Compresión Paralelo a la Fibra	Norma ISO/22157-1:2004 (Norma del Bambú) E.100	En MPa Según datos obtenidos
				Resistencia a la Compresión Perpendicular a la Fibra		En MPa Según datos obtenidos
				Resistencia a la Flexión		En MPa Según datos obtenidos
				Resistencia a la Tracción Paralela a la Fibra		En MPa Según datos obtenidos
				Corte o cizallamiento paralelo a la fibra		En MPa Según datos obtenidos

Fuente: Elaboración propia

3. Certificado de Autenticidad de Etabs



COMPUTERS & STRUCTURES, INC.
STRUCTURAL AND EARTHQUAKE ENGINEERING SOFTWARE

**OUR
QUALITY
POLICY**

The employees of CSI are committed to:

ACHIEVING THE HIGHEST STANDARDS
in innovation and technology

CONTINUALLY IMPROVING our products
and quality system

EXCEEDING customer expectations

Ashraf Habibullah
President

Marilyn Wilkes
Senior Vice President

Syed Hasanain
Executive Vice President

Approved by Ashraf Habibullah, President | 05.21.2020

MANAGEMENT SYSTEM CERTIFICATE

Certificate No:
30120-2008-AQ-USA-ANAB

Initial certification date:
26 June 2008

Valid:
05 August 2020 - 04 August 2023

This is to certify that the management system of

CSI-Computers and Structures, Inc.

1646 North California Boulevard, Suite 600, Walnut Creek, CA, 94596, USA

has been found to conform to the Quality Management System standard:

ISO 9001:2015

This certificate is valid for the following scope:

The Development, Support and Licensing of Software Tools for Structural and Earthquake Engineering.

Place and date:
Katy, TX, 21 July 2020

For the issuing office:
DNV GL - Business Assurance
1400 Ravello Drive, Katy, TX, 77449-
5164, USA



Sherif Mekkawy
Management Representative

DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DEL AUTOR

Yo, Ricardo Fabricio Castillo Dioses, alumno de la Facultad de Ingeniería y Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo, Lima Norte, declaro bajo juramento que todo los datos e información que acompañan al Trabajo de Tesis titulado:

“Diseño y Comparación de una edificación con 2 Tipos de Bambú–Moyobamba - 2020”, es de mi autoría, por lo tanto, declaro que el trabajo de tesis:

1. No ha sido plagiado ni total, ni parcialmente.
2. He mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis provenientes de otras fuentes.
3. No ha sido publicado ni presentado anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Lima, 28 de noviembre del 2020

Apellidos y nombres del autor: Castillo Dioses, Ricardo Fabricio	
DNI: 73987384	Firma 
ORCID: 0000-0003-3468-2807	

5. Reporte TURNITIN



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

"Diseño y Comparación de una edificación con 2 Tipos de
Bambú- Moyobamba - 2020"

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR:

Castillo Dioses, Ricardo Fabricio

(0000-0003-3468-2807)

ASESOR:

Mg. Ing. Pinto Barrantes, Raúl Antonio

(0000-0002-9573-0182)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño sísmico y estructural



Resumen de coincidencias



23 %

Se están viendo fuentes estándar

Ver fuentes en inglés (Beta)

Coincidencias

1	Entregado a Universida... Trabajo del estudiante	5 %	>
2	riunet.upv.es Fuente de Internet	4 %	>
3	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	3 %	>
4	core.ac.uk Fuente de Internet	2 %	>
5	www.repositorio.usac.... Fuente de Internet	2 %	>
6	Entregado a Universida... Trabajo del estudiante	2 %	>

6. TESIS DE BASE PARA EL MODELAMIENTO.

T/720/A581

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



“PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA
Guadua Angustifolia CON FINES ESTRUCTURALES”

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR EL BACHILLER:

FRANKLIN DARWIN ANGELES CASTRO

ASESOR:

Ms. Ing. HÉCTOR ALVARINO PÉREZ LOAYZA

CAJAMARCA -- PERÚ

2014

AGRADECIMIENTO

El conocimiento de hoy, comparado al de ayer,
no es más que una hormiga en una selva de animales salvajes,
Pero, así como la hormiga trabaja día con día para subsistir,
así el conocimiento debe crecer en cada uno de nosotros.

Desde la vida hasta la muerte, todo se agradece a Dios,
el amor se agradece a los padres,
el cariño a los hermanos,
la amistad a los amigos,
la guía a los maestros,
y la compañía a la pareja.

A todos ellos, por siempre estar conmigo.

DEDICATORIA

Dios es quien provee y quien supl, a quien todo se debe y para quien todo es.

A él, este pequeño trabajo...

INDICE O CONTENIDO

1.1	INTRODUCCIÓN.....	14
1.2	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	16
1.2.1	Definición del problema.....	16
1.2.2	Hipótesis.....	16
1.2.3	Delimitación.....	16
1.2.4	Justificación.....	16
1.3	OBJETIVOS.....	17
1.3.1	Objetivo General.....	17
1.3.2	Objetivo Específico.....	17
2.1	ANTECEDENTES.....	18
2.2	BASE TEÓRICA.....	19
2.2.1	Generalidades de la Guadua Angustifolia [6].....	19
2.2.2	Morfología de la Guadua Angustifolia [6].....	19
a.	Raíces.....	19
b.	Rizoma.....	19
c.	Tallo o Culmo.....	20
d.	Hojas.....	20
e.	Flor.....	20
f.	Semilla.....	20
2.2.3	Cultivo [4].....	20
2.2.4	Zonas de Producción en Perú [7].....	23
2.2.5	Etapas de Corte [8].....	25
2.2.6	Partes de la Guadua y su utilización [8].....	25
2.2.7	Tratamiento y Preservación [9].....	27
a.	Método de la transpiración de las hojas.....	27
b.	Por inmersión.....	28
c.	Método Boucherie simple (por gravedad).....	28
d.	Método Boucherie modificado (por presión).....	29
2.2.8	Antecedentes del Bambú como Material de Construcción [10].....	29
2.2.9	Propiedades Físicas [6].....	30
a.	Antecedentes.....	30
b.	Estados de Madures de Guadua [6].....	32
c.	Caracterización Morfológica de la Guadua Angustifolia Kunth.....	33

d.	Cambios estructurales que ocurren durante los estados de madurez de la Guadua [6] 34	
e.	Contenido de humedad [6].....	35
f.	Densidad (Masa por Volumen) [11]	35
2.2.10	Propiedades Mecánicas	35
a.	Antecedentes [9]	35
b.	Resistencia a la flexión [9].....	35
c.	Resistencia a la compresión paralela a la fibra [9]	36
d.	Resistencia a la tracción paralela a la fibra [9]	37
e.	Resistencia a la tracción perpendicular a la fibra [9].....	38
f.	Resistencia al corte o cizallamiento paralelo a la fibra [9]	38
2.3	DEFINICION DE TERMINOS BASE	39
3.1	UBICACIÓN GEOGRÁFICA	42
3.1.1	UBICACIÓN.....	42
3.1.2	LIMITES	42
3.1.3	DESCRIPCIÓN DE LA ZONA.....	42
3.2	TIEMPO O ÉPOCA DE LA INVESTIGACIÓN	43
3.3	PROCEDIMIENTO	43
3.3.1	Propiedades Físicas	43
a.	Contenido de Humedad [12].....	43
a.	Densidad (Masa / Volumen) [12]	46
b.	Absorción [12]	47
c.	Contracción [12] [14].....	47
3.3.2	Propiedades Mecánicas [6].....	48
a.	Resistencia a la flexión	48
b.	Resistencia a la compresión paralela a la fibra	52
c.	Resistencia a la tracción paralela y perpendicular a la fibra	55
d.	Resistencia al corte o cizallamiento paralelo a la fibra	58
e.	Determinación de los valores de los Esfuerzos Admisibles	60
3.4	PROPIEDADES FÍSICAS	64
3.4.1	Contenido de Humedad.....	64
3.4.2	Densidad.....	65
3.4.3	Absorción	65
3.4.4	Contracción	65
3.5	PROPIEDADES MECÁNICAS	67
3.5.1	Resistencia a la flexión.....	67

3.5.2	Resistencia a la compresión paralela a la fibra	69
3.5.3	Resistencia a la tracción paralela a la fibra	72
3.5.4	Resistencia a la tracción perpendicular a la fibra	75
4.1	CONCLUSIONES.....	79
4.2	RECOMENDACIONES	79
5.1	Anexos tablas.....	80
5.2	Anexos fotos	113

INDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Condiciones de Siembra del Bambú	21
Tabla N° 2: Ciclo Biológico del Bambú.....	22
Tabla N° 3: Beneficios de la siembra de Guadua.....	23
Tabla N° 4: Zonas de Producción en Perú.....	23
Tabla N° 5: Clasificación de Partes Comerciales de la Guadua.....	31
Tabla N° 6: Número de Ensayos Realizados.....	61
Tabla N° 7: Resumen de contenido de Humedad.....	64
Tabla N° 8: Cálculo de Densidades Ensayadas	65
Tabla N° 9: Tabla de Absorción	65
Tabla N° 10: Tabla de valores de contracción promedio.	66
Tabla N° 11: Esfuerzos admisibles y módulo de Elasticidad.....	67
Tabla N° 12: Contenido de Humedad – Compresión.....	80
Tabla N° 13: Contenido de Humedad - Tracción //.....	80
Tabla N° 14: Contenido de Humedad – Flexión	81
Tabla N° 15: Contenido de Humedad – Corte.....	81
Tabla N° 16: Contenido de Humedad – Tracción \perp	82
Tabla N° 17: Tabla con medidas para cálculo de Densidades.....	83
Tabla N° 18: Tabla con medidas para cálculo de Densidades.....	84
Tabla N° 19: Tabla Densidad - Estado Natural	85
Tabla N° 20: Tabla Densidad - Estado Seco	85
Tabla N° 21: Tabla de cálculo de Absorción Finales.....	86
Tabla N° 22: Tabla con medidas para cálculo de Contracción.	87
Tabla N° 23: Tabla con medidas para cálculo de Contracción.	88
Tabla N° 24: Tabla con medidas para cálculo de Contracción.	89
Tabla N° 25: Tabla con medidas para cálculo de Contracción.	90
Tabla N° 26: Contracción - Natural a Seco.....	91
Tabla N° 27: Contracción - Natural a Saturado 1° Día.....	91
Tabla N° 28: Contracción – Natural a Saturado 2° Día.....	92
Tabla N° 29: Contracción - Seco a Saturado 1° Día	92
Tabla N° 30: Contracción - Sec. a Sat. 2° Día.....	93
Tabla N° 31: Tabla con datos para ensayos a Flexión.....	94
Tabla N° 32: Esfuerzo Admisible - Flexión.....	95
Tabla N° 33: Flexión - Esfuerzo vs. Deformación P1.....	96
Tabla N° 34: Flexión - Esfuerzo vs. Deformación P2.....	96

Tabla N° 35: Flexión - Esfuerzo vs. Deformación P3.....	97
Tabla N° 36: Tabla con datos para ensayos a Compresión.....	99
Tabla N° 37: Esfuerzo Admisible - Compresión.....	100
Tabla N° 38: Graf. Esfuerzo vs. Deformación - S/N - Compresión.....	101
Tabla N° 39: Graf. Esfuerzo vs. Deformación - C/N - Compresión.....	102
Tabla N° 40: Tabla con datos para ensayos a Tracción paralelo a la fibra.....	103
Tabla N° 41: Esfuerzo Admisible – Tracción Paralela a la Fibra.....	104
Tabla N° 42: Graf. Esfuerzo vs. Deformación - S/N -Tracción Paralela a la Fibra.....	105
Tabla N° 43: Graf. Esfuerzo vs. Deformación - C/N -Tracción Paralela a la Fibra.....	106
Tabla N° 44: Tabla con datos para ensayos a Tracción perpendicular a la fibra.....	107
Tabla N° 45: Esfuerzo Admisible – Tracción Perpendicular a la Fibra.....	108
Tabla N° 46: Graf. Esfuerzo vs. Deformación - S/N -Tracción Paralela a la Fibra.....	109
Tabla N° 47: Graf. Esfuerzo vs. Deformación - C/N -Tracción Perpendicular a la Fibra. ...	110
Tabla N° 48: Tabla con datos para ensayos a Corte o cizallamiento.....	111
Tabla N° 49: Esfuerzo Admisible – Corte Paralelo a la Fibra.....	112

INDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Mapa Político del Perú	24
Figura N° 2: Mapa Político de Cajamarca.....	24
Figura N° 3: Mapa Político de Cajabamba.....	24
Figura N° 4: Uso del Bambú	26
Figura N° 5: Método de la transpiración de las hojas.	27
Figura N° 6: Método por Inmersión	28
Figura N° 7: Método Boucherie	28
Figura N° 8: Método Boucherie Modificado.....	29
Figura N° 9: Desarrollo y clasificación de la Guadua Angustifolia.....	31
Figura N° 10: Estado de Madurez de la Guadua Angustifolia Kunth	32
Figura N° 11: Identificación Volumétrica del Tallo.....	33
Figura N° 12: Número de Internodos en los Segmentos Basal, Medio y Apical	33
Figura N° 13: Variación de diámetros en los Segmentos.....	34
Figura N° 14: Lignificación de las fibras de un culmo de Guadua	34
Figura N° 15: Peso de espécimen en estado natural.....	46
Figura N° 16: Especímenes Saturadas durante 24 horas en agua.....	48
Figura N° 17: Maquina de Carga para el ensayo de flexión.....	49
Figura N° 18: Modelo matemático del ensayo de flexión.....	51
Figura N° 19: Cilindro de compresión sin nudo con altura de 2D.	53
Figura N° 20: Especímenes Para ensayos de tracción //.....	56
Figura N° 21: Maquina Universal c/especimen para ensayo a tracción perpendicular	56
Figura N° 22: Especimen de Guadua para corte en mm.	58
Figura N° 23: Acceso especial para ensayos a corte	59

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N° 2: Graf. Esfuerzo vs. Deformación – Flexión.....	67
Gráfico N° 3: Graf. Esfuerzo vs. Deformación – Flexión.....	68
Gráfico N° 4: Graf. Esfuerzo vs. Deformación - Flexión.....	68
Gráfico N° 5: Graf. Esfuerzo vs. Deformación Total - Flexión.....	69
Gráfico N° 6: Graf. Esfuerzo vs. Deformación - Compresión //.....	69
Gráfico N° 7: Graf. Esfuerzo vs. Deformación S/N – Compresión //.....	70
Gráfico N° 8: Graf. Esfuerzo vs. Deformación S/N Total – Compresión //.....	70
Gráfico N° 9: Graf. Esfuerzo vs. Deformación C/N – Compresión //.....	71
Gráfico N° 10: Graf. Esfuerzo vs. Deformación C/N – Compresión //.....	71
Gráfico N° 11: Graf. Esfuerzo vs. Deformación C/N Total – Compresión //.....	72
Gráfico N° 12: Graf. Esfuerzo vs. Deformación S/N - Tracción //.....	72
Gráfico N° 13: Graf. Esfuerzo vs. Deformación S/N – Tracción //.....	73
Gráfico N° 14: Graf. Esfuerzo vs. Deformación S/N Total – Tracción //.....	73
Gráfico N° 15: Graf. Esfuerzo vs. Deformación C/N - Tracción //.....	74
Gráfico N° 16: Graf. Esfuerzo vs. Deformación C/N – Tracción //.....	74
Gráfico N° 17: Graf. Esfuerzo vs. Deformación C/N Total – Tracción //.....	75
Gráfico N° 18: Graf. Esfuerzo vs. Deformación S/N – Tracción \perp	75
Gráfico N° 19: Graf. Esfuerzo vs. Deformación S/N – Tracción \perp	76
Gráfico N° 20: Graf. Esfuerzo vs. Deformación S/N Total - - Tracción \perp	76
Gráfico N° 21: Graf. Esfuerzo vs. Deformación C/N – Tracción \perp	77
Gráfico N° 22: Graf. Esfuerzo vs. Deformación C/N – Tracción \perp	77
Gráfico N° 23: Graf. Esfuerzo vs. Deformación C/N Total – Tracción \perp	78

INDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Contenido de humedad	45
Ecuación 2: Densidad	47
Ecuación 3: Momento de Inercia	49
Ecuación 4: Esfuerzo Máximo	50
Ecuación 5: Momento Último	51
Ecuación 6: Momento de Inercia	51
Ecuación 7: Formula de Flexión Máxima en el Centro de la Viga	51
Ecuación 8: Módulo de Elasticidad	51
Ecuación 9: Esfuerzo Admisible a Flexión	52
Ecuación 10: Esfuerzo último a compresión	54
Ecuación 11: Esfuerzo Admisible a Compresión	54
Ecuación 12: Esfuerzo último en Tracción	57
Ecuación 13: Esfuerzo Admisible en Tracción	57
Ecuación 14: Esfuerzo máximo de Corte	59
Ecuación 15: Esfuerzo Admisible a Corte paralelo	60
Ecuación 16: Valor Característico para cada Solicitud de Ensayo	61
Ecuación 17: Formula para el Cálculo del Percentil	61
Ecuación 18: Formula de la Desviación Estándar	62
Ecuación 19: Formula para el cálculo del Promedio	62
Ecuación 20: Esfuerzo Admisible en la solicitud de ensayo.	62

RESUMEN

La presente investigación se basó en el estudio del comportamiento físico y mecánico de la **Guadua Angustifolia**. Este trabajo de investigación tuvo como objetivo principal evaluar las propiedades físicas y mecánicas, para los esfuerzos de tracción, compresión, flexión y corte, a los que fue sometida la Guadua Angustifolia con fines estructurales. Para ensayos físicos, de la Guadua Angustifolia, como el contenido de humedad, densidad, absorción y expansión, también para ensayos mecánicos como flexión, compresión paralelo a la fibra, tracción, paralelo y perpendicular a la fibra, y corte o cizallamiento paralelo a la fibra, se empleó la metodología de experimentación - error; considerando algunas condiciones como diámetro máximo de la caña y el empleo de accesorios adicionales para algunos de los ensayos mecánicos. Se procedió a la elaboración de especímenes de diferentes tamaños y modelos dependiendo del diámetro exterior de la caña, las que se evaluaron en diferentes etapas tanto físicas como mecánicas. Se concluyó que la Guadua Angustifolia posee buenas características físicas y mecánicas para ser usado como elemento estructural.

Palabras Clave

Guadua Angustifolia, Esfuerzos Admisibles, contenido de humedad, absorción, densidad, contracción, flexión, compresión, corte, tracción paralela y tracción perpendicular.

ABSTRACT

This research was based on the study of the physical and mechanical behavior of the *Guadua angustifolia*. The main objective of this research was to determine the physical and mechanical properties, including the tension, compression, flexion and shear forces, for structural purposes of the *Guada angustifolia*. In physical properties, of the *Guadua Angustifolia*, such as moisture content, density, absorption and expansion, and the mechanical properties such as flexion, compression parallel to the fiber strength, parallel and perpendicular to the fiber, and cut or shear parallel to the grain, the methodology used consisted in experimentation – mistakes. Some conditions like maximum diameter of the rod and the use of additional accessories were considered in the testing of the mechanical properties. Specimens of different sizes and models were produced depending on the outer diameter of the rod, which were assessed at different stages both physicaly and mechanicaly. It was concluded that the *Guadua angustifolia* has adequate physical and mechanical properties for use as a structural element characteristics.

Keywords

Guadua Angustifolia Eligible efforts, moisture content, absorption, density, contraction, bending, compression, cutting, parallel and perpendicular tensile strength.

CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1 INTRODUCCIÓN

La *Guadua Angustifolia* es una planta perteneciente al grupo de las gramíneas, como en el caso del trigo y arroz (plantas que crecen en abundancia como la hierba); y está constituido por: rizoma, tallo o culmo, ramas y hojas.

En el mundo existen alrededor de 1250 especies de Bambú según el estudio de varios botánicos, distribuidos de la siguiente manera: 63% en Asia, 32% en América y 5% en África y Oceanía. Sólo en América existen 440 especies de Bambú, entre ellas se destaca el género Guadua, mismo que abarca 16 especies aproximadamente. De éstas 16 especies, la más destacada es la “*Guadua Angustifolia*”, conocida también como Caña Guayaquil en el Perú y otros países.

La Guadua Angustifolia o caña Guayaquil (nombre vulgar) crece en forma tubular, rápidamente y en abundancia, alcanzando alturas de hasta 25 metros y diámetros que van desde 10, 15 y hasta 20cm según el hábitad donde se encuentren (suelo, clima, etc.). El tiempo que tarda en desarrollarse es de aprox. 4 ó 5 años; siendo relativamente corto si lo comparamos con un árbol, éste tarda por lo menos 5 o 10 veces más.

En el valle de Condebamba – Cajabamba – Cajamarca, existen zonas poco habitables y de bajos recursos donde se emplea el bambú como material para la construcción de viviendas. Los mismos campesinos de esta región, realizan cortes longitudinales a lo largo de la caña rolliza, empleando hachas o hachuelas, transformándola de caña Guadua cilíndrica a plana y rectangular (caña picada) para poder ser usada como paneles.

No solo en nuestro país son conocidas las bondades de este material, sino también en países desarrollados como la China, que desde tiempos antiguos su uso era constante. Actualmente, en este país (China), existen infinidad de productos elaborados a partir de las diversas especies y géneros nativos del lugar. Dichos productos han mejorado la calidad de vida de la personas y se han convertido en productos altamente competitivos en el mercado, tal es el caso de los famosos laminados de bambú, pisos, tejados, entre otros.

En países latinoamericanos como Brasil, Venezuela, Colombia, Ecuador, incluyendo al Perú, y demás países, la *Guadua Angustifolia* se ha convertido en una alternativa ecológica en el área de construcción, empleándose de forma rolliza o tubular (estructura natural) en la edificación de grandes puentes y estructuras; el logro de esto se debe a la alta resistencia y dureza que posee éste material, denominado por algunos “el acero vegetal”.

El presente estudio de investigación se realizó con el fin de determinar las propiedades físicas y mecánicas de la especie *Guadua Angustifolia*, proveniente de las plantaciones

establecidas en las diferentes zonas del Valle de Condebamba. Es notable la creciente necesidad de utilizar materiales amigables con el medioambiente en la construcción, lo que sitúa a la Guadua Angustifolia en primera línea. Si bien por un lado, el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento ha formulado una norma para las edificaciones sismo-resistentes con la Guadua Angustifolia (norma E100) que fue aprobada recientemente por el poder ejecutivo. Esta norma permite al sector formal de la construcción del Perú, contar con un instrumento que permite promover las edificaciones con el uso de la Guadua Angustifolia. Existe una necesidad de socializar la norma en los diferentes sectores y entre actores de la cadena productiva en los diferentes territorios del país.

Por otro lado, los aspectos relacionados con el análisis y el diseño de estructuras de Guadua Angustifolia, sometidas a cargas no han sido generalizados a nivel profesional, y mucho menos, a nivel de la formación universitaria. En general, podría decirse que el estudio para determinar propiedades físicas y mecánicas no ha sido un tema suficientemente tratado, con excepción de algunos esfuerzos aislados de las facultades de ingeniería civil. Es indispensable capacitar a los futuros profesionales de la construcción en cálculos estructurales con Guadua Angustifolia, de manera que este recurso natural pueda ser aprovechado en su totalidad.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.2.1 Definición del problema

En vista a la gran creciente del uso del Bambú como elemento estructural (vigas, columnas y otros), debido a su bajo costo y facilidad de adquisición, se ha comenzado a realizar muchas construcciones como viviendas unifamiliares, casuchas, chozas, etc., de uno (1) y hasta (2) pisos, en diferentes zonas de nuestro país como lo son en la costa, selva y pocas zonas de la sierra.

Lo poco que se conoce de este material, como elemento estructural, es debido a estudios y ensayos realizados en otros países como es Brasil, Japón y otros, más en nuestro país, dicho estudio, es muy escaso.

Lo que conlleva a preguntarnos si dicho material *¿Posee la Guadua Angustifolia una resistencia adecuada para que sirva como elemento estructural?*

1.2.2 Hipótesis

“La Guadua Angustifolia (Bambú) posee características, físicas y mecánicas, favorables para ser utilizado como material estructural”

1.2.3 Delimitación

El presente proyecto tiene como finalidad realizar un estudio de las propiedades Físicas y Mecánicas (Compresión, Tracción y Corte) de la Guadua Angustifolia (Bambú) perteneciente a la Región de Cajamarca; el cual se espera sirva, como base referencial y como fuente bibliográfica para futuros estudios referentes al Bambú en la construcción, a alumnos, docentes y personas de la industria de la construcción, que pertenezcan a la carrera de Ingeniería Civil y/o carreras afines, interesadas en el tema.

1.2.4 Justificación

El presente proyecto se presenta con el motivo de analizar y estudiar las propiedades del Bambú, debido a que recientemente se está usando con mayor intensidad en lo que respecta a la construcción de viviendas caceras.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo General

- Evaluar las propiedades físicas y mecánicas, para los esfuerzos de tracción, compresión, flexión y corte, a los que será sometido la Guadua Angustifolia con fines estructurales.

1.3.2 Objetivo Específico

- Determinar las propiedades físicas como el contenido de humedad, densidad, absorción y expansión de la Guadua Angustifolia.
- Determinar las propiedades mecánicas como flexión, tracción, compresión y corte de la Guadua Angustifolia.
- Contribuir a la normalización de los diferentes ensayos de resistencia física y mecánica a los que será sometido el Bambú.

CAPITULO 2. MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES

Se ha realizado diferentes estudios a lo largo de nuestra historia sobre lo que es el Bambú en diferentes partes del mundo, en especial en Japón, Colombia, Venezuela, Brasil, etc., y en Perú se está realizando recientemente algunos estudios, y aquí describiremos algunos de los realizados en Perú y en otro países vecinos, los que sirven como base para desarrollar este proyecto.

- Gutiérrez Aliaga [1], en su proyecto de Tesis “Uniones Estructurales con Bambú”, en la Universidad Nacional de Ingeniería en Perú, realizó un estudio de elementos estructurales con Bambú y luego las sometió a ensayos mecánicos de resistencia, donde logro alcanzar valores promedios de resistencia y esfuerzos admisibles; dando a concluir que en las uniones con Bambú la resistencia varía dependiendo del tipo de unión que se realice.
- Pantoja Trujillo y Acuña Jiménez [2], en su proyecto de Tesis “Resistencia al Corte Paralelo a la Fibra de la Guadua Angustifolia”, en la Universidad Nacional de Colombia en Colombia, realizó un estudio donde logró alcanzar valores promedio a la resistencia del corte paralelo a la fibra en el Bambú; concluyendo en que una debilidades del Bambú es la resistencia al corte paralelo, debido a la baja resistencia que posee.
- De Navas Gutiérrez [3], en su proyecto de Fin de Carrera “Aplicaciones Estructurales de la Guadua”, en la Universidad Politécnica de Madrid en España, realizo un estudio con Bambú en el que buscaba un diseño de Estructuras Modulares Multifuncionales en la localidad de Neiva Colombia, las que también sometió a ensayos sísmicos de resistencia; concluyendo en que la Guadua es material que puede ser usado en diferentes elementos estructurales, por sus características mecánicas.
- Orosco Calcin [4], en su proyecto de Tesis “El Bambú como Material Alternativo en la Construcción Arquitectónica”, en la Universidad de los Andes en Mérida – Venezuela, hizo un estudio de las bondades del Bambú en la construcción con lo cual concluyo que este material se ampara en 3 pilares básicos: Respeto al medio ambiente, bajo costo y los bienes que brinda al ser humano.
- Docentes y Estudiantes [5], en su Estudio “La Heurística de las Estructuras de Bambú: Principios y Criterios de Diseño”, de la Universidad Nacional de Tucumán en Argentina, se encargaron de estudiar y analizar una forma práctica de hacer diseños con

Bambú, concluyendo que el Bambú cuenta con optimas características para el diseño de diversas estructuras, apoyado en su resistencia y forma.

2.2 BASE TEÓRICA

2.2.1 Generalidades de la Guadua Angustifolia [6]

La Guadua es una planta leñosa arborescente que pertenece a la familia Poaceae y a la Tribu Bambuseae, En 1820 el botánico Kunth constituyó este género incluyendo la palabra Guadua con el que los indígenas de Ecuador y Colombia se referían a este Bambú.

En el mundo existen alrededor de 1500 especies de bambú entre leños y herbáceos que se distribuyen en Asia 63%, en América 32%, en Oceanía y África 5%.

La forma de llamarlas a las especies de Guadua Angustifolia es diferente en toda América, en Ecuador se la llama caña, en Perú marona o taca, en Bolivia tacuarembó, en Argentina tacuara, en Brasil taboca, en Paraguay Tacuaracu en Venezuela Guafa y en Colombia Guadura.

La Guadua Angustifolia, como planta está conformada de su respectiva estructura y sistemas de ejes vegetativos segmentados y formados por nudos y entre nudos, contiene rizoma tallo o culmo, ramas y hojas. (Ver Imagen N° 1)

2.2.2 Morfología de la Guadua Angustifolia [6]

a. Raíces

Dependiendo el suelo en que se encuentre, su grosor es de 5 milímetros y alcanza profundidades de hasta 1.50 metros, parte de ellas se profundizan, las demás se extienden en forma horizontal.

b. Rizoma

A parte de ser el órgano almacenador de nutrientes es el elemento apto para la propagación sexual.

La forma más segura y efectiva para el cultivo de la Guadua es por medio de rizomas completos, de uno o más años de edad, que aún no tengan yemas desarrolladas.

Por lo general el primer brote aparece a los 30 días de sembrado. (Ver Imagen N° 2)

c. Tallo o Culmo

Su forma es cilíndrica con entrenudos huecos llamados canutos, separados transversalmente por tabiques o nudos que le dan mayor rigidez, flexibilidad y resistencia.

Los tallos están formados por fibras longitudinales, que según su especie se diferencian, en su diámetro, altura y su forma de crecimiento. La altura puede llegar hasta 40 m y el diámetro va de 8 a 18 cm en promedio. (Ver Imagen N° 3)

d. Hojas

Su color es verde especial, de forma lanceolada y lisas (angostas y largas), inconfundibles en la distancia y de fácil reconocimiento.

Las hojas al caer aportan de biomasa al suelo (4Kg. / metros cuadrado / año), transfiriendo nutrientes al suelo y demás plántulas que las rodean.

Existen otras hojas en la Guadua denominadas Caulinares, estas cubren el tallo desde su nacimiento hasta su madurez, son de color café y provistas de pelusillas como sistemas de defensa. (Ver Imagen N° 4)

e. Flor

Es muy pequeña, de color violáceo o rosáceo, su color depende del tipo de suelo donde esta plantada, su vida es muy corta dura aproximadamente 48 horas y está ubicada en las partes terminales de las ramas superiores y en el primer tercio de la espiga. (Ver Imagen N° 4)

f. Semilla

Se parece a un grano de arroz, de coloración blancuzca muy clara en su interior y de café muy claro en su exterior de 5 a 8 milímetros de largo y 3 milímetros de espesor.

2.2.3 Cultivo [4]

Se desarrolla desde San Ángel en México hasta el sur de Argentina, exceptuando Chile y las Islas del Caribe, la Guadua crece en toda América Latina y en buena parte de los países asiáticos. Su uso es tan antiguo que, según el libro "Nuevas técnicas de construcción en Bambú" (1978), en nuestro país se han encontrado improntas de bambú en construcciones que se estima tienen 9.500 años de antigüedad.

Puentes colgantes y atirantados de impresionante precisión de ingeniería, poderosas embarcaciones así como flautas, quenás y marimbas, fueron realizados por los Incas con este recurso durante la época de preconquista, y después de ella durante la colonia.

Brasil tiene 141 especies, Colombia 72 especies, Venezuela 60 especies, Ecuador 44 especies, Costa Rica 39 especies, México Colombia, Ecuador y Panamá son los países en América que registran mayor tradición de uso de este material, de hecho en estas zonas existieron las mayores extensiones de la especie en el continente y sólo como ejemplo, en el siglo pasado en la zona cafetera colombiana se construyeron cerca de 100 poblaciones completas con bareque, según lo indica Lucy Amparo Bastidas y Edgar Flores, miembros de la Sociedad Colombiana de Bambú.

Este uso tradicional de siglos en la construcción, o su empleo en la elaboración de artesanías o papel en Brasil, u otros menos comunes como la fabricación de pisos y molduras realizado únicamente por los orientales, tiene su razón de ser en las enormes propiedades y ventajas que ofrece la especie.

CONDICIONES DE SIEMBRA	
Donde Sembrar	
Altitud	400 a 2. 000 m.s.n.m.
Temperatura	18°C a 22°C.
Precipitación	Superior a 1300 milímetros por año.
Humedad Relativa	80%.
Suelos	Areno-limosos, arcillosos, sueltos profundos, bien drenados y fértiles.
Como Sembrar	
Distancia de Siembra	5 X 5 metros.
Plateo	1.5 metros.
Hoyo	40 X 40 centímetros.

Tabla N° 1: Condiciones de Siembra del Bambú

Encontrada en su estado natural en Colombia, Venezuela y Ecuador es introducida con éxito en Algunos países de Centro América, el Caribe y Asia esta especie es el tercer más grande bambú del mundo superado únicamente por dos especies Asiáticas. Alcanza 30 metros de Altura y 22 centímetros de diámetro.

Además tiene una velocidad alta de crecimiento, aproximadamente 10 centímetros de altura por día y se dice que en solo 6 meses logra su altura total.

Ciclo Biológico	
Crecimiento	Como recurso forestal la Guadua crece rápidamente (promedio de crecimiento durante los primeros 120 días es de 10 cm por día. Obtiene su altura definitiva a los 120 días.)
Aprovechamiento	Las condiciones anteriores permiten gran nivel de aprovechamiento en tiempo reducido (madura entre 4 y 5 años) lo que significa una inversión rentable y un ingreso económico sostenible.
Maduración y Dureza	Las maderas se van endureciendo a medida que la especie se desarrolla y llega a convertirse en una estructura que ya madura o hecha, soporta alturas de más de doscientas veces su diámetro.

Tabla N° 2: Ciclo Biológico del Bambú

En el Perú la Guadua representa una enorme riqueza ambiental, ya que es un importante fijador de dióxido de carbono (CO₂) 17 toneladas métricas / hectárea / año, la producción de oxígeno y captación de carbono tiene un aporte de biomasa de 35 toneladas métricas / hectárea / año, su madera no libera a la atmósfera el gas retenido después de ser transformada en elemento o ser usada en construcción, ya que éste queda fijo en las obras realizadas con ella. Esta característica llama la atención en los países industrializados porque según el protocolo de Kyoto, se debe disminuir la emisión de gases de efecto invernadero entre el 2008 y el 2012. Estos países ven al bambú como una alternativa que ayudaría a resolver un inquietante problema global y que daría a costos más bajos comparados con otros procesos tecnológicos más complejos.

Beneficios de la Siembra de la Guadua	
a)	La conversión de tierras en uso o en proceso de deterioro al uso económico de la reforestación con esta especie.
b)	La conservación del medio ambiente mediante el control de la erosión.
c)	Impacto en el régimen hidrológico y condiciones climáticas y la regulación de la cantidad de agua para consumo humano.

d)	Mejoramiento de la situación socioeconómica y la calidad de vida de las comunidades en el área de influencia del proyecto.
e)	Rescate y fortalecimiento de la cultura de la Guadua

Tabla N° 3: Beneficios de la siembra de Guadua

El bambú evita el movimiento de tierras en taludes y zonas frágiles, también es un regulador y protector de cuencas hídricas, de allí que su siembra resulte ideal en áreas propensas a deslizamientos, derrumbes, erosión y remociones. Además es una gran fuente de reserva de agua de hasta 30.000 litros / hectárea / año.

2.2.4 Zonas de Producción en Perú [7]

El estudio realizado a nivel de los departamentos del Perú, con especial énfasis en las áreas naturales protegidas a nivel nacional, y sus zonas de amortiguamiento, aun cuando en algunos casos de interés especial, también se evaluaron localidades que estaban fuera de ese ámbito.

Se ha dividido al Perú en 9 zonas, las cuales se detallan en el cuadro siguiente, en cada una de las zonas se evaluó la información bibliográfica existente, análisis de la información geográfica satelital, las zonas son las siguientes:

	Zonas Evaluadas	Departamentos
I	Zona Noroeste	Tumbes y Piura
II	Zona Nororiental	Cajamarca, Amazonas y San Martín
III	Zona Norte	Lambayeque y la Libertad
IV	Zona Centro	Ancash y Lima
V	Zona Centro Oriental	Huánuco, Pasco y Junín
VI	Zona Oriental	Loreto y Ucayali
VII	Zona Sur	Ica, Huancavelica y Ayacucho
VIII	Zona Suroriental	Madre de Dios, Cusco, Apurímac y Puno
IX	Zona Sureste	Arequipa, Moquegua y Tacna

Tabla N° 4: Zonas de Producción en Perú



Figura N° 1: Mapa Político del Perú



Figura N° 2: Mapa Político de Cajamarca



Figura N° 3: Mapa Político de Cajabamba

2.2.5 Etapas de Corte [8]

Las varas de Bambú deben cortarse por encima del primer nudo del tallo, a nivel del suelo; se recomienda hacerlo anualmente después de los tres a cinco años de plantados (según la especie) con el fin de mantener la activa la planta. Se reconoce cuando el Bambú empieza a madurar porque tiende a perder brillo y su coloración normal. Al momento de cortarse éste no debe tener rizomas nuevos ni tallos en crecimiento.

En los culmos que no se cortan periódicamente los rizomas se vuelven improductivos, pero también los Bambúes que se cortan periódicamente y totalmente pierden su vigor. Para evitar esta situación, las plantas deben quedar por lo menos con un 25% de sus varas en pie.

El cultivador de Bambú tiene que determinar la edad del corte teniendo en cuenta el uso y la producción de la especie. Si se cortan tallos demasiado jóvenes, la nueva brotación será mayor, pero los tallos serán pequeños; por otro lado, si se cortan tallos demasiado viejos, los nuevos tallos serán largos pero en reducido número. Esto puede variar de acuerdo con el manejo de la plantación en cuanto al uso de fertilizantes y control de malezas, reduciéndose la cosecha hasta en un año.

La variabilidad de calidad y cantidad de brotes de Bambú hace que el propietario de plantaciones deba tener cuidados especiales en el corte. Por esta razón, y con el fin de obtener el máximo rendimiento posible, en cantidad y en calidad de los tallos, en un cultivo o bosque de Bambú debe tener en cuenta: el ciclo de corte, el que está determinado por la madurez del tallo, la máxima madurez y la extensión del área que se va a explotar; la intensidad de corte, lo que se refiere al número de tallos a cortar en cada intervención y el método para hacer el corte.

En ocasiones se realizan cortes forzados y estos se presentan en algunas Guaduas jóvenes, cuando éstas han sido atacadas por insectos y hongos habrá que remover cuando se cuente con tallos viejos y deteriorados. Una vez cortados hay que protegerlos de los insectos xilófagos como el *dinoderus minutus*, que atraídos por el almidón que se encuentra depositado en su fibra, estos construyen largas galerías a lo largo de la misma dejándola inservible.

2.2.6 Partes de la Guadua y su utilización [8]

Hay especies muy dinámicas cuya frecuencia de brotación y velocidad de crecimiento, les permite producir diferentes estados y estructuras de su biomasa en muy corto tiempo. En las especies que son aptas para la alimentación se cortan los brotes tiernos antes de 30 días. Este periodo también puede aprovecharse para producir varas deformadas, para

uso decorativo empleando formalestas o moldes. Cuando las varas alcanzan de 6 meses a 1 año de edad, se empelan en la elaboración de canastos, esteras, carteras, paneles, pajilla y otros tipos de tejidos. Entre los 2 y 3 años las varas se utilizan principalmente en la elaboración de esterilla y cable. Después de los 3 años se empelan en la construcción de estructuras y en la fabricación de pulpa y papel. (Figura N° 5)

Cuando se utiliza como alimento, se diversifica enormemente el potencial de uso del tallo de Bambú. El primer uso es muy rudimentario como tubería de conducción de agua, o varilla de construcción, o poste, o para construir casi cualquier parte de una casa, o conformar parte de sus utensilios.

El segundo uso es ya menos rudimentario y está constituido por su transformación en una forma artesanal a mobiliarios, utensilios, artículos decorativos y manualidades. Todos estos usos van a depender de cada especie y de la edad del tallo, gracias a los diferentes grados de dureza, flexibilidad y resistencia que el bambú va adquiriendo a medida que transcurre la primera etapa de su maduración o sazónamiento. En las especies comerciales, esto ocurre entre los 2 y 4 años de edad del bambú. Después de los 6 años, la resistencia del bambú comienza a declinar a medida que el tallo se va secando y su rizoma se vuelve improductivo.



Figura N° 4: Uso del Bambú

2.2.7 Tratamiento y Preservación [9]

El problema más grande que presentan las estructuras que tienen Guadua es el de la preservación, pues son muy susceptibles al ataque de insectos, la humedad y el sol. Para estos problemas hay varios tipos de solución dependiendo de la utilización de la Guadua o los agentes a los que se va a ver expuesta.

Para preservar la Guadua del ataque de insectos y hongos se trata con productos químicos insecticidas y funguicidas. De acuerdo al medio de disolución de los preservantes se identifican dos grupos diferentes: los Oleosolubles como creosota alquitranada, aceite de antraceno, soluciones de cerosota, etc, y los Hidrosolubles que son sales disueltas en agua y entre sus ingredientes activos están el cloruro de zinc, el dicromato de sodio, el bórax, el ácido bórico entre otros.

Para realizar la inmunización existen diferentes métodos como son el aprovechamiento de la transpiración de las hojas, por inmersión, por el método Boucherie simple o por el método Boucherie modificado.

a. Método de la transpiración de las hojas

Una vez que se realiza el corte, aprovechando el método del curado en la mata, se coloca el tallo en posición vertical y se cambia la piedra por un recipiente que contenga un preservativo (5% de DDT y talco), en el cual se deja sumergido un extremo del tallo, dicho preservativo es absorbido hacia arriba por la transpiración de las hojas; se mantiene durante el tiempo de curado.

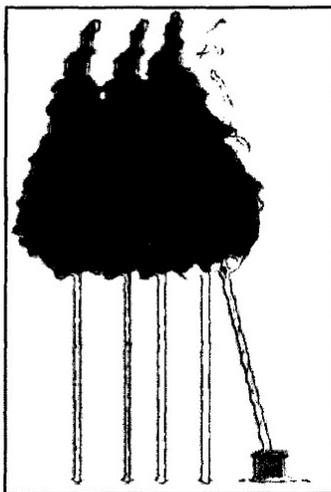


Figura N° 5: Método de la transpiración de las hojas.

b. Por inmersión

Como su nombre lo indica, se sumergen los tallos cortados por un tiempo mayor a 12 horas, en un tanque con una solución que contenga los productos químicos preservativos a ser utilizados en el tratamiento. Para que la Guadua quede totalmente cubierta con el preservativo, se colocan piedras grandes en los extremos para que permanezca sumergida.



Figura N° 6: Método por Inmersión

c. Método Boucherie simple (por gravedad)

Consiste en llenar el entrenudo superior con preservante, dejando el tallo en posición vertical hasta que el químico baje a lo largo de las paredes, ya que por acción de la gravedad empuja y desplaza la sabia ocupando su lugar.

También uno de los extremos puede conectarse a un tubo de caucho que conduce el preservativo de un tanque ubicado a una altura mayor, hacia el tallo de la Guadua. Es un método que puede demorarse varios días de acuerdo con las dimensiones del tallo, por lo cual es poco usado a escala comercial.

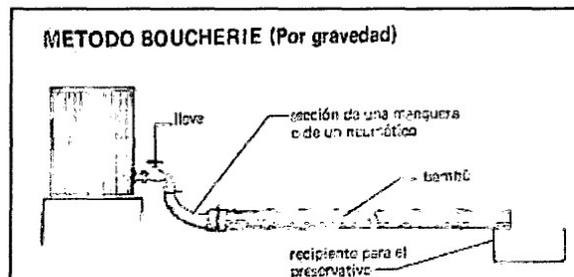


Figura N° 7: Método Boucherie

d. Método Boucherie modificado (por presión)

Es similar al método simple, se diferencia porque el tanque trabaja a presión. Este método es mucho más rápido (se requieren pocas horas para culminar el proceso) y efectivo, pues hay una mayor penetración y absorción del preservativo; además se pueden tratar varias Guaduas al tiempo.

El uso de preservativos y productos químicos aplicados en forma externa sobre la superficie de la Guadua con brocha, no es muy recomendable, debido a que no existe una adecuada penetración hacia el interior del tallo, además se puede lavar fácilmente con la lluvia si queda la Guadua expuesta a la intemperie.

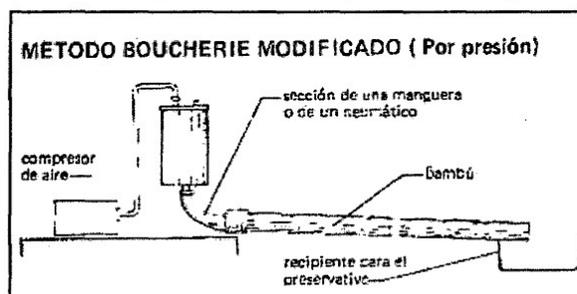


Figura N° 8: Método Boucherie Modificado

2.2.8 Antecedentes del Bambú como Material de Construcción [10]

Desde hace mucho tiempo, el bambú ha sido útil a la sociedad en diversas formas: como alimentación, producción de etanol, alcohol, celulosa, en la fabricación del papel-carbón, en la preparación de medicinas, “sumideros” de carbono, control de erosión, en la confección de vestidos, en una variedad de canastas, mobiliario, utensilios, embarcaciones (lanchas y botes), etc. Para lo cual existe una vasta información por medios escritos, medios audiovisuales y electrónicos, especialmente en los países asiáticos.

En relación al continente americano existe muy poca información literaria técnico-científica sobre la utilización tradicional del bambú como material de construcción de viviendas. Las pocas referencias solo se obtienen en algunas revistas relacionadas con la cultura China o en forma sarcástica y despectiva a través de película de cine “Tarzan en el África”, donde presentaban las imágenes de unos negros en que huían despavoridos cuando los leones de un solo zarpazo destruían sus humildes chozas hechas de bambú*(7). En cambio cuando se empiezan a difundir las primeras películas

chinas de artes marciales, se pueden observar grandes templos, mansiones y hermosas viviendas hechas de bambú.

De esta comparación podemos identificar dos concepciones opuestas: mientras en América se consideraba al bambú de uso para las viviendas de los pobres, en el continente asiático eran para los ricos.

Recién al término del siglo XX, ante la destrucción masiva de viviendas por causa de los fenómenos naturales, y por esa “valentía”, digámoslo así de resistir a esos embates protegiendo la vida humana, al bambú se le da el valor que se merece; gracias a la labor de muchos artesanos, investigadores, arquitectos e ingenieros.

2.2.9 Propiedades Físicas [6]

a. Antecedentes

La *Guadua Angustifolia* crece desde el sur de México hasta el noroeste Argentino, siendo una de las especies de bambú que desarrollan mayor diámetro, espesor y resistencia, por lo que tiene un importante valor económico. Ocupa diferentes habitats, sin embargo es frecuente observarla en las orillas de los ríos, quebradas y valles interandinos donde se forman grandes sociedades naturales llamadas Guadales.

La *Guadua* está conformada por varias partes comerciales que se detallaran a continuación cada una con diferentes características técnicas que se traducen en aplicaciones para la construcción, artesanías, producción de muebles, latas, láminas y pisos.

Estudios recientes indican que la densidad puede variar desde 3000 a 8000 tallos de *Guadua* por hectárea (Londoño 1998; CVC, 2000), lo que reporta aprovechamientos que van mínimo de 360 hasta un máximo 960 *Guaduas* por hectárea, teniendo en cuenta que los aprovechamientos se deben realizar con un año de por medio para garantizar el equilibrio natural de desarrollo óptimo, para así maximizar beneficios en términos ambientales y comerciales.

Una vez cortados se los clasifica en partes comerciales como se los muestra en la figura.

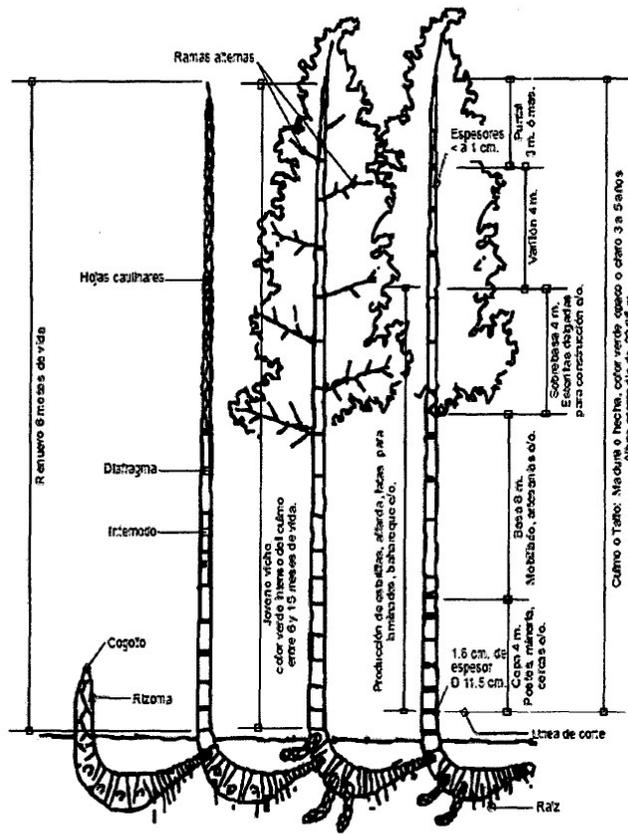


Figura N° 9: Desarrollo y clasificación de la Guadua Angustifolia

PARTE COMERCIAL	DESCRIPCIÓN
Cepa	Sección que posee el mayor diámetro, se encuentra en la parte inferior del tallo, sus longitudes más comunes van de 2.50 a 3.0 metros.
Basa	Esta pieza puede tener una longitud entre 4.0 a 8.0 metros.
Sobrebasa	Longitudes de hasta 4.0 metros.
Varillón	Corresponde a la parte terminal de la Guadua y su diámetro es menor, alcanza longitudes de 4.0 metros.

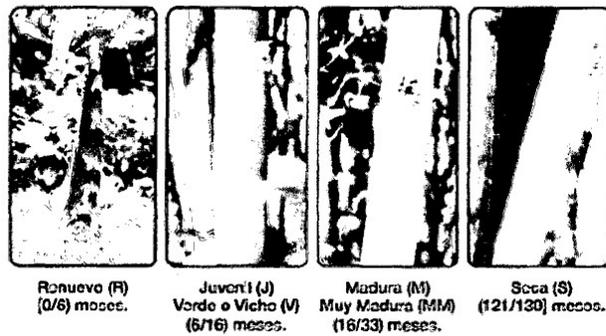
Tabla N° 5: Clasificación de Partes Comerciales de la Guadua.

El Bambú utilizado en los ensayos fueron obtenidos de sembríos caseros realizados en el Valle de Condebamba – Cajabamba – Cajamarca.

Las muestras fueron curadas en la mata (In Situ).

b. Estados de Madures de Guadua [6]

Se caracterizan por su rápido crecimiento, cualidad que se muestra en todas las plantas monocotiledóneas. La Guadua Angustifolia alcanza su altura definitiva entre los 6 y 7 meses de vida, esta crece a razón de 21 centímetros por día y alcanza su madurez entre los 3 y 5 años de vida (Castaño 1985, Londoño 1992). A través de su ciclo vital, en la Guadua se identifican cuatro estados de madurez como se muestra a continuación.



Tiempo de vida promedio: 11 años ó 130 meses. (Valle del Cauca)

Figura N° 10: Estado de Madurez de la Guadua Angustifolia Kunth

En algunas regiones como el valle del Cauca Colombia el estado madura (M) se suele subdividir en adulta (A) y muy madura (MM), y el estado seca (S), y seca partida (SP). En cada una de estas etapas, las Guaduas toman una coloración distintiva. El Renuevo (Hijuelo) es de color verde intenso y sus nudos son blancos, la madura (M) es de color grisáceo por la presencia de líquenes en su corteza (entre más líquenes tenga, más dura esta), por último, la Guadua se toma de color amarillo en su estado seco (S) por que se encuentra en estado de envejecimiento o degradación.

Los estados ideales para el uso industrial de la Guadua son el maduro (M) y el muy maduro (MM), en los cuales la planta ha adquirido su mayor consistencia. A medida que se torna amarilla, la planta pierde tal consistencia. En el mercado de maderas, las Guaduas comerciales de mayor demanda son las maduras, mientras que las secas tienen menor salida. La Guadua tiene un ciclo de vida promedio de once años, que, sin embargo, puede variar según las condiciones del sitio (humedad,

suelo etc.); puede haber plantas con un ciclo de vida corto (cuatro años) y otras con un ciclo de vida más prolongado (superior a once años).

c. Caracterización Morfológica de la Guadua Angustifolia Kunth

Geoméricamente a la Guadua se la representa como un cono truncado ahuecado, cruzado por secciones transversales llamadas diafragmas como se muestra en la siguiente figura:

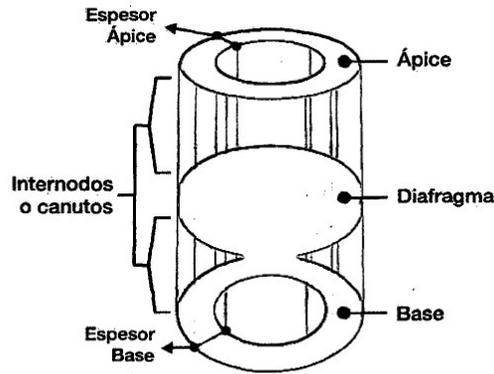


Figura N° 11: Identificación Volumétrica del Tallo

El culmo o tallo de la Guadua se divide en tres segmentos; basal, medio y apical y el número de internodos a lo largo del tallo, se distribuyen como se muestra a continuación:

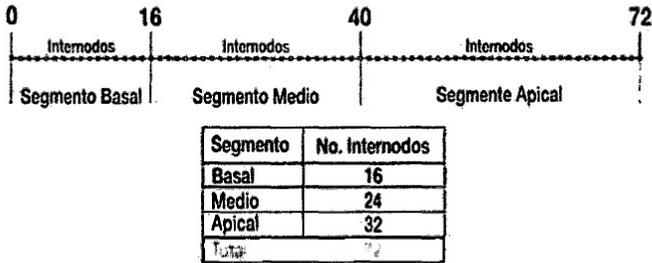


Figura N° 12: Número de Internodos en los Segmentos Basal, Medio y Apical

Mojica, Gonzáles 2005 determinaron que el diámetro a nivel de la base es de 11,50 centímetros en la parte media de 11.05 centímetros y en el apical (parte terminal de la Guadua), es de 5.84 centímetros. A continuación se representan gráficamente estos datos:



Figura N° 13: Variación de diámetros en los Segmentos

Cabe destacar que cada segmento Basal, Medio y Apical esta aproximadamente en una longitud de 10 metros cada uno, dando un total de 30 metros en promedio de la Guadua.

d. Cambios estructurales que ocurren durante los estados de madurez de la Guadua [6]

Liese y Weiner 1996; Murphy y Alvin 1997, determinaron que durante los primeros años el tallo sufre un proceso de maduración. Se cambian algunas estructuras, por ende, las propiedades y los fines para el que son empleados. El tallo de un año de edad (inmaduro), tiene paredes celulares delgadas de fibras y parénquima, con el más bajo volumen de lignina. Las células no contienen almidón. Durante los años siguientes, se ve que las fibras y las células de parénquima aumentan su espesor a través de la de posición de laminillas adicionales y una lignificación consecutiva como se muestra en la siguiente figura:



Figura N° 14: Lignificación de las fibras de un culmo de Guadua

El engrosamiento de las paredes de las fibras puede seguir, incluso, después de los 10 años. Además el envejecimiento natural de tallos afecta la eficacia funcional. Según estudios realizados en 1987 indican que la composición cambia significativamente entre los culmos de 1 y 7 años de edad.

e. Contenido de humedad [6]

La humedad, es una propiedad física indispensable de ser analizada ya que el comportamiento mecánico de la Guadua depende del grado de humedad de la muestra. La humedad del tallo de Guadua disminuye con la altura y con la edad. La humedad cambia con las época del año, si hay lluvia hay mayor humedad; y menos durante los tiempos de sequía.

La contracción del tallo en su longitud se puede pasar por alto; pero la contracción del diámetro puede ser del 5 hasta el 15%, cuando se disminuye la humedad del tronco, (del 70% hasta el 20%). Esta contracción es importante considerando el uso en hormigón armado. La contracción de troncos verdes o jóvenes es mayor que en los troncos maduros; estos últimos tiene buena resistencia a la tracción y flexión. Además, el incremento de la resistencia a la presión está en relación con la disminución de la humedad, en forma parecida al proceso de endurecimiento de la madera.

f. Densidad (Masa por Volumen) [11]

Propiedad de una muestra igual a su masa por unidad de volumen, la densidad de la Guadua se expresa en g/cm³.

2.2.10 Propiedades Mecánicas

a. Antecedentes [9]

La propuesta de normas internacionales para ensayos de bambú INBAR STANDARD FOR DETERMINATION OF PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF BAMBOO, especifican para los ensayos parámetros que a partir del año 1999 se estandarizaron para sacar resultados confiables y que se puedan evaluar de mejor manera las propiedades de la Guadua por que anteriormente se hacían investigaciones pero sin un manual o una guía que los lleve a dicho estudio por tal razón en nuestro trabajo nos hemos visto en la necesidad de hacerlo de forma técnica y responsable.

b. Resistencia a la flexión [9]

Se recomienda hacer ensayos para Guadua con luces cortas (<1.50m), intermedias (1.50m-2.00m) y largas (>2.00m). Esto debido a que la Guadua solicitada a flexión presenta tres tipos de fallas:

Falla por corte, cuando la luz de la Guadua es menor de 1.50m; falla por flexión en luces intermedias y falla por deflexión en luces largas.

En proyectos anteriores, en la realización de ensayos a flexión para Guaduas cortas, se presentó aplastamiento en los apoyos. Por lo tanto, en este proyecto se decidió amarrar los extremos del elemento para poder ver la verdadera falla de las Guaduas cortas; encontrando que fue una buena solución.

Debido a la concentración de esfuerzos se presentó también aplastamiento donde se encontraban los dispositivos de carga, por este motivo se optó por cargar en los tabiques y no como se hizo al inicio de los ensayos que era a $L/3$.

La norma INBAR recomienda para el ensayo a flexión un método de carga concerniente en dividir la fuerza que genera la máquina en dos partes por medio de una viga rígida, que a su vez transmite a cuatro caballetes ubicados sobre los nudos cercanos a los tercios de la luz. Estos dispositivos de carga (caballetes) al igual que los apoyos permiten el giro de los especímenes.

Los apoyos son similares a los dispositivos de carga permitiendo un desplazamiento horizontal para lograr el contacto con el culmo únicamente en los nudos. En este proyecto se consideró que el método de la INBAR era válido sólo para culmos que fallaran por deflexión debido a que no se puede asegurar en el montaje un mismo número de puntos de apoyo y puntos de carga tal como al inicio del ensayo debido a la curvatura generada en el espécimen.

c. Resistencia a la compresión paralela a la fibra [9]

Para el desarrollo de este proyecto se ensayaron especímenes cilíndricas de altura igual a dos veces el diámetro promedio exterior (con y sin nudo en la mitad), las cuales fallaron en su totalidad por aplastamiento (columna corta) sin presentarse astillamiento en los extremos de los cilindros u otro tipo de falla.

También, se ha tratado de calcular el módulo de elasticidad a compresión paralela a la fibra de la Guadua utilizando deformímetros mecánicos (no se han utilizado deformímetros eléctricos debido a su costo). Para tal fin, se ha calculado la deformación del material igual al acortamiento de la luz entre platos de la máquina. Estos procedimientos no han tenido en cuenta el efecto de confinamiento que generan los platos de carga, por lo cual no muestran el verdadero comportamiento del material. Para evitar las anteriores complicaciones se recomienda utilizar anillos de soporte para el deformímetro mecánico, apoyándose en el espécimen evitando medir la deformación cerca a los bordes.

En caso de utilizar los anillos de soporte para el deformímetro (collarines) se recomienda utilizar cilindros con altura aproximadamente igual a dos veces su diámetro exterior, por comodidad de manejo.

En el proceso de corte de los cilindros existe la probabilidad de generar:

- ✓ Grietas en los extremos del espécimen.
- ✓ Caras no paralelas.
- ✓ Caras no planas.

En dado caso se recomienda eliminar la muestra para el ensayo por posibilitar la falla a compresión o inducir otro tipo de falla distinta a la de compresión paralela a la fibra.

En cuanto a la existencia de nudos en el espécimen de acuerdo a la bibliografía y a lo experimentado en este proyecto no se observa una marcada diferencia en la resistencia última a compresión de especímenes con o sin nudo.

Finalmente y de acuerdo a lo expuesto anteriormente se determinó que el espécimen para el ensayo de compresión debe tener una altura igual a dos veces el diámetro externo, con y sin nudo en la mitad.

d. Resistencia a la tracción paralela a la fibra [9]

La Guadua es conocida actualmente como el “Acero vegetal” debido a su alto desempeño a la tracción paralela a la fibra.

Los especímenes utilizados para la determinación de la resistencia a la tracción han tratado de imitar las pruebas realizadas en la madera.

Para garantizar la falla por tracción se recomienda que el espécimen posea nudo en el centro. El espécimen se debe ensayar por lo menos con un nudo debido a que la resistencia es menor. Las fibras no tienen continuidad en estos puntos y algunas fibras continúan longitudinalmente a lo largo del culmo mientras que otras pasan a constituir parte de los nudos (canutos).

Se recomienda que los especímenes sean limpiados de líquenes y cualquier otro material que puedan contribuir a un posible deslizamiento.

e. Resistencia a la tracción perpendicular a la fibra [9]

De la resistencia a la tracción perpendicular a la fibra no se ha encontrado información escrita acerca de los ensayos realizados elaborados para encontrar esta propiedad hasta el desarrollo de esta investigación.

Es importante recordar que las estructuras en Guadua fallan muchas veces por este fenómeno, por lo que se intentó montar un ensayo que estuviera en capacidad de generar este tipo de falla.

La Guadua se caracteriza por su forma circular, que en un alto porcentaje de su sección se aproxima a una circunferencia. Gracias a ello, se debe elaborar semicilindros en madera de diferentes radios que logran transmitir la carga aproximadamente en toda la superficie interna de un espécimen circular.

Además con una longitud del cilindro (sin nudo) de 15 centímetros se garantiza que el diámetro del espécimen sea aproximadamente constante permitiendo un mayor contacto entre los semicilindros macizos y las paredes interiores de la Guadua.

f. Resistencia al corte o cizallamiento paralelo a la fibra [9]

Para el desarrollo de este ensayo simplemente se reprodujo el ensayo diseñado por la norma "INBAR: Determination of Physical and Mechanical Properties of Bamboo". Salvo que en este proyecto se especifica con claridad las dimensiones del dispositivo de ensayo y su montaje.

Es importante tener en cuenta que el material, a pesar que puede fallar por corte paralelo a la fibra, podría estar sometido al mismo tiempo a compresión, dando como resultado un valor erróneo de resistencia al corte debido a que no siempre se garantiza la verticalidad de la fibra. Por lo cual se debe prever que los dispositivos de carga estén correctamente colocados y con las dimensiones especificadas según lo propuesto en este proyecto.

Es de gran importancia la tolerancia entre las platinas en los puntos de posible traslape, se debe garantizar la tolerancia mínima de 3 mm que recomienda las normas INBAR en su capítulo 7.1.

Además de lo anterior se considera finalmente que el método de ensayo será más eficiente si se asegura únicamente un plano de falla.

2.3 DEFINICION DE TERMINOS BASE

- ✓ **Anisotropía** — Propiedad de ciertos materiales que, como la madera, presentan características diferentes según la dirección que se considere.
- ✓ **Aserrado** — Proceso mediante el cual se corta longitudinalmente una troza, para obtener piezas de madera de sección transversal cuadrada o rectangular denominadas comúnmente bloque o tablonés. El aserrado se realiza mediante sierras circulares, sierras de cinta u hojas de sierra.
- ✓ **Cargar** — Aplicar fuerzas a una estructura. Apilar madera en una cámara de secado.
- ✓ **Coefficientes de modificación** — Son los coeficientes por los cuales se debe afectar a los esfuerzos admisibles y a los módulos admisibles de elasticidad longitudinal para tener en cuenta las condiciones de uso particular de un elemento o componente estructural, y así obtener los valores modificados que pueden ser usados en el diseño estructural.
- ✓ **Contracción** — Reducción de las dimensiones de una pieza de madera causada por la disminución del contenido de humedad por debajo de la zona de saturación de las fibras, que se presenta en los sentidos radial, tangencial y longitudinal.
- ✓ **Dimensiones reales** — Son aquellas que presentan las piezas después de las operaciones de maquinado.
- ✓ **Distancia al extremo** — Distancia del centro de un elemento de unión (conector) a la arista extrema de una pieza.
- ✓ **Distancia al borde** — Distancia del centro de un elemento de unión (conector) a una arista lateral de la pieza.
- ✓ **Ductilidad por desplazamiento** — Relación entre el desplazamiento correspondiente al esfuerzo de rotura del material y el desplazamiento correspondiente al esfuerzo de fluencia del material.
- ✓ **Elemento dúctil** — Es un elemento que tiene capacidad de deformación en el rango inelástico.
- ✓ **Esfuerzos admisibles para diseño** — Son los esfuerzos de flexión, tensión, compresión paralela, compresión perpendicular, corte y módulo de elasticidad longitudinal, que resisten los elementos de madera, referenciados.
- ✓ **Esfuerzos admisibles modificados para diseño** — Es el esfuerzo resultante de multiplicar los esfuerzos de referencia para diseño por los coeficientes de modificación aplicables. Es el esfuerzo que debe ser usado para realizar el diseño estructural y para revisar los criterios de aceptación.

- ✓ **Esfuerzo calculado** — Es el esfuerzo resultante de las solicitudes de servicio.
- ✓ **Fibra** — Célula alargada con extremos puntiagudos y casi siempre con paredes gruesas; típica de las maderas latifoliadas.
- ✓ **Grupo** — Clasificación de las maderas de acuerdo a su módulo de elasticidad y a su conjunto de esfuerzos.
- ✓ **Hinchamiento** — Aumento de las dimensiones de una pieza causada por el incremento de su contenido de humedad.
- ✓ **Labrado** — Es la operación realizada en la madera para reducirla al estado o forma conveniente para su uso.
- ✓ **Madera tratada** — Es aquella sometida a un proceso de secado y preservación.
- ✓ **Módulo de elasticidad longitudinal admisible** — Módulo de elasticidad de un elemento de madera medido en la dirección paralela al grano, multiplicado por los coeficientes de modificación que lo afecten.
- ✓ **Módulo de elasticidad mínimo longitudinal admisible** — Es el anterior módulo, llevado al quinto percentil, a flexión pura y finalmente afectado por un factor de seguridad.
- ✓ **Precortado** — Se refiere a la obtención de piezas o elementos de madera con determinadas características, tales como cortes, perforaciones, etc., las que serán luego utilizadas en obra.
- ✓ **Preservación** — Tratamiento que consiste en aplicar sustancias capaces de prevenir o contrarrestar la acción de alguno o varios tipos de organismos que destruyen o afectan la integridad de la madera. Generalmente estos tratamientos son efectivos por lapsos más o menos largos, dependiendo de su calidad.
- ✓ **Preservante** — Sustancia que se aplica para prevenir o contrarrestar por un período de tiempo, la acción de alguno o varios de los tipos de organismos capaces de destruir o afectar la madera.
- ✓ **Secado** — Proceso natural o artificial mediante el cual se reduce el contenido de humedad de la madera.
- ✓ **Sección** — Perfil o figura que resulta de cortar una pieza o cuerpo cualquiera por un plano.
- ✓ **Sección longitudinal** — Aquella sección que resulta de cortar una madera en sentido paralelo a las fibras.
- ✓ **Sección radial** — Corte longitudinal de un tronco en dirección perpendicular a los anillos de crecimiento.

- ✓ **Sección tangencial** - Corte longitudinal de un tronco tangente a los anillos de crecimiento.
- ✓ **Sección transversal** — Aquella sección que resulta de cortar una madera en sentido perpendicular a las fibras.
- ✓ **Sistema estructural de resistencia sísmica** — Es el sistema estructural de resistencia a cargas laterales específicamente diseñado y detallado para resistir fuerzas sísmicas a través de la disipación de energía en el rango inelástico.
- ✓ **Solicitación** — Fuerza interna (fuerza axial, fuerza cortante y momento flector) que actúa en una sección determinada de un elemento o componente estructural. También se entenderá, como los esfuerzos asociados a cada una de las fuerzas internas que actúan en una sección determinada de un elemento o componente estructural, y que se calculan a partir de la teoría de la elasticidad.
- ✓ **Solicitación admisible** — Fuerza interna calculada con base en los esfuerzos admisibles y las leyes de la mecánica estructural para una sección dada.
- ✓ **Solicitación controlada por deformación** — Se denominan solicitaciones controladas por deformación a aquellas solicitaciones como momentos, cortantes o fuerzas axiales calculadas a partir del análisis estructural, para las cuales se diseña y detalla específicamente un elemento o un componente que proporciona ductilidad al sistema estructural.
- ✓ **Solicitación controlada por fuerza** — Se denominan solicitaciones controladas por fuerza a aquellas solicitaciones como momentos, cortantes o fuerzas axiales para las cuales se diseñan los componentes del sistema estructural de los que se espera un comportamiento frágil o de limitada ductilidad.
- ✓ **Subsistema estructural** — La porción de un sistema estructural que cumple una función específica en la resistencia de cargas y en la transmisión de las mismas a otro elemento, componente, sub-sistema estructural, o a la cimentación.
- ✓ **Tenacidad** — Cualidad que le permite a la madera experimentar considerables cambios de forma antes de romperse, con fractura generalmente astillada.

CAPITULO 3. MATERIALES Y METODOS

3.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

3.1.1 UBICACIÓN

La ciudad de Cajamarca está situada en la parte Norte Andina del País, entre los paralelos 4° 30' y 7° 45' de Latitud Sur y los Meridianos 77° 30' de Longitud Oeste de Greenwich [6].

3.1.2 LIMITES

Por el Norte límite internacional con Ecuador sobre la cordillera Campanquiz; por el este Punto sobre el río Marañón a 1,5 km. al norte de la desembocadura del río Chusgón; por el sur Punto en C s/n cota 3,761 entre la divisoria de aguas del río Llama y Qda. Chagón; oeste Línea de Cumbre del C Carrampón y a 3 km. Al Sur del río de la Leche [7].

3.1.3 DESCRIPCIÓN DE LA ZONA

✓ **Altura**

Se encuentra una altura de 2,720 m.s.n.m tomando como referencia la plaza de armas de la ciudad [7].

✓ **Topografía del Terreno**

Cajamarca es el departamento de la sierra peruana más plano y de menor altitud de la cordillera de los Andes a su paso por el país, aunque en los valles yungas tanto costeros como fluviales presentan abismos de hasta 600 metros de profundidad, tiene 17 valles extensos y amplios, además sólo escasos cerros que llegan a 4.000 msnm o algo más, entre ellos el cerro Rumi Rumi (4.496 msnm) en la provincia de Cajabamba, que rara vez se encuentra cubierto sino de escarcha o de granizo, mas no de nieve. Altura mínima pueblos de Nanchoc y La Florida 420 y 455 msnm respectivamente (ambos en la provincia de San Miguel de Pallaques). Además de las suaves pendientes, Cajamarca aporta con la mayor cuenca hidrográfica del país al servicio de la ganadería y agricultura, cuyas aguas vierten al río Marañón hacia el oriente y hacia el océano Pacífico al occidente [8].

✓ **Vías de Acceso**

Cajamarca se encuentra a una distancia de 850 Km. de la ciudad de Lima a través de la carretera Panamericana Norte, a unas 18 horas de viaje en bus. De otro lado existe un aeropuerto “Mayor Gral. FAP Armando Revoredo Iglesias” localizado en el distrito de Baños del Inca, el que recibe vuelos diarios desde nuestra capital [9].

✓ **Clima y Temperatura**

Cajamarca por su altitud se encuentra en la región Quechua (entre 2.300-3.500 msnm) lo que determina que su clima sea templado, seco; soleado durante el día, pero frío durante la noche. Su temperatura media anual es de 15,6 °C, siendo época de lluvias de diciembre a marzo, que coinciden con el cíclico fenómeno de El Niño, típico del norte tropical peruano. Sin embargo, en sus diferentes regiones, algunas ciudades tienen clima tropical. Además la proximidad tanto hacia la costa como hacia la selva, sin mencionar su cercanía a la Línea Ecuatorial, la hacen tener el mejor clima de los departamentos de la Sierra Peruana. No tiene picos nevados, pero cuenta con bosques subtropicales húmedos hacia la vertiente oriental, subtropical y tropical secos hacia la vertiente occidental, siendo el departamento de la sierra con mayor índice de forestación [9].

3.2 TIEMPO O ÉPOCA DE LA INVESTIGACIÓN

Esta investigación se realizó en la época de Otoño e Invierno, durante los meses de Diciembre hasta Abril.

3.3 PROCEDIMIENTO

3.3.1 Propiedades Físicas

a. Contenido de Humedad [12]

La Guadua como cualquier otro material de origen orgánico presenta condiciones particulares dependiendo su contenido de humedad, empezando por la diferencia de resistencia a las diferentes sollicitaciones mecánicas que puede llegar a experimentar a lo largo de su vida útil en una estructura. La determinación del contenido de humedad (CH) de la Guadua Angustifolia como material de construcción es fundamental antes de su utilización en cualquier proyecto, ya que de allí depende uno de los principales parámetros normativos para el diseño; se trata

de los coeficientes de modificación por contenido de humedad que afecta de manera negativa, a partir de un CH superior al 12%, los esfuerzos admisibles y módulo de elasticidad, dependiendo el esfuerzo que sea sometido un miembro. [13]

El presente Capítulo da a conocer los resultados obtenidos de las pruebas realizadas para determinar el contenido de humedad (CH) de trecientas doce (312) muestras provenientes de los especímenes de los diferentes ensayos mecánicos realizados en esta investigación. Se debe aclarar que para esta investigación todas los especímenes seleccionados para ensayar, antes de su respectivo ensayo, fueron sumergidas con dos o tres semanas de anterioridad en agua (ver Capítulo 3 “Preliminares”, Sub Capítulo 3.3 “Obtención de especímenes”) esto con el fin de permitir primero la saturación del material y así obtener datos conservadores de resistencia, y segundo para obtener una comparación entre el contenido de humedad (CH) y la resistencia última (σ_{ult}) determinando tendencias según cada tipo de ensayo.

Se debe comprender que la Guadua una vez ha sido aprovechada comienza a perder agua a través de la evaporación, y tiende a secarse hasta alcanzar un contenido de humedad de equilibrio con su entorno o lugar donde es transportada una vez aprovechada; o que si el secado es mecánico y se logra bajar el contenido de humedad de la Guadua por debajo del 12%, esta podrá ganar humedad si el sitio de disposición final tiene una humedad relativa del ambiente muy alta acompañada de una temperatura baja. Es decir, la Guadua al igual que la madera expuesta a condiciones ambientales, desde el instante en que es aprovechada, empieza a perder o ganar humedad hasta llegar a un equilibrio con el ambiente.

✓ **Objetivo**

La determinación de pérdida de peso, o masa de la pieza de bambú en prueba secada a la masa constante. Los cálculos en la pérdida de la masa se expresan como un porcentaje de la masa de la pieza en prueba después del secado.

✓ **Equipo**

1. Balanza con una precisión de 0.1 gramos
2. Horno eléctrico.

✓ **Preparación del espécimen de prueba**

Las piezas de prueba para la determinación del contenido de humedad deben ser preparadas inmediatamente después de cada prueba mecánica. El número de especímenes debe ser igual al número de ensayos tanto para las evaluaciones físicas y mecánicas.

La forma del espécimen debe ser como un prisma aproximadamente de 25 milímetros de ancho y 25 milímetros de alto y tan grueso como el grosor de las paredes.

Las piezas en prueba deben ser tomadas cerca del lugar de la falla o almacenadas bajo condiciones las cuales aseguren que los contenidos de humedad permanezcan sin cambio.

✓ **Procedimiento**

- Las piezas en prueba se pesaron con una aproximación de 0,1 gramos y luego secados en un horno a una temperatura de 101 a 105 °C ± 5 °C.
- Después de 24 horas la masa debe ser analizada y verificada para sacar los pesos respectivos.
- El secado debe considerarse completo transcurrido el tiempo señalado.

✓ **Cálculo de resultados**

El contenido de humedad de cada pieza en prueba se calculó como la pérdida de masa, expresada como un porcentaje de la masa seca en el horno, de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$CH = \frac{(P_1 - P_2)}{P_2} * 100$$

Ecuación 1: Contenido de humedad

Donde:

CH = Contenido de humedad.

P_1 = Peso de la muestra en estado natural.

P_2 = Peso de la muestra seca al horno.

El contenido de humedad se calculó con una confiabilidad de 1 a 10%. La media aritmética de los resultados obtenidos de las piezas en pruebas individuales debe

ser reportada como el valor medio del contenido de humedad de las piezas de Guadua en prueba.

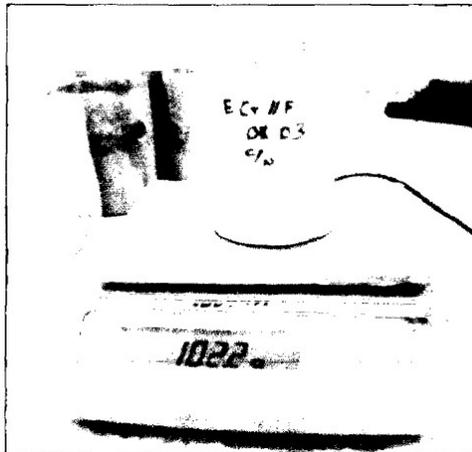


Figura N° 15: Peso de espécimen en estado natural.

a. Densidad (Masa / Volumen) [12]

✓ Objetivo

"La masa por el volumen" es el nombre moderno de densidad la cual se expresa como la masa dividida para su volumen.

✓ Equipo

Se necesitaron instrumentos capaces para determinar las dimensiones de las Guadua de prueba a una aproximación de 0,1 milímetros. Una balanza capaz de pesar con una precisión de 0.1 gramos.

✓ Preparación de las Piezas

Las piezas fueron preparadas al igual que en el contenido de humedad, o se lo puede realizar desde un corte completo transversal del culmo.

Para la determinación de la densidad, también es permitido preparar la pieza en prueba de toda la sección de corte cruzada de un tronco, en vista de que el volumen puede ser medido fácilmente.

✓ Procedimiento

Se midieron las dimensiones de las piezas en prueba a lo más cercano a 0,1 milímetros y calcular el volumen, o determinar el volumen por un método adecuado (inmersión en mercurio) a una confiabilidad de 10 milímetros cúbicos. Se lo realiza en condiciones tiernas o inmaduras durante la prueba con lo cual se determinara el volumen.

Determinar la masa de las piezas a una confiabilidad de 0,1 gramos.

✓ **Cálculo y expresiones de resultados.**

La densidad de cada pieza es dada por la siguiente formula:

$$\rho = \left(\frac{m}{V}\right) \times 10^6$$

Ecuación 2: Densidad

Donde:

ρ = Masa por el volumen en $\frac{Kg}{m^3}$

m = Masa de la pieza en gramos.

V = Volumen pieza en mm^3

10^6 =Factor de corrección de unidades.

b. Absorción [12]

La caña Guadua tiene una humedad de equilibrio del 20% y fácilmente adquiere agua, ya que es un material higroscópico, estando fácilmente expuesta a la proliferación de hongos y demás organismos que crecen en medio acuoso, por ejemplo hongos, tales como el verde penicillium, malta y otros, que pueden removerse fácilmente de la superficie de la caña una vez seco.

c. Contracción [12] [14]

La Guadua cambia de volumen según la humedad que contiene. Cuando pierde agua, se contrae o merma, siendo mínima en la dirección axial o de las fibras, no pasa del 0.8 por ciento; de 1 a 7.8 por ciento, en dirección radial, y de 5 a 11.5 por ciento, en tangencial.

La contracción es mayor en la altura que en la parte interna, originando tensiones por desecación que agrietan y alabea la Guadua.

El hinchamiento se produce cuando absorbe humedad. La Guadua sumergida aumenta poco de volumen en sentido axial o de las fibras, y de un 2.5 al 6 por ciento en sentido perpendicular; pero en peso, el aumento oscila del 50 al 150 por ciento. La Guadua aumenta de volumen hasta el punto de saturación (20 a 25 por ciento de agua), y a partir de él no aumenta más de volumen, aunque siga absorbiendo agua. Hay que tener muy presente estas variaciones de volumen en las piezas que hayan de estar sometidas a oscilaciones de sequedad y humedad, dejando espacios necesarios para que los empujes que se produzcan, en caso se utilice para obra, no comprometan a la misma.

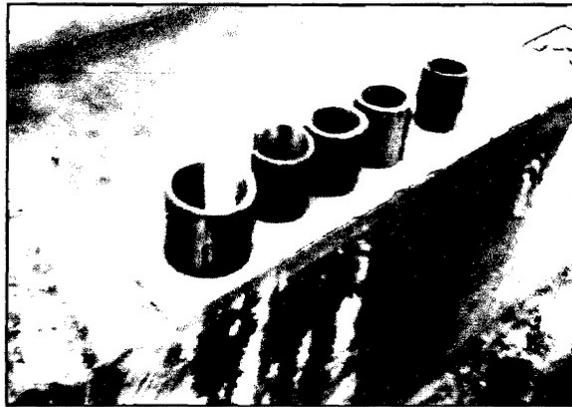


Figura N° 16: Especímenes saturados durante 24 horas en agua

3.3.2 Propiedades Mecánicas [6]

a. Resistencia a la flexión

✓ Objetivo

La determinación de:

- El esfuerzo de flexión en troncos de bambú con dos puntos de carga.
- La determinación de la curva esfuerzo deformación.
- El módulo de elasticidad del tronco de Guadua.

✓ Equipo

Una máquina para el ensayo de flexión capaz de medir carga lo más cercano al 1% y la deflexión lo más cercano a milímetros.

Un mecanismo capaz de asegurar la flexión de un tronco de bambú aplicando una carga media entre los centros de soporte de la carga.

La prueba debe ser una prueba de flexión de 4 puntos dos de aplicación de las cargas y dos de los apoyos.

La carga debe ser dividida en mitades por medio de una viga apropiada, para evitar la ruptura del tronco de bambú en los puntos de aplicación de la carga y en las reacciones en los apoyos deben ser aplicadas en los nudos con ayuda de dispositivos que permitan rotar libremente.

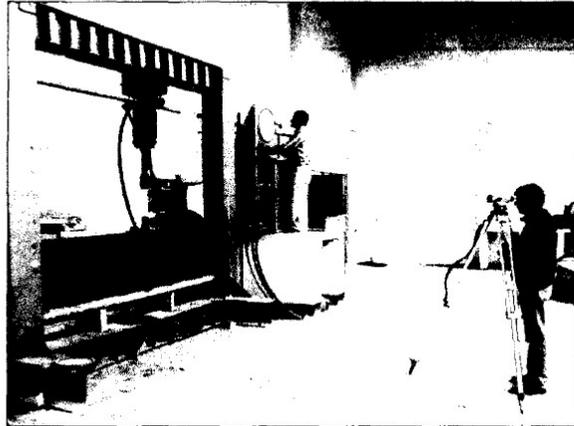


Figura N° 17: Máquina de Carga para el ensayo de flexión.

✓ **Preparación de los especímenes de prueba**

Los troncos deben estar sin ningún defecto visible, con el propósito de obtener la deflexión real, además deberá poseer una distancia libre entre apoyos de $30 \cdot D$ donde D es el diámetro externo de la Guadua para alcanzar la flexión pura.

✓ **Procedimiento**

Determine el valor de medio de D diámetro externo de la Guadua y el espesor de las paredes d diámetro interno para encontrar el valor del momento de inercia con la siguiente formula:

$$I = \left(\frac{\pi}{64}\right) * (D^4 - (D - 2t)^4)$$

Ecuación 3: Momento de Inercia

Donde:

$I =$ Momento de inercia en mm^4

$\pi = 3.1416$

D = Diámetro externo de la guadúa

d = Diámetro interno de la guadúa

t = Espesor de la guadúa $D - d$

Poner el tronco de Guadua en el lugar de la máquina de flexión y que se apoyen en los dos extremos permitiendo que el tronco encuentre su posición. Luego ponga los dispositivos de madera y la viga la cual divide a la carga en la parte superior del tronco de bambú y permita que nuevamente se ubique en la mejor posición y alineado al tronco de bambú en un plano vertical.

La carga sobre el tronco de bambú debe ser constante a una confiabilidad de 1% esto quiere decir que se vaya tomando rangos de carga para ir midiendo la deformación producida a esa carga esta tasa puede ser a 0.05 milímetros/segundo y ver la carga máxima a la cual falla la Guadua.

Después de la prueba vuelva a medir D el diámetro externo y el diámetro interno. Determine el contenido de humedad que debe estar alrededor del 30%

✓ **Calculo y expresión de resultados**

El esfuerzo último de flexión estática es calculado de la siguiente manera:

$$\sigma_{ult} = \frac{M_{ult} * c}{I}$$

Ecuación 4: Esfuerzo Máximo

Donde:

σ_{ult} = Esfuerzo máximo de flexión Mpa

c = centro de gravedad que esta a $\frac{D}{2}$ en mm

I = Momento de inercia en mm^4

M_{ult} = Momento ultimo de flexión en $N * mm$

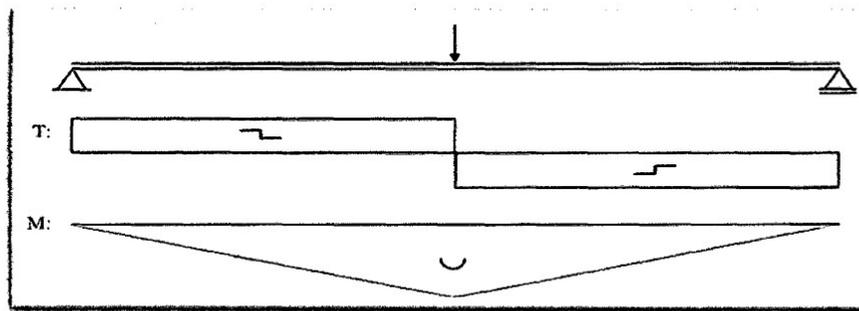


Figura N° 18: Modelo matemático del ensayo de flexión.

$$M_{ult} = \frac{F_{ult} * L}{4}$$

Ecuación 5: Momento Último

Donde:

L = Distancia entre apoyos en mm

F_{ult} = Fuerza ultima aplicada en N

$$I = \left(\frac{\pi}{64}\right) * (D^4 - (D - 2t)^4)$$

Ecuación 6: Momento de Inercia

Para el módulo de elasticidad o módulo de Young es dado por la parte lineal del diagrama de esfuerzo deformación el módulo de elasticidad E es calculado con la siguiente formula:

$$\delta_{max} = \frac{F * L^3}{48EI}$$

Ecuación 7: Formula de Flexión Máxima en el Centro de la Viga

Despejando:

$$E = \frac{F * L^3}{48 * I * \delta_{max}}$$

Ecuación 8: Módulo de Elasticidad

Donde:

E = Módulo de elasticidad en MPa

F = Fuerza máxima en N

$L =$ Distancia libre entre apoyos en mm

$I =$ Momento de inercia en mm^4

$\delta_{max} =$ Deformación máxima en mm

✓ **Determinación del Valor del Esfuerzo Admisible**

El esfuerzo admisible para el ensayo a flexión (F), tomada de la NSR-10 G.12.7-2, y la Tabla G.12.7-3 “factores de reducción” en relación con cada tipo de esfuerzo. [13]

$$F_F = \frac{FC}{F_S \times FDC} \times f_{kF}$$

Ecuación 9: Esfuerzo Admisible a Flexión

En donde:

F_F = Esfuerzo admisible en la sollicitación del ensayo a flexión.

F_{kF} = Valor característico del esfuerzo en la sollicitación a flexión.

FC = Factor de reducción por diferencias entre las condiciones de los ensayos en el laboratorio y las condiciones reales de aplicación de las cargas en la estructura:

- 1.0

F_S = Factor de Seguridad:

- 2.0

FDC = Factor de duración de carga:

- 1.5

F = Subíndice para la sollicitación del ensayo a flexión.

b. Resistencia a la compresión paralela a la fibra

✓ **Objetivo**

La determinación de:

- El esfuerzo último de compresión
- El módulo de elasticidad nominal

✓ **Equipo**

La prueba se llevara a cabo en una máquina de prueba adecuada, donde por lo menos exista un engranaje semiesférico para obtener la distribución homogénea de la carga sobre los terminales de la muestra.

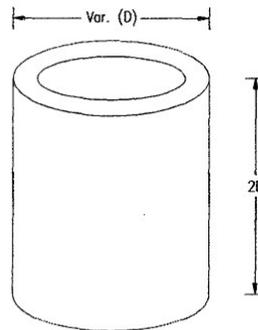


Figura N° 19: Cilindro de compresión sin nudo con altura de 2D.

✓ Preparación de los especímenes de prueba

Las muestras deben ser tomadas de la parte baja, media y alta de cada tronco de bambú.

La compresión de pruebas paralelas al eje deben ser realizadas en muestras sin nódulos esto quiere decir sin nudos y la longitud debe ser tomada igual al diámetro exterior, sin embargo si esta es 20 milímetros o menos, la altura debe ser 2 veces el diámetro externo.

Los planos terminales del espécimen deben estar perfectamente al ángulo del equipo. Además los planos terminales deben ser planos con una desviación máxima de 0,02 milímetros.

Para determinar el módulo de elasticidad E se debe colocar un deformímetro calibrado a 0,01 milímetros para tomar las lecturas a cargas iguales y constantes que son dispuestas por el investigador.

✓ Procedimiento

La muestra debe ser puesta de tal manera que el centro de el cabezal coincida con el centro de la sección transversal del espécimen y una carga pequeña no más de 1KN.

La carga debe ser aplicada continuamente durante la prueba para provocar que la cabeza móvil de la maquina este a una velocidad constante de 0,01 milímetros/segundo. El deformímetro debe ser leído de tal forma que se tenga un número considerable de lecturas para poder trazar la gráfica de esfuerzo

deformación y de ahí sacar el valor del módulo de elasticidad que será determinado de la misma grafica trazada. Se deberá saber cuál fue la lectura final de la carga para tener de referencia y determinada nuevamente.

✓ **Cálculo y expresión de resultados**

El esfuerzo de compresión máxima debe ser calculado con la siguiente fórmula:

$$\sigma_{ult} = \frac{F_{ult}}{A}$$

Ecuación 10: Esfuerzo último a compresión

Donde:

σ_{ult} = Esfuerzo último de compresión en MPa

F_{ult} = Cargar Máxima en N

A = Área promedio transversal en mm²

El módulo de elasticidad E debe ser calculado del promedio de lecturas del deformímetro como una relación lineal entre el esfuerzo de compresión y la deformación al 20 y 80% de la carga máxima.

✓ **Determinación del Valor del Esfuerzo Admisible**

El esfuerzo admisible para el ensayo de compresión paralelo a la fibra (C), tomada de la NSR-10 G.12.7-2, y la Tabla G.12.7-3 “factores de reducción” en relación con cada tipo de esfuerzo.

$$F_C = \frac{FC}{F_S \times FDC} \times f_{kC}$$

Ecuación 11: Esfuerzo Admisible a Compresión

En donde:

F_C = Esfuerzo admisible en la sollicitación ensayo a compresión paralelo a la fibra.

F_{kC} = Valor característico del esfuerzo en la sollicitación a compresión paralelo a la fibra.

- FC = Factor de reducción por diferencias entre las condiciones de los ensayos en el laboratorio y las condiciones reales de aplicación de las cargas en la estructura:
- 1.0
- F_s = Factor de Seguridad:
- 1.5
- FDC = Factor de duración de carga:
- 1.2
- C = Subíndice para la sollicitación del ensayo a compresión.

c. Resistencia a la tracción paralela y perpendicular a la fibra

✓ **Objetivo**

La determinación del esfuerzo último de tensión paralela a la fibra por la aplicación de aumento gradual de carga al tronco de prueba de bambú.

✓ **Equipo**

Las mordazas de la máquina de tensión debe asegurar que la carga sea aplicada a lo largo del eje longitudinal de la pieza de prueba y debe prevenir el giro longitudinal. Las mordazas deben presionar perpendicular a las fibras y en dirección radial.

La carga debe ser aplicada continuamente a través de toda la prueba a una velocidad de los cabezales de 0.01 milímetros/segundo.

La carga debe ser medida al 1%.

Las dimensiones de corte deben ser medidas a una precisión de 0.1 milímetros.

✓ **Preparación de los especímenes de prueba**

Los especímenes deben ser tomados de la parte basal media y superior de cada tronco de Guadua.

Las pruebas de tensión paralela a la fibra deben ser realizadas con muestras con un nódulo, la cual debe estar en la sección de agarre. Esta limitación es válida en el caso de evaluar para propósitos comerciales. En el caso de investigaciones científicas uno es libre de determinar lo contrario.

La dirección general de las fibras debe ser paralela al eje longitudinal de la porción de medida de la pieza en prueba. La porción de medida debe tener una

sección transversal rectangular con dimensiones del grosor de las paredes o menor en la dirección radial, de 10 a 20 milímetros en la dirección tangencial. La longitud de medida debe ser de 50 a 100 milímetros.

Los terminales de las piezas de prueba deben ser ahusadas para asegurar que la falla ocurra en la porción media de la pieza y para minimizar la concentración de tensión en el área de transición.

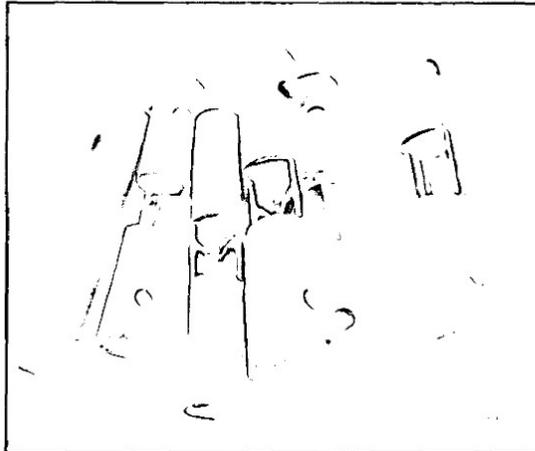


Figura N° 20: Especímenes Para ensayos de tracción //

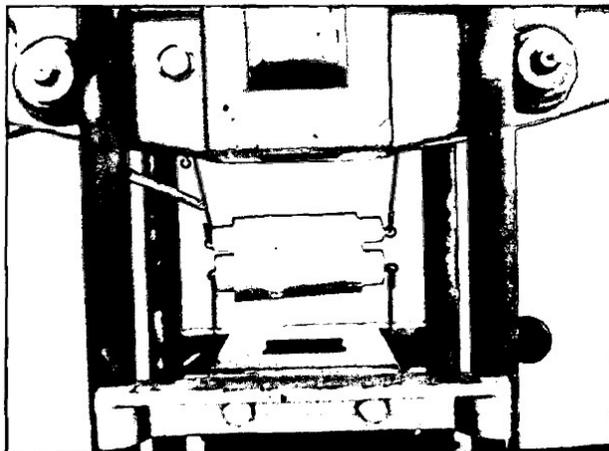


Figura N° 21: Máquina Universal c/espécimen para ensayo a tracción perpendicular

✓ **Procedimiento**

Medir las dimensiones de cruce seccional de la porción de medida de la pieza de prueba a una confiabilidad de 0.1 milímetros en tres lugares de la parte media, y calcular su valor medio.

El sujetador en los terminales de la pieza en prueba entre las mordazas de la maquina evaluadora a una distancia segura de la porción media. La carga debe ir a una velocidad constante. Leer la carga máxima. Y después determinar el respectivo contenido de humedad de cada pieza ensayada.

✓ **Cálculo y expresión de resultados**

El esfuerzo último de tensión se calcula con la siguiente formula:

$$\sigma_{ult} = \frac{F_{ult}}{A}$$

Ecuación 12: Esfuerzo último en Tracción

Donde

σ_{ult} = Esfuerzo último de tensión en MPa.

F_{ult} = Carga Máxima en N.

A = promedio del área transversal medida en mm^2 .

✓ **Determinación del Valor Admisible**

El esfuerzo admisible para el ensayo de tracción paralelo a la fibra (T), tomada de la NSR-10 G.12.7-2, y la Tabla G.12.7-3 “factores de reducción” en relación con cada tipo de esfuerzo.

$$F_T = \frac{FC}{F_S \times FDC} \times f_{KT}$$

Ecuación 13: Esfuerzo Admisible en Tracción

En donde:

F_T = Esfuerzo admisible en la sollicitación ensayo a la tracción paralela a la fibra.

F_{KT} = Valor característico del esfuerzo en la sollicitación a la tracción paralela a la fibra.

FC = Factor de reducción por diferencias entre las condiciones de los ensayos en el laboratorio y las condiciones reales de aplicación de las cargas en la estructura:

- 0.5

F_s = Factor de Seguridad:

- 2.0

FDC = Factor de duración de carga:

- 1.5

T = Subíndice para la sollicitación del ensayo a la tracción paralela a la fibra.

d. Resistencia al corte o cizallamiento paralelo a la fibra

✓ Objetivo

La determinación del esfuerzo último de corte de los especímenes de la Guadua.

✓ Equipo

Las pruebas deben ser llevadas a cabo en una máquina de compresión. Con una sola área de corte igual que para el ensayo de maderas el mismo que aplicara una carga paralela a la fibra la cual tendrá un peso constante de 140 kilogramos en su cabezal.

✓ Preparación del espécimen de prueba

Los especímenes deben ser tomados de la parte inferior, media y superior de cada tronco de bambú.

Los especímenes deben ser 100% material de Guadua sin nódulo en su interior.

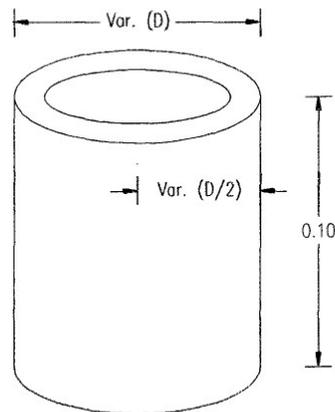


Figura N° 22: Especimen de Guadua para corte en mm.

✓ Procedimiento

El espécimen tiene que estar ubicado de tal forma que reciba la carga verticalmente en el centro de gravedad de la sección de corte con un ángulo recto.

La carga debe ser aplicada continuamente durante la prueba para lograr que la cabeza móvil de la máquina de prueba viaje a una velocidad constante de 0.01 milímetros/segundo.

La lectura final de la carga máxima a la cual falla el espécimen y el área tiene que ser registrada para luego calcular el esfuerzo máximo de corte.



Figura N° 23: Acceso especial para ensayos a corte

✓ Cálculo y expresión de resultados

El esfuerzo máximo de corte debe ser calculado de acuerdo a la siguiente expresión:

$$\tau_{ult} = \frac{F_{ult}}{A} \text{ en Mpa}$$

Ecuación 14: Esfuerzo máximo de Corte

Donde:

τ_{ult} = Esfuerzo máximo de corte

F_{ult} = Cargar Máxima en N

A = Área de corte en mm^2

✓ Determinación del Valor del Esfuerzo Admisible

El esfuerzo admisible para el ensayo de corte paralelo (V), tomada de la NSR-10 G.12.7-2, y la Tabla G.12.7-3 “factores de reducción” en relación con cada tipo de esfuerzo.

$$F_V = \frac{FC}{F_S \times FDC} \times f_{kV}$$

Ecuación 15: Esfuerzo Admisible a Corte paralelo

En donde:

F_V = Esfuerzo admisible en la sollicitación ensayo a corte paralelo a la fibra.

F_{kV} = Valor característico del esfuerzo en la sollicitación a corte paralelo a la fibra.

FC = Factor de reducción por diferencias entre las condiciones de los ensayos en el laboratorio y las condiciones reales de aplicación de las cargas en la estructura:

- 0.6

F_S = Factor de Seguridad:

- 1.8

FDC = Factor de duración de carga:

- 1.1

V = Subíndice para la sollicitación del ensayo a corte paralelo a la fibra.

e. Determinación de los valores de los Esfuerzos Admisibles

Aquí se tiene como finalidad presentar el planteamiento metodológico empleado a lo largo de las pruebas mecánicas de laboratorio para determinar entre otras características de la Guadua Angustifolia, su comportamiento ante diferentes sollicitaciones mecánicas y valores de esfuerzos admisibles.

La cantidad de especímenes dispuestos para los ensayos de esta investigación fueron ciento cincuenta (150), y se distribuyeron de la siguiente manera:

Nº Especímenes	Tipo Ensayo
30	Flexión
30	Compresión // a la fibra (Con nudo y sin nudo)
30	Tracción // a la fibra (Con nudo y sin nudo)

30	Tracción \perp a la fibra (Con nudo y sin nudo)
30	Corte paralelo a la fibra (Con nudo y sin nudo)

Tabla N° 6: Número de Ensayos Realizados

Los ensayos de flexión, Compresión, Tracción paralela a fibra y corte, fueron realizados de acuerdo con los parámetros establecidos en la Norma Técnica Colombiana NTC5525:2007 “Métodos de ensayo para determinar las propiedades físicas y mecánicas de la Guadua Angustifolia Kunth”.

Una vez realizados la totalidad de los ensayos para cada sollicitación mecánica y el posterior análisis estadístico de los resultados experimentales se procedió a determinar los valores admisibles; a partir del valor característico para cada uno de los ensayos.

Para la determinación del valor característico de todos los ensayos se usó la siguiente ecuación, tomada de la norma internacional ISO 22156: 2001 “Bamboo Structural Design” Numeral 7.2.1, la cual es la misma ecuación NSR-10 G.12.7-1. [13]

$$R_{ki} = R_{0,05i} \left[1 - \frac{2,7 \frac{s}{m}}{\sqrt{n}} \right]$$

Ecuación 16: Valor Característico para cada Sollicitación de Ensayo

Donde:

R_{ki} = Valor característico para cada sollicitación.

$R_{0,05i}$ = Percentil 5 de los datos de cada ensayo en la sollicitación i .

$$\frac{k \times N}{100}, \quad k = 1,2,3, \dots, 99$$

$$P_k = L_i + \frac{\frac{k \times N}{100} - F_{i-1}}{f_i} \times a$$

Ecuación 17: Formula para el Cálculo del Percentil

s = Desviación estándar de los datos del ensayo.

$$\sigma = \sqrt{\frac{(x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 + \dots + (x_n - \bar{x})^2}{N}}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{N}}$$

Ecuación 18: Formula de la Desviación Estándar

m = Promedio de los datos del ensayo.

$$\bar{X} = \frac{a_1 + a_2 + a_3 + \dots + a_n}{n}$$

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

Ecuación 19: Formula para el cálculo del Promedio

n = Numero de ensayos realizados

i = Subíndice que indica el tipo de sollicitación mecánica:

F para flexión, T para tracción, C para compresión y V para corte.

Una vez hallados los valores característicos para la totalidad de los ensayos de cada sollicitación mecánica, se determinaron los esfuerzos admisibles aplicando la ecuación 4.2, tomada de la NSR-10 G.12.7-2, y la Tabla G.12.7-3. [13]

$$F_i = \frac{FC}{F_s \times FDC} \times f_{ki}$$

Ecuación 20: Esfuerzo Admisible en la sollicitación de ensayo.

En donde:

F_i = Esfuerzo admisible en la sollicitación *i*.

F_{kV} = Valor característico del esfuerzo en la sollicitación *i*.

FC = Factor de reducción por diferencias entre las condiciones de los ensayos en el laboratorio y las condiciones reales de aplicación de las cargas en la estructura:

- 0.5 para ensayo a tracción paralela
- 0.6 para ensayo a corte paralelo
- 1.0 para ensayo a compresión paralela a la fibra
- 1.0 para ensayo a flexión

F_s = Factor de Seguridad:

- 2.0 para ensayo a flexión
- 2.0 para ensayo a tracción paralela

- 1.5 para ensayo a compresión paralela
- 1.8 para ensayo a corte paralelo

FDC = Factor de duración de carga:

- 1.5 para ensayo a flexión
- 1.5 para ensayo a tracción paralela
- 1.2 para ensayo a compresión paralela
- 1.1 para ensayo a corte paralelo

i = Lo mismo que en la ecuación para la determinación del valor característico.

CAPITULO 4. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

3.4 PROPIEDADES FÍSICAS

3.4.1 Contenido de Humedad

Contenido de humedad promedio, calculado de cada espécimen y en cada ensayo mecánico realizado.

CONTENIDO DE HUMEDAD		
DESCRIPCIÓN	C.H. PROM. (%) PARCIAL	C.H. PROM (%) FINAL
Especímenes de Compresión	10.32%	10.36%
Especímenes de Tracción //	10.27%	
Especímenes de Flexión	9.96%	
Especímenes de Corte	11.18%	
Especímenes de Tracción \perp	10.07%	

Tabla N° 7: Resumen de contenido de Humedad

3.4.2 Densidad

Densidad promedio, calculada en estado natural y en estado seco.

DESCRIPCIÓN		D E N S I D A D														
		MUESTRAS							SIN NUDO							
ESTADO NATURAL	DENSIDAD DE LA GUADUA (Kg/m ³)	42.14	48.77	45.18	44.15	46.63	44.66	42.95	43.93	33.65	47.59	43.15	44.96	47.82	46.05	47.13
	DENSIDAD PROMEDIO (Kg/m ³)	44.58														
ESTADO SECO	DENSIDAD DE LA GUADUA (Kg/m ³)	40.33	45.87	42.44	41.81	43.49	42.03	41.00	40.70	30.92	39.19	41.21	38.07	38.04	41.06	44.36
	DENSIDAD PROMEDIO (Kg/m ³)	40.70														

Tabla N° 8: Cálculo de Densidades Ensayadas

3.4.3 Absorción

Absorción promedio, calculada de especímenes que fueron saturados por 24 horas en agua.

DESCRIPCIÓN		A B S O R C I Ó N																													
		CON NUDO							SIN NUDO																						
MUESTRA		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15
ABSORCIÓN MÁXIMA (%)		59.79%	50.60%	54.25%	53.99%	54.83%	64.97%	67.67%	58.99%	63.96%	53.12%	67.68%	69.60%	64.88%	70.17%	59.86%	67.20%	71.92%	59.85%	73.97%	62.38%	76.62%	63.50%	66.94%	62.99%	63.45%	65.68%	65.53%	68.06%	67.00%	66.85%
ABS. MÁX. PROMEDIO (%)		63.88%																													

Tabla N° 9: Tabla de Absorción

3.4.4 Contracción

Contracción promedio calculada y comparada en condiciones de anhidra o seca, natural, saturada durante 1 y 2 días.

MUESTRAS		C O N T R A C C I Ó N																													
		CON NUDO							SIN NUDO																						
VOLUMEN SECA - NATURAL (cm ³)		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15
		-53.21	-19.45	-18.80	-9.28	-11.53	-10.21	-11.66	-4.42	-7.28	-10.03	-12.73	-15.78	-12.26	-15.94	-17.03	-20.92	-19.72	-22.07	-25.57	-17.85	-16.21	-19.04	-11.15	-5.65	-13.67	-19.18	-5.19	-12.26	-15.46	-9.36
CONTRACCIÓN PROMEDIO (cm ³)		-13.98							-15.54																						
CONTRACCIÓN PROMEDIO TOTAL (cm ³)		-14.76																													

VOLUMEN SATURADO 1º - NATURAL (cm3)	87.5	71.48	60.47	73.02	73.32	87.95	83.15	72.52	99.56	41.98	33.87	71.25	63.04	48.93	82.3	221.41	240.75	220.87	247.08	201.58	245.87	216	244.83	210.84	229.44	220.37	219.08	213.7	221.39	227.5		
CONTRACCION PROMEDIO (cm3)	70.02														226.71																	
CONTRACCION PROMEDIO TOTAL (cm3)	148.37																															
VOLUMEN SATURADO 2º - NATURAL (cm3)	228.39	239.23	232.29	226.52	256.45	173.22	201.49	222.67	210.36	231.12	195.49	212.29	210.72	219.24	225.54	874.38	873.48	881	868.08	851.71	775.46	657.03	788.91	625.1	649.86	753.55	518.68	486.42	628.3	480.69		
CONTRACCION PROMEDIO (cm3)	219.00														714.18																	
CONTRACCION PROMEDIO TOTAL (cm3)	466.59																															
VOLUMEN SATURADO 1º - SECA (cm3)	120.71	90.93	79.37	82.3	84.85	98.16	94.81	76.94	106.84	52.01	46.6	87.03	75.3	64.87	99.33	242.33	260.47	252.94	272.45	219.43	262.08	235.04	255.98	216.49	243.11	249.55	224.27	225.96	236.85	236.86		
CONTRACCION PROMEDIO (cm3)	84.00														242.25																	
CONTRACCION PROMEDIO TOTAL (cm3)	163.13																															
VOLUMEN SATURADO 2º - SECA (cm3)	261.6	238.7	251.2	235.8	268	183.4	213.2	227.1	217.6	241.2	208.2	228.1	223	235.2	242.6	895.3	893.2	903.1	893.5	869.6	791.7	676.1	800.1	630.8	663.5	772.7	523.9	498.7	643.8	490.1		
CONTRACCION PROMEDIO (cm3)	232.98														729.72																	
CONTRACCION PROMEDIO TOTAL (cm3)	481.35																															

Tabla N° 10: Tabla de valores de contracción promedio.

3.5 PROPIEDADES MECÁNICAS

Ensayo	Nº Espec.	Esfuerzo Adm. (Mpa)	Esfuerzo Máx. (Kg/cm2)	Módulo de Young (Mpa)	Módulo de Young Prom. (Mpa)	Cont. de Humedad (%)
Flexión	30	9.02	91.95	4488.25	4438.98	9.96
Compresión //	30	3.79	38.68	680.84		10.32
Tracción //	30	15.93	162.40	3400.68		10.27
Tracción \perp	30	0.09	0.91	13215.15		10.07
Corte //	30	0.73	7.42	409.97		11.18

Tabla N° 11: Esfuerzos admisibles y módulo de Elasticidad.

3.5.1 Resistencia a la flexión

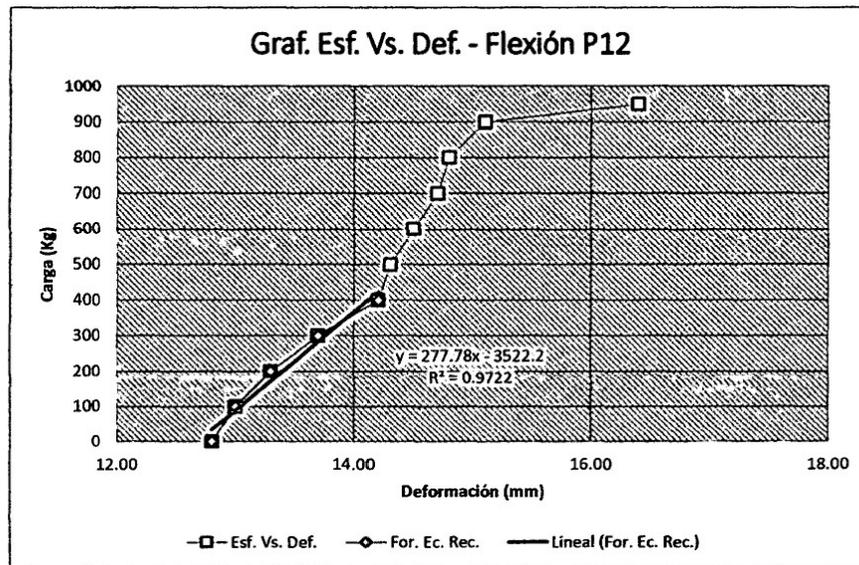


Gráfico N° 1: Graf. Esfuerzo vs. Deformación - Flexión.

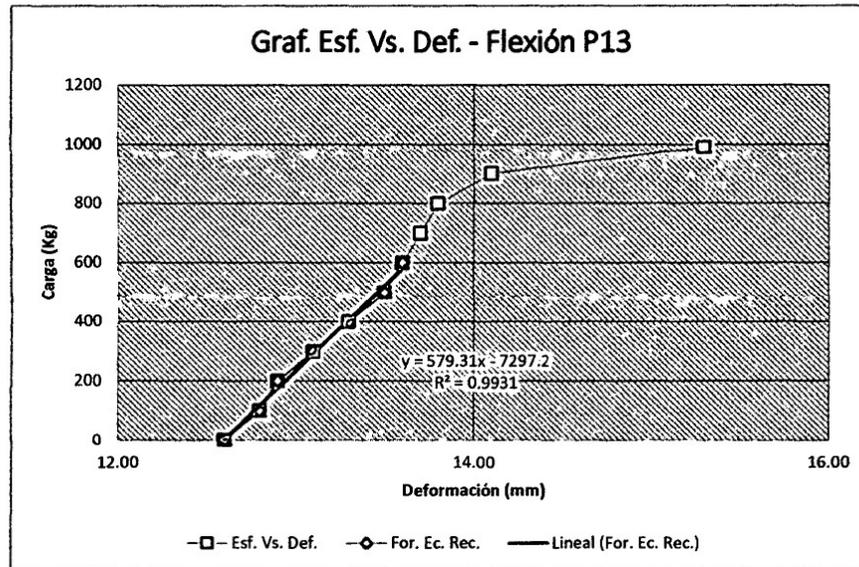


Gráfico N° 2: Graf. Esfuerzo vs. Deformación - Flexión.

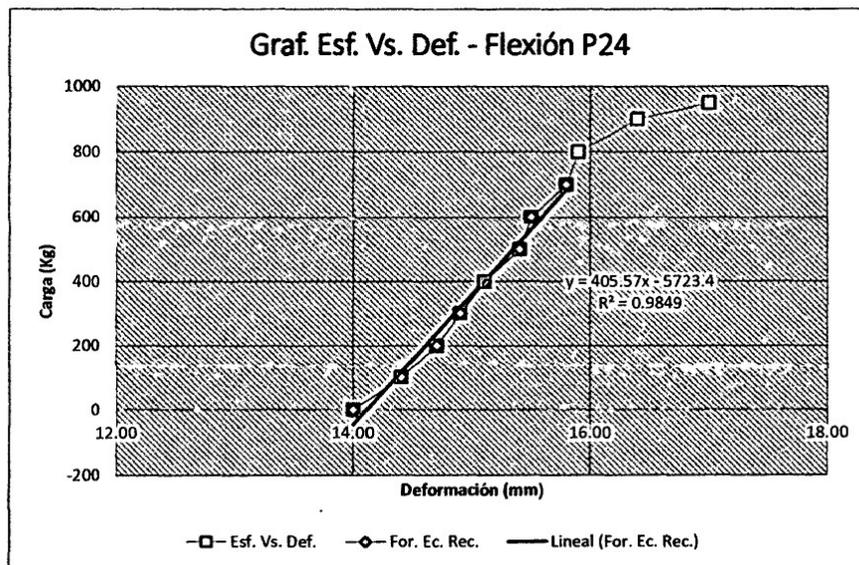


Gráfico N° 3: Graf. Esfuerzo vs. Deformación - Flexión.

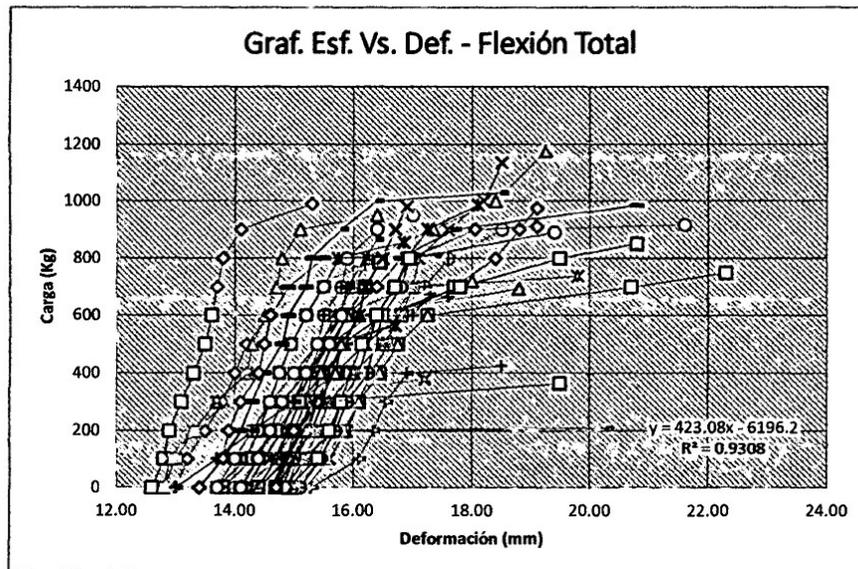


Gráfico N° 4: Graf. Esfuerzo vs. Deformación Total - Flexión.

3.5.2 Resistencia a la compresión paralela a la fibra

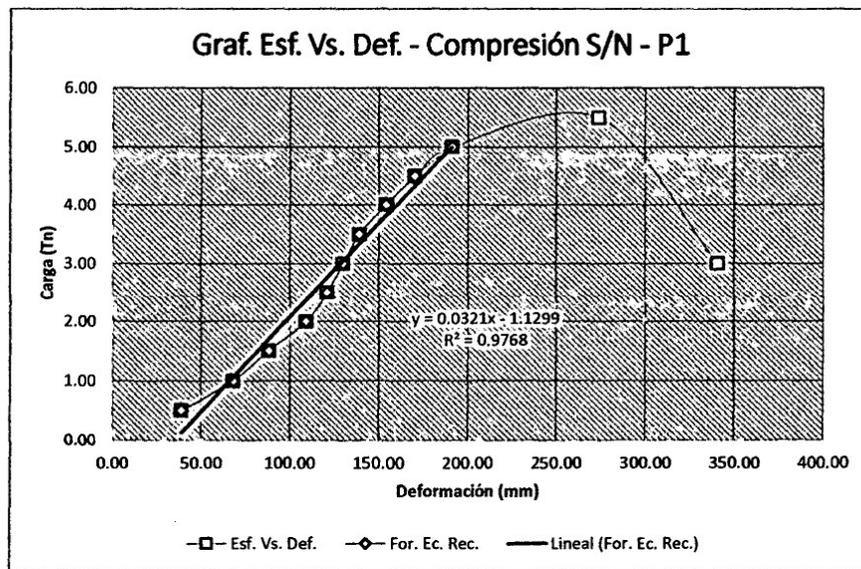


Gráfico N° 5: Graf. Esfuerzo vs. Deformación - Compresión //

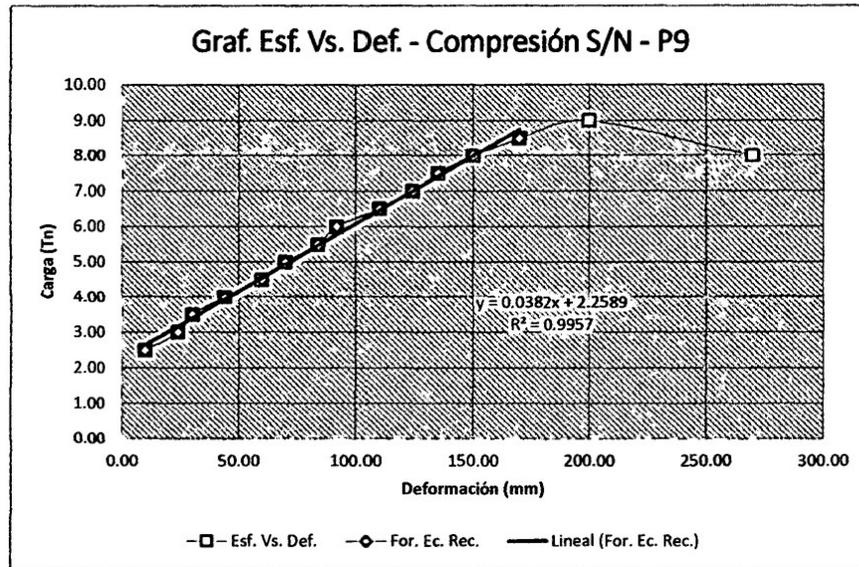


Gráfico N° 6: Graf. Esfuerzo vs. Deformación S/N - Compresión //

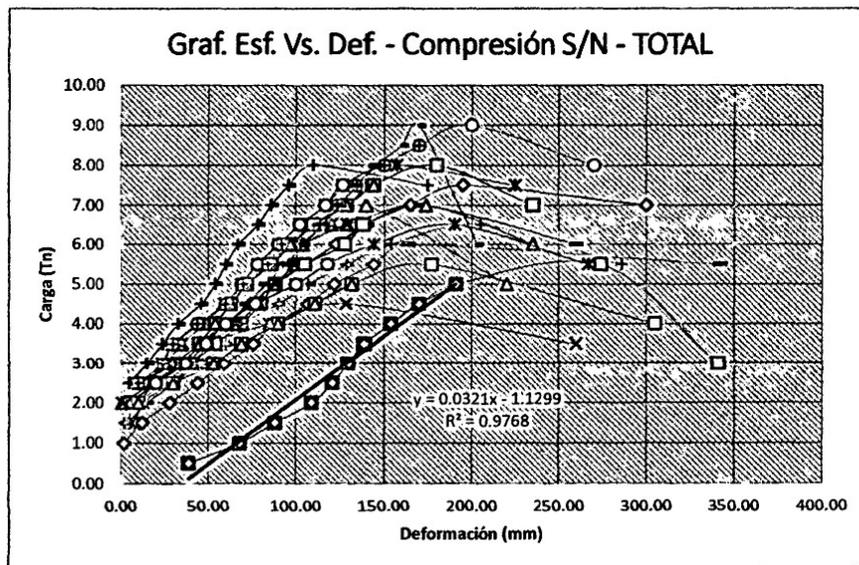


Gráfico N° 7: Graf. Esfuerzo vs. Deformación S/N Total - Compresión //

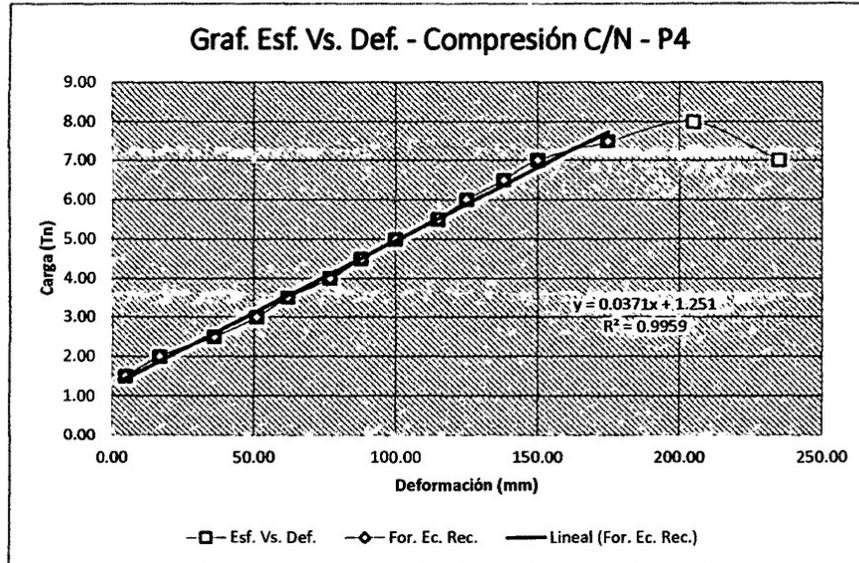


Gráfico N° 8: Graf. Esfuerzo vs. Deformación C/N – Compresión //

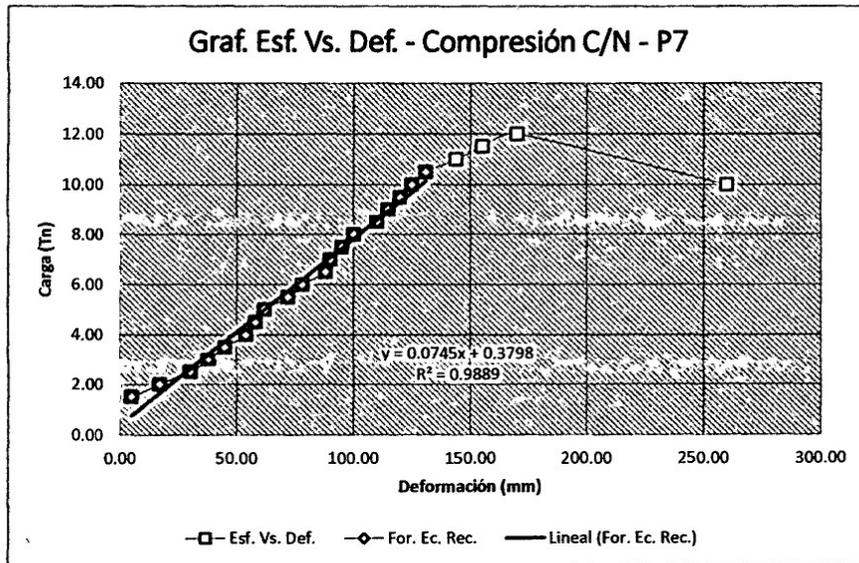


Gráfico N° 9: Graf. Esfuerzo vs. Deformación C/N – Compresión //

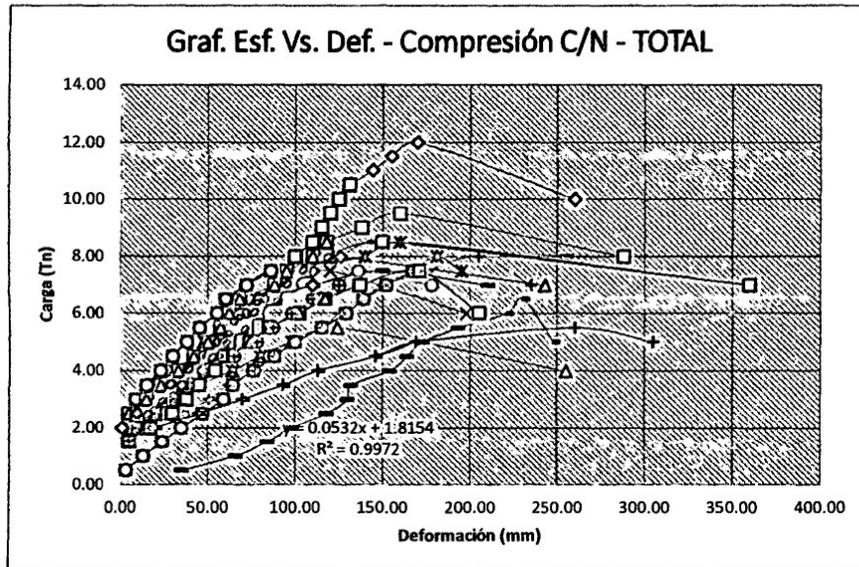


Gráfico N° 10: Graf. Esfuerzo vs. Deformación C/N Total – Compresión //

3.5.3 Resistencia a la tracción paralela a la fibra

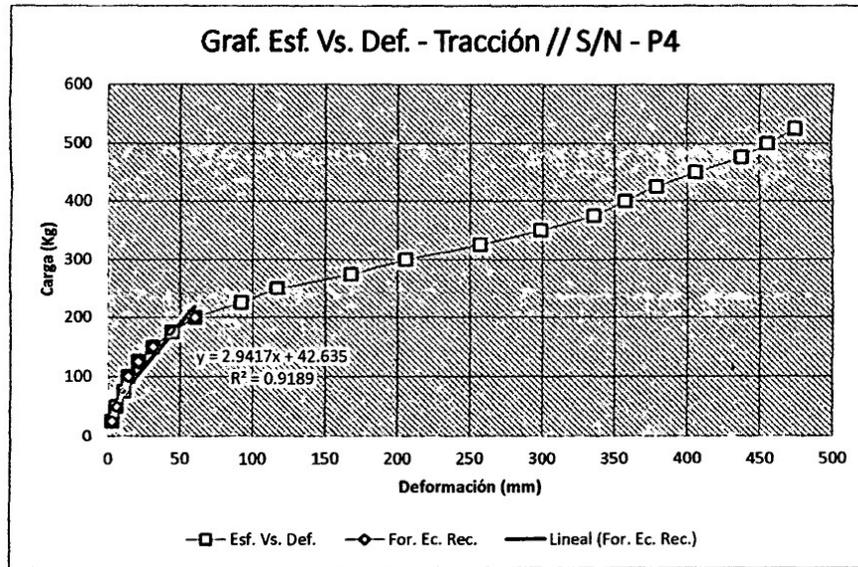


Gráfico N° 11: Graf. Esfuerzo vs. Deformación S/N - Tracción //

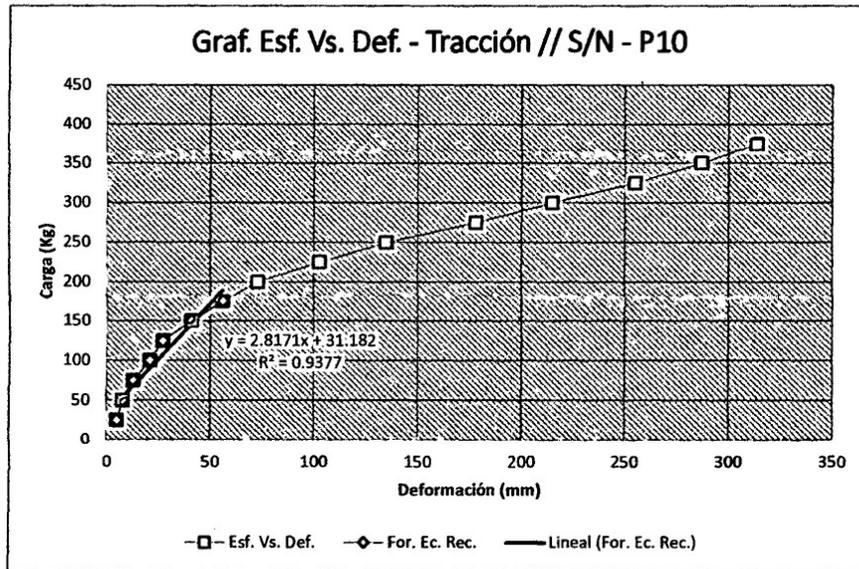


Gráfico N° 12: Graf. Esfuerzo vs. Deformación S/N – Tracción //

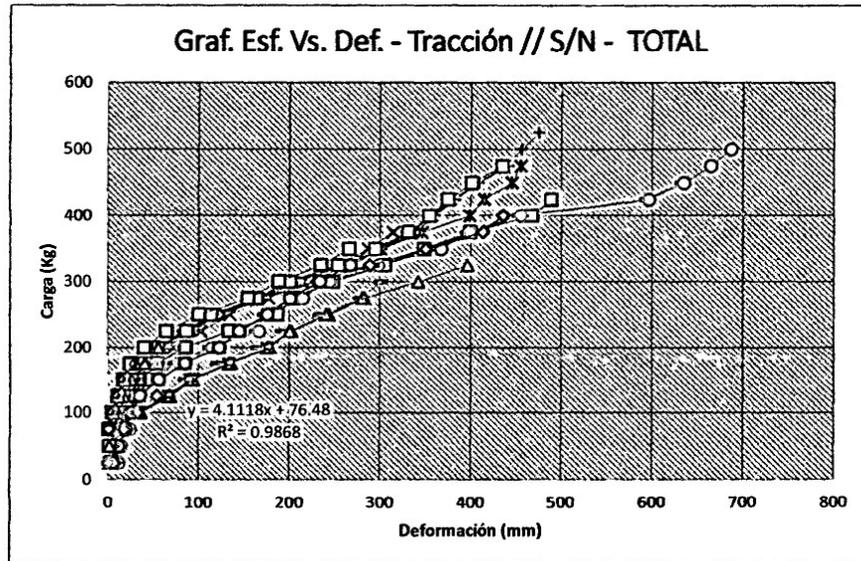


Gráfico N° 13: Graf. Esfuerzo vs. Deformación S/N Total – Tracción //

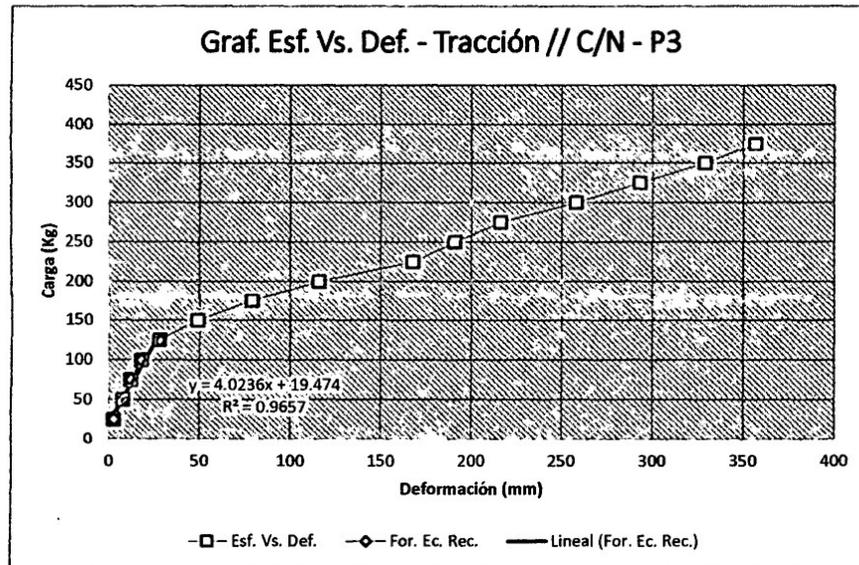


Gráfico N° 14: Graf. Esfuerzo vs. Deformación C/N - Tracción //

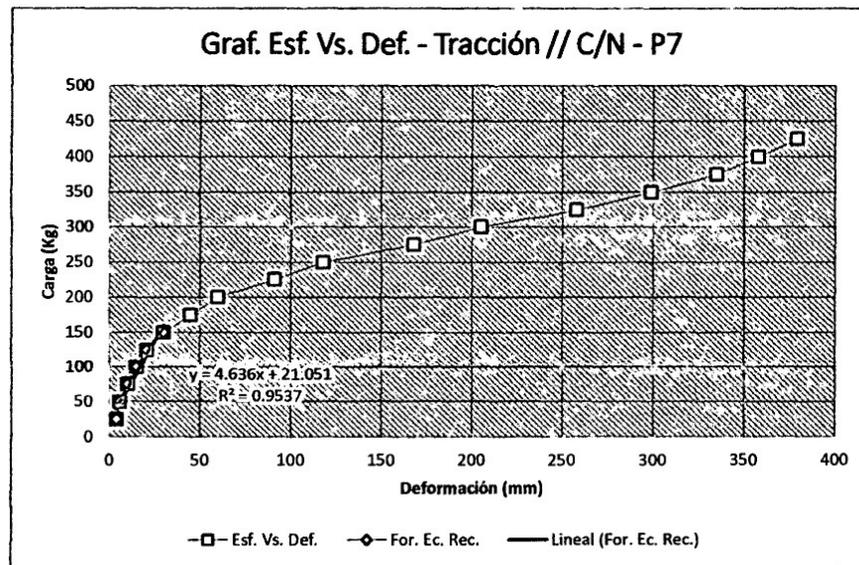


Gráfico N° 15: Graf. Esfuerzo vs. Deformación C/N - Tracción //

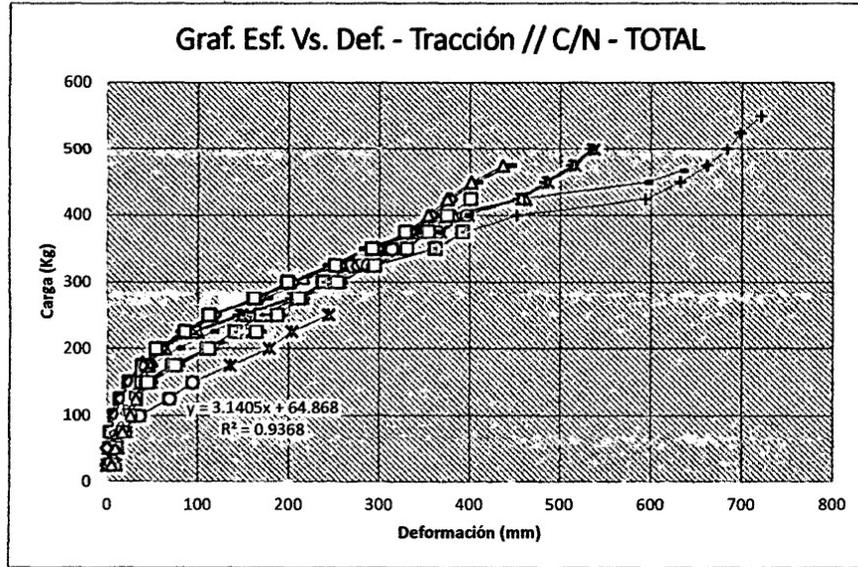


Gráfico N° 16: Graf. Esfuerzo vs. Deformación C/N Total – Tracción //

3.5.4 Resistencia a la tracción perpendicular a la fibra

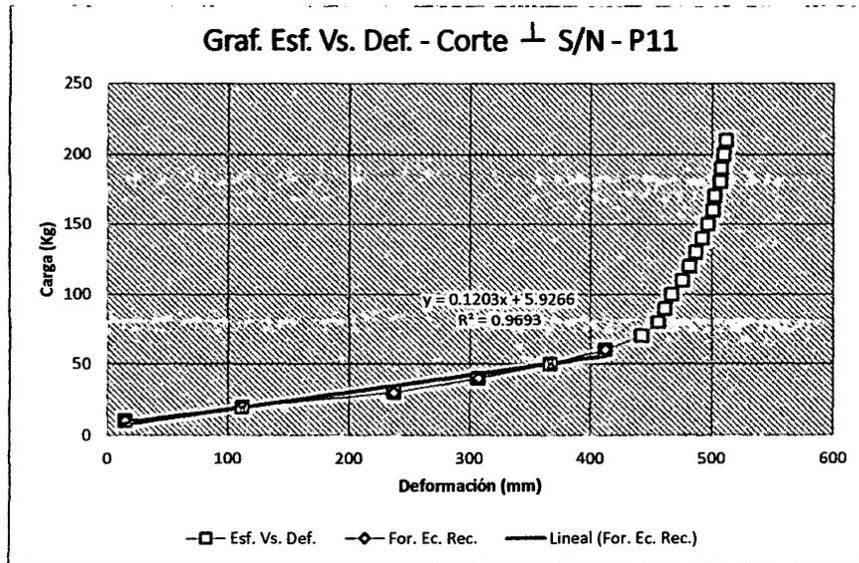


Gráfico N° 17: Graf. Esfuerzo vs. Deformación S/N – Tracción \perp

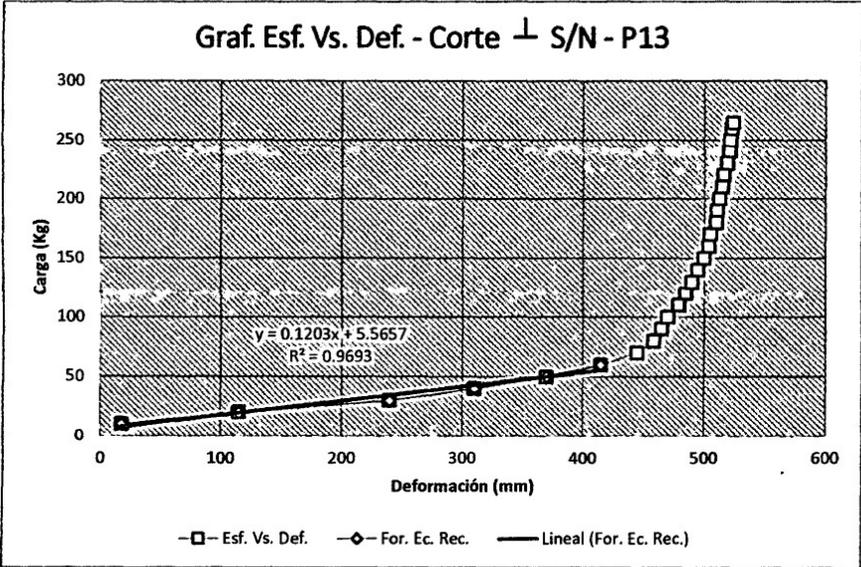


Gráfico N° 18: Graf. Esfuerzo vs. Deformación S/N – Tracción \perp

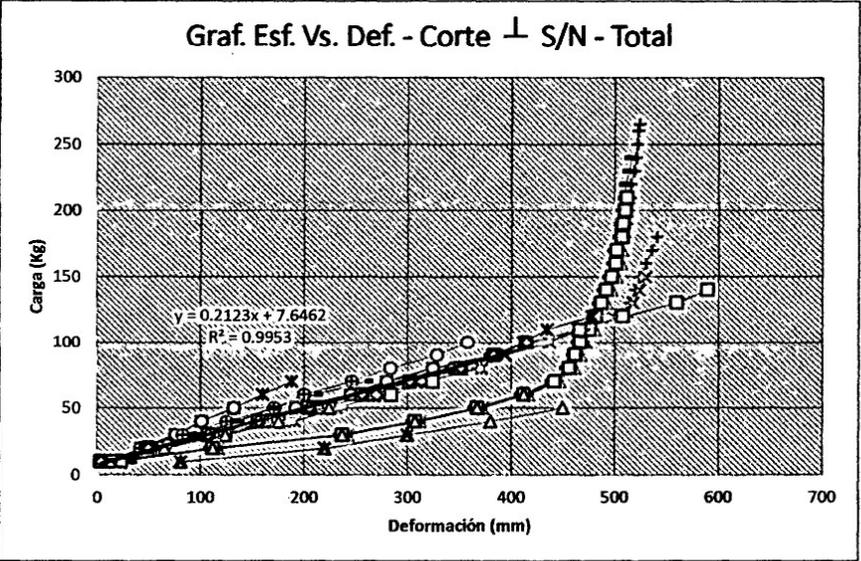


Gráfico N° 19: Graf. Esfuerzo vs. Deformación S/N Total -- Tracción \perp

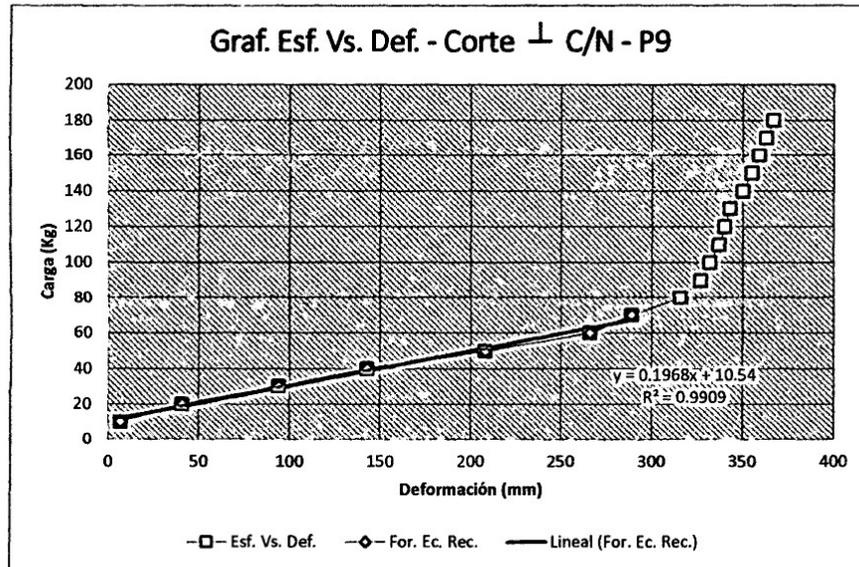


Gráfico N° 20: Graf. Esfuerzo vs. Deformación C/N - Tracción \perp

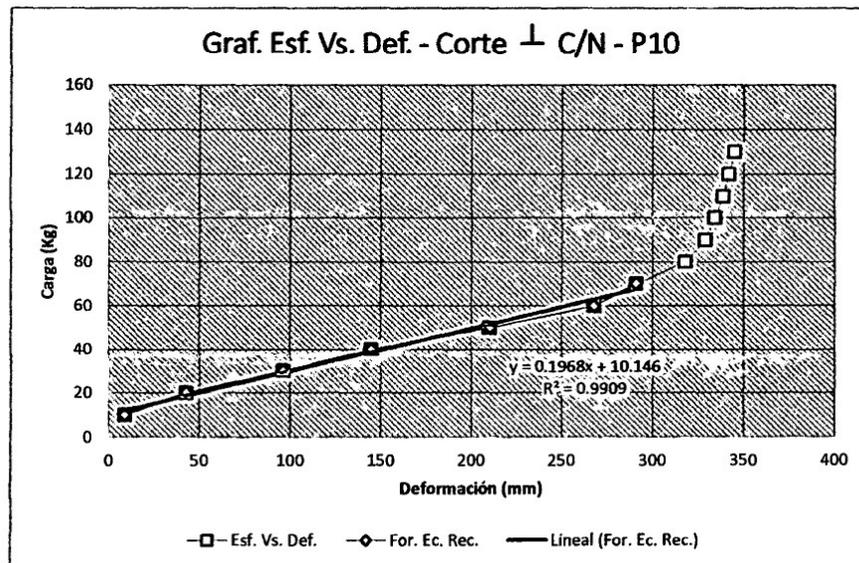


Gráfico N° 21: Graf. Esfuerzo vs. Deformación C/N - Tracción \perp

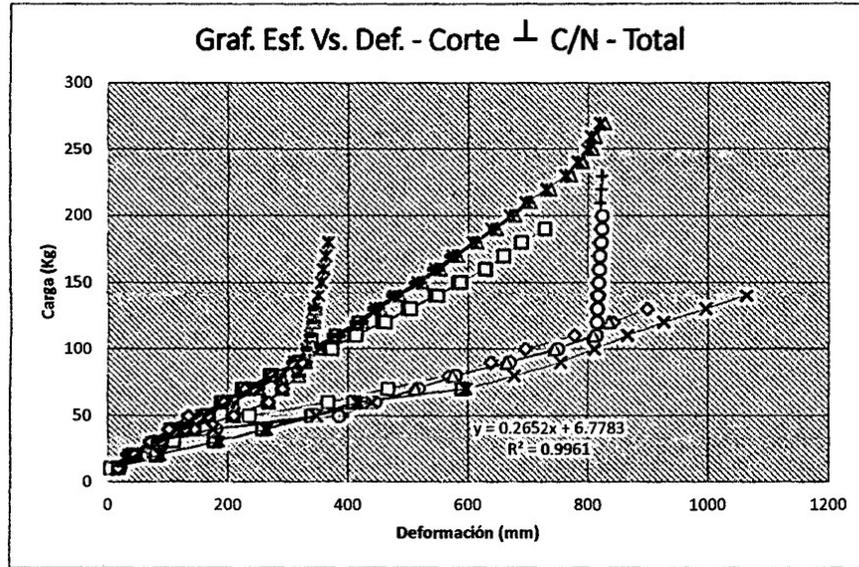


Gráfico N° 22: Graf. Esfuerzo vs. Deformación C/N Total – Tracción \perp

CAPITULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

- Con los valores calculados a compresión // con un esfuerzo admisible de 3.71 MPa y un módulo de elasticidad promedio de 4438.98 MPa, se puede afirmar que la *Guadua Angustifolia* es un material con características, físicas y mecánicas, favorables para ser utilizados como elemento estructural.
- Con respecto a sus características físicas, la guadua ofrece una gran esbeltez gracias a su forma tubular y óptimo rendimiento dado por esa sección, idónea para esfuerzos de compresión que evitan el pandeo. La Guadua es un material natural y a la vez, resistente, duradero y flexible.
- Con respecto a sus propiedades mecánicas, y comparándolas con las Norma Técnica Peruana E-10 de madera, lo hace un material muy apto para construcciones sismo resistentes, ya que los valores determinados de esfuerzo admisible y módulo de elasticidad son muy superiores a los de Grupo C de la madera y similar a los de los Grupos A y B.

4.2 RECOMENDACIONES

- Se debe realizar un estudio sobre la influencia de los nudos en el proceso de ensayos y resistencias mecánicas.
- La Guadua tiene fibras naturales muy fuertes, que la hacen muy ventajosa frente a otros bambúes. Por lo que se recomienda desarrollar e investigar productos industrializados como aglomerados, laminados, pisos, paneles, etc.
- Es recomendable realizar estudios con adhesivos tipo melanina-formaldehido u otros adhesivos termoestables con el fin de obtener laminados de Guadua con resistencia a cambios de temperatura y humedad para poder garantizar una mayor durabilidad.
- Se debe considerar un estudio con el uso de aditivos de conservación y preservación, como barnices y/o pinturas epoxicas, para la Guadua.
- Es recomendable un estudio con las partes más débiles, en cuanto a consistencia de la Guadua, y el cómo poder mejorarla a través de sistemas más apropiados de uniones, traslapes y otros.
- Se recomienda una investigación con fibras de Guadua para formar tejidos paneloides o tejidos tendinosos, ya que con la adición de barro o concreto se pueden formar muros.

CONTENIDO DE HUMEDAD

DESCRIPCIÓN	CONTENIDO DE HUMEDAD (PROBETAS DE COMPRESION)														
	CONCUDO														
MUESTRA	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15
PESO DE GUADUA HUMEDA (g)	287.00	286.20	284.80	278.90	262.60	255.90	337.30	339.39	206.00	235.90	223.80	226.60	229.80	209.70	198.60
PESO DE GUADUA SECA (g)	258.70	257.90	257.20	251.20	237.50	230.70	303.80	305.70	184.50	211.50	199.90	201.70	206.10	186.00	176.20
PESO GUADUA HUMEDA - SECA (g)	28.30	28.30	27.60	27.70	25.10	25.20	33.50	33.69	21.50	24.40	23.90	24.90	23.70	23.70	22.40
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	9.86%	9.89%	9.69%	9.93%	9.56%	9.85%	9.93%	9.93%	10.44%	10.34%	10.68%	10.99%	10.31%	11.30%	11.28%
C.H. PROMEDIO (%)	10.32%														

Tabla N° 12: Contenido de Humedad - Compresión

DESCRIPCIÓN	CONTENIDO DE HUMEDAD (PROBETAS DE TRACCION //)														
	CONCUDO														
MUESTRA	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15
PESO DE GUADUA HUMEDA (g)	240.43	163.06	264.39	270.27	280.14	211.7	237.95	228.5	224.23	169.02	219.8	206.89	221.56	247.18	250.32
PESO DE GUADUA SECA (g)	216.45	147.56	238.93	241.98	249.98	190.43	213.62	205.24	198.94	152.94	198.09	185.7	197.96	221.06	223.49
PESO GUADUA HUMEDA - SECA (g)	23.98	15.50	25.46	28.29	30.16	21.27	24.33	23.26	25.29	16.08	21.71	21.19	23.60	26.12	26.83
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	9.97%	9.51%	9.63%	10.47%	10.77%	10.05%	10.22%	10.18%	11.28%	9.51%	9.88%	10.24%	10.65%	10.57%	10.72%
C.H. PROMEDIO (%)	10.27%														

Tabla N° 13: Contenido de Humedad - Tracción //

CONTENIDO DE HUMEDAD (PROBITAS DE FLEXION)																											
DESCRIPCION	CONTENIDO																										
MUESTRA	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	SIN NUDO														
PESO DE GUADUA HUMEDA (gr)	227.04	198.76	114.00	191.07	217.54	149.38	144.40	226.94	165.56	217.83	144.91	178.22	228.68	219.85	194.77	137.70	143.17	226.00	228.17	150.88	177.73	214.35	127.49	155.11	117.91	103.38	161.25
PESO DE GUADUA SECA (gr)	201.85	179.11	102.06	169.77	197.07	134.91	131.45	204.27	149.51	196.36	130.38	160.01	205.55	196.20	177.20	125.14	129.39	204.74	203.33	134.52	160.99	192.65	114.65	138.82	106.98	92.78	146.60
PESO GUADUA HUMEDA - SECA (gr)	25.19	19.65	11.94	21.30	20.47	14.47	13.04	22.67	16.05	21.47	14.53	18.21	23.13	23.65	17.57	12.56	13.78	21.26	24.84	16.36	16.74	21.70	12.84	16.29	10.93	10.60	14.65
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	11.09%	9.89%	10.48%	11.15%	9.41%	9.69%	9.02%	9.99%	9.69%	9.86%	10.02%	10.22%	10.11%	10.76%	9.02%	9.12%	9.63%	9.41%	10.89%	10.84%	9.42%	10.12%	10.07%	10.50%	9.27%	10.26%	9.08%
C.H. PROMEDIO (%)	9.96%																										

Tabla N° 14: Contenido de Humedad - Flexión

CONTENIDO DE HUMEDAD (PROBITAS DE CORTE)																														
DESCRIPCION	CONTENIDO																													
MUESTRA	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	SIN NUDO																	
PESO DE GUADUA HUMEDA (gr)	177.4	106.7	102.2	132.7	102.2	119.2	98.5	131.1	118.1	135.5	98.6	121.9	111.3	83.8	105.9	88.3	81.6	79.8	98.6	146.3	96.7	83.9	84.8	122.5	84.6	115.4				
PESO DE GUADUA SECA (gr)	155.6	94.2	90.1	117.2	92.6	105.9	87.3	113.5	104.6	109.7	87.2	108.9	98.5	74.7	94.2	78.7	72.8	72.9	90.4	130	88.5	75	75.6	109	75.7	102.2				
PESO GUADUA HUMEDA - SECA (gr)	21.80	12.50	12.10	15.50	9.60	13.30	11.20	17.60	13.50	25.80	11.40	13.00	13.80	12.80	9.10	11.70	9.60	8.80	6.90	8.20	16.30	8.20	9.20	13.50	8.90	13.20				
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	12.29%	11.72%	11.84%	11.68%	9.39%	11.16%	11.37%	13.42%	11.43%	19.04%	11.56%	10.66%	11.95%	11.25%	8.72%	11.74%	11.50%	10.86%	11.05%	10.87%	10.78%	8.65%	8.32%	11.14%	8.48%	10.61%	10.85%	11.02%	10.52%	11.44%
C.H. PROMEDIO (%)	11.18%																													

Tabla N° 15: Contenido de Humedad - Corte

CONTENIDO DE HUMEDAD (PROJETAS DE TRACCIÓN I)				
DESCRIPCION	CONJUNDO			
MUESTRA	PESO DE GUADUA HUMEDA (gr)	PESO DE GUADUA SECA (gr)	PESO GUADUA HUMEDA - SECA (gr)	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)
01	347.03	312.4	34.63	9.98%
02	265.57	240.95	24.62	9.27%
03	318.74	285.42	33.32	10.45%
04	253.25	228.41	24.84	9.81%
05	303.24	274.47	28.77	9.49%
06	327.49	295.97	31.52	9.62%
07	265.73	240.06	25.67	9.66%
08	335.44	300.66	34.78	10.37%
09	338.91	302.48	36.43	10.75%
10	285.02	253	32.02	11.23%
11	252.94	225.94	27.00	10.67%
12	294.84	266.26	28.58	9.69%
13	285.82	257.45	28.37	9.93%
14	327.55	296.75	30.80	9.40%
15	346.11	307.64	38.47	11.12%
16	269.15	242.8	26.35	9.79%
17	282.49	251.52	30.97	10.96%
18	339.26	302.57	36.69	10.82%
19	343.17	306.13	37.04	10.79%
20	334.51	303.82	30.69	9.17%
21	335.79	303.7	32.09	9.56%
22	311.61	281.11	30.50	9.79%
23	348.67	312.08	36.59	10.50%
24	341.27	303.41	37.86	11.09%
25	303.47	275.93	27.54	9.08%
26	289.04	261.51	27.53	9.52%
27	282.96	251.48	31.48	11.13%
28	271.32	246.38	24.94	9.19%
29	346.00	314.83	31.17	9.01%
30	295.13	264.67	30.46	10.32%
				10.07%

Tabla N° 16: Contenido de Humedad - Tracción I

DENSIDAD

DENSIDAD (ESTADO NATURAL)

SIN NUDO															DESC.
15	14	13	12	11	10	09	08	07	06	05	04	03	02	01	Nº ESP.
9.55	9.75	9.67	9.65	9.53	9.62	9.49	10.12	9.87	10.06	9.76	9.26	9.41	9.82	10.01	ALT. 1 (cm)
9.67	9.37	9.75	9.70	9.70	9.71	9.31	10.23	9.94	10.32	9.36	9.60	9.39	10.02	9.51	ALT. 2 (cm)
9.58	9.44	9.50	9.57	9.55	9.47	9.22	10.05	9.80	10.49	9.71	9.66	10.02	9.86	9.07	ALT. 3 (cm)
9.63	9.76	9.73	9.45	9.46	9.54	9.37	10.02	9.77	10.62	9.77	9.71	10.08	9.91	9.72	ALT. 4 (cm)
9.61	9.58	9.66	9.59	9.56	9.59	9.35	10.11	9.85	10.37	9.65	9.56	9.73	9.90	9.58	PROM. ALT. (cm)
6.12	5.68	4.14	6.06	6.54	4.11	5.66	6.42	5.88	6.41	6.62	6.42	6.51	6.51	5.92	DIAM. INT. SUP. 1 (cm)
5.43	4.37	6.56	5.30	4.28	6.03	6.01	6.18	5.91	6.01	6.62	6.96	7.02	6.87	5.99	DIAM. INT. SUP. 2 (cm)
4.47	6.57	4.95	5.07	6.80	6.25	5.04	6.51	5.70	6.19	6.91	6.90	6.81	6.68	5.87	DIAM. INT. INF. 1 (cm)
4.37	6.21	4.13	4.55	6.88	6.04	5.62	6.09	5.87	6.21	6.42	6.54	6.49	6.82	6.21	DIAM. INT. INF. 2 (cm)
5.10	5.71	4.95	5.25	6.13	5.61	5.58	6.30	5.84	6.21	6.64	6.71	6.71	6.72	6.00	PROM. DIAM. INT. (cm)
7.23	6.72	5.24	7.03	7.45	5.07	6.75	7.42	6.83	7.30	7.71	7.58	7.79	7.56	6.93	DIAM. EXT. SUP. 1 (cm)
6.37	5.42	7.61	6.45	5.35	7.07	6.89	7.21	6.89	7.09	7.79	8.08	8.20	7.91	6.98	DIAM. EXT. SUP. 2 (cm)
5.52	6.62	6.01	6.14	7.65	7.31	6.83	7.49	6.64	7.11	8.01	8.11	7.90	7.71	6.88	DIAM. EXT. INF. 1 (cm)
5.27	7.11	5.20	5.35	7.98	7.10	6.96	7.15	6.78	7.15	7.58	7.78	7.72	7.89	7.20	DIAM. EXT. INF. 2 (cm)
6.10	6.47	6.02	6.24	7.11	6.64	6.86	7.32	6.79	7.16	7.77	7.89	7.90	7.77	7.00	PROM. DIAM. EXT. (cm)
337.90	278.48	355.99	345.32	390.47	379.79	465.77	439.86	369.00	417.08	493.82	518.11	533.41	472.11	391.00	VOLUMEN (cm ³)

Tabla N° 17: Tabla con medidas para cálculo de Densidades.

SIN NUDO															DESC.
15	14	13	12	11	10	09	08	07	06	05	04	03	02	01	Nº ESP.
9.55	9.75	9.67	9.65	9.53	9.62	9.49	10.12	9.87	10.06	9.76	9.26	9.41	9.82	10.01	ALT. 1 (cm)
9.67	9.37	9.75	9.70	9.70	9.71	9.31	10.23	9.94	10.32	9.36	9.60	9.39	10.02	9.51	ALT. 2 (cm)
9.58	9.44	9.50	9.57	9.55	9.47	9.22	10.05	9.80	10.49	9.71	9.66	10.02	9.86	9.07	ALT. 3 (cm)
9.63	9.76	9.73	9.45	9.46	9.54	9.37	10.02	9.77	10.62	9.77	9.71	10.08	9.91	9.72	ALT. 4 (cm)
9.61	9.58	9.66	9.59	9.56	9.59	9.35	10.11	9.85	10.37	9.65	9.56	9.73	9.90	9.58	PROM. ALT. (cm)
5.99	5.53	4.02	5.93	6.41	3.98	5.53	6.24	5.71	6.26	6.50	6.27	6.38	6.42	5.79	DIAM. INT. SUP. 1 (cm)
5.26	4.25	6.43	5.17	4.14	5.86	5.84	6.05	5.80	5.84	6.46	6.80	6.88	6.65	5.81	DIAM. INT. SUP. 2 (cm)
4.31	6.44	4.77	4.88	6.66	6.06	4.86	6.33	5.58	6.02	6.78	6.75	6.67	6.55	5.75	DIAM. INT. INF. 1 (cm)
4.21	6.09	3.97	4.41	6.77	5.90	5.43	5.96	5.74	6.10	6.26	6.42	6.34	6.63	6.07	DIAM. INT. INF. 2 (cm)
4.94	5.58	4.80	5.10	6.00	5.45	5.42	6.15	5.71	6.06	6.50	6.56	6.57	6.56	5.86	PROM. DIAM. INT. (cm)
7.06	6.56	5.13	6.91	7.26	4.89	6.61	7.28	6.65	7.13	7.56	7.42	7.60	7.46	6.76	DIAM. EXT. SUP. 1 (cm)
6.20	5.29	7.47	6.30	5.19	6.93	6.71	7.07	6.76	6.91	7.64	7.89	8.03	7.73	6.81	DIAM. EXT. SUP. 2 (cm)
5.39	6.46	5.83	5.97	7.49	7.13	6.69	7.33	6.50	6.98	7.83	7.93	7.72	7.56	6.71	DIAM. EXT. INF. 1 (cm)
5.12	6.94	5.01	5.24	7.86	6.93	6.82	6.96	6.59	6.97	7.42	7.60	7.60	7.61	7.02	DIAM. EXT. INF. 2 (cm)
5.94	6.31	5.86	6.11	6.95	6.47	6.71	7.16	6.63	7.00	7.61	7.71	7.74	7.59	6.83	PROM. DIAM. EXT. (cm)
328.54	263.02	343.73	340.13	371.29	366.12	460.12	428.71	349.96	400.87	475.97	492.74	511.34	452.39	370.08	VOLUMEN (cm ³)

Tabla N° 18: Tabla con medidas para cálculo de Densidades.

DENSIDAD (ESTADO SECO)

D E N S I D A D (E S T A D O N A T U R A L)															
DESCRIPCIÓN	SIN NUDO														
MUESTRAS	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15
VOLUMEN DE LA GUADUA (cm3)	391.00	472.11	533.41	518.11	493.82	417.08	369.00	439.86	465.77	379.79	390.47	345.32	355.99	278.48	337.90
MASA DE LA GUADUA (gr)	164.75	230.25	241.00	228.75	230.25	186.25	158.50	193.25	156.75	180.75	168.50	155.25	170.25	128.25	159.25
DENSIDAD DE LA GUADUA (gr/cm3)	0.42	0.49	0.45	0.44	0.47	0.45	0.43	0.44	0.34	0.48	0.43	0.45	0.48	0.46	0.47
DENSIDAD DE LA GUADUA (Kg/m3)	42.14	48.77	45.18	44.15	46.63	44.66	42.95	43.93	33.65	47.59	43.15	44.96	47.82	46.05	47.13
DENSIDAD PROMEDIO (Kg/m3)	44.58														

Tabla N° 19: Tabla Densidad - Estado Natural.

D E N S I D A D (E S T A D O S E C O)															
DESCRIPCIÓN	SIN NUDO														
MUESTRAS	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15
VOLUMEN DE LA GUADUA (cm3)	370.08	452.39	511.34	492.74	475.97	400.87	349.96	428.71	460.12	366.12	371.29	340.13	343.73	263.02	328.54
MASA DE LA GUADUA (gr)	149.25	207.50	217.00	206.00	207.00	168.50	143.50	174.50	142.25	143.50	153.00	129.50	130.75	108.00	145.75
DENSIDAD DE LA GUADUA (gr/cm3)	0.40	0.46	0.42	0.42	0.43	0.42	0.41	0.41	0.31	0.39	0.41	0.38	0.38	0.41	0.44
DENSIDAD DE LA GUADUA (Kg/m3)	40.33	45.87	42.44	41.81	43.49	42.03	41.00	40.70	30.92	39.19	41.21	38.07	38.04	41.06	44.36
DENSIDAD PROMEDIO (Kg/m3)	40.70														

Tabla N° 20: Tabla Densidad - Estado Seco

ABSORCIÓN

DESCRIPCIÓN	ABSORCIÓN																													
	CON NUDO										SIN NUDO																			
MUESTRA	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15
PESO DE GUADUA NATURAL (gr)	65.90	92.10	96.40	91.50	92.10	74.50	63.40	77.30	62.70	86.60	75.80	69.40	78.30	72.40	85.20	117.70	89.40	121.80	82.20	115.10	84.70	107.40	97.70	112.40	103.70	114.50	105.30	100.60	106.50	
PESO DE GUADUA SECA (gr)	59.70	83.00	86.80	82.40	82.80	67.40	57.40	69.80	56.90	77.40	67.30	62.30	70.80	64.80	77.30	105.10	80.60	109.30	74.00	103.20	76.30	96.50	86.30	92.80	91.40	90.50	93.40	86.10	91.20	94.60
PESO DE GUADUA SATURADO 1º DIA (gr)	90.50	115.00	124.00	118.30	119.10	106.30	92.70	105.70	89.90	106.70	100.20	96.20	97.50	98.30	106.80	153.90	128.10	157.50	119.20	150.80	121.50	143.50	135.60	139.40	138.50	138.50	141.60	131.40	136.90	144.80
PESO DE GUADUA SATURADO 2º DIA (gr)	105.30	138.70	148.70	140.90	142.60	122.90	106.30	122.90	102.80	123.40	118.60	110.60	121.60	115.60	128.30	184.20	144.90	182.20	134.80	175.00	141.20	164.70	151.70	163.60	157.20	165.70	162.40	151.30	158.60	165.80
PESO GUADUA SECA - SATURADO 1º (gr)	30.80	32.00	37.20	35.90	36.30	38.90	35.30	35.90	33.00	29.30	32.90	33.90	26.70	33.50	29.50	48.80	47.50	48.20	45.20	47.60	45.20	47.00	49.30	46.60	47.10	48.00	48.20	45.30	45.70	50.20
PESO GUADUA SECA - SATURADO 2º (gr)	45.60	55.70	61.90	58.50	59.80	55.50	48.90	53.10	45.90	46.00	51.30	48.30	50.80	50.80	51.00	79.10	64.30	72.90	60.80	71.80	64.90	68.20	65.40	70.80	65.80	75.20	69.00	65.20	67.40	71.20
PESO GUADUA ABSORCIÓN MÁXIMA (gr)	39.40	46.60	52.30	49.40	50.50	48.40	42.90	45.60	40.10	36.80	42.80	41.20	43.30	43.20	43.10	66.50	55.50	60.40	52.60	59.90	56.50	57.30	54.00	51.20	53.50	51.20	57.10	55.50	58.00	59.30
ABSORCIÓN MÁXIMA (%)	59.79%	50.60%	54.25%	53.99%	54.83%	64.97%	67.67%	58.99%	63.96%	53.12%	67.68%	69.60%	64.88%	70.17%	59.86%	67.20%	71.92%	59.85%	73.97%	62.38%	76.62%	63.50%	66.94%	62.99%	63.45%	65.68%	65.53%	68.06%	67.00%	66.85%
ABS. MÁX. PROMEDIO (%)	63.88%															63.88%														

Tabla N° 21: Tabla de cálculo de Absorción finas

CONTRACCIÓN

CONTRACCIÓN (ESTADO NATURAL)

DESC.	Nº ESP.	ALT. 1 (cm)	ALT. 2 (cm)	ALT. 3 (cm)	ALT. 4 (cm)	PROM. ALT. (cm)	DIAM. INT. SUP. 1 (cm)	DIAM. INT. SUP. 2 (cm)	DIAM. INT. INF. 1 (cm)	DIAM. INT. INF. 2 (cm)	PROM. DIAM. INT. (cm)	DIAM. EXT. SUP. 1 (cm)	DIAM. EXT. SUP. 2 (cm)	DIAM. EXT. INF. 1 (cm)	DIAM. EXT. INF. 2 (cm)	PROM. DIAM. EXT. (cm)	VOLUMEN (cm3)
OCULADO	01	10.52	10.37	10.19	10.11	10.30	6.88	6.54	4.05	3.52	5.25	8.05	7.72	8.31	8.28	8.09	1,226.47
	02	9.71	9.70	9.41	9.62	9.61	6.23	6.56	6.11	5.99	6.22	7.25	7.55	7.02	7.07	7.22	405.91
	03	9.79	9.72	9.84	9.85	9.80	6.56	6.72	6.49	7.01	6.70	7.71	7.91	7.85	8.21	7.92	551.20
	04	9.82	9.71	9.72	9.76	9.75	6.11	5.89	5.71	5.78	5.87	7.19	6.93	6.67	6.73	6.88	393.65
	05	9.62	9.74	9.76	9.45	9.64	6.86	6.56	6.82	6.57	6.70	7.94	7.60	8.09	7.87	7.88	517.77
	06	9.61	9.69	9.69	9.58	9.64	5.75	5.91	6.06	6.20	5.98	6.71	6.81	7.14	7.26	6.98	392.59
	07	9.73	9.57	9.40	9.35	9.51	4.26	6.57	6.75	5.34	5.73	5.14	7.48	7.52	6.26	6.60	320.57
	08	9.48	9.52	9.70	9.36	9.52	5.67	6.91	4.54	6.93	6.01	6.25	7.42	5.65	7.99	6.83	312.81
	09	9.51	9.46	9.61	9.43	9.50	6.98	5.47	4.03	4.13	5.15	7.43	6.61	5.05	5.23	6.08	311.01
	10	9.59	9.48	9.70	9.70	9.62	5.99	4.52	5.75	5.42	5.42	6.43	5.45	6.87	5.53	6.07	225.66
	11	9.42	9.55	9.63	9.61	9.84	4.02	6.27	5.60	5.36	5.31	4.89	7.32	6.67	5.24	6.03	251.63
	12	9.40	9.76	9.60	9.68	9.61	6.60	4.68	4.43	6.13	5.46	7.47	5.58	5.63	7.07	6.44	351.11
	13	9.78	9.49	9.47	9.75	9.62	6.04	4.65	6.18	4.98	5.46	6.93	5.67	7.23	6.01	6.46	359.52
	14	9.59	9.52	9.58	9.50	9.55	4.55	5.97	6.50	5.96	5.75	5.41	6.99	7.35	6.01	6.44	254.01
	15	9.66	9.50	9.54	9.74	9.61	4.93	5.93	5.66	5.86	5.60	5.85	7.01	6.71	6.93	6.63	380.00
SIN OCLADO	01	10.01	9.51	9.07	9.72	9.58	5.92	5.99	5.87	6.21	6.00	6.93	6.98	6.88	7.20	7.00	391.00
	02	9.82	10.02	9.86	9.91	9.90	6.51	6.87	6.68	6.82	6.72	7.56	7.91	7.71	7.89	7.77	472.11
	03	9.41	9.39	10.02	10.08	9.73	6.51	7.02	6.81	6.49	6.71	7.79	8.20	7.90	7.72	7.90	533.41
	04	9.26	9.60	9.66	9.71	9.56	6.42	6.96	6.90	6.54	6.71	7.58	8.08	8.11	7.78	7.89	518.11
	05	9.76	9.36	9.71	9.77	9.65	6.62	6.62	6.91	6.42	6.64	7.71	7.79	8.01	7.58	7.77	493.82
	06	10.06	10.32	10.49	10.62	10.37	6.41	6.01	6.19	6.21	6.21	7.30	7.09	7.11	7.15	7.16	417.08
	07	9.87	9.94	9.80	9.77	9.85	5.88	5.91	5.70	5.87	5.84	6.83	6.89	6.64	6.78	6.79	369.00
	08	10.12	10.23	10.05	10.02	10.11	6.42	6.18	6.51	6.09	6.30	7.42	7.21	7.49	7.15	7.32	439.86
	09	9.49	9.31	9.22	9.37	9.35	5.66	6.01	5.04	5.62	5.58	6.75	6.89	6.83	6.96	6.86	465.77
	10	9.62	9.71	9.47	9.54	9.59	4.11	6.03	6.25	6.04	5.61	5.07	7.07	7.31	7.10	6.64	379.79
	11	9.53	9.70	9.55	9.46	9.56	6.54	4.28	6.80	6.88	6.13	7.45	5.35	7.65	7.98	7.11	390.47
	12	9.65	9.70	9.57	9.45	9.59	6.06	5.30	5.07	4.55	5.25	7.03	6.45	6.14	5.35	6.24	345.32
	13	9.67	9.75	9.50	9.73	9.66	4.14	6.56	4.95	4.13	4.95	5.24	7.61	6.01	5.20	6.02	355.99
	14	9.75	9.37	9.44	9.76	9.58	5.68	4.37	6.57	6.21	5.71	6.72	5.42	6.62	7.11	6.47	278.48
	15	9.55	9.67	9.58	9.63	9.61	6.12	5.43	4.47	4.37	5.10	7.23	6.37	5.52	5.27	6.10	337.90

Tabla N° 22: Tabla con medidas para cálculo de Contracción.

CONTRACCIÓN (ESTADO SECO)

DESC.	Nº ESP.	ALT. 1 (cm)	ALT. 2 (cm)	ALT. 3 (cm)	ALT. 4 (cm)	PROM. ALT. (cm)	DIAM. INT. SUP. 1 (cm)	DIAM. INT. SUP. 2 (cm)	DIAM. INT. INF. 1 (cm)	DIAM. INT. INF. 2 (cm)	PROM. DIAM. INT. (cm)	DIAM. EXT. SUP. 1 (cm)	DIAM. EXT. SUP. 2 (cm)	DIAM. EXT. INF. 1 (cm)	DIAM. EXT. INF. 2 (cm)	PROM. DIAM. EXT. (cm)	VOLUMEN (cm3)
OCINA NOS	01	10.52	10.37	10.19	10.11	10.30	6.69	6.36	3.85	3.34	5.06	7.87	7.55	8.11	8.09	7.91	1,193.26
	02	9.71	9.70	9.41	9.62	9.61	6.07	6.49	5.96	5.86	6.10	7.09	7.38	6.92	6.88	7.07	386.46
	03	9.79	9.72	9.84	9.85	9.80	6.37	6.53	6.29	6.84	6.51	7.51	7.71	7.65	8.02	7.72	532.30
	04	9.82	9.71	9.72	9.76	9.75	5.93	5.69	5.50	5.57	5.67	6.99	6.75	6.48	6.53	6.69	384.37
	05	9.62	9.74	9.76	9.45	9.64	6.67	6.35	6.64	6.37	6.51	7.73	7.41	7.91	7.69	7.69	506.24
	06	9.61	9.69	9.69	9.58	9.64	5.54	5.72	5.85	6.00	5.78	6.52	6.61	6.93	7.07	6.78	382.38
	07	9.73	9.57	9.40	9.35	9.51	4.07	6.37	6.57	5.16	5.54	4.93	7.30	7.32	6.08	6.41	308.91
	08	9.48	9.52	9.70	9.36	9.52	5.46	6.70	4.36	6.76	5.82	6.05	7.24	5.48	7.82	6.65	308.39
	09	9.51	9.46	9.61	9.43	9.50	6.78	5.29	3.83	3.93	4.96	7.24	6.42	4.86	5.06	5.90	303.73
	10	9.59	9.48	9.70	9.70	9.62	5.81	4.32	5.55	5.25	5.23	6.22	5.26	6.69	5.33	5.88	215.63
	11	9.42	9.55	9.63	9.61	9.55	3.82	6.06	5.40	5.15	5.11	4.71	7.12	6.47	5.04	5.84	238.90
	12	9.40	9.76	9.60	9.68	9.61	6.40	4.50	4.23	5.96	5.27	7.27	5.38	5.44	6.86	6.24	335.33
	13	9.78	9.49	9.47	9.75	9.62	5.86	4.48	5.98	4.78	5.28	6.75	5.48	7.03	5.82	6.27	347.26
	14	9.59	9.52	9.58	9.50	9.55	4.37	5.79	6.33	5.77	5.57	5.20	6.79	7.14	5.82	6.24	238.07
	15	9.66	9.50	9.54	9.74	9.61	4.76	5.75	5.47	5.68	5.42	5.67	6.80	6.53	6.72	6.43	362.97
OCINA NIS	01	10.01	9.51	9.07	9.72	9.58	5.79	5.81	5.75	6.07	5.86	6.76	6.81	6.71	7.02	6.83	370.08
	02	9.82	10.02	9.86	9.91	9.90	6.42	6.65	6.55	6.63	6.56	7.46	7.73	7.56	7.61	7.59	452.39
	03	9.41	9.39	10.02	10.08	9.73	6.38	6.88	6.67	6.34	6.57	7.60	8.03	7.72	7.60	7.74	511.34
	04	9.26	9.60	9.66	9.71	9.56	6.27	6.80	6.75	6.42	6.56	7.42	7.89	7.93	7.60	7.71	492.74
	05	9.76	9.36	9.71	9.77	9.65	6.50	6.46	6.78	6.26	6.50	7.56	7.64	7.83	7.42	7.61	475.97
	06	10.06	10.32	10.49	10.62	10.37	6.26	5.84	6.02	6.10	6.06	7.13	6.91	6.98	6.97	7.00	400.87
	07	9.87	9.94	9.80	9.77	9.85	5.71	5.80	5.58	5.74	5.71	6.65	6.76	6.50	6.59	6.63	349.96
	08	10.12	10.23	10.05	10.02	10.11	6.24	6.05	6.33	5.96	6.15	7.28	7.07	7.33	6.96	7.16	428.71
	09	9.49	9.31	9.22	9.37	9.35	5.53	5.84	4.86	5.43	5.42	6.61	6.71	6.69	6.82	6.71	460.12
	10	9.62	9.71	9.47	9.54	9.59	3.98	5.86	6.06	5.90	5.45	4.89	6.93	7.13	6.93	6.47	366.12
	11	9.53	9.70	9.55	9.46	9.56	6.41	4.14	6.66	6.77	6.00	7.26	5.19	7.49	7.86	6.95	371.29
	12	9.65	9.70	9.57	9.45	9.59	5.93	5.17	4.88	4.41	5.10	6.91	6.30	5.97	5.24	6.11	340.13
	13	9.67	9.75	9.50	9.73	9.66	4.02	6.43	4.77	3.97	4.80	5.13	7.47	5.83	5.01	5.86	343.73
	14	9.75	9.37	9.44	9.76	9.58	5.53	4.25	6.44	6.09	5.58	6.56	5.29	6.46	6.94	6.31	263.02
	15	9.55	9.67	9.58	9.63	9.61	5.99	5.26	4.31	4.21	4.94	7.06	6.20	5.39	5.12	5.94	328.54

Tabla N° 23: Tabla con medidas para cálculo de Contracción.

CONTRACCIÓN (ESTADO SATURADO 1º DIA)

DESC.	Nº ESP.	ALT. 1	ALT. 2	ALT. 3	ALT. 4	PROM. ALT. (cm)	DIAM. INT. SUP. 1	DIAM. INT. SUP. 2	DIAM. INT. INF. 1	DIAM. INT. INF. 2	PROM. DIAM. INT. (cm)	DIAM. EXT. SUP. 1	DIAM. EXT. SUP. 2	DIAM. EXT. INF. 1	DIAM. EXT. INF. 2	PROM. DIAM. EXT. (cm)	VOLUMEN (cm³)
		(cm)	(cm)	(cm)	(cm)		(cm)	(cm)	(cm)	(cm)		(cm)	(cm)	(cm)	(cm)		
CON NUDO	01	10.52	10.37	10.19	10.11	10.30	7.04	6.69	4.19	3.66	5.40	8.32	7.96	8.56	8.56	8.35	1,313.97
	02	9.71	9.70	9.41	9.62	9.61	6.34	6.67	6.23	6.09	6.33	7.56	7.84	7.22	7.29	7.48	477.39
	03	9.79	9.72	9.84	9.85	9.80	6.71	6.85	6.67	7.17	6.85	7.94	8.21	8.11	8.43	8.17	611.67
	04	9.82	9.71	9.72	9.76	9.75	6.15	6.06	5.82	5.85	5.97	7.41	7.16	6.98	6.98	7.13	466.67
	05	9.62	9.74	9.76	9.45	9.64	6.93	6.63	6.96	6.65	6.79	8.11	7.91	8.32	8.07	8.10	591.09
	06	9.61	9.69	9.69	9.58	9.64	5.91	5.98	6.07	6.26	6.06	7.03	7.12	7.34	7.50	7.25	480.54
	07	9.73	9.57	9.40	9.35	9.51	4.32	6.65	6.84	5.43	5.81	5.35	7.76	7.85	6.54	6.88	403.72
	08	9.48	9.52	9.70	9.36	9.52	5.72	7.06	4.62	7.02	6.11	6.43	7.72	5.93	8.25	7.08	385.33
	09	9.51	9.46	9.61	9.43	9.50	7.03	5.53	4.11	4.28	5.24	7.84	6.93	5.36	5.54	6.42	410.57
	10	9.59	9.48	9.70	9.70	9.62	6.14	4.68	5.89	5.58	5.57	6.67	5.77	7.15	5.68	6.32	267.64
	11	9.42	9.55	9.63	9.61	9.55	4.18	6.42	5.76	5.51	5.47	5.21	7.57	6.93	5.40	6.28	285.50
	12	9.40	9.76	9.60	9.68	9.61	6.65	4.71	4.49	6.18	5.51	7.73	5.75	5.91	7.24	6.66	422.36
	13	9.78	9.49	9.47	9.75	9.62	6.21	4.78	6.35	5.14	5.62	7.22	5.96	7.55	6.27	6.75	422.56
	14	9.59	9.52	9.58	9.50	9.55	4.69	6.14	6.68	6.14	5.91	5.68	7.28	7.58	6.31	6.71	302.94
	15	9.66	9.50	9.54	9.74	9.61	5.06	6.09	5.82	5.92	5.72	6.12	7.25	7.04	7.32	6.93	462.30
SIN NUDO	01	10.01	9.51	9.07	9.72	9.58	5.87	5.92	5.83	6.17	5.95	7.38	7.43	7.30	7.75	7.47	612.41
	02	9.82	10.02	9.86	9.91	9.90	6.47	6.76	6.54	6.75	6.63	7.91	8.34	8.15	8.31	8.18	712.86
	03	9.41	9.39	10.02	10.08	9.73	6.46	6.93	6.71	6.37	6.62	8.12	8.62	8.31	8.13	8.30	764.28
	04	9.26	9.60	9.66	9.71	9.56	6.40	7.08	6.69	6.51	6.67	8.79	8.36	8.33	7.98	8.37	765.19
	05	9.76	9.36	9.71	9.77	9.65	6.58	6.57	6.83	6.36	6.59	8.09	8.13	8.42	7.93	8.14	695.40
	06	10.06	10.32	10.49	10.62	10.37	6.36	5.92	6.02	6.13	6.11	7.65	7.41	7.63	7.68	7.59	662.95
	07	9.87	9.94	9.80	9.77	9.85	5.76	5.86	5.65	5.72	5.75	7.23	7.28	7.09	7.23	7.21	585.00
	08	10.12	10.23	10.05	10.02	10.11	6.35	6.11	6.42	6.00	6.22	7.85	7.64	7.93	7.63	7.76	684.69
	09	9.49	9.31	9.22	9.37	9.35	5.57	5.89	4.93	5.57	5.49	7.16	7.35	7.31	7.35	7.29	676.61
	10	9.62	9.71	9.47	9.54	9.59	4.07	5.93	6.16	5.93	5.52	5.51	7.52	7.81	7.65	7.12	609.23
	11	9.53	9.70	9.55	9.46	9.56	6.47	4.17	6.69	6.73	6.02	7.93	5.83	8.02	8.38	7.54	620.84
	12	9.65	9.70	9.57	9.45	9.59	6.51	5.23	4.91	4.46	5.28	7.57	7.09	6.71	5.93	6.83	564.40
	13	9.67	9.75	9.50	9.73	9.66	4.06	6.43	4.83	4.01	4.83	5.69	8.03	6.46	5.78	6.49	569.69
	14	9.75	9.37	9.44	9.76	9.58	5.56	4.27	6.46	6.13	5.61	7.13	5.89	7.07	7.63	6.93	499.87
	15	9.55	9.67	9.58	9.63	9.61	6.03	5.36	4.38	4.28	5.01	7.73	6.96	5.98	5.82	6.62	565.40

Tabla N° 24: Tabla con medidas para cálculo de Contracción.

CONTRACCIÓN (ESTADO SATURADO 2º DIA)

DESC.	Nº ESP.	ALT. 1 (cm)	ALT. 2 (cm)	ALT. 3 (cm)	ALT. 4 (cm)	PROM. ALT. (cm)	DIAM. INT. SUP. 1 (cm)	DIAM. INT. SUP. 2 (cm)	DIAM. INT. INF. 1 (cm)	DIAM. INT. INF. 2 (cm)	PROM. DIAM. INT. (cm)	DIAM. EXT. SUP. 1 (cm)	DIAM. EXT. SUP. 2 (cm)	DIAM. EXT. INF. 1 (cm)	DIAM. EXT. INF. 2 (cm)	PROM. DIAM. EXT. (cm)	VOLUMEN (cm³)
OCUN N03	01	10.52	10.37	10.19	10.11	10.30	6.91	6.57	3.97	3.62	5.27	8.51	8.09	8.75	8.76	8.53	1,454.86
	02	9.71	9.70	9.41	9.62	9.61	6.40	6.74	6.29	6.22	6.41	7.66	8.21	7.43	8.32	7.91	645.14
	03	9.79	9.72	9.84	9.85	9.80	6.45	6.68	6.43	6.93	6.62	8.09	8.35	8.30	8.56	8.33	783.49
	04	9.82	9.71	9.72	9.76	9.75	6.01	5.85	5.65	5.65	5.79	7.61	7.56	7.05	7.11	7.33	620.17
	05	9.62	9.74	9.76	9.45	9.64	6.83	6.46	6.75	6.53	6.64	8.37	8.15	8.40	8.47	8.35	774.22
	06	9.61	9.69	9.69	9.58	9.64	5.68	5.85	5.89	6.15	5.89	6.99	7.24	7.60	7.40	7.31	565.81
	07	9.73	9.57	9.40	9.35	9.51	4.21	6.55	6.65	5.25	5.67	5.54	8.04	7.83	6.75	7.04	522.06
	08	9.48	9.52	9.70	9.36	9.52	5.54	6.29	4.46	6.86	5.79	6.65	7.84	6.05	8.14	7.17	535.48
	09	9.51	9.46	9.61	9.43	9.50	6.99	5.34	3.95	4.05	5.08	7.90	7.09	5.56	5.77	6.58	521.37
	10	9.59	9.48	9.70	9.70	9.62	5.87	4.43	5.65	5.37	5.33	6.97	6.01	7.32	6.09	6.60	456.78
	11	9.42	9.55	9.63	9.61	9.55	3.87	6.16	5.47	5.27	5.19	5.32	7.90	7.02	5.64	6.47	447.12
	12	9.40	9.76	9.60	9.68	9.61	6.45	4.47	4.32	5.96	5.30	7.83	5.97	6.12	7.43	6.84	563.40
	13	9.78	9.49	9.47	9.75	9.62	5.97	4.47	6.02	4.78	5.31	7.28	5.98	7.73	6.45	6.86	570.24
	14	9.59	9.52	9.58	9.50	9.55	4.37	5.84	6.43	5.83	5.62	5.77	7.42	7.87	6.46	6.88	473.25
	15	9.66	9.50	9.54	9.74	9.61	4.85	5.78	5.54	5.79	5.49	6.15	7.60	7.14	7.45	7.09	605.54
OCUN N05	01	10.01	9.51	9.07	9.72	9.58	7.28	6.68	4.22	3.80	5.50	8.70	8.03	8.61	8.66	8.50	1,265.38
	02	9.82	10.02	9.86	9.91	9.90	7.75	8.18	5.41	5.52	6.71	9.15	9.57	9.33	9.55	9.40	1,345.59
	03	9.41	9.39	10.02	10.08	9.73	7.75	8.35	5.52	5.26	6.72	9.43	9.92	9.56	9.34	9.56	1,414.41
	04	9.26	9.60	9.66	9.71	9.56	7.64	8.28	5.59	5.30	6.70	9.17	9.78	9.81	9.41	9.54	1,386.19
	05	9.76	9.36	9.71	9.77	9.65	7.88	7.88	5.60	5.20	6.64	9.33	9.43	9.69	9.17	9.40	1,345.53
	06	10.06	10.32	10.49	10.62	10.37	7.63	7.15	5.01	5.03	6.21	8.83	8.58	8.60	8.65	8.67	1,192.54
	07	9.87	9.94	9.80	9.77	9.85	7.00	7.03	4.62	4.75	5.85	8.26	8.34	8.03	8.20	8.21	1,026.03
	08	10.12	10.23	10.05	10.02	10.11	7.64	7.35	5.27	4.93	6.30	8.98	8.72	9.06	8.65	8.85	1,228.77
	09	9.49	9.31	9.22	9.37	9.35	6.74	7.15	4.08	4.55	5.63	8.17	8.34	8.26	8.42	8.30	1,090.87
	10	9.62	9.71	9.47	9.54	9.59	4.89	7.18	5.06	4.89	5.51	6.13	8.55	8.85	8.59	8.03	1,029.65
	11	9.53	9.70	9.55	9.46	9.56	7.78	5.09	5.51	5.57	5.99	9.01	6.47	9.26	9.66	8.60	1,144.02
	12	9.65	9.70	9.57	9.45	9.59	7.21	6.31	4.11	3.69	5.33	8.51	7.80	7.43	6.47	7.55	864.00
	13	9.67	9.75	9.50	9.73	9.66	4.93	7.81	4.01	3.35	5.02	6.34	9.21	7.27	6.29	7.28	842.41
	14	9.75	9.37	9.44	9.76	9.58	6.76	5.20	5.32	5.03	5.58	8.13	6.56	8.01	8.60	7.83	906.78
	15	9.55	9.67	9.58	9.63	9.61	7.28	6.46	3.62	3.54	5.23	8.75	7.71	6.68	6.38	7.38	818.59

Tabla N° 25: Tabla con medidas para cálculo de Contracción.

C O N T R A C C I Ó N (NATURAL A SECO)																														
MUESTRAS	CON NUDO															SIN NUDO														
	VOLUMEN DE LA GUADUA NATURAL (cm3)	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14
VOLUMEN DE LA GUADUA SECA (cm3)	1,226.47	405.91	551.20	393.65	517.77	392.59	320.57	312.81	311.01	225.66	251.63	351.11	359.52	254.01	380.00	391.00	472.11	533.41	518.11	493.82	417.08	369.00	439.86	465.77	379.79	390.47	345.32	355.99	278.48	337.90
VOLUMEN SECA - NATURAL (cm3)	1,193.26	386.46	532.30	384.37	506.24	382.38	308.91	308.39	303.73	215.63	238.90	335.33	347.26	238.07	362.97	370.08	452.39	511.34	492.74	475.97	400.87	349.96	428.71	460.12	366.12	371.29	340.13	343.73	263.02	328.54
EXPANSION PROMEDIO (cm3)	-13.98															-13.54														
EXPANSION PROMEDIO TOTAL (cm3)	-14.76																													

Tabla N° 26 Contracción - Natural a Seco

C O N T R A C C I Ó N (NATURAL A SATURADO 1º DIA)																														
MUESTRAS	CON NUDO															SIN NUDO														
	VOLUMEN DE LA GUADUA NATURAL (cm3)	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14
VOLUMEN DE LA GUADUA SATURADO 1º (cm3)	1,313.97	477.39	611.67	466.67	591.09	480.54	403.72	385.33	410.57	267.64	285.50	422.36	422.56	302.94	462.30	612.41	712.86	764.28	765.19	695.40	662.95	585.00	684.69	676.61	609.23	620.84	564.40	569.69	499.87	565.40
VOLUMEN SATURADO 1º - NATURAL (cm3)	87.50	71.48	60.47	73.02	73.32	87.95	83.15	72.52	99.56	41.98	33.87	71.25	63.04	48.93	82.30	221.41	240.75	230.87	247.08	201.58	245.87	216.00	244.83	210.84	229.44	230.37	219.08	213.70	221.39	227.50
EXPANSION PROMEDIO (cm3)	70.02															226.71														
EXPANSION PROMEDIO TOTAL (cm3)	148.37																													

Tabla N° 27 Contracción - Natural a Saturado 1º Día.

C O N T R A C C I O N (NATURAL A SATURADO 2º DIA)															
MUESTRAS	CON NUDO														
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15
VOLUMEN DE LA GUADUA NATURAL (cm3)	1,226.4	405.91	551.20	393.65	517.77	392.59	320.57	312.81	311.01	225.66	251.63	351.11	359.52	254.01	380.00
VOLUMEN DE LA GUADUA SATURADO 2º (cm3)	1,454.86	645.14	783.49	620.17	774.22	565.81	522.06	535.48	521.37	456.78	447.12	563.40	570.24	473.25	605.54
VOLUMEN SATURADO 2º - NATURAL (cm3)	228.39	239.23	232.29	226.52	256.45	173.22	201.49	222.67	210.36	231.12	195.49	212.29	210.72	219.24	225.54
EXPANSION PROMEDIO (cm3)	219.00														
EXPANSION PROMEDIO TOTAL (cm3)	466.59														
MUESTRAS	SIN NUDO														
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15
VOLUMEN DE LA GUADUA NATURAL (cm3)	391.00	472.11	533.41	518.11	493.82	369.00	439.86	465.77	379.79	390.47	345.32	355.99	278.48	337.90	
VOLUMEN DE LA GUADUA SATURADO 2º (cm3)	1,265.38	1,345.59	1,414.41	1,386.19	1,345.53	1,192.54	1,026.03	1,228.77	1,090.87	1,029.65	1,144.02	864.00	842.41	906.78	
VOLUMEN SATURADO 2º - NATURAL (cm3)	874.38	873.48	881.00	868.08	851.71	775.46	657.03	788.91	625.10	649.86	753.55	518.68	486.42	628.30	
EXPANSION PROMEDIO (cm3)	714.18														
EXPANSION PROMEDIO TOTAL (cm3)	466.59														

Tabla N° 28. Contracción - Natural a Saturado 2º Día

C O N T R A C C I O N (SECO A SATURADO 1º DIA)															
MUESTRAS	CON NUDO														
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15
VOLUMEN DE LA GUADUA SECA (cm3)	1,193.26	386.46	532.30	384.37	506.24	382.38	308.91	308.39	303.73	215.63	238.90	335.33	347.26	238.07	362.97
VOLUMEN DE LA GUADUA SATURADO 1º (cm3)	1,313.97	477.39	611.67	466.67	591.09	480.54	403.72	385.33	410.57	267.64	285.50	422.36	422.56	302.94	462.30
VOLUMEN SATURADO 1º - SECA (cm3)	120.71	90.93	79.37	82.30	84.85	98.16	94.81	76.94	106.84	52.01	46.60	87.03	75.30	64.87	99.33
EXPANSION PROMEDIO (cm3)	84.00														
EXPANSION PROMEDIO TOTAL (cm3)	163.13														
MUESTRAS	SIN NUDO														
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15
VOLUMEN DE LA GUADUA SECA (cm3)	370.08	452.39	511.34	492.74	475.97	400.87	349.96	428.71	460.12	366.12	371.29	340.13	343.73	263.02	328.54
VOLUMEN DE LA GUADUA SATURADO 1º (cm3)	612.41	712.86	764.28	765.19	695.40	662.95	585.00	684.69	676.61	609.23	620.84	564.40	569.69	499.87	565.40
VOLUMEN SATURADO 1º - SECA (cm3)	242.33	260.47	252.94	272.45	219.43	262.08	235.04	255.98	216.49	243.11	249.55	224.27	225.96	236.85	236.86
EXPANSION PROMEDIO (cm3)	242.25														
EXPANSION PROMEDIO TOTAL (cm3)	163.13														

Tabla N° 29. Contracción - Seco a Saturado 1º Día

		C O N T R A C C I O N (SECO A SATURADO 2º DIA)																													
		CON NUDO															SIN NUDO														
MUESTRAS		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15
VOLUMEN DE LA GUADUA SECA (cm3)		1,193.26	386.46	532.30	384.37	506.24	382.38	308.91	308.39	303.73	215.63	238.90	335.33	347.26	238.07	362.97	370.08	452.39	511.34	492.74	475.97	400.87	349.96	428.71	460.12	366.12	371.29	340.13	343.73	263.02	328.54
VOLUMEN DE LA GUADUA SATURADO 2º (cm3)		1,454.86	645.14	783.49	620.17	774.22	565.81	522.06	535.48	521.37	456.78	447.12	563.40	570.24	473.25	605.54	1,265.38	1,345.59	1,414.41	1,386.19	1,345.53	1,192.54	1,026.03	1,228.77	1,090.87	1,029.65	1,144.02	864.00	842.41	906.78	818.59
VOLUMEN SATURADO 2º - SECA (cm3)		261.60	258.68	251.19	235.80	267.98	183.43	213.15	227.09	217.64	241.15	208.22	228.07	222.98	235.18	242.57	895.30	893.20	903.07	893.45	869.56	791.67	676.07	800.06	630.75	663.53	772.73	523.87	498.68	643.76	490.05
EXPANSION PROMEDIO (cm3)		232.98															729.72														
EXPANSION PROMEDIO TOTAL (cm3)		481.35																													

Tabla N° 30: Contracción - Sec. a Sat. 2º Día.

DATOS PARA ENSAYOS MECANICOS

FLEXIÓN

ENSAYOS A FLEXIÓN												
Nº ESP.	LONGITUD (mm)	DIAMETRO 1 Int. (cm)	DIAMETRO 1 Ext. (cm)	DIAMETRO 2 Int. (cm)	DIAMETRO 2 Ext. (cm)	DIAMETRO 3 Int. (cm)	DIAMETRO 3 Ext. (cm)	DIAMETRO PROMEDIO Int. (mm)	DIAMETRO PROMEDIO Ext. (mm)	t (Variación de Diámetros) (mm)	I (Momento de Inercia) (mm ⁴)	ÁREA (mm ²)
1	3,130.70	7.69	8.45	7.29	8.31	7.17	8.12	73.83	82.93	9.10	1,460,179.80	1,120.43
2	3,164.50	8.15	9.16	8.27	9.26	7.68	8.77	80.33	90.63	10.30	2,131,404.68	1,383.05
3	3,178.30	7.38	8.13	8.12	8.94	7.28	8.16	75.93	84.10	8.17	1,420,354.69	1,026.47
4	3,177.30	7.89	8.71	7.80	8.75	7.26	8.16	76.50	85.40	8.90	1,585,889.54	1,131.69
5	3,174.80	7.57	8.32	7.60	8.50	8.11	8.91	77.60	85.77	8.17	1,515,212.34	1,047.85
6	3,178.40	7.99	8.83	7.49	8.56	8.13	8.88	78.70	87.57	8.87	1,718,788.19	1,157.86
7	3,188.50	7.85	8.61	7.19	8.16	8.03	8.75	76.90	85.07	8.17	1,474,872.06	1,038.87
8	3,169.90	7.87	8.88	7.84	8.93	7.22	8.26	76.43	86.90	10.47	1,869,757.22	1,342.68
9	3,152.00	7.38	8.19	7.16	8.08	7.51	8.49	73.50	82.53	9.03	1,429,818.51	1,107.02
10	3,164.50	7.31	8.05	8.09	9.13	8.16	9.03	78.54	87.37	8.82	1,699,915.22	1,149.58
11	3,164.90	7.37	8.19	7.19	8.01	8.15	8.97	75.70	83.90	8.20	1,413,278.02	1,027.87
12	3,153.20	8.07	8.81	7.56	8.32	8.15	8.86	79.27	86.63	7.37	1,453,240.76	959.86
13	3,163.10	7.46	8.27	7.66	8.69	7.85	8.81	76.57	85.90	9.33	1,669,635.45	1,190.94
14	3,168.40	7.55	8.51	7.19	7.93	7.73	8.75	74.90	83.97	9.07	1,517,995.93	1,131.28
15	3,184.50	8.28	9.29	8.17	8.89	7.16	7.95	78.70	87.10	8.40	1,626,233.81	1,093.84
16	3,169.90	7.52	8.25	8.28	9.15	8.22	9.30	80.07	89.00	8.93	1,823,063.06	1,186.21
17	3,180.70	7.49	8.39	7.54	8.42	8.21	9.18	77.47	86.63	9.17	1,696,894.28	1,181.44
18	3,178.80	7.43	8.31	7.30	8.04	8.02	8.94	75.83	84.30	8.47	1,468,023.33	1,064.84
19	3,172.20	7.33	8.12	7.17	8.23	7.65	8.73	73.83	83.60	9.77	1,570,714.43	1,207.63
20	3,179.20	7.11	7.85	8.13	9.05	7.10	8.11	74.47	83.35	8.88	1,461,027.41	1,101.08
21	3,170.60	7.50	8.42	8.25	9.33	7.43	8.22	77.27	86.57	9.30	1,709,093.79	1,196.67
22	3,156.50	7.87	8.69	7.44	8.15	7.79	8.54	77.00	84.60	7.60	1,375,802.36	964.59
23	3,167.80	7.49	8.46	7.58	8.59	8.10	9.08	77.23	87.10	9.87	1,814,158.93	1,273.46
24	3,184.50	7.85	8.87	8.17	8.95	7.94	8.94	79.87	89.20	9.33	1,892,710.49	1,239.32
25	3,179.00	8.03	8.94	7.49	8.26	7.51	8.56	76.77	85.87	9.10	1,639,379.66	1,162.36
26	3,189.70	8.08	8.79	7.97	8.81	7.34	8.12	77.97	85.73	7.77	1,459,855.26	998.56
27	3,167.50	7.71	8.44	8.11	8.91	7.60	8.44	78.07	85.97	7.90	1,491,106.55	1,017.77
28	3,168.70	8.24	8.95	7.25	8.20	7.22	8.27	75.70	84.73	9.03	1,560,760.32	1,138.24
29	3,176.50	7.54	8.29	7.15	7.87	7.88	8.67	75.23	82.77	7.53	1,272,362.31	934.83
30	3,189.80	7.11	8.03	7.88	8.71	7.14	8.20	73.77	83.13	9.37	1,500,278.11	1,154.24

Tabla N° 31: Tabla con datos para ensayos a Flexión.

ENSAYOS A FLEXION																														
MUESTRA	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
ÁREA (mm ²)	1,120.43	1,383.05	1,026.47	1,131.69	1,047.85	1,157.86	1,038.87	1,342.68	1,107.02	1,149.58	1,027.87	959.86	1,190.94	1,131.28	1,093.84	1,186.21	1,181.44	1,064.84	1,207.63	1,101.08	1,196.67	964.59	1,273.46	1,239.32	1,162.36	998.56	1,017.77	1,138.24	934.83	1,154.24
I (mm ⁴)	1,460,179.80	2,131,404.68	1,420,354.69	1,585,889.54	1,515,212.34	1,718,788.19	1,474,872.06	1,869,757.22	1,429,818.51	1,699,915.22	1,413,278.02	1,453,240.76	1,669,635.45	1,517,995.93	1,626,233.81	1,823,063.06	1,696,894.28	1,468,023.33	1,570,714.43	1,461,027.41	1,709,093.79	1,375,802.36	1,814,158.93	1,892,710.49	1,639,379.66	1,459,855.26	1,491,106.55	1,560,760.32	1,272,362.31	1,500,278.11
DIAMETRO (D) (mm)	82.93	90.63	84.10	85.40	85.77	87.57	85.07	86.90	82.53	87.37	83.90	86.63	85.90	83.97	87.10	89.00	86.63	84.30	83.60	83.35	86.57	84.60	87.10	89.20	85.87	85.73	85.97	84.73	82.77	83.13
LONGITUD (mm)	1,130.70	1,164.50	1,178.30	1,177.30	1,174.80	1,178.40	1,188.50	1,169.90	1,152.00	1,164.50	1,164.90	1,153.20	1,163.10	1,168.40	1,184.50	1,169.90	1,180.70	1,178.80	1,172.20	1,179.20	1,170.60	1,156.50	1,167.80	1,184.50	1,179.00	1,189.70	1,167.50	1,168.70	1,176.50	1,189.80
DEFORMACIÓN MAX. (mm)	4.80	2.60	3.00	4.20	6.40	6.60	4.40	6.00	4.10	4.60	6.10	3.60	2.70	5.10	4.30	2.20	7.30	3.10	3.20	3.25	3.90	5.30	2.00	3.00	3.30	2.05	6.60	2.90	3.15	5.05
CARGA MÁXIMA (KG)	365	564	730	910	210	915	379	850	325	665	738	950	995	1028	890	980	750	765	425	985	695	975	865	950	1135	785	985	675	855	1175
CARGA MÁXIMA (Tn)	0.37	0.56	0.73	0.91	0.21	0.92	0.38	0.85	0.33	0.67	0.74	0.95	1.00	1.03	0.89	0.98	0.75	0.77	0.43	0.99	0.70	0.98	0.87	0.95	1.14	0.79	0.99	0.68	0.86	1.18
CARGA MÁXIMA (N)	3,577.00	5,527.20	7,154.00	8,918.00	2,058.00	8,967.00	3,714.20	8,330.00	3,185.00	6,517.00	7,232.40	9,310.00	9,751.00	10,074.40	8,722.00	9,604.00	7,350.00	7,497.00	4,165.00	9,653.00	6,811.00	9,555.00	8,477.00	9,310.00	11,123.00	7,693.00	9,653.00	6,615.00	8,379.00	11,515.00
M UL. (N*mm)	1,011,128.48	1,609,106.10	2,107,389.55	2,624,790.35	604,434.60	2,641,678.20	1,103,581.68	2,436,316.75	917,280.00	1,897,261.63	2,106,255.69	2,684,073.00	2,835,347.03	2,942,732.24	2,582,802.25	2,808,929.90	2,169,536.25	2,209,365.90	1,220,553.25	2,845,704.40	1,993,239.15	2,762,589.38	2,474,860.15	2,756,923.75	3,278,504.25	2,288,090.53	2,817,469.38	1,932,737.63	2,464,473.38	3,425,136.75
ESFUERZO (MPa)	28.71	34.21	62.39	70.67	17.11	67.29	31.83	56.62	26.47	48.75	62.52	80.00	72.94	81.39	69.17	68.56	55.38	63.44	32.48	81.17	50.48	84.94	59.41	64.96	85.86	67.19	81.22	52.46	80.16	94.90
ESFUERZO PROMEDIO (MPa)	61.09																													
ESFUERZO PROMEDIO (Kg/cm ²)	622.92																													
MODULO DE YOUNG (MPa)	15,369.94	32,812.79	57,221.24	45,516.14	7,168.73	26,947.46	20,017.72	24,769.29	17,304.57	27,418.26	27,628.02	56,856.78	70,904.48	43,242.60	43,184.57	79,879.03	20,346.38	56,217.56	27,805.56	69,445.12	34,147.95	42,227.41	77,517.73	56,768.60	70,198.63	90,178.54	32,519.15	48,603.05	70,925.99	53,331.21
MODULO DE YOUNG PROMEDIO (MPa)	44,882.48																													
DEVIACION ESTANDAR (%)	19.74																													
PERCENTIL 5	27.48																													
VALOR CARACTERÍSTICO F _{0.05}	27.05																													
ESFUERZO ADMISIBLE F _T	9.02																													

Tabla N° 32: Esfuerzo Admisible - Flecha.

ESPECÍMENES EN GLOBAL																			
P1		P2		P3		P4		P5		P6		P7		P8		P9		P10	
DEFORM. (cm)	CARGA (Kg)	DEFORM. (cm)	CARGA (Kg)	DEFORM. (cm)	CARGA (Kg)	DEFORM. (cm)	CARGA (Kg)	DEFORM. (cm)	CARGA (Kg)	DEFORM. (cm)	CARGA (Kg)	DEFORM. (cm)	CARGA (Kg)	DEFORM. (cm)	CARGA (Kg)	DEFORM. (cm)	CARGA (Kg)	DEFORM. (cm)	CARGA (Kg)
14.70	0	14.10	0	15.00	0	14.90	0	13.90	0	15.00	0	12.80	0	14.80	0	13.40	0	13.00	0
14.90	100	14.40	100	15.20	100	15.40	100	14.90	100	15.30	100	12.90	100	15.00	100	13.80	100	13.70	100
15.00	200	14.60	200	15.40	200	15.60	200	15.30	200	15.60	200	13.30	200	15.20	200	13.90	200	14.30	200
15.40	300	14.80	300	15.60	300	15.80	300	20.30	210	15.80	300	13.90	300	15.40	300	14.10	300	15.00	300
19.50	365	15.20	400	16.00	400	15.95	400			16.10	400	17.20	379	15.70	400	14.40	400	15.20	400
		15.60	500	16.50	500	16.15	500			16.40	500			15.80	500	14.50	500	15.60	500
		16.70	564	16.80	600	16.40	600			16.70	600			16.50	600	14.60	600	16.30	600
				17.00	700	16.70	700			17.20	700			17.80	700	14.90	700	17.60	665
				18.00	720	16.95	800			17.60	800			19.50	800	15.50	800		
										18.50	900			20.80	850	17.50	810		
										19.10	910								

Tabla N° 33: Flexión - Esfuerzo vs. Deformación P1

ESPECÍMENES EN GLOBAL																			
P11		P12		P13		P14		P15		P16		P17		P18		P19		P20	
DEFORM. (cm)	CARGA (Kg)	DEFORM. (cm)	CARGA (Kg)	DEFORM. (cm)	CARGA (Kg)	DEFORM. (cm)	CARGA (Kg)	DEFORM. (cm)	CARGA (Kg)	DEFORM. (cm)	CARGA (Kg)	DEFORM. (cm)	CARGA (Kg)	DEFORM. (cm)	CARGA (Kg)	DEFORM. (cm)	CARGA (Kg)	DEFORM. (cm)	CARGA (Kg)
13.70	0	12.80	0	12.60	0	13.40	0	15.10	0	14.70	0	15.00	0	13.00	0	15.30	0	14.85	0
14.00	100	13.00	100	12.80	100	13.89	100	15.45	100	15.00	100	15.50	100	13.20	100	16.10	100	15.20	100
14.30	200	13.30	200	12.90	200	14.10	200	15.70	200	15.30	200	15.85	200	13.50	200	16.35	200	15.65	200
14.60	300	13.70	300	13.10	300	14.30	300	15.90	300	15.50	300	16.10	300	13.80	300	16.55	300	15.80	300
15.00	400	14.20	400	13.30	400	14.50	400	16.25	400	15.60	400	16.45	400	14.00	400	16.90	400	16.10	400
15.40	500	14.30	500	13.50	500	14.80	500	16.35	500	15.80	500	16.75	500	14.20	500	18.50	425	16.25	500
15.80	600	14.50	600	13.60	600	14.90	600	16.50	600	16.10	600	17.25	600	14.60	600			16.40	600
17.00	700	14.70	700	13.70	700	15.20	700	16.80	700	16.20	700	20.70	700	15.20	700			16.70	700
19.80	738	14.80	800	13.80	800	15.30	800	16.95	800	16.50	800	22.30	750	16.10	765			16.90	800
		15.10	900	14.10	900	15.80	900	19.40	890	16.70	900							17.25	900
		16.40	950	15.30	990	16.40	1000			16.90	980							18.10	985
						18.50	1028												

Tabla N° 34: Flexión - Esfuerzo vs. Deformación P2

ESPECÍMENES EN GLOBAL																			
P21		P22		P23		P24		P25		P26		P27		P28		P29		P30	
DEFORM. (cm)	CARGA (Kg)	DEFORM. (cm)	CARGA (Kg)	DEFORM. (cm)	CARGA (Kg)	DEFORM. (cm)	CARGA (Kg)	DEFORM. (cm)	CARGA (Kg)	DEFORM. (cm)	CARGA (Kg)	DEFORM. (cm)	CARGA (Kg)	DEFORM. (cm)	CARGA (Kg)	DEFORM. (cm)	CARGA (Kg)	DEFORM. (cm)	CARGA (Kg)
14.90	0	13.8	0	14.40	0	14.00	0	15.20	0	14.40	0	14.20	0	14.40	0	13.70	0	14.20	0
15.05	100	14.3	100	14.70	100	14.40	100	15.60	100	14.90	100	14.50	100	14.70	100	14.20	100	14.70	100
15.25	200	14.7	200	15.00	200	14.70	200	15.90	200	15.10	200	14.80	200	14.90	200	14.40	200	14.90	200
15.40	300	15.1	300	15.20	300	14.90	300	16.10	300	15.30	300	15.00	300	15.10	300	14.60	300	15.10	300
15.60	400	15.7	400	15.30	400	15.10	400	16.30	400	15.45	400	15.30	400	15.50	400	14.75	400	15.25	400
15.85	500	16.2	500	15.50	500	15.40	500	16.60	500	15.65	500	15.60	500	15.90	500	14.95	500	15.45	500
16.10	600	16.8	600	15.80	600	15.50	600	16.70	600	15.90	600	15.90	600	17.00	600	15.20	600	15.70	600
18.80	695	17.7	700	15.90	700	15.80	700	17.00	700	16.20	700	16.40	700	17.30	675	15.50	700	16.00	700
		18.4	800	16.20	800	15.90	800	17.10	800	16.45	785	16.80	800			15.75	800	16.25	800
		18.8	900	16.40	865	16.40	900	17.60	900			17.70	900			16.85	855	17.35	900
		19.1	975			17.00	950	18.20	1000			20.80	985					18.40	1000
								18.50	1135									19.25	1175

Tabla N° 35: Fluación - Esfuerzo vs. Deformación P3

COMPRESIÓN

ENSAYO A COMPRESIÓN

DESCR.	Nº ESP.	DIAM. INT. 1 (cm)	DIAM. INT. 2 (cm)	DIAM. INT. 3 (cm)	PROM. DIAM. INT. (cm)	PROM. FINAL DIAM. INT. (cm)	DIAM. EXT. 1 (cm)	DIAM. EXT. 2 (cm)	DIAM. EXT. 3 (cm)	PROM. DIAM. EXT. (cm)	PROM. DIAM. EXT. (cm)
SIN NUDO	1 S	6.41	6.32	6.40	6.38	6.39	7.48	7.49	7.57	7.51	7.53
	1 I	6.36	6.41	6.44	6.40		7.61	7.56	7.49	7.55	
	2 S	6.60	6.28	6.35	6.41	6.48	7.59	7.43	7.70	7.57	7.65
	2 I	6.83	6.39	6.45	6.56		8.00	7.62	7.54	7.72	
	3 S	6.89	6.49	6.42	6.60	6.68	7.65	8.11	7.69	7.82	7.94
	3 I	6.75	6.53	6.98	6.75		7.87	8.25	8.08	8.07	
	4 S	6.46	6.78	6.49	6.58	6.67	8.07	7.74	7.80	7.87	7.99
	4 I	6.64	6.78	6.89	6.77		8.20	7.99	8.12	8.10	
	5 S	6.52	6.73	6.57	6.61	6.65	7.81	7.93	7.79	7.84	7.93
	5 I	6.53	6.56	6.96	6.68		8.32	7.87	7.88	8.02	
	6 S	6.58	6.81	6.79	6.73	6.77	8.16	7.92	8.07	8.05	8.10
	6 I	6.59	7.00	6.82	6.80		8.20	8.29	7.95	8.15	
	7 S	7.00	7.06	7.20	7.09	7.06	8.50	8.33	8.42	8.42	8.42
	7 I	7.00	7.10	6.98	7.03		8.42	8.40	8.42	8.41	
	8 S	7.28	7.14	7.18	7.20	7.25	8.86	8.78	8.92	8.85	8.84
	8 I	7.37	7.17	7.38	7.31		8.71	8.85	8.91	8.82	
	9 S	7.28	7.41	7.23	7.31	7.25	8.69	8.83	8.91	8.81	8.74
	9 I	7.19	7.18	7.18	7.18		8.61	8.61	8.77	8.66	
	10 S	5.83	5.87	5.79	5.83	5.83	6.87	6.86	6.98	6.90	6.96
	10 I	5.71	5.88	5.91	5.83		7.05	7.08	6.93	7.02	
11 S	7.37	7.39	7.49	7.42	7.45	8.88	8.72	8.75	8.78	8.86	
11 I	7.62	7.30	7.52	7.48		8.74	8.99	9.08	8.94		
12 S	7.20	7.39	7.57	7.39	7.31	8.94	8.73	8.44	8.70	8.66	
12 I	7.30	7.31	7.11	7.24		8.43	8.62	8.78	8.61		
13 S	6.85	6.88	6.83	6.85	6.58	9.30	9.30	9.18	9.26	9.33	
13 I	6.17	6.02	6.70	6.30		9.44	9.34	9.41	9.40		
14 S	7.68	8.04	7.78	7.83	7.90	9.59	9.40	9.24	9.41	9.61	
14 I	8.02	7.96	7.90	7.96		9.80	9.83	9.82	9.82		
15 S	7.52	7.51	7.63	7.55	7.80	9.19	9.15	9.18	9.17	9.28	
15 I	8.56	7.92	7.63	8.04		9.32	9.27	9.56	9.38		
CON NUDO	1 S	6.95	7.12	7.13	7.07	7.49	8.98	8.74	8.99	8.90	8.84
	1 I	8.00	7.99	7.75	7.91		8.63	8.88	8.83	8.78	
	2 S	7.22	6.88	7.12	7.07	7.03	8.85	8.77	8.98	8.87	8.78
	2 I	6.85	7.01	7.12	6.99		8.76	8.71	8.63	8.70	
	3 S	7.23	6.89	6.85	6.99	7.06	8.49	8.53	8.82	8.61	8.68

3 I	7.06	7.22	7.08	7.12		8.73	8.80	8.69	8.74	
4 S	7.18	7.39	7.04	7.20	7.17	8.74	8.94	8.74	8.81	8.77
4 I	7.28	7.11	7.01	7.13		8.69	8.79	8.70	8.73	
5 S	7.41	7.07	6.75	7.08	7.16	8.31	8.62	8.84	8.59	8.70
5 I	7.27	7.36	7.08	7.24		8.68	8.81	8.92	8.80	
6 S	7.40	7.43	7.04	7.29	7.24	8.86	8.80	8.53	8.73	8.70
6 I	7.11	6.94	7.51	7.19		8.99	8.43	8.60	8.67	
7 S	7.18	7.15	7.32	7.22	7.22	9.31	9.15	9.12	9.19	9.20
7 I	7.32	7.24	7.11	7.22		9.09	9.19	9.32	9.20	
8 S	7.11	7.01	7.19	7.10	7.08	9.20	9.09	9.11	9.13	9.15
8 I	7.21	7.02	6.95	7.06		9.01	9.22	9.25	9.16	
9 S	6.70	7.08	7.04	6.94	6.83	8.30	7.89	8.35	8.18	8.17
9 I	6.85	6.39	6.89	6.71		8.34	8.25	7.89	8.16	
10 S	6.97	6.97	6.74	6.89	6.82	8.36	8.56	8.57	8.50	8.36
10 I	6.66	6.76	6.79	6.74		8.21	8.21	8.26	8.23	
11 S	6.82	6.79	6.65	6.75	6.69	8.30	8.30	8.32	8.31	8.24
11 I	6.60	6.60	6.70	6.63		8.25	8.05	8.20	8.17	
12 S	6.70	6.70	6.59	6.66	6.85	8.19	8.19	8.20	8.19	8.35
12 I	7.09	7.10	6.93	7.04		8.45	8.50	8.55	8.50	
13 S	7.01	7.05	7.00	7.02	7.14	8.41	8.53	8.45	8.46	8.46
13 I	7.33	7.34	7.08	7.25		8.41	8.53	8.45	8.46	
14 S	7.00	7.09	6.93	7.01	7.06	8.32	8.41	8.30	8.34	8.50
14 I	6.64	7.18	7.49	7.10		9.00	8.62	8.37	8.66	
15 S	6.80	7.11	7.05	6.99	6.95	8.50	8.45	8.21	8.39	8.27
15 I	6.80	6.94	6.97	6.90		8.23	7.98	8.25	8.15	

Tabla N° 36: Tabla con datos para ensayos a Compresión.

ENSAYOS A COMPRESION															
UBICACION	SIN NUDO														
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15
DEFORMACION ULTIMA (mm)	3.41	3.05	3.42	2.86	2.67	2.35	3.00	2.03	2.70	2.60	2.35	2.60	1.75	2.25	2.20
DIAMETRO EXTERIOR (cm)	7.53	7.65	7.94	7.99	7.93	8.10	8.42	8.84	8.74	6.96	8.86	8.66	9.33	9.61	9.28
DIAMETRO INTERIOR (cm)	6.39	6.48	6.68	6.67	6.65	6.77	7.06	7.25	7.25	5.83	7.45	7.31	6.58	7.90	7.80
AREA (cm ²)	49.85	51.94	57.87	60.79	58.63	62.13	66.14	80.37	74.85	45.40	72.25	67.73	137.45	94.07	79.41
LONGITUD	15.02	15.40	15.55	15.90	15.91	15.98	16.73	17.13	17.00	13.69	17.43	17.11	17.81	18.71	18.16
CARGA MAX. (Tn)	5.50	5.50	6.00	6.50	6.50	6.50	7.50	9.00	9.00	4.50	8.00	7.00	8.00	8.00	7.00
CARGA MAX. (N)	53,900.00	53,900.00	58,800.00	63,700.00	63,700.00	63,700.00	73,500.00	88,200.00	88,200.00	44,100.00	78,400.00	68,600.00	78,400.00	78,400.00	68,600.00
ESFUERZO (MPa)	10.81	10.38	10.16	10.48	10.86	10.25	11.11	10.97	11.78	9.71	10.85	10.13	5.70	8.53	8.64
ESFUERZO PROMEDIO (MPa)	10.01														
ESFUERZO PROMEDIO (kg/cm ²)	102.10														
MODULO DE YOUNG (MPa)	15,806.45	17,672.13	17,192.98	22,272.73	23,857.68	27,106.38	24,500.00	43,448.28	32,666.67	16,961.54	33,361.70	26,384.62	44,800.00	34,844.44	31,181.82
MODULO DE YOUNG PROMEDIO (MPa)	29,599.67														
DEVIACION ESTANDAR (%)	1.44														
PERCENTIL 5	7.55														
VALOR CARACTERISTICO F _k	6.79														
ESFUERZO ADMISIBLE FT Prom.	3.77														
ESFUERZO ADMISIBLE PROMEDIO FT Prom.	3.79														
CON NUDO															
01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	
3.60	2.88	2.55	2.35	3.60	2.43	2.60	2.48	1.78	1.98	2.05	2.10	3.05	1.95	2.55	
8.84	8.78	8.68	8.77	8.70	8.70	9.20	9.15	8.17	8.36	8.24	8.35	8.46	8.50	8.27	
7.49	7.03	7.06	7.17	7.16	7.24	7.22	7.08	6.83	6.82	6.69	6.85	7.14	7.06	6.95	
69.26	86.92	80.11	80.12	76.73	73.11	102.14	105.55	63.15	73.44	72.70	71.63	64.69	70.39	63.12	
8.50	9.50	8.50	8.00	8.00	8.00	12.00	6.50	7.50	7.50	7.50	7.50	5.50	8.00	5.50	
83,300.00	93,100.00	83,300.00	78,400.00	78,400.00	78,400.00	117,600.00	63,700.00	73,500.00	73,500.00	73,500.00	73,500.00	53,900.00	78,400.00	53,900.00	
12.03	10.71	10.40	9.79	10.22	10.72	11.51	6.04	11.64	10.01	10.11	10.26	8.33	11.14	8.54	
10.10															
102.95															

Tabla N° 37. Esfuerzo admisible - Compresion.

SIN NUDO																																	
F1		F2		F3		F4		F5		F6		F7		F8		F9		F10		F11		F12		F13		F14		F15					
DEFORM. (mm x 10 ⁻²)	CARGA (Tn)	DEFORM. (mm x 10 ⁻²)	CARGA (Tn)	DEFORM. (mm x 10 ⁻²)	CARGA (Tn)	DEFORM. (mm x 10 ⁻²)	CARGA (Tn)	DEFORM. (mm x 10 ⁻²)	CARGA (Tn)	DEFORM. (mm x 10 ⁻²)	CARGA (Tn)	DEFORM. (mm x 10 ⁻²)	CARGA (Tn)	DEFORM. (mm x 10 ⁻²)	CARGA (Tn)	DEFORM. (mm x 10 ⁻²)	CARGA (Tn)	DEFORM. (mm x 10 ⁻²)	CARGA (Tn)	DEFORM. (mm x 10 ⁻²)	CARGA (Tn)	DEFORM. (mm x 10 ⁻²)	CARGA (Tn)	DEFORM. (mm x 10 ⁻²)	CARGA (Tn)	DEFORM. (mm x 10 ⁻²)	CARGA (Tn)	DEFORM. (mm x 10 ⁻²)	CARGA (Tn)				
39.00	0.50	0.00	0.50	0.00	0.50	0.00	0.50	0.00	0.50	0.00	0.50	0.00	0.50	0.00	0.50	0.00	0.50	0.00	0.50	0.00	0.50	0.00	0.50	0.00	0.50	0.00	0.50	0.00	0.50	0.00	0.50		
68.00	1.00	0.00	1.00	2.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00		
88.00	1.50	0.00	1.50	12.00	1.50	2.00	1.50	0.00	1.50	0.00	1.50	0.00	1.50	4.00	1.50	0.00	1.50	8.00	1.50	0.00	1.50	0.00	1.50	0.00	1.50	0.00	1.50	0.00	1.50	0.00	1.50		
109.00	2.00	10.00	2.00	28.00	2.00	11.00	2.00	10.00	2.00	1.00	2.00	10.00	2.00	15.00	2.00	0.00	2.00	13.00	2.00	5.00	2.00	0.00	2.00	0.00	2.00	0.00	2.00	0.00	2.00	0.00	2.00		
121.00	2.50	30.00	2.50	44.00	2.50	30.00	2.50	20.00	2.50	18.00	2.50	24.00	2.50	30.00	2.50	10.00	2.50	28.00	2.50	20.00	2.50	10.00	2.50	5.00	2.50	16.00	2.50	10.00	2.50	2.50			
130.00	3.00	53.00	3.00	59.00	3.00	45.00	3.00	37.00	3.00	34.00	3.00	40.00	3.00	40.00	3.00	24.00	3.00	44.00	3.00	35.00	3.00	30.00	3.00	15.00	3.00	24.00	3.00	25.00	3.00	3.00			
139.00	3.50	69.00	3.50	76.00	3.50	60.00	3.50	49.00	3.50	50.00	3.50	54.00	3.50	51.00	3.50	30.00	3.50	49.00	3.50	45.00	3.50	45.00	3.50	24.00	3.50	30.00	3.50	35.00	3.50	3.50			
154.00	4.00	90.00	4.00	88.00	4.00	69.00	4.00	60.00	4.00	66.00	4.00	69.00	4.00	61.00	4.00	44.00	4.00	85.00	4.00	54.00	4.00	60.00	4.00	33.00	4.00	45.00	4.00	48.00	4.00	4.00			
170.00	4.50	111.00	4.50	107.00	4.50	90.00	4.50	77.00	4.50	79.00	4.50	80.00	4.50	72.00	4.50	60.00	4.50	129.00	4.50	63.00	4.50	74.00	4.50	46.00	4.50	60.00	4.50	59.00	4.50	4.50			
191.00	5.00	132.00	5.00	122.00	5.00	107.00	5.00	100.00	5.00	88.00	5.00	88.00	5.00	83.00	5.00	70.00	5.00	260.00	5.00	72.00	5.00	88.00	5.00	54.00	5.00	69.00	5.00	70.00	5.00	5.00			
274.00	5.50	177.00	5.50	144.00	5.50	129.00	5.50	118.00	5.50	99.00	5.50	105.00	5.50	94.00	5.50	84.00	5.50		5.50	86.00	5.50	105.00	5.50	60.00	5.50	78.00	5.50	81.00	5.50	5.50			
341.00	3.00	305.00	4.00	164.00	6.00	154.00	6.00	144.00	6.00	104.00	6.00	128.00	6.00	104.00	6.00	92.00	6.00		6.00	97.00	6.00	123.00	6.00	67.00	6.00	90.00	6.00	100.00	6.00	6.00			
				342.00	5.50	205.00	6.50	190.00	6.50	129.00	6.50	138.00	6.50	115.00	6.50	110.00	6.50		6.50	110.00	6.50	140.00	6.50	78.00	6.50	102.00	6.50	120.00	6.50	6.50			
					286.00	5.50	267.00	5.50	174.00	7.00	165.00	7.00	125.00	7.00	124.00	7.00		7.00		7.00	129.00	7.00	172.00	7.00	86.00	7.00	117.00	7.00	140.00	7.00	7.00		
											235.00	6.00	195.00	7.50	135.00	7.50	135.00	7.50		7.50	144.00	7.50	260.00	6.00	96.00	7.50	127.00	7.50	220.00	5.00	5.00		
												300.00	7.00		7.00	145.00	8.00	150.00	8.00		8.00	180.00	8.00		8.00	110.00	8.00	157.00	8.00				
															160.00	8.50	170.00	8.50		8.50		8.50	235.00	7.00		7.50	175.00	7.50	225.00	7.50			
															170.00	9.00	200.00	9.00		9.00		9.00											
															203.00	6.00	270.00	8.00		8.00													

Tabla N° 38: Graf. Esfuerzo vs. Deformación - S/N - Compresión.

CON NUDO																														
P1		P2		P3		P4		P5		P6		P7		P8		P9		P10		P11		P12		P13		P14		P15		
DEFORM. (mm x 10 ⁻²)	CARGA (Tn)	DEFORM. (mm x 10 ⁻²)	CARGA (Tn)	DEFORM. (mm x 10 ⁻²)	CARGA (Tn)	DEFORM. (mm x 10 ⁻²)	CARGA (Tn)	DEFORM. (mm x 10 ⁻²)	CARGA (Tn)	DEFORM. (mm x 10 ⁻²)	CARGA (Tn)	DEFORM. (mm x 10 ⁻²)	CARGA (Tn)	DEFORM. (mm x 10 ⁻²)	CARGA (Tn)	DEFORM. (mm x 10 ⁻²)	CARGA (Tn)	DEFORM. (mm x 10 ⁻²)	CARGA (Tn)	DEFORM. (mm x 10 ⁻²)	CARGA (Tn)	DEFORM. (mm x 10 ⁻²)	CARGA (Tn)	DEFORM. (mm x 10 ⁻²)	CARGA (Tn)	DEFORM. (mm x 10 ⁻²)	CARGA (Tn)	DEFORM. (mm x 10 ⁻²)	CARGA (Tn)	
0.00	0.50	0.00	0.50	0.00	0.50	0.00	0.50	0.00	0.50	0.00	0.50	0.00	0.50	35.00	0.50	0.00	0.50	0.00	0.50	0.00	0.50	0.00	0.50	0.00	0.50	3.00	0.50	0.00	0.50	
0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	66.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	13.00	1.00	0.00	1.00	
0.00	1.50	0.00	1.50	0.00	1.50	5.00	1.50	0.00	1.50	0.00	1.50	5.00	1.50	84.00	1.50	0.00	1.50	0.00	1.50	0.00	1.50	0.00	1.50	0.00	1.50	24.00	1.50	0.00	1.50	
0.00	2.00	0.00	2.00	1.00	2.00	17.00	2.00	0.00	2.00	0.00	2.00	17.00	2.00	98.00	2.00	7.00	2.00	0.00	2.00	9.00	2.00	2.00	0.00	2.00	20.00	2.00	35.00	2.00	5.00	2.00
10.00	2.50	5.00	2.50	15.00	2.50	36.00	2.50	0.00	2.50	0.00	2.50	30.00	2.50	118.00	2.50	18.00	2.50	10.00	2.50	20.00	2.50	10.00	2.50	45.00	2.50	47.00	2.50	15.00	2.50	
23.00	3.00	15.00	3.00	25.00	3.00	51.00	3.00	9.00	3.00	13.00	3.00	38.00	3.00	130.00	3.00	29.00	3.00	17.00	3.00	30.00	3.00	20.00	3.00	70.00	3.00	59.00	3.00	30.00	3.00	
33.00	3.50	23.00	3.50	38.00	3.50	62.00	3.50	13.00	3.50	20.00	3.50	45.00	3.50	132.00	3.50	40.00	3.50	25.00	3.50	40.00	3.50	29.00	3.50	93.00	3.50	64.00	3.50	45.00	3.50	
40.00	4.00	33.00	4.00	47.00	4.00	77.00	4.00	23.00	4.00	31.00	4.00	54.00	4.00	154.00	4.00	51.00	4.00	38.00	4.00	52.00	4.00	44.00	4.00	113.00	4.00	76.00	4.00	64.00	4.00	
52.00	4.50	42.00	4.50	55.00	4.50	88.00	4.50	30.00	4.50	42.00	4.50	58.00	4.50	164.00	4.50	65.00	4.50	44.00	4.50	62.00	4.50	51.00	4.50	145.00	4.50	88.00	4.50	80.00	4.50	
60.00	5.00	50.00	5.00	61.00	5.00	100.00	5.00	38.00	5.00	48.00	5.00	62.00	5.00	173.00	5.00	78.00	5.00	53.00	5.00	74.00	5.00	56.00	5.00	169.00	5.00	100.00	5.00	98.00	5.00	
70.00	5.50	57.00	5.50	68.00	5.50	115.00	5.50	45.00	5.50	57.00	5.50	72.00	5.50	193.00	5.50	87.00	5.50	63.00	5.50	85.00	5.50	57.00	5.50	200.00	5.50	115.00	5.50	124.00	5.50	
77.00	6.00	62.00	6.00	78.00	6.00	125.00	6.00	55.00	6.00	68.00	6.00	78.00	6.00	221.00	6.00	98.00	6.00	75.00	6.00	102.00	6.00	65.00	6.00	305.00	6.00	129.00	6.00	255.00	6.00	
88.00	6.50	68.00	6.50	85.00	6.50	138.00	6.50	60.00	6.50	78.00	6.50	88.00	6.50	230.00	6.50	110.00	6.50	83.00	6.50	117.00	6.50	80.00	6.50		6.50	139.00	6.50		6.50	
96.00	7.00	88.00	7.00	98.00	7.00	150.00	7.00	72.00	7.00	88.00	7.00	90.00	7.00	248.00	7.00	125.00	7.00	98.00	7.00	137.00	7.00	110.00	7.00		7.00	152.00	7.00		7.00	
105.00	7.50	95.00	7.50	110.00	7.50	175.00	7.50	86.00	7.50	102.00	7.50	95.00	7.50		7.50	136.00	7.50	120.00	7.50	171.00	7.50	150.00	7.50		7.50	167.00	7.50		7.50	
118.00	8.00	110.00	8.00	126.00	8.00	205.00	8.00	140.00	8.00	120.00	8.00	100.00	8.00		8.00	178.00	8.00	198.00	8.00	205.00	8.00	210.00	8.00		8.00	181.00	8.00		8.00	
150.00	8.50	118.00	8.50	145.00	8.50	235.00	8.50	160.00	8.50	243.00	8.50	110.00	8.50		8.50		8.50		8.50		8.50					195.00	8.50		8.50	
360.00	7.00	138.00	9.00	255.00	8.00			360.00	7.00			115.00	9.00																	
		160.00	9.50									120.00	9.50																	
		288.00	8.00									125.00	10.00																	
												131.00	10.50																	
												144.00	11.00																	
												155.00	11.50																	
												170.00	12.00																	
												260.00	10.00																	

Tabla N° 39: Graf. Esfuerzo vs. Deformación - C/N - Compresión.

TRACCIÓN PARALELO A LA FIBRA

ENSAYO A TRACCIÓN //					
Nº ESP.	ANCHO 1 (cm)	ANCHO 2 SUP. (cm)	ANCHO 2 INF. (cm)	AREA (cm ²)	
SIN NUDO	1	0.22	0.59	0.55	0.25
	2	0.21	0.59	0.62	0.25
	3	0.2	0.59	0.61	0.24
	4	0.2	0.63	0.72	0.27
	5	0.18	0.79	0.88	0.30
	6	0.19	0.85	0.82	0.32
	7	0.2	0.68	0.69	0.27
	8	0.19	0.55	0.54	0.21
	9	0.18	0.71	0.67	0.25
	10	0.21	0.73	0.71	0.30
	11	0.22	0.79	0.89	0.37
	12	0.21	0.73	0.78	0.32
	13	0.22	0.83	0.73	0.34
	14	0.2	0.82	0.92	0.35
	15	0.18	0.63	0.72	0.24
CON NUDO	1	0.17	0.66	0.87	0.26
	2	0.19	0.91	0.70	0.31
	3	0.18	0.94	0.89	0.33
	4	0.21	0.83	0.74	0.33
	5	0.22	0.74	0.83	0.35
	6	0.21	0.81	0.71	0.32
	7	0.18	0.81	0.88	0.30
	8	0.21	0.90	0.95	0.39
	9	0.19	0.94	0.76	0.32
	10	0.17	0.82	0.76	0.27
	11	0.18	0.89	0.66	0.28
	12	0.2	0.69	0.67	0.27
	13	0.21	0.91	0.70	0.34
	14	0.2	0.93	0.89	0.36
	15	0.19	0.96	0.94	0.36

Tabla N° 40: Tabla con datos para ensayos a Tracción paralelo a la fibra.

ENSAYOS A TRACCION PARALELA A LA FIBRA																														
UBICACION	SIN NUDO																													
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15															
MUESTRA	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15															
ÁREA (cm ²)	0.25	0.25	0.24	0.27	0.30	0.32	0.27	0.21	0.25	0.30	0.37	0.32	0.34	0.35	0.24															
DEFORMACION ULTIMA (mm)	0.27	0.44	0.30	0.48	0.48	0.28	0.44	0.41	0.69	0.31	0.49	0.63	0.44	0.38	0.36															
CARGA MÁXIMA (Kg)	365.00	479.00	321.00	536.00	482.00	285.00	420.00	390.00	510.00	385.00	435.00	460.00	480.00	440.00	330.00															
CARGA MÁXIMA (Tn)	0.37	0.48	0.32	0.54	0.48	0.29	0.42	0.39	0.51	0.39	0.44	0.46	0.48	0.44	0.33															
CARGA MÁXIMA (N)	3,577.00	4,694.20	3,145.80	5,252.80	4,723.60	2,793.00	4,116.00	3,822.00	4,998.00	3,773.00	4,263.00	4,508.00	4,704.00	4,312.00	3,234.00															
ESFUERZO (MPa)	142.62	184.74	131.08	194.55	157.14	88.02	150.22	184.55	201.21	124.77	115.34	142.16	137.06	123.91	133.09															
ESFUERZO PROMEDIO (MPa)	147.36																													
ESFUERZO PROMEDIO (Kg/cm ²)	1,502.64																													
MODULO DE YOUNG (MPa)	10,011.46																													
MODULO DE YOUNG (Kg/cm ²)	13,447.37	10,791.26	10,451.16	11,058.53	10,381.54	9,939.50	9,462.07	9,299.27	7,275.11	12,015.92	8,717.79	7,121.64	10,666.67	11,437.67	9,084.27	11,497.87	10,704.24	10,815.69	7,475.73	10,241.80	10,901.38	11,532.45	7,230.02	10,146.46	10,169.35	9,750.00	10,813.79	9,543.07	9,124.77	9,247.29
MODULO DE YOUNG PROMEDIO (MPa)	30.81																													
DESVIACION ESTANDAR (%)	107.15																													
PERCENTIL 5	96.10																													
VALOR CARACTERISTICO F _t	16.02																													
ESFUERZO ADMISIBLE FT Prom.	15.84																													
ESFUERZO ADMISIBLE PROMEDIO FT Prom.	15.93																													

Tabla N° 41: Esfuerzo Admisible - Tracción Paralela a la Fibra.

		SIN NUDO																													
		P1		P2		P3		P4		P5		P6		P7		P8		P9		P10		P11		P12		P13		P14		P15	
	DEFORM. (mm x 10 ⁻²)	CARGA (Tn)	DEFORM. (mm x 10 ⁻²)	CARGA (Tn)	DEFORM. (mm x 10 ⁻²)	CARGA (Tn)	DEFORM. (mm x 10 ⁻²)	CARGA (Tn)	DEFORM. (mm x 10 ⁻²)	CARGA (Tn)	DEFORM. (mm x 10 ⁻²)	CARGA (Tn)	DEFORM. (mm x 10 ⁻²)	CARGA (Tn)	DEFORM. (mm x 10 ⁻²)	CARGA (Tn)	DEFORM. (mm x 10 ⁻²)	CARGA (Tn)	DEFORM. (mm x 10 ⁻²)	CARGA (Tn)	DEFORM. (mm x 10 ⁻²)	CARGA (Tn)	DEFORM. (mm x 10 ⁻²)	CARGA (Tn)	DEFORM. (mm x 10 ⁻²)	CARGA (Tn)	DEFORM. (mm x 10 ⁻²)	CARGA (Tn)	DEFORM. (mm x 10 ⁻²)	CARGA (Tn)	
0	25	0	25	1	25	3	25	5	25	0	25	4	25	7	25	12	25	5	25	4	25	9	25	6	25	6	25	2	25	2	25
0	50	2	50	7	50	6	50	12	50	0	50	5	50	9	50	15	50	8	50	6	50	13	50	8	50	4	50	3	50		
1	75	6	75	18	75	11	75	19	75	12	75	13	75	11	75	24	75	13	75	14	75	21	75	14	75	8	75	14	75		
5	100	11	100	33	100	14	100	26	100	33	100	20	100	23	100	26	100	21	100	25	100	24	100	16	100	13	100	36	100		
11	125	17	125	54	125	21	125	35	125	67	125	24	125	28	125	35	125	27	125	29	125	32	125	24	125	19	125	69	125		
17	150	26	150	85	150	31	150	56	150	91	150	34	150	32	150	48	150	41	150	38	150	46	150	33	150	28	150	94	150		
25	175	41	175	121	175	44	175	85	175	134	175	41	175	44	175	78	175	56	175	54	175	75	175	47	175	43	175	136	175		
41	200	56	200	165	200	60	200	123	200	176	200	57	200	61	200	115	200	73	200	86	200	113	200	62	200	58	200	179	200		
65	225	87	225	192	225	92	225	145	225	201	225	84	225	82	225	167	225	103	225	134	225	164	225	95	225	89	225	203	225		
101	250	114	250	234	250	117	250	176	250	241	250	123	250	126	250	175	250	135	250	187	250	173	250	119	250	116	250	244	250		
155	275	164	275	278	275	168	275	201	275	281	275	168	275	172	275	215	275	178	275	205	275	212	275	171	275	166	275	283	275		
189	300	201	300	301	300	206	300	234	300		285	331	300	229	300	245	300	215	300	248	300	243	300	208	300	203	300	342	300		
235	325	254	325		321	257	325	267	325			289	325	292	325	298	325	255	325	305	325	293	325	260	325	256	325	396	325		
266	350	295	350			299	350	301	350			350	350	354	350	367	350	287	350	348	350	365	350	301	350	297	350	330	350		
	356	331	375			336	375	346	375			413	375	411	375	399	375	314	375	399	375	396	375	339	375	333	375				
		354	400			357	400	398	400			435	400		390	455	400		385	467	400	453	400	359	400	356	400				
		375	425			379	425	415	425				420			597	425			489	425	594	425	382	425	377	425				
		401	450			406	450	445	450							635	450			435	633	450	408	450	440	450					
		435	475			438	475	455	475							665	475					460	441	475							
			479			456	500		482							687	500							480							
						475	525										510														
							536																								

Tabla Nº 42- Graf. Esfuerzo vs. Deformación - S/N - Tracción Paralela a la Fibra

CON NUDO																																
P1		P2		P3		P4		P5		P6		P7		P8		P9		P10		P11		P12		P13		P14		P15				
DEFORM. (mm x 10 ⁻²)	CARGA (Tn)	DEFORM. (mm x 10 ⁻²)	CARGA (Tn)	DEFORM. (mm x 10 ⁻²)	CARGA (Tn)	DEFORM. (mm x 10 ⁻²)	CARGA (Tn)	DEFORM. (mm x 10 ⁻²)	CARGA (Tn)	DEFORM. (mm x 10 ⁻²)	CARGA (Tn)	DEFORM. (mm x 10 ⁻²)	CARGA (Tn)	DEFORM. (mm x 10 ⁻²)	CARGA (Tn)	DEFORM. (mm x 10 ⁻²)	CARGA (Tn)	DEFORM. (mm x 10 ⁻²)	CARGA (Tn)	DEFORM. (mm x 10 ⁻²)	CARGA (Tn)	DEFORM. (mm x 10 ⁻²)	CARGA (Tn)	DEFORM. (mm x 10 ⁻²)	CARGA (Tn)	DEFORM. (mm x 10 ⁻²)	CARGA (Tn)	DEFORM. (mm x 10 ⁻²)	CARGA (Tn)			
0	25	5	25	3	25	9	25	2	25	0	25	4	25	5	25	7	25	9	25	6	25	0	25	2	25	2	25	5	25	10	25	
0	50	9	50	8	50	12	50	3	50	2	50	6	50	8	50	10	50	11	50	10	50	2	50	5	50	8	50	12	50	12	50	
4	75	17	75	12	75	21	75	14	75	6	75	10	75	16	75	19	75	22	75	17	75	7	75	7	75	10	75	13	75	13	75	
9	100	26	100	18	100	23	100	16	100	11	100	15	100	23	100	27	100	29	100	20	100	11	100	13	100	16	100	21	100	21	100	
15	125	32	125	28	125	32	125	21	125	17	125	21	125	31	125	32	125	33	125	30	125	19	125	17	125	20	125	24	125	24	125	
24	150	45	150	49	150	45	150	34	150	26	150	30	150	38	150	46	150	49	150	41	150	26	150	26	150	29	150	32	150	32	150	
39	175	75	175	79	175	75	175	57	175	41	175	45	175	48	175	75	175	77	175	72	175	45	175	38	175	41	175	46	175	46	175	
54	200	112	200	116	200	112	200	84	200	56	200	60	200	78	200	113	200	114	200	110	200	56	200	57	200	60	200	64	200	64	200	
85	225	164	225	168	225	164	225	103	225	87	225	91	225	115	225	164	225	168	225	161	225	83	225	83	225	93	225	96	225	99	225	
112	250	187	250	191	250	172	250	124	250	114	250	118	250	155	250	178	250	185	250	169	250	115	250	145	250	148	250	153	250	153	250	
162	275	212	275	216	275	212	275	155	275	164	275	168	275	175	275	215	275	216	275	210	275	168	275	203	275	206	275	210	275	210	275	
199	300	254	300	258	300	242	300	181	300	201	300	205	300	215	300	255	300	258	300	238	300	200	300	245	300	248	300	251	300	251	300	
252	325	295	325	293	325	295	325	224	325	254	325	258	325	245	325	287	325	289	325	292	325	246	325	265	325	268	325	273	325	273	325	
293	350	331	350	329	350	364	350	295	350	331	350	335	350	350	350	314	350	315	350	362	350	286	350	299	350	302	350	306	350	306	350	
329	375	354	375	357	375	396	375	331	375	354	375	357	375	365	375	365	375	368	375	392	375	338	375	335	375	338	375	341	375	341	375	
	386	375	400		394	452	400		354	400	358	400	396	400	396	400	396	400	398	400		390	361	400	374	400	377	400	382	400		
		401	425			594	425		375	425	379	425	453	425		410	413					378	425	454	425	457	425	461	425	461	425	
			438			632	450		401	450		446	450									406	450	483	450	486	450		435		435	
						662	475		436	475		475	475		633	467						443	475	513	475	516	475		475		475	
						684	500			485												480	534	500	537	500		500		500		500
						698	525																		520		508					
						721	550																									

Tabla N° 43. Graf. Esfuerzo vs. Deformación - C/N - Tracción Paralela a la Fibra

TRACCIÓN PERPENDICULAR A LA FIBRA

ENSAYO A TRACCIÓN \perp A LA FIBRA							
Nº ESP.	LONGITUD 1 (cm)	LONGITUD 2 (cm)	LONG. PROMEDIO (cm)	ANCHO 1 (cm)	ANCHO 2 (cm)	ANCHO PROMEDIO (cm)	
SIN NUDO	1	15.11	15.03	15.07	1.40	1.61	1.51
	2	15.08	14.99	15.04	1.45	1.46	1.46
	3	15.00	14.96	14.98	1.46	1.53	1.50
	4	14.98	14.93	14.96	1.52	1.47	1.50
	5	15.13	14.84	14.99	1.48	1.45	1.47
	6	15.13	14.81	14.97	1.43	1.42	1.43
	7	15.01	14.96	14.99	1.58	1.56	1.57
	8	14.94	14.87	14.91	1.53	1.58	1.56
	9	15.02	15.08	15.05	1.56	1.48	1.52
	10	14.81	15.04	14.93	1.40	1.56	1.48
	11	15.18	14.94	15.06	1.49	1.43	1.46
	12	14.91	14.94	14.93	1.43	1.40	1.42
	13	15.11	14.93	15.02	1.48	1.50	1.49
	14	14.91	15.10	15.01	1.52	1.56	1.54
	15	15.04	15.12	15.08	1.49	1.51	1.50
CON NUDO	1	15.15	14.89	15.02	1.52	1.53	1.53
	2	15.11	14.96	15.04	1.47	1.48	1.48
	3	15.10	14.98	15.04	1.45	1.47	1.46
	4	15.00	14.87	14.94	1.47	1.46	1.47
	5	15.18	15.06	15.12	1.43	1.49	1.46
	6	14.83	15.03	14.93	1.49	1.53	1.51
	7	14.87	14.95	14.91	1.45	1.56	1.51
	8	15.06	14.90	14.98	1.40	1.57	1.49
	9	14.81	15.08	14.95	1.53	1.46	1.50
	10	14.83	14.97	14.90	1.56	1.43	1.50
	11	14.83	15.04	14.94	1.47	1.44	1.46
	12	14.84	14.87	14.86	1.56	1.48	1.52
	13	15.00	15.04	15.02	1.58	1.46	1.52
	14	15.00	15.10	15.05	1.58	1.56	1.57
	15	14.82	14.87	14.85	1.55	1.57	1.56

Tabla N° 44: Tabla con datos para ensayos a Tracción perpendicular a la fibra

		ENSAYOS A TRACCIÓN 1 A LA FIBRA														
UBICACIÓN		SIN NUDO														
MUESTRA		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15
ÁREA DE CORTE (cm ²)		22.68	21.88	22.40	22.36	21.95	21.33	23.53	23.18	22.88	22.09	21.99	21.12	22.38	23.11	22.62
DEFORMACIÓN ULTIMA (mm)		5.90	3.24	5.89	3.41	4.78	4.50	3.85	2.60	3.58	5.30	5.12	5.16	5.24	1.88	5.07
CARGA MÁXIMA (KG)		148.00	76.00	148.00	188.00	130.00	53.00	95.00	77.00	103.00	157.00	214.00	248.00	265.00	77.00	179.00
CARGA MÁXIMA (Tn)		0.15	0.08	0.15	0.19	0.13	0.05	0.10	0.08	0.10	0.16	0.21	0.25	0.27	0.08	0.18
CARGA MÁXIMA (N)		1450.40	744.80	1450.40	1842.40	1274.00	519.40	931.00	754.60	1009.40	1538.60	2097.20	2430.40	2597.00	754.60	1754.20
ESFUERZO (MPa)		0.64	0.34	0.65	0.82	0.58	0.24	0.40	0.33	0.44	0.70	0.95	1.15	1.16	0.33	0.78
ESFUERZO PROMEDIO (MPa)		0.63														
ESFUERZO PROMEDIO (Kg/cm ²)		6.46														
MODULO DE YOUNG (MPa)		245.83	229.88	246.25	540.29	266.53	115.42	241.82	290.23	281.96	290.30	409.61	471.01	495.61	401.38	346.00
MODULO DE YOUNG PROMEDIO (MPa)		293.67														
DESVIACIÓN ESTÁNDAR (%)		0.29														
PERCENTIL 5		0.30														
VALOR CARACTERÍSTICO FN		0.29														
ESFUERZO ADMISIBLE FT Prom.		0.05														
ESFUERZO ADMISIBLE PROMEDIO FT Prom.		0.09														
DESVIACIÓN ESTÁNDAR (%)		0.23														
PERCENTIL 5		0.79														
VALOR CARACTERÍSTICO FN		0.77														
ESFUERZO ADMISIBLE FT Prom.		0.13														
ESFUERZO ADMISIBLE PROMEDIO FT Prom.		0.09														
		CON NUDO														
MUESTRA		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15
ÁREA DE CORTE (cm ²)		22.91	22.18	21.96	21.88	22.08	22.54	22.44	22.25	22.34	22.28	21.73	22.58	22.83	23.63	23.16
DEFORMACIÓN ULTIMA (mm)		5.88	8.35	8.99	5.65	8.24	10.64	7.28	8.23	3.67	3.45	10.58	5.73	7.01	8.38	8.28
CARGA MÁXIMA (KG)		156.00	124.00	137.00	88.00	205.00	145.00	205.00	235.00	189.00	135.00	148.00	176.00	215.00	294.00	276.00
CARGA MÁXIMA (Tn)		0.16	0.12	0.14	0.09	0.21	0.15	0.21	0.24	0.19	0.14	0.15	0.18	0.22	0.29	0.28
CARGA MÁXIMA (N)		1528.80	1215.20	1342.60	862.40	2009.00	1421.00	2009.00	2303.00	1852.20	1323.00	1450.40	1724.80	2107.00	2881.20	2704.80
ESFUERZO (MPa)		0.67	0.55	0.61	0.39	0.91	0.63	0.90	1.04	0.83	0.59	0.67	0.76	0.92	1.22	1.17
ESFUERZO PROMEDIO (MPa)		0.79														
ESFUERZO PROMEDIO (Kg/cm ²)		8.06														
MODULO DE YOUNG (MPa)		260.00	145.53	149.34	152.64	243.81	133.55	275.96	279.83	504.69	383.48	137.09	301.01	300.57	343.82	326.67
MODULO DE YOUNG PROMEDIO (MPa)		293.67														

Tabla N° 45: Esfuerzo Admisible - Tracción Perpendicular a la Fibra.

CON NUDO																															
P1		P2		P3		P4		P5		P6		P7		P8		P9		P10		P11		P12		P13		P14		P15			
DEFORM. (mm. x 10 ⁻²)	CARGA (Kg)	DEFORM. (mm. x 10 ⁻²)	CARGA (Kg)	DEFORM. (mm. x 10 ⁻²)	CARGA (Kg)	DEFORM. (mm. x 10 ⁻²)	CARGA (Kg)	DEFORM. (mm. x 10 ⁻²)	CARGA (Kg)	DEFORM. (mm. x 10 ⁻²)	CARGA (Kg)	DEFORM. (mm. x 10 ⁻²)	CARGA (Kg)	DEFORM. (mm. x 10 ⁻²)	CARGA (Kg)	DEFORM. (mm. x 10 ⁻²)	CARGA (Kg)	DEFORM. (mm. x 10 ⁻²)	CARGA (Kg)	DEFORM. (mm. x 10 ⁻²)	CARGA (Kg)	DEFORM. (mm. x 10 ⁻²)	CARGA (Kg)	DEFORM. (mm. x 10 ⁻²)	CARGA (Kg)	DEFORM. (mm. x 10 ⁻²)	CARGA (Kg)	DEFORM. (mm. x 10 ⁻²)	CARGA (Kg)		
17	10	15	10	11	10	9	10	20	10	11	10	13	10	16	10	7	10	9	10	5	10	5	10	5	10	12	10	7	10	15	10
45	20	50	20	54	20	52	20	55	20	87	20	41	20	51	20	41	20	43	20	81	20	34	20	41	20	36	20	44	20		
89	30	88	30	110	30	108	30	93	30	184	30	85	30	89	30	94	30	96	30	178	30	71	30	78	30	73	30	81	30		
129	40	175	40	165	40	163	40	180	40	264	40	125	40	176	40	143	40	145	40	258	40	102	40	109	40	104	40	112	40		
168	50	347	50	236	50	234	50	385	50	346	50	164	50	390	50	208	50	210	50	340	50	135	50	158	50	158	50	157	50		
194	60	440	60	367	60	365	60	445	60	416	60	190	60	441	60	266	60	268	60	410	60	200	60	207	60	202	60	210	60		
228	70	512	70	467	70	465	70	517	70	596	70	224	70	513	70	289	70	291	70	590	70	242	70	249	70	244	70	252	70		
274	80	574	80	567	80	565	80	579	80	677	80	270	80	575	80	316	80	318	80	671	80	278	80	285	80	280	80	288	80		
323	90	664	90	638	90		88	669	90	755	90	319	90	665	90	327	90	329	90	749	90	309	90	316	90	311	90	319	90		
373	100	745	100	696	100			750	100	811	100	369	100	746	100	332	100	334	100	805	100	339	100	346	100	341	100	349	100		
413	110	809	110	778	110			814	110	866	110	409	110	810	110	337	110	339	110	860	110	376	110	383	110	378	110	386	110		
462	120	835	120	843	120			815	120	926	120	458	120	811	120	340	120	342	120	920	120	414	120	421	120	416	120	424	120		
504	130		124	899	130			816	130	996	130	500	130	812	130	343	130	345	130	990	130	444	130	451	130	446	130	454	130		
550	140				137			817	140	1064	140	546	140	813	140	350	140		135	1058	140	476	140	483	140	478	140	486	140		
588	150							818	150		145	584	150	814	150	355	150			148	514	150	521	150	516	150	524	150			
	156							819	160			629	160	815	160	359	160				544	160	551	160	546	160	554	160			
								820	170			659	170	816	170	363	170				573	170	580	170	575	170	583	170			
								822	180			689	180	818	180	367	180				176	613	180	608	180	616	180				
								823	190			728	190	819	190		189					644	190	639	190	647	190				
								824	200			205	820	200								675	200	670	200	678	200				
								205					821	210								701	210	696	210	704	210				
														822	220										215	730	220	738	220		
															823	230										763	230	771	230		
																235										783	240	791	240		
																										800	250	808	250		
																										805	260	813	260		
																										820	270	828	270		
																										824	280		276		
																										825	290				
																										838	294				

Tabla N° 47: Graf. Esfuerzo vs. Deformación - C/N - Tracción Perpendicular a la Fibra.

CORTE O CIZALLAMIENTO

ENSAYO A CORTE										
Nº ESP.	LONGITUD 1 (cm)	ANCHO 1 (cm)	ANCHO 2 (cm)	AREA 1 (cm ²)	LONGITUD 2 (cm)	ANCHO 1 (cm)	ANCHO 2 (cm)	AREA 2 (cm ²)	ÁREA TOTAL (cm ²)	
SIN NUDO	1	9.91	0.67	0.78	7.18	9.95	0.79	0.85	8.16	15.34
	2	9.89	0.78	0.73	7.47	9.72	0.66	0.67	6.46	13.93
	3	10.28	0.60	0.57	6.01	10.13	0.52	0.58	5.57	11.59
	4	10.07	0.58	0.57	5.79	10.11	0.62	0.65	6.42	12.21
	5	9.97	0.53	0.56	5.43	10.01	0.60	0.62	6.11	11.54
	6	9.95	0.54	0.67	6.02	9.82	0.72	0.59	6.43	12.45
	7	9.98	0.60	0.62	6.09	10.02	0.57	0.61	5.91	12.00
	8	9.94	0.63	0.62	6.21	9.95	0.63	0.66	6.42	12.63
	9	9.97	0.90	0.75	8.23	9.97	0.62	0.79	7.03	15.25
	10	9.98	0.67	0.69	6.79	10.02	0.71	0.74	7.26	14.05
	11	9.96	0.51	0.52	5.13	10.11	0.57	0.58	5.81	10.94
	12	10.00	0.54	0.65	5.95	10.18	0.62	0.58	6.11	12.06
	13	9.99	0.67	0.62	6.44	9.93	0.70	0.65	6.70	13.15
	14	9.94	0.65	0.75	6.96	9.95	0.62	0.61	6.12	13.08
	15	10.02	0.70	0.70	7.01	10.03	0.79	0.74	7.67	14.69
CON NUDO	1	10.10	0.74	0.90	8.28	10.50	0.80	0.69	7.82	16.10
	2	9.92	0.44	0.49	4.61	10.01	0.51	0.48	4.95	9.57
	3	9.86	0.61	0.58	5.87	9.82	0.51	0.53	5.11	10.97
	4	9.85	0.62	0.68	6.40	10.01	0.64	0.69	6.66	13.06
	5	9.89	0.51	0.55	5.24	9.99	0.59	0.62	6.04	11.29
	6	10.08	0.48	0.57	5.29	10.34	0.52	0.51	5.33	10.62
	7	9.91	0.58	0.81	6.89	9.96	0.49	0.71	5.98	12.86
	8	10.04	0.89	0.78	8.38	9.89	0.67	0.65	6.53	14.91
	9	10.08	0.68	0.50	5.95	10.29	0.56	0.53	5.61	11.56
	10	9.78	0.82	0.61	6.99	9.98	0.68	0.59	6.34	13.33
	11	10.09	0.50	0.51	5.10	10.02	0.57	0.52	5.46	10.56
	12	9.93	1.61	1.58	15.84	10.04	1.67	1.65	16.67	32.50
	13	10.16	0.69	0.69	7.01	10.80	0.57	0.58	6.21	13.22
	14	9.92	0.53	0.53	5.26	9.98	0.59	0.64	6.14	11.40
	15	9.98	0.57	0.61	5.89	10.16	0.61	0.57	5.99	11.88

Tabla N° 48: Tabla con datos para ensayos a Corte o Cizallamiento.

ENSAYOS A CORTE // A LA FIBRA

UBICACIÓN	SIN CUIDO															CON CUIDO														
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15
ÁREA (cm²)	15.34	13.93	11.59	12.21	11.54	12.45	12.00	12.63	15.25	14.05	12.06	13.15	13.08	13.08	14.69	16.10	9.57	10.97	13.06	11.29	10.62	12.86	14.91	11.56	13.33	10.36	32.50	13.22	11.40	11.88
DEFORMACIÓN ULTIMA (mm)	1.05	1.35	1.05	0.79	0.74	0.45	0.60	0.89	0.40	0.41	0.90	0.95	0.95	13.08	1.49	3.50	2.30	1.30	0.72	1.40	1.70	1.70	3.35	3.40	2.40	1.09	1.10	1.41	2.10	0.64
CARGA MÁXIMA (KG)	475	825	475	575	550	425	475	675	325	475	425	475	450	325	875	900	400	750	550	750	550	650	900	700	650	450	600	800	850	350
CARGA MÁXIMA (Tn)	0.48	0.83	0.48	0.58	0.55	0.43	0.48	0.68	0.33	0.48	0.43	0.48	0.45	0.33	0.88	0.90	0.40	0.75	0.55	0.75	0.55	0.65	0.90	0.70	0.65	0.45	0.60	0.80	0.85	0.35
CARGA MÁXIMA (N)	4,655.00	8,085.00	4,655.00	5,635.00	5,390.00	4,165.00	4,655.00	6,615.00	3,185.00	4,655.00	4,165.00	4,655.00	4,410.00	3,185.00	8,575.00	8,820.00	3,920.00	7,350.00	5,390.00	7,350.00	5,390.00	6,370.00	8,820.00	8,860.00	6,370.00	4,410.00	5,880.00	7,840.00	8,330.00	3,430.00
ESFUERZO (MPa)	3.03	5.80	4.02	4.62	4.67	3.34	3.88	5.24	2.09	3.31	3.45	3.54	3.37	2.44	5.84	5.48	4.10	6.70	4.13	6.51	5.08	4.95	5.92	5.94	4.78	4.18	1.81	5.93	7.31	2.89
ESFUERZO PROMEDIO (MPa)	3.91															5.05														
ESFUERZO PROMEDIO (Kg/cm²)	39.87															51.45														
MÓDULO DE YOUNG (MPa)	4433.33	5988.89	4433.33	7132.91	7283.78	9255.56	7758.33	7432.58	7962.50	11353.66	4627.78	4900.00	4642.11	4900.00	5755.03	2520.00	1704.35	5653.85	7486.11	5250.00	3170.59	3747.06	2632.84	2017.65	2654.17	4045.87	5345.45	5560.28	3966.67	5359.38
MÓDULO DE YOUNG (MPa)	5299.14																													
DEVIACIÓN ESTÁNDAR (%)	1.09															1.42														
PERCENTIL 5	2.33															2.56														
VALOR CARACTERÍSTICO FM	2.29															2.51														
ESFUERZO ADMISIBLE FT Prom	0.69															0.76														
ESFUERZO ADMISIBLE PROMEDIO FT Prom	0.73																													

Tabla N° 49: Esfuerzo Admisible - Corte Paralelo a Fibra

5.2 Anexos fotos



Imagen N° 1: Plantación de guadua en el Valle de Condebamba



Imagen N° 2: Rizomas



Imagen N° 3: Tallo o Culmo



Imagen N° 4: Hojas y flor

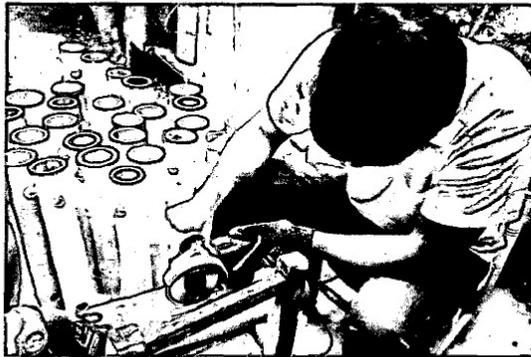


Imagen N° 5: Preparación de especímenes para los diferentes ensayos.



Imagen N° 6: Preparación de especímenes para ensayos a tracción paralela.



Imagen N° 7: Transporte de materiales y especímenes al laboratorio de estructuras de UNC.

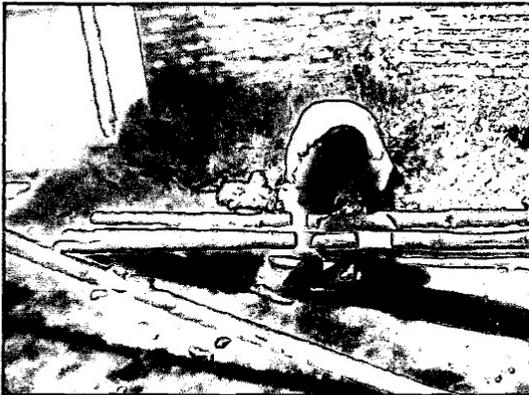


Imagen N° 8: Transporte de especímenes para ensayos a flexión.

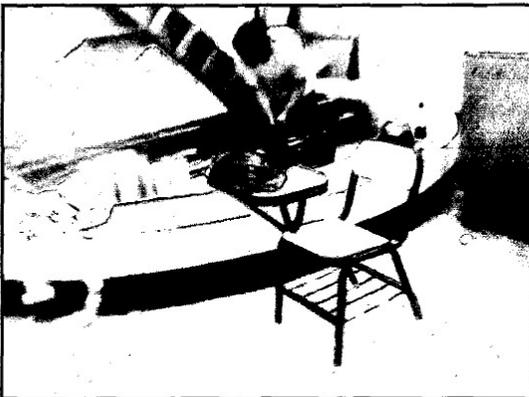


Imagen N° 9: Acomoda y conteo de especímenes transportados.



Imagen N° 10: Especímenes para ensayos de tracción paralelo y perpendicular a la fibra.



Imagen N° 11: Imagen que muestra la fibra en el diafragma de una caña de Bambú.

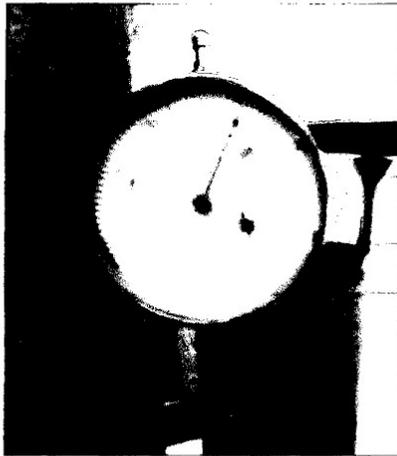


Imagen N° 12: Deformimetro usado para los diferentes ensayos realizados.

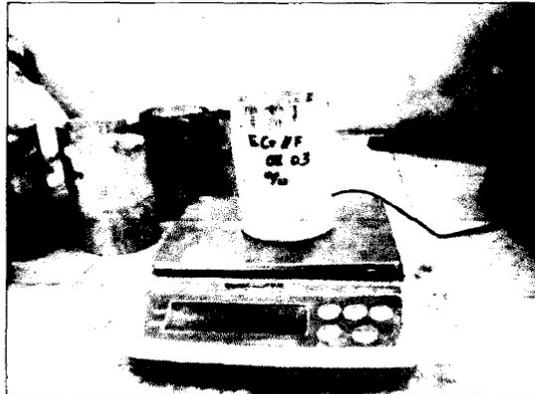


Imagen N° 13: Peso de especímenes para el cálculo de contenido de humedad y otros.



Imagen N° 14: Medida de especímenes para cálculo de volúmenes y áreas.



Imagen N° 15: Especímenes sumergidos en agua, para el cálculo de absorción.



Imagen N° 16: Separación de especímenes con nudo y sin nudo, luego de ser saturados en agua.



Imagen N° 17: Pesos de especímenes luego de ser sumergidos en agua, ensayos de absorción.



Imagen N° 18: Pesado de especímenes saturados.



Imagen N° 19: Medida de especímenes para ensayos de tracción perpendicular.



Imagen N° 20: Vernier usado para tomar medidas del diámetro, alturas y espesores.



Imagen N° 21: Realizando los ensayos a compresión paralela a la fibra.



Imagen N° 22: Ensayo a compresión.

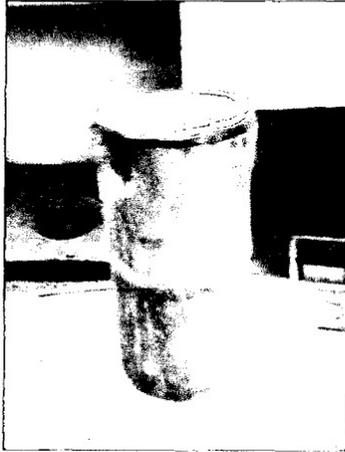


Imagen N° 23: Muestra de especímenes luego de ser sometido a carga en compresión.



Imagen N° 24: Muestra de la falla a compresión luego de ser ensayado.



Imagen N° 25: Adaptación de especímenes a la Máquina Universal para realizar ensayos a tracción //.

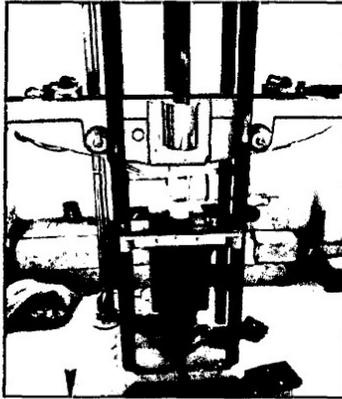


Imagen N° 26: Ensayo a tracción paralelo a la fibra.

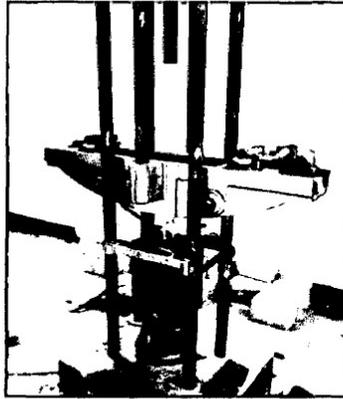


Imagen N° 27: Muestra de maquina universal ensayo de tracción paralela a la fibra.

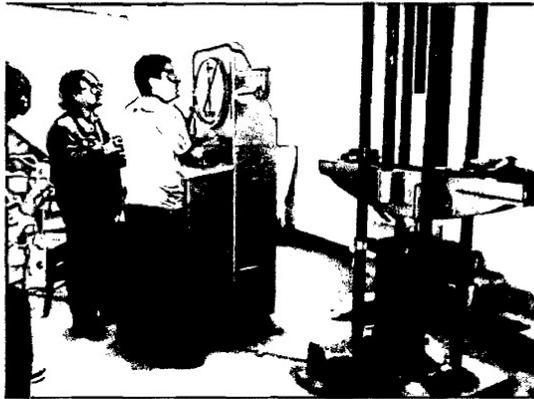


Imagen N° 28: Ensayo de especímenes a tracción paralela a la fibra, en compañía del asesor Ing. Héctor Pérez Loayza.



Imagen N° 29: Muestra de especímenes luego de ser ensayos a tracción //.

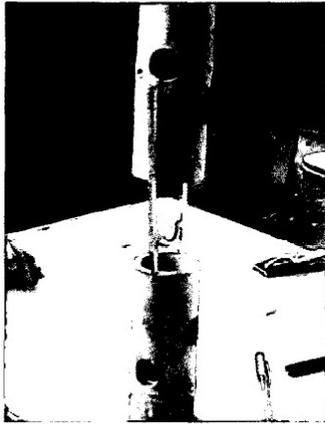


Imagen N° 30: Falla por corte en ensayo a tracción //, por lo que se realizó cambios.

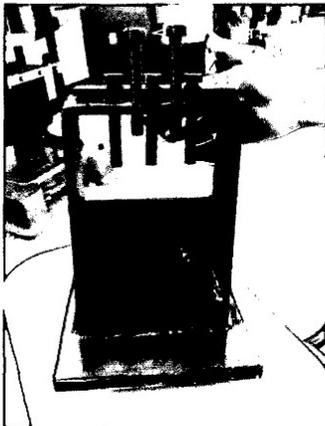


Imagen N° 31: Muestra de accesorio usado y adaptación de espécimen para ensayos a corte o cizallamiento.



Imagen N° 32: Acoplo de accesorio para realizar ensayo de corte.

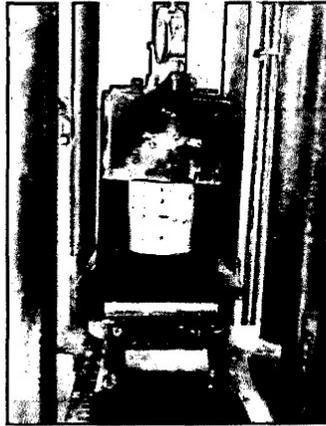


Imagen N° 33: Acoplo de espécimen a accesorio usado para ensayos a corte paralelo a fibra.

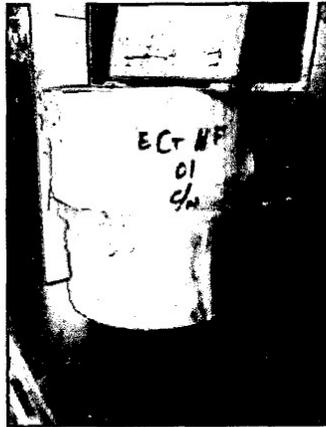


Imagen N° 34: Especimen para ensayo de corte o cizallamiento //.



Imagen N° 35: Ensayo y muestra de espécimen luego de ensayo a corte paralelo a la fibra.



Imagen N° 36: Muestra de la falla luego de ensayo por corte // a la fibra.



Imagen N° 37: Muestra de especímenes luego de ser ensayos a corte paralelo a la fibra.



Imagen N° 38: Tomando medidas para cálculo de alturas y espesores.

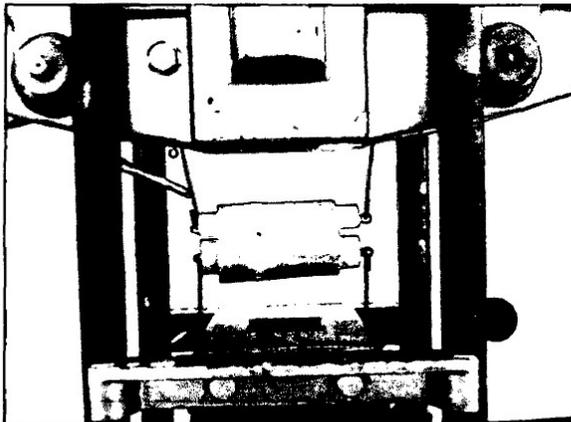


Imagen N° 39: Muestra de espécimen en ensayo de tracción perpendicular a la fibra.



Imagen N° 40: Ensayo de espécimen a tracción perpendicular a la fibra.

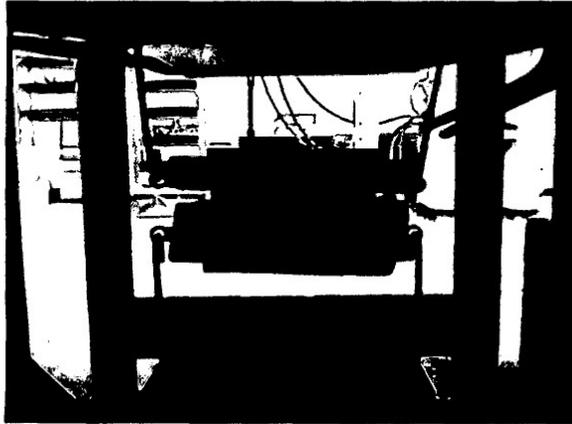


Imagen N° 41: Espécimen luego de ser sometido a carga en ensayo a tracción perpendicular a la fibra.



Imagen N° 42: Adaptación de especímenes para ensayos a flexión.

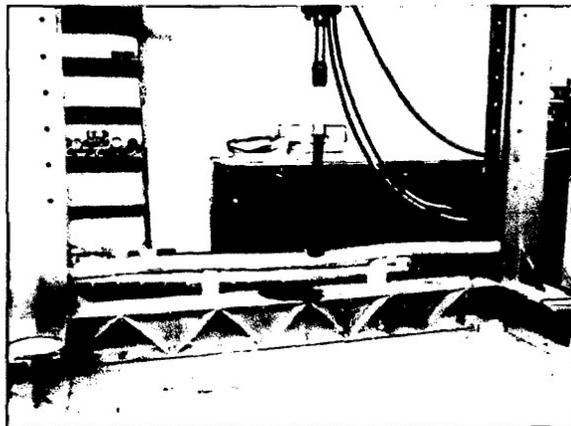


Imagen N° 43: Espécimen adaptado y siendo sometido a carga para ensayos a flexión.

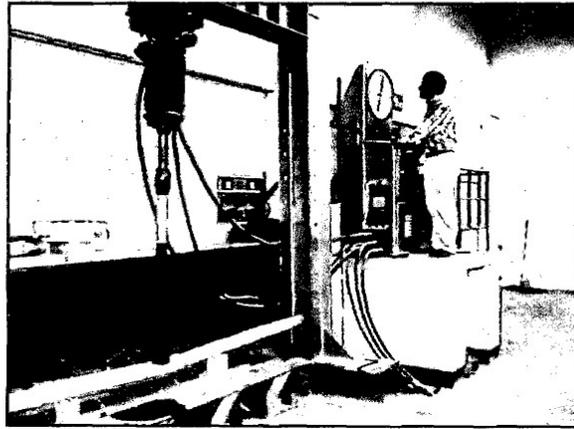


Imagen N° 44: Imagen que muestra manipulación de máquina para ensayos a flexión.

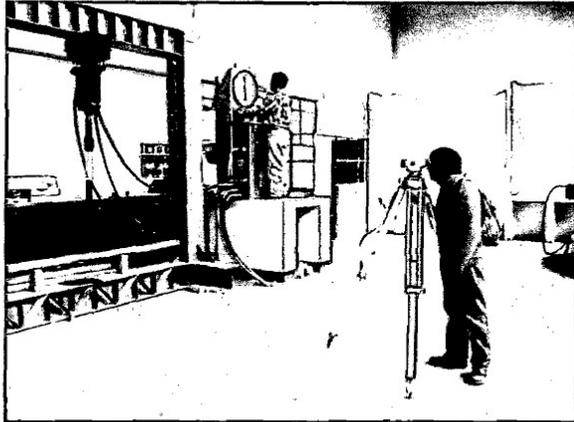


Imagen N° 45: Toma de datos (deformaciones) en ensayos de flexión.

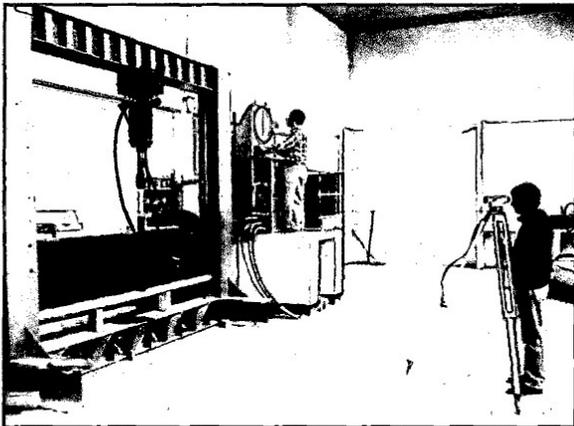


Imagen N° 46: Toma de datos (deformaciones) en ensayos de flexión.

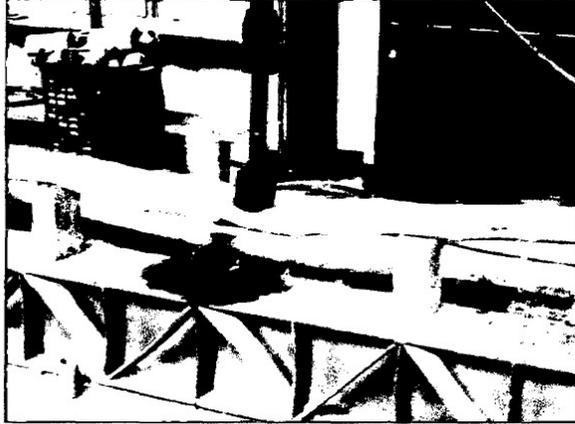


Imagen N° 47: Muestra de deformación de espécimen en ensayos a flexión.

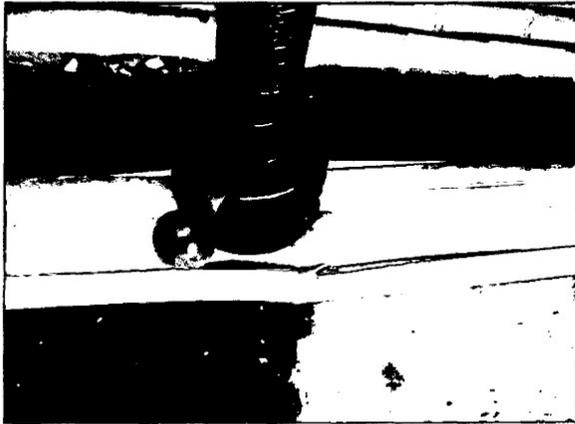


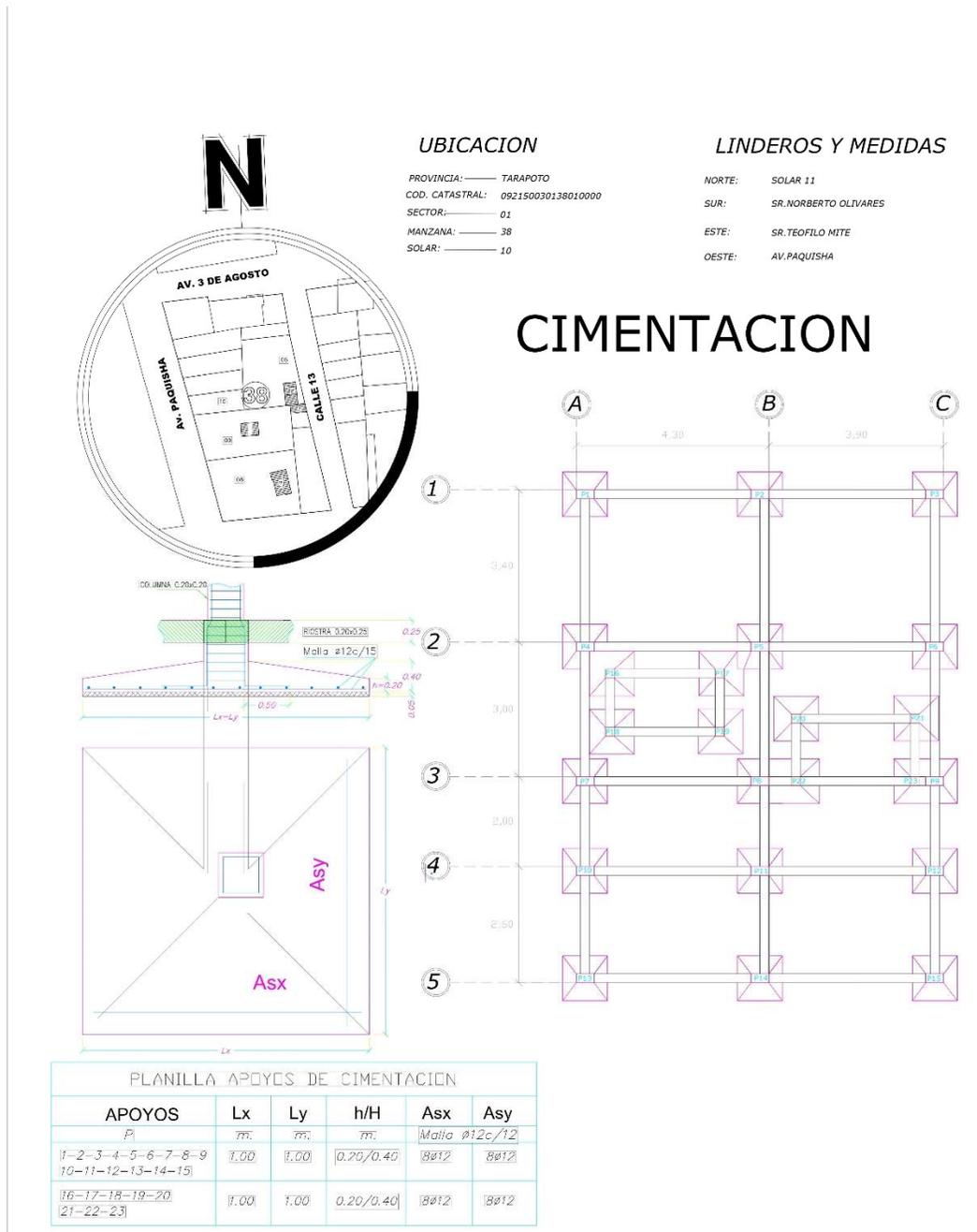
Imagen N° 48: Muestra del efecto de compresión y corte, que se dan en ensayos a flexión.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

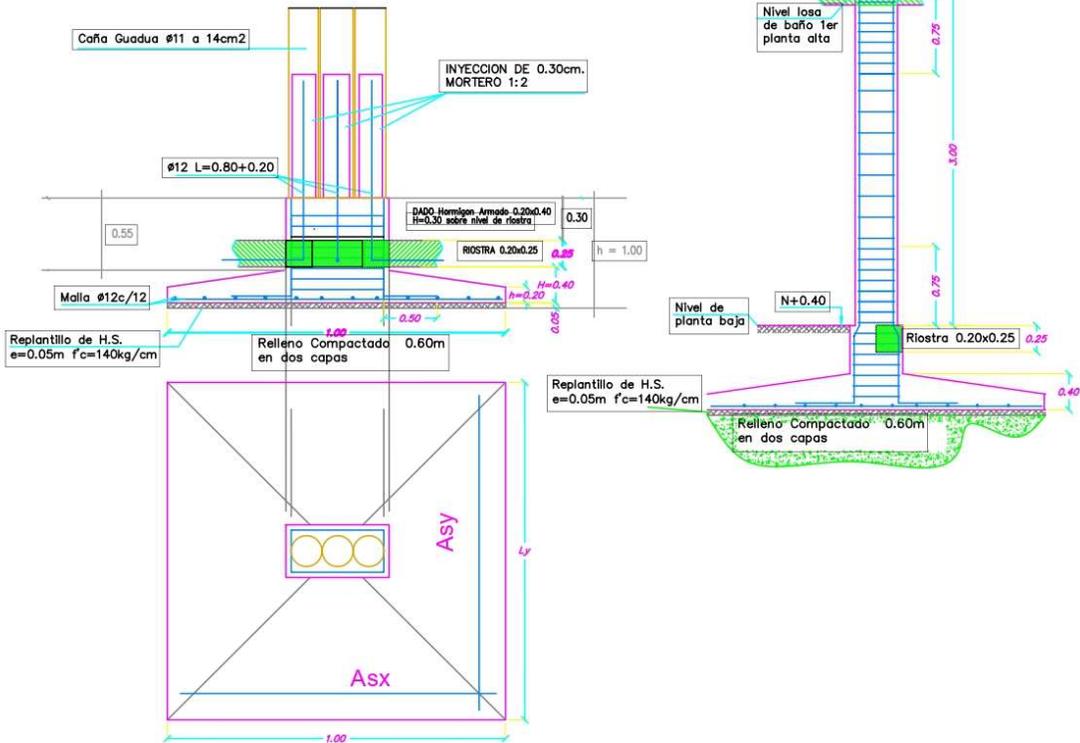
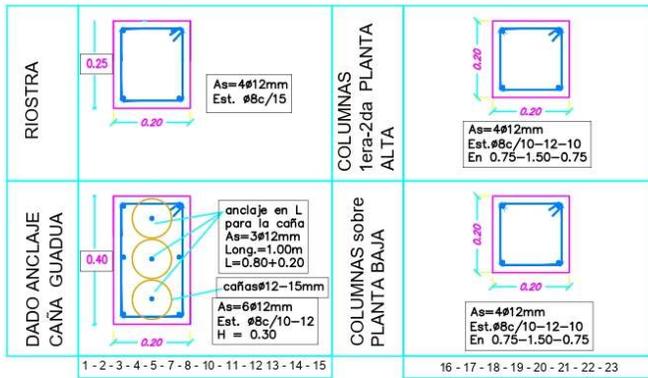
- [1] S. C. GUTIÉRREZ ALIAGA, «UNIONES ESTRUCTURALES CON BAMBÚ,» UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA, LIMA - PERÚ, 2010.
- [2] N. H. PANTOJA TRUJILLO y D. F. ACUÑA JIMÉNEZ, «RESISTENCIA AL CORTE PARALELO A LA FIBRA DE LA GUADUA ANGUSTIFOLIA,» UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, BOGOTA - COLOMBIA, 2005.
- [3] E. DE NAVAS GUTIERREZ, «APLICACIONES ESTRUCTURALES DE LA GUADUA,» UNIVERSIDAD POLITECNICA DE MADRID, MADRID - ESPAÑA, 2011.
- [4] A. D. OROSCO CALCIN, «EL BAMBU COMO MATERIAL ALTERNATIVO EN LA CONSTRUCCIÓN ARQUITECTÓNICA,» UNIVERSIDAD DE LOS ANDES, MÉRIDA - VENEZUELA, 2009.
- [5] H. SALEME y S. ARAOZ, «LA HERURÍSTICA DE LAS ESTRUCTURAS DE BAMBÚ: PRINCIPIO Y CRITERIOS DE DISEÑO,» UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUCUMAN, ARGENTINA.
- [6] J. A. C. Fischer y X. A. León Rodríguez, «Propiedades Físicas - Mecánicas de la Guadua Angustifolia y Aplicación al Diseño de Baterías Sanitarias del IASA II,» Escuela Politécnica del Ejército, Sangolqui, 2007.
- [7] D. Ascencios, «Inventario de Bambu en el Perú,» AB SUSTENTA SAC, Lima, Marzo 2004.
- [8] J. R. Mercedes, «Guía Técnica del Cultivo del Bambú,» Centro para el Desarrollo Agropecuario y Forestal, Inc. CEDAF, Santo Domingo - Republica Dominicana, 2006.
- [9] C. P. T. Tan, «Procedimientos de Ensayo para la Determinación de las Propiedades Físico Mecánicas de la Guadua,» Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, 2004.
- [10] A. D. O. Calcin, «EL BAMBU COMO MATERIAL ALTERNATIVO EN LA CONSTRUCCIÓN ARQUITECTÓNICA,» UNIVERSIDAD DE LOS ANDES, MERIDA, 2009.
- [11] ANONIMO, *Curado y Preservación de Caña Guadua*, 2013.
- [12] C. y. V. Ministerio de Transportes, «Norma Técnica Peruana E-020,» Gobierno Peruano, Lima, 2001.
- [13] V. y. D. T. Ministerio de Ambiente, Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, Bogota - Colombia: Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 1997.
- [14] C. y. V. Ministerio de Transportes, «Norma Técnica Peruana E-100,» Gobierno Peruano, Lima, 2002.

[15] J. Takahashi, «[www.http://perubambu.org.pe/](http://perubambu.org.pe/),» Perú Bambú, 2006. [En línea].
Available: <http://perubambu.org.pe/Inventario-Bambu-Peru.html>. [Último acceso: 01
Noviembre 2014].

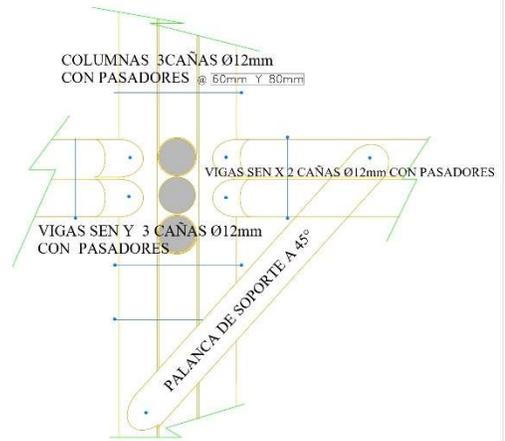
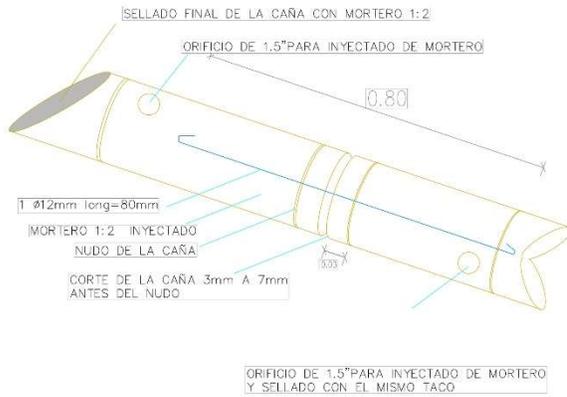
7. PLANOS



PLINTO Y DADO SOPORTE Y ANCLAJE PARA COLUMNAS DE CAÑA



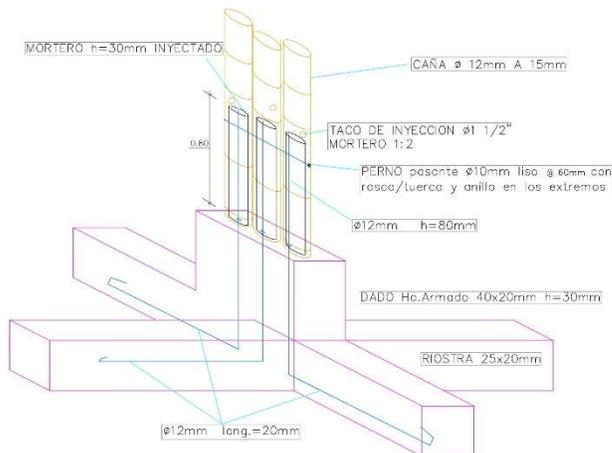
UNION DE LAS CAÑAS EN VIGAS Y COLUMNAS



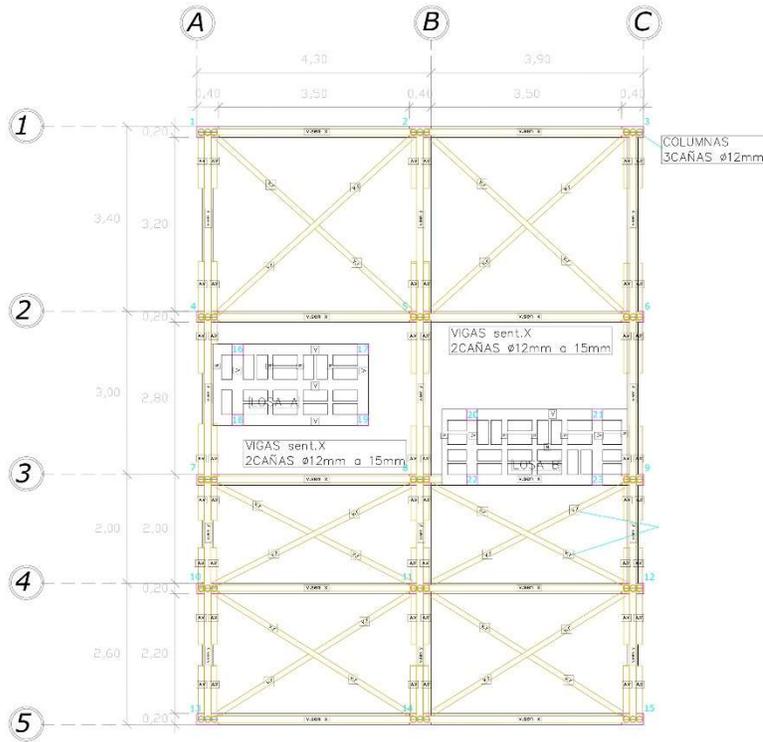
ESTRUCTURA CAÑA

<p>COLUMNAS</p> <p>3 cañas Ø12mm pasadores c/50</p> <p>1-2-3-4-5-7-8-10 11-12-13-14-15</p>	<p>VIGAS SEN y v.sen y</p> <p>3 cañas Ø12mm pasadores c/50</p>
<p>VIGAS SEN x v.sen x</p> <p>2 cañas Ø12mm pasadores c/50</p>	<p>VIGAS REFUERZO v.r</p> <p>2 cañas Ø12mm pasadores c/50</p>
<p>APOYOS DE VIGAS SEN Y A.V</p> <p>2 cañas Ø12mm A 45°</p>	

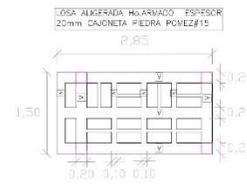
ANCLAJE ESTRUCTURA DE HORMIGON CON COLUMNAS DE CAÑA GUADUA COMO ELEMENTO ESTRUCTURAL



PLANTA ARMADO LOSA Y PISO 1ero Y 2do.NIVEL



LOSA A
1ero y 2do.NIVEL

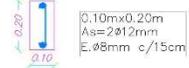


LOSA B
1ero y 2do.NIVEL

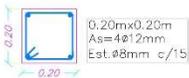


Losa Ho.Armado Baños

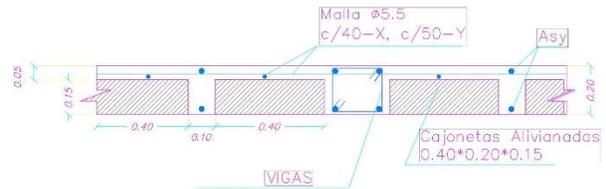
N Nervio de refuerzo

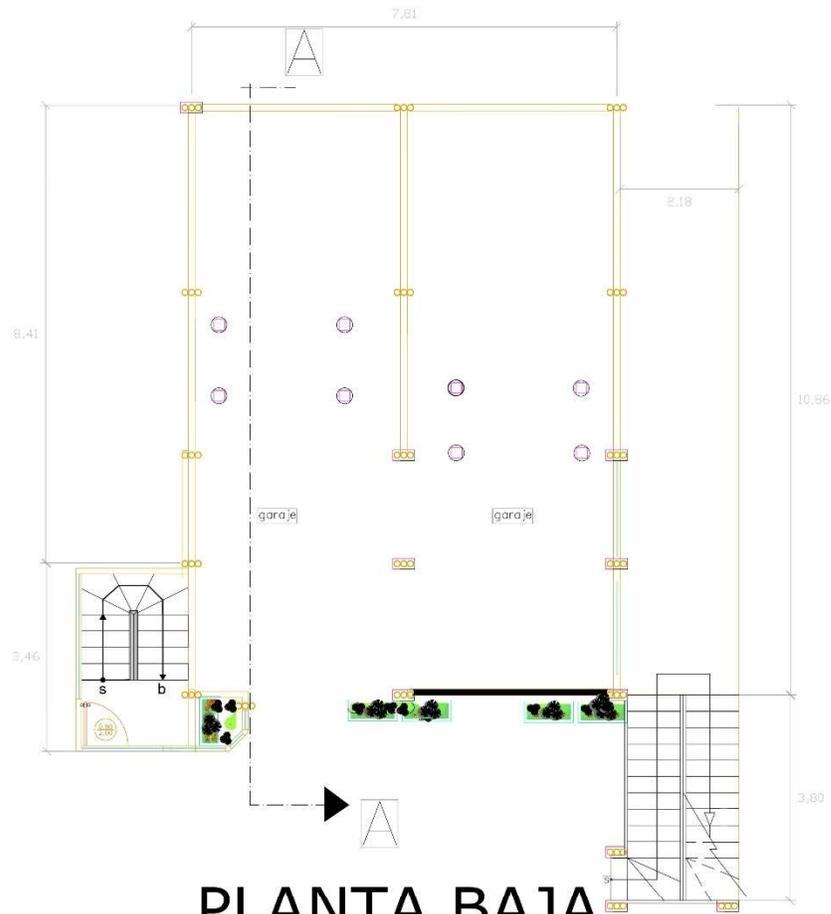


V VIGA

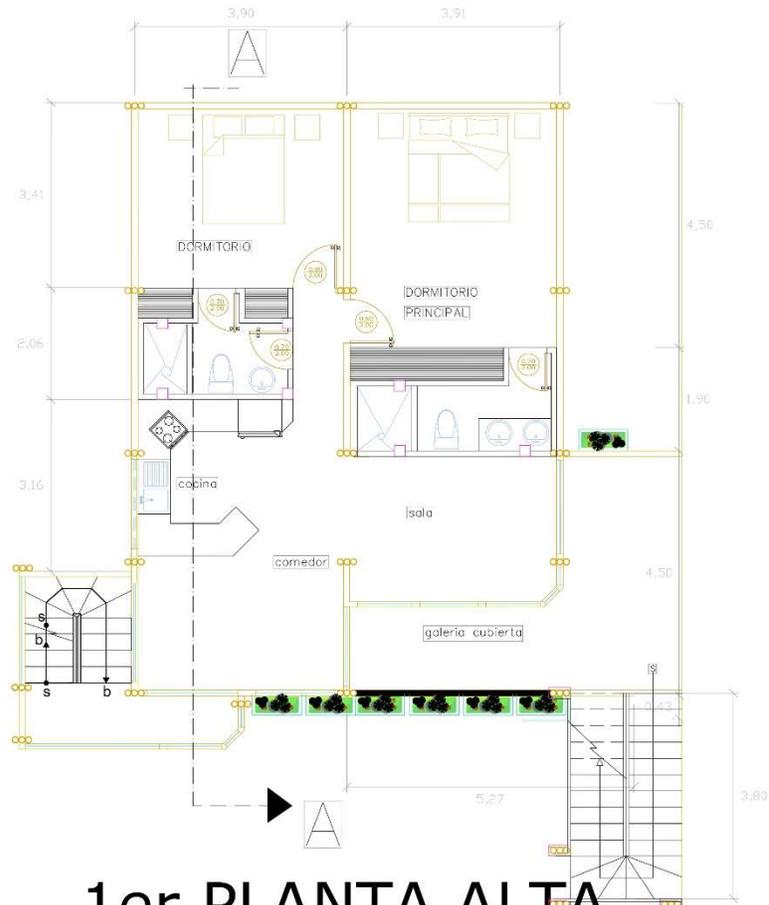


CORTES TIPO DE LOSA

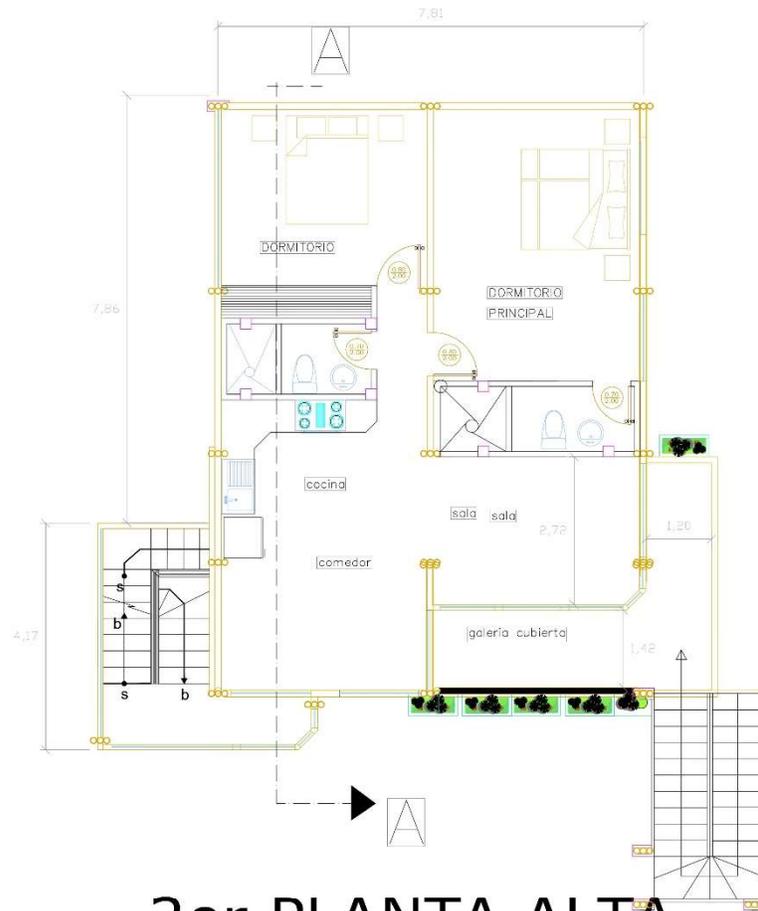




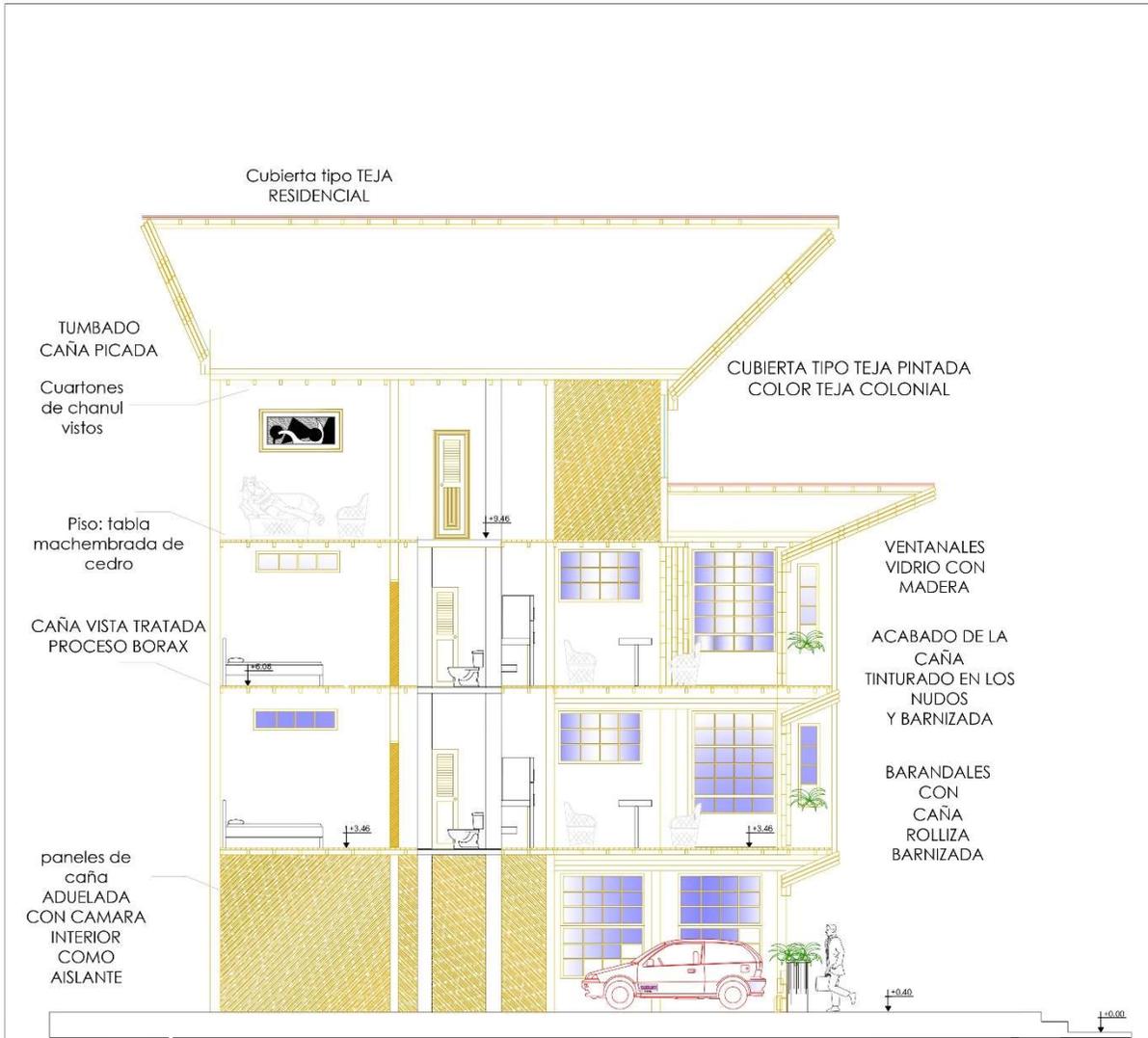
PLANTA BAJA



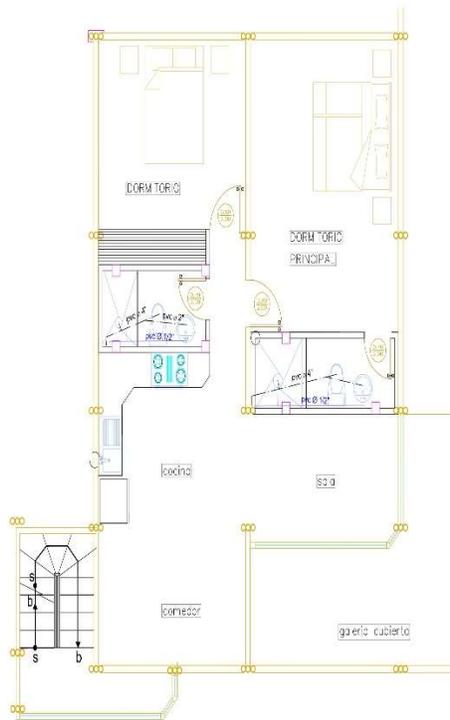
1er.PLANTA ALTA



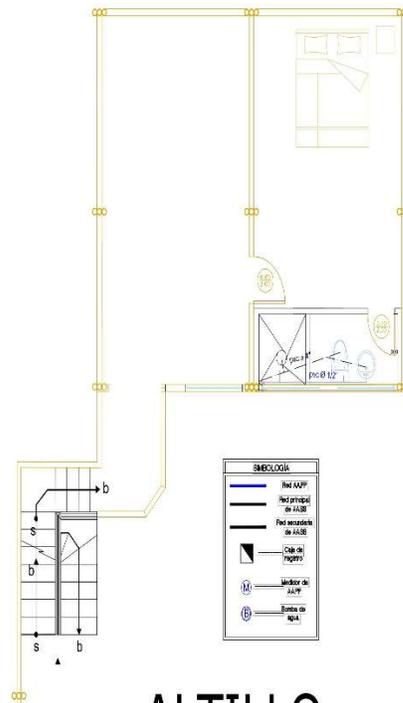
2er.PLANTA ALTA



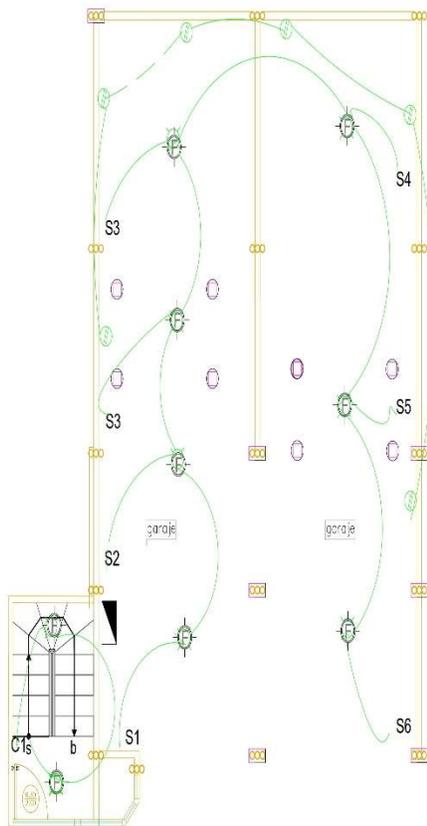
CORTE A - A



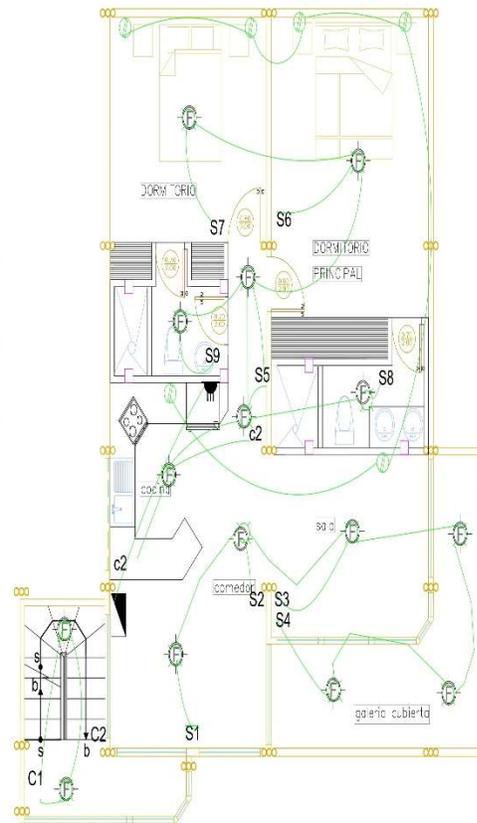
2er.PLANTA ALTA



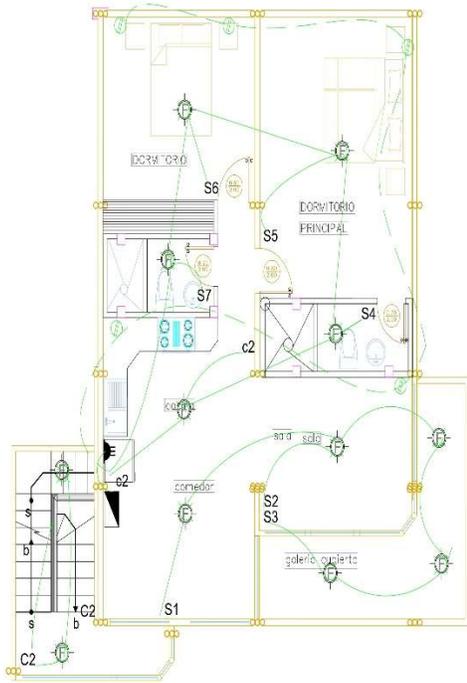
ALTILLO



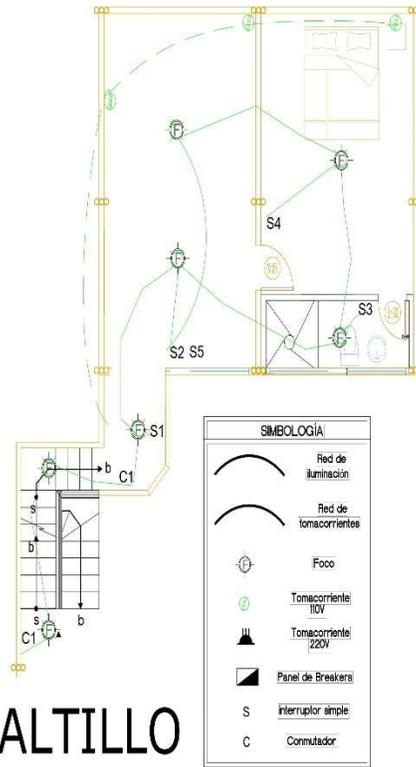
PLANTA BAJA



1er.PLANTA ALTA

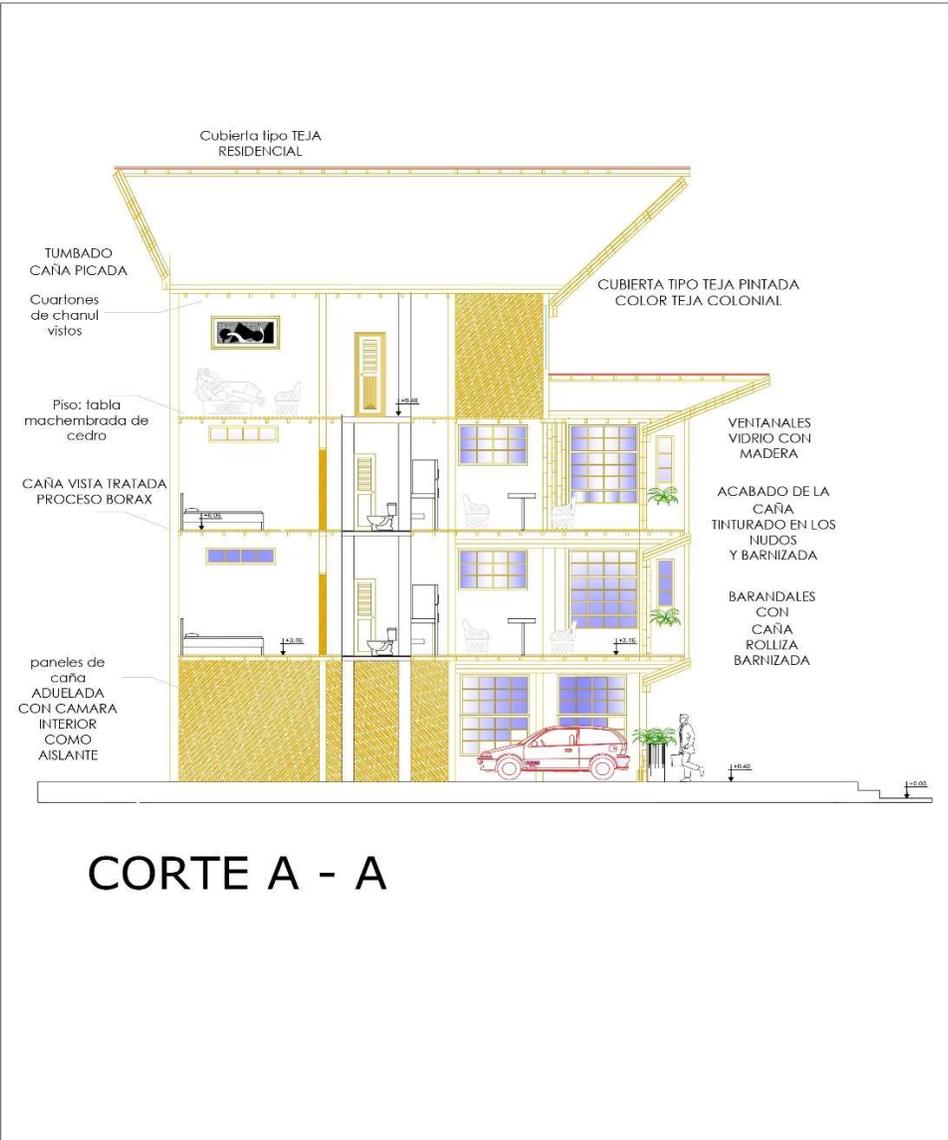


2er.PLANTA ALTA



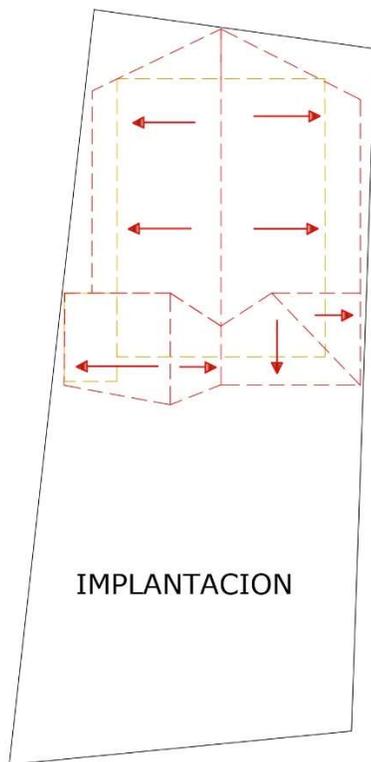
ALTILO

SIMBOLOGIA	
	Red de iluminación
	Red de tomacorrientes
	Foco
	Tomacorriente 110V
	Tomacorriente 220V
	Panel de Breakers
S	Interruptor simple
C	Commutador





FACHADA FRONTAL



IMPLANTACION