



UNIVERSIDAD CATÓLICA
de Colombia

EVALUACIÓN DEL ESFUERZO ÚLTIMO DE DOS UNIONES CON ACOPLÉS DE
DIFERENTES DIÁMETROS, ADHERIDOS CON UNA MEZCLA DE MORTERO,
PARA DETERMINAR SU POSIBLE APLICACIÓN A CONSTRUCCIONES EN
GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH

LEIDY KATHERINE CUBIDES ALFONSO.
HENRY YESID GAMBA GIL.

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
MODALIDAD AUXILIAR DE INVESTIGACIÓN
BOGOTÁ D.C
MAYO 2019

EVALUACIÓN DEL ESFUERZO ÚLTIMO DE DOS UNIONES CON ACOPLES DE
DIFERENTES DIÁMETROS, ADHERIDOS CON UNA MEZCLA DE MORTERO,
PARA DETERMINAR SU POSIBLE APLICACIÓN A CONSTRUCCIONES EN
GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH

LEIDY KATHERINE CUBIDES ALFONSO.
HENRY YESID GAMBA GIL.

Trabajo de grado para optar el título de
Ingeniero Civil.

Director:

MSC. OLGA LUCÍA VANEGAS ALFONSO
LÍDER DEL SEMILLERO SIGESCO

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
MODALIDAD AUXILIAR DE INVESTIGACIÓN
BOGOTÁ D.C
MAYO 2019



Atribución-SinDerivadas 2.5 Colombia (CC BY-ND 2.5)

La presente obra está bajo una licencia:
Atribución-SinDerivadas 2.5 Colombia (CC BY-ND 2.5)

Para leer el texto completo de la licencia, visita:

<http://creativecommons.org/licenses/by-nd/2.5/co/>

Usted es libre de:



Compartir - copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra

hacer un uso comercial de esta obra

Bajo las condiciones siguientes:



Atribución — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciante (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o que apoyan el uso que hace de su obra).



Sin Obras Derivadas — No se puede alterar, transformar o generar una obra derivada a partir de esta obra.

Nota de aceptación

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Bogotá

Día ____ Mes ____ Año ____.

ÍNDICE

GLOSARIO.....	11
CAPITULO I.....	12
1. RESUMEN.....	12
2. INTRODUCCIÓN.....	13
2.1 PROBLEMA.....	14
CAPITULO II.....	15
3. OBJETIVOS.....	15
3.1 OBJETIVO GENERAL.....	15
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
CAPITULO III.....	16
4. MARCOS DE REFERENCIA.....	16
4.1 MARCO HISTÓRICO Y ANTECEDENTES.....	16
4.2 MARCO GEOGRÁFICO.....	18
4.3 MARCO CONCEPTUAL.....	19
4.4 MARCO NORMATIVO.....	34
CAPITULO IV.....	35
5. METODOLOGÍA.....	35
5.1 CARACTERIZACIÓN DE LA GUADUA DE ESTUDIO.....	35
5.2 EVALUAR EL ESFUERZO ÚLTIMO DE DOS MODELOS DE UNIONES.....	39
5.3 REALIZACIÓN DE LAS UNIONES.....	40
5.4 ENSAYOS DE COMPRESIÓN Y CORTE PERPENDICULAR A LAS FIBRAS.....	47
CAPITULO V.....	72
6. RESULTADOS.....	72
6.1 RESULTADOS ENSAYO DE LABORATORIO MODELO 1.....	72
6.2 RESULTADOS ENSAYO DE LABORATORIO MODELO 2.....	84
6.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS MODELO 1; ENSAYO DE COMPRESIÓN.....	96
6.4 ANÁLISIS DE RESULTADOS MODELO 1; ENSAYO CORTE PERPENDICULAR A LAS FIBRAS.....	98
6.5 ANÁLISIS DE RESULTADOS MODELO 2; ENSAYO COMPRESIÓN A LAS FIBRAS.....	100
6.6 ANÁLISIS DE RESULTADOS MODELO 2; ENSAYO CORTE PERPENDICULAR A LAS FIBRAS.....	102
CAPITULO VI.....	105
7. CONCLUSIONES.....	105
CAPITULO VII.....	112
8. RECOMENDACIONES.....	112
CAPITULO VIII.....	113
9. BIBLIOGRAFÍA.....	113
10. ANEXOS.....	115

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Clasificación taxonómica de la Guadua.....	20
Tabla 2. Utilización de la guadua en el comercio.	24
Tabla 3 Condiciones de siembra de la guadua.	25
Tabla 4 Características del material a trabajar	35
4 Tabla 5 Resultados esfuerzo máximo, módulo de elasticidad E, coeficientes de regresión y densidad de probetas ensayadas	36
Tabla 6 Características del material a trabajar	38
Tabla 7 Resultados esfuerzo máximo y propiedades de las probetas ensayadas.	38
Tabla 8 Resultados promedios y percentil 5 de los valores encontrados.	39
Tabla 9 Información técnica mortero seco pisos	41
Tabla 10 metodología de elaboración probetas.	42
Tabla 11 Ensayo compresión paralela a la fibra; modelo 1, probeta 1 de 5cm.	48
Tabla 12 Ensayo compresión paralela a la fibra; modelo 1, probeta 2 de 5cm.	49
Tabla 13 Ensayo compresión paralela a la fibra; modelo 1, probeta 3 de 5cm.	50
Tabla 14 Ensayo compresión paralela a la fibra; modelo 1, probeta 10 de 10cm.	51
Tabla 15 Ensayo compresión paralela a la fibra; modelo 1, probeta 11 de 10cm.	52
Tabla 16 Ensayo compresión paralela a la fibra; modelo 1, probeta 12 de 10cm.	53
Tabla 17 Ensayo corte perpendicular a la fibra; modelo 1, probeta 4 de 5cm.....	54
Tabla 18 Ensayo corte perpendicular a la fibra; modelo 1, probeta 5 de 5cm.....	55
Tabla 19 Ensayo corte perpendicular a la fibra; modelo 1, probeta 6 de 5cm.....	56
Tabla 20 Ensayo corte perpendicular a la fibra; modelo 1, probeta 7 de 10cm.....	57
Tabla 21 Ensayo corte perpendicular a la fibra; modelo 1, probeta 8 de 10cm.....	58
Tabla 22 Ensayo corte perpendicular a la fibra; modelo 1, probeta 9 de 10cm.....	59
Tabla 23 Ensayo compresión a la fibra; modelo 2, probeta 13 de 5cm.....	60
Tabla 24 Ensayo compresión a la fibra; modelo 2, probeta 14 de 5cm.....	61
Tabla 25 Ensayo compresión a la fibra; modelo 2, probeta 15 de 5cm.....	62
Tabla 26 Ensayo compresión a la fibra; modelo 2, probeta 19 de 10cm.....	63
Tabla 27 Ensayo compresión a la fibra; modelo 2, probeta 20 de 10cm.....	64
Tabla 28 Ensayo compresión a la fibra; modelo 2, probeta 21 de 10cm.....	65
Tabla 29 Ensayo corte perpendicular a la fibra; modelo 2, probeta 16 de 5cm.....	66
Tabla 30 Ensayo corte perpendicular a la fibra; modelo 2, probeta 17 de 5cm.....	67
Tabla 31 Ensayo corte perpendicular a la fibra; modelo 2, probeta 18 de 5cm.....	68
Tabla 32 Ensayo corte perpendicular a la fibra; modelo 2, probeta 22 de 10cm...	69
Tabla 33 Ensayo corte perpendicular a la fibra; modelo 2, probeta 23 de 10cm...	70
Tabla 34 Ensayo corte perpendicular a la fibra; modelo 2, probeta 24 de 10cm....	71
Tabla 35 Resultados ensayo de compresión paralela a la fibra; modelo 1, probeta 1 de 5cm.....	72
Tabla 36 Resultados ensayo de compresión paralela a la fibra; modelo 1, probeta 2 de 5cm.....	73
Tabla 37 Resultados ensayo de compresión paralela a la fibra; modelo 1, probeta 3 de 5cm.....	74
Tabla 38 Resultados ensayo de corte perpendicular a la fibra; modelo 1, probeta 4 de 5cm.	75
Tabla 39 Resultados ensayo de corte perpendicular a la fibra; modelo 1, probeta 5 de 5cm.	76

Tabla 40 Resultados ensayo de corte perpendicular a la fibra; modelo 1, probeta 6 de 5cm.	77
Tabla 41 Resultados ensayo de corte perpendicular a la fibra; modelo 1, probeta 7 de 10cm.....	78
Tabla 42 Resultados ensayo de corte perpendicular a la fibra; modelo 1, probeta 8 de 10cm.....	79
Tabla 43 Resultados ensayo de corte perpendicular a la fibra; modelo 1, probeta 9 de 10cm.....	80
Tabla 44 Resultados ensayo de compresión paralela; modelo 1, probeta 10 de 10cm.	81
Tabla 45 Resultados ensayo de compresión paralela; modelo 1, probeta 11 de 10cm.	82
Tabla 46 Resultados ensayo de compresión paralela; modelo 1, probeta 12 de 10cm.	83
Tabla 47 Resultados ensayo de compresión paralela; modelo 2, probeta 13 de 5cm.	84
Tabla 48 Resultados ensayo de compresión paralela; modelo 2, probeta 14 de 5cm.	85
Tabla 49 Resultados ensayo de compresión paralela; modelo 2, probeta 15 de 5cm.	86
Tabla 50 Resultados ensayo corte perpendicular a la fibra; modelo 2, probeta 16 de 5cm.	87
Tabla 51 Resultados ensayo corte perpendicular a la fibra; modelo 2, probeta 17 de 5cm.	88
Tabla 52 Resultados ensayo corte perpendicular a la fibra; modelo 2, probeta 18 de 5cm.	89
Tabla 53 Resultados ensayo compresión paralela a la fibra; modelo 2, probeta 19 de 10cm.....	90
Tabla 54 Resultados ensayo compresión paralela a la fibra; modelo 2, probeta 20 de 10cm.....	91
Tabla 55 Resultados ensayo compresión paralela a la fibra; modelo 2, probeta 21 de 10cm.....	92
Tabla 56 Resultados ensayo corte perpendicular a la fibra; modelo 2, probeta 22 de 10cm.....	93
Tabla 57 Resultados ensayo corte perpendicular a la fibra; modelo 2, probeta 23 de 10cm.....	94
Tabla 58 Resultados ensayo corte perpendicular a la fibra; modelo 2, probeta 24 de 10cm.....	95
Tabla 59 Promedio ensayo compresión; resultados del modelo 1 con unión de 5cm.	96
Tabla 60 Promedio ensayo compresión; resultados del modelo 1 con unión de 10cm.	97
Tabla 61 Promedio ensayo corte perpendicular a la fibra; resultados modelo 1, con unión de 5cm.....	98
Tabla 62 Promedio ensayo corte perpendicular a la fibra; resultados modelo 1, con unión de 10cm.....	99

Tabla 63 Promedio ensayo compresión; resultados modelo 2, con unión de 5cm.	100
Tabla 64 Promedio ensayo compresión; resultados modelo 2, con unión de 10cm.	101
Tabla 65 Promedio ensayo corte perpendicular; resultados modelo 2, con unión de 5cm.	102
Tabla 66 Promedio ensayo corte perpendicular; resultados modelo 2, con unión de 10cm.	103

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación geográfica departamento de procedencia de la guadua Angustifolia Kunth. Fuente: Google Earth. & fotografía tomada del Palacio de la Guadua. Cubides K.; 2019.	18
Figura 2 Cultivo de Guadua Angustifolia. Fuente: Palacio de la Guadua. Cubides K.; 2019.	19
Figura 3 Vista de guadua rolliza abierta por sus fibras (imagen izquierda) y Vista de guadua rolliza en cultivo (imagen derecha). Fuente: Palacio de la Guadua. Cubides K.; 2019.	21
Figura 4 Rizoma de la guadua Angustifolia Kunth. Fuente: Palacio de la Guadua. Cubides K.; 2019.	21
Figura 5 Izquierda guadua de Angustifolia Kunth, derecha cultivo de bambúes de la china. Fuente: Palacio de la Guadua. Cubides K.; 2019.	22
Figura 6 Morfología del tallo de la guadua Angustifolia Kunth. . Fuente: Palacio de la Guadua. Cubides K.; 2019.	23
Figura 7 partes de la guadua. Fuente: Estudio de elementos solicitados a compresión armados por tres guaduas; 2002.	23
Figura 8 Guadua con problemas de incestos. Fuente: Palacio de la Guadua. Cubides K.; 2019.	26
Figura 9 principales direcciones de la Guadua. Fuente: (Trujillo & López, 2016) Artículo: análisis y diseño estructural de viviendas sismo resistentes, construidas con caña guadua,	26
Figura 10 Construcción en guadua del arquitecto Simón Vélez. Fuente: Palacio de la Guadua. Cubides K.; 2019.	28
Figura 11 Deflexión vs longitud. Fuente: Resistencia a la flexión de la guadua Angustifolia Kunth.	29
Figura 12 Falla de un elemento de bambú por compresión perpendicular a la fibra. Fuente: Tekeuchi, C.; 2004.	29
Figura 13 Falla por corte paralelo a la fibra. Fuente: Tekeuchi, C.; 2004.	30
Figura 14 Falla en elementos de bambú por corte paralelo a las fibras. Fuente: Tekeuchi, C (2004).	30
Figura 15 Unión Pernada. Fuente: Ingeniería y construcción Documento: Uniones de Estructuras para Guadua Angustifolia Kunth;s.f.	31
Figura 16 Unión Pernada Con Abrazadera O Zuncho Fuente: Ingeniería y construcción Documento: Uniones de Estructuras para Guadua Angustifolia Kunth.	31
Figura 17 Unión Pernada Con Pletinas Paralelas Fuente: Ingeniería y construcción Documento: Uniones de Estructuras para Guadua Angustifolia Kunth;	32
Figura 18 Unión Con Barra Embebida Axial Fuente: Ingeniería y construcción Documento: Uniones de Estructuras para Guadua Angustifolia Kunth;	32
Figura 19 Uniones Amarradas. Fuente: Estudio de las uniones en estructuras de caña unión de amarre cuadrado/ unión de amarre en aspa.	33
Figura 20 Modelo 1 de unión. Fuente: Universidad Católica de Colombia. Cubides K. & Gamba H.; 2019.	39

Figura 21 Modelo 2 de unión. Fuente: Universidad Católica de Colombia. Cubides K. & Gamba H.; 2019.	40
Figura 22 Registro fotográfico elaboración de probetas. Fuente: Universidad Católica de Colombia. Cubides K. & Gamba H.; 2019.	43
Figura 23 Registro fotográfico elaboración de probetas. Fuente: Universidad Católica de Colombia. Cubides K. & Gamba H.; 2019.	43
Figura 24. Perforación de la guadua. Fuente: Universidad Católica de Colombia. Cubides K. & Gamba H.; 2019.	44
Figura 25 Perforación de la guadua modelo 2. Fuente: Universidad Católica de Colombia. Cubides K. & Gamba H.; 2019.	44
Figura 26. Realización de la mezcla. Fuente: Universidad Católica de Colombia. Cubides K. & Gamba H.; 2019.	44
Figura 27 Llenado de probetas. Fuente: Universidad Católica de Colombia. Cubides K. & Gamba H.; 2019.	45
Figura 28 Llenado de probetas. Fuente: Universidad Católica de Colombia. Cubides K. & Gamba H.; 2019.	45
Figura 29 Llenado de probetas del modelo 2. Fuente: Universidad Católica de Colombia. Cubides K. & Gamba H.; 2019.	45
Figura 30 Realización modelo tipo 1. Fuente: Universidad Católica de Colombia. Cubides K. & Gamba H.; 2019.	46
Figura 31. Llenado modelo tipo 1. Fuente: Universidad Católica de Colombia. Cubides K. & Gamba H.; 2019.	46
Figura 32 Culminación de modelos tipo 1 y tipo 2. Fuente: Universidad Católica de Colombia. Cubides K. & Gamba H.; 2019.	47
Figura 33 Maquina MTS. Fuente: Universidad Católica de Colombia. Cubides K. & Gamba H.; 2019.	47

ÍNDICE DE GRAFICAS.

Grafica 1 Esfuerzo de compresión vs. Deformación unitaria.....	37
Grafica 2 carga vs extensión modelo 1 con unión a 5cm _ ensayo compresión ...	96
Grafica 3 carga vs extensión modelo 1 con unión a 10cm_ ensayo compresión ..	97
Grafica 4 carga vs extensión modelo 1 con unión a 5 cm_ ensayo corte.....	98
Grafica 5 carga vs extensión modelo 1 con unión a 10 cm_ ensayo corte.....	99
Grafica 6 carga vs extensión modelo 2 con unión a 5 cm_ ensayo compresión.	100
Grafica 7 carga vs extensión modelo 2 con unión a 10 cm_ ensayo compresión.	101
Grafica 8 carga vs extensión modelo 2 con unión a 5 cm_ ensayo corte paralelo.	102
Grafica 9 carga vs extensión modelo 2 con unión a 10 cm_ ensayo corte paralelo	103
Grafica 10 Tabulación resultados compresión modelo 1.....	106
Grafica 11 Tabulación resultados esfuerzo a compresión modelo 1.	106
Grafica 12 Tabulación resultados corte perpendicular al modelo 1	107
Grafica 13 Tabulación resultados esfuerzo corte perpendicular al modelo 1	107
Grafica 14 Tabulación resultados compresión modelo 2.....	108
Grafica 15 Tabulación resultados esfuerzos compresión modelo 2	108
Grafica 16 Tabulación resultados corte perpendicular al modelo 2.....	109
Grafica 17 Tabulación resultados esfuerzos corte perpendicular al modelo 2. ...	109
Grafica 18 Probeta vs esfuerzo ultimo- ensayo de compresión.	110
Grafica 19 Probeta vs esfuerzo ultimo- ensayo corte paralelo.	110

GLOSARIO.

ACOPLE: unir o encajar entre sí dos piezas o cuerpos de manera que ajusten perfectamente.

ADHERENCIA: unión física que resulta de haberse pegado una cosa con otra.

ANGUSTIFOLIA KUNTH: es una gramínea Bambusoideae, la cual es reconocida en Colombia y Centro América como Guadua, posee un rápido crecimiento y se reconoce como un pasto gigante. De forma tubular, gran esbeltez y bajo peso.

ANISOTROPICO: material que demuestra distintas propiedades mecánicas, según las fuerzas que actúan sobre él y dependiendo de la dirección en las que sean sometidas estas fuerzas.

EMBEBIDO: contener una cosa o material dentro de otro.

ENSAYO DE COMPRESIÓN: se realiza para determinar las propiedades de un material frente a una sollicitación axial negativa. Sollicitación que pretende comprimir la probeta de ensayo

ESFUERZO ÚLTIMO: (σ) Es el valor máximo del esfuerzo de ingeniería que se puede aplicar sobre el material. Cuando el esfuerzo aplicado se iguala a la Resistencia a la tensión, se inicia la estricción y luego la fractura del material.

GUADUA: planta gramínea de gran altura, similar al bambú pero de tallos con púas y más gruesos, que están llenos de agua.

INMUNIZAR: hacer resistente a un cuerpo de sus agentes contaminantes o maléficos.

MORTERO: mezcla de diversos materiales pétreos y agregados finos con cemento y agua hasta obtener una mezcla homogénea para pega y resistencia de pisos.

UNIÓN: unión o conexión de dos piezas o cuerpos que se ajustan perfectamente.

CAPITULO I

1. RESUMEN.

Esta investigación se enfocó en el estudio de dos modelos de uniones con guaduas de la especie *Angustifolia Kunth* de diferentes diámetros, buscando una posible solución a la articulación de los elementos estructurales de construcciones en guadua. El modelo uno consiste en una guadua de 20 cm de diámetro con nudo y un complemento, de 5cm y 10 cm de diámetro respectivamente, que quedan embebidas dentro de la guadua de 20 cm y se adhieren con una mezcla de mortero hasta el nudo de la guadua, quien se encarga de contener la varilla corrugada de ½". El modelo 2 se origina al articular un elemento a 90 grados, compuesto por una guadua de 20 cm de diámetro y un complemento de 5 y 10 cm de diámetro respectivamente. Para realizar la conexión entre guaduas, se perforó la guadua de mayor diámetro en el centro del lomo, con el fin de insertar la varilla de ½" adhiriéndolas a una mezcla de mortero. Para la investigación se construyeron 24 uniones, configurando 12 por cada modelo de unión, y 6 por cada diámetro de 10 y de 5cm de guadua; esto con el propósito de fallar 3 para compresión y 3 para corte perpendicular a la fibra por cada modelo de unión de 5cm y 10 cm con la máquina MTS, sometiendo las probetas a fallas destructivas.

En el proceso constructivo se evidenciaron fisuras superficiales de las probetas, debido al fraguado del mortero; esto afectó su comportamiento estructural, debilitando la capacidad de asumir carga y llevándolas más rápido a la falla. Además, los resultados obtenidos, se cotejaron con estudios realizados a las probetas sin ninguna modificación por el Semillero SiGesCo (Sistema de Gestión en Construcción) de la Universidad Católica de Colombia con articulación de la Universidad Nacional de Colombia, concluyendo que los resultados obtenidos en los dos modelos de unión son favorables con base en los resultados de las probetas solas.

PALABRAS CLAVE

Angustifolia Kunth, unión en guadua, ensayo a compresión, ensayo a corte paralelo a la fibra.

2. INTRODUCCIÓN.

La guadua *Angustifolia Kunth* es una especie leñosa que se destaca dentro de las 1000 que existen en el mundo por sus propiedades mecánicas comparables a las del acero; como dicen varios investigadores, es el acero vegetal. En cuanto a sus propiedades físicas, destacan su forma tubular, su gran esbeltez, su bajo peso, y un radio de giro muy favorable con respecto a las secciones de madera o acero. Además, según el estudio que realizaron al puente de Amsterdam (Países Bajos) en el año 2005, los investigadores Van der Lugt, Van den Dobbelsteen, & Janssen (Van Den Dobbelsteen a & J.J.A. Janssen B, 28 April 2005) concluyeron que construir con guadua puede ser económico, pero aún más importante, que mitiga el impacto ambiental que generan las construcciones tradicionales, y que por ser una fibra ecológica vegetal solo tarda entre cinco o seis años en alcanzar su estado adulto. Por ende, se pueden tener lotes de guadua en tiempos sustentables cuya calidad depende del tratamiento de corte, secado e inmunización que se le proporcione a la guadua, los cuales garantizan la vida útil y la resistencia. Esto se evidencia en cultivos de Indonesia (The Green School and Green Village, 2015), es posible tener lotes de guadua con calidad y tiempo sustentables para la aplicación de material constructivo. Allí estudian la guadua como material de construcción y construyen edificaciones a base de guadua.

A partir de estas cualidades se han realizado investigaciones alrededor del mundo con el fin de poner a prueba la guadua *Angustifolia Kunth* como material de construcción en edificaciones sísmo resistente, pero se observa que dichas investigaciones recomiendan finalmente ampliar el estudio de las uniones. Por ejemplo, en su investigación, Jules Janssen afirma: “si se resuelve adecuadamente el problema de las uniones con guadua se desarrollarían más construcciones con dicho material”, (Janssen, 2000) y abarcándolo a nuestro concepto constructivo, en la norma técnica colombiana (NSR-10) en el título (G.12.11.1) queda abierta la posibilidad de estudiar otras maneras de aprovechar la guadua.

Se han efectuado estudios de diferentes tipos de uniones, cabe resaltar que una de las conclusiones a las que llegaron en varios de los estudios, es que es imposible hacer una comparación de la resistencia entre diferentes estudios esto por la anisotropía del material, condiciones ambientales, % de humedad y temperatura que varían las propiedades mecánicas de la guadua. (Vélez, 2005).

Con base en lo anterior, este proyecto se centrará en la modificación de dos diseños actuales y los analizará por medio de la unión con guadua de diferentes diámetros, buscando una posible solución a la articulación de los elementos estructurales diseñando las uniones con diámetros mayores de guadua adheridos con una mezcla de mortero 1-3 y agregando una varilla corrugada para transmitir las fuerzas a través del nodo, esto con la finalidad que el culmo no pierda la resistencia debido a las perforaciones o el aplastamiento de la guadua por las abrazaderas. El objetivo es encontrar una posible solución a la articulación de los elementos estructurales para mejorar la pérdida de resistencia o el aplastamiento y ver la viabilidad de proponerla para el reglamento por medio del análisis numérico de los ensayos de laboratorio de compresión y corte perpendicular a las fibras, para establecer si los modelos estudiados pueden llegar a implementarse en la norma NSR-10. (Norma Técnica Colombiana SISMORESISTENCIA, 2010)

2.1 PROBLEMA

Aunque en la bibliografía y en la norma técnica colombiana hay uniones reglamentadas e estudiadas, también se recomienda investigar más acerca de cómo articular la guadua dado a la anisotropía del material, los cambios de temperatura, humedad que afectan las características mecánicas de la guadua. Con el objetivo de incentivar las construcciones con este material debido a sus propiedades mecánicas y ventajas tanto económicas como ambientales. En el estudio del arte se encuentran modelos implementados que provocan pérdida de la resistencia debido a las perforaciones o grandes deformaciones debido al aplastamiento provocado por las abrazaderas metálicas.

A partir de esto, este proyecto propone una modificación de dos diseños actuales y los analizará con articulación de diámetros mayores de guadua adheridos con una mezcla de mortero 1-3 y agregando una varilla corrugada para ayudar al mortero con la disipación de las fuerzas a flexión, esto se analizará numéricamente por medio de los datos obtenidos en los ensayos de laboratorio de compresión y corte perpendicular a las fibras, para llegar a responder:

¿Cómo es el comportamiento y el esfuerzo último de las uniones estudiadas con acoples de diferentes diámetros, con adherencia a partir de una mezcla de mortero, para determinar su posible aplicación a construcciones en guadua *Angustifolia Kunth*

CAPITULO II

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar el esfuerzo último de dos uniones con acoples de diferentes diámetros y aplicación de mortero, para determinar su posible aplicación a construcciones con guadua *Angustifolia Kunth*.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Identificar las propiedades mecánicas a corte perpendicular y compresión paralela a las fibras de la guadua *Angustifolia Kunth* implementada en el estudio.
2. Establecer el esfuerzo último de dos uniones con acoples de diferentes diámetros y aplicación de mortero, por medio de 12 ensayos a cada unión.
3. Analizar numéricamente y gráficamente que sección puede ser aplicada a construcciones con guadua *Angustifolia Kunth*.

CAPITULO III

4. MARCOS DE REFERENCIA.

4.1 MARCO HISTÓRICO Y ANTECEDENTES.

La guadua *Angustifolia Kunth* es una especie leñosa que se destaca dentro de las 1000 que existen en el mundo por sus propiedades mecánicas, se ha utilizado y estudiado desde 1918. Según Porterfield, cuando los chinos estudiaron la guadua y construyeron con este material empleando varetas cuadradas de bambú para la construcción de cuartos fríos (Takeuchi Caori González Patricia & César M, 2007); además en la segunda guerra mundial los Estados Unidos y Japón emplearon el bambú para reforzar el concreto de construcciones en las islas del Pacífico. Como se observa la guadua se ha utilizado como material de construcción y se han efectuado diferentes investigaciones en cuanto a uniones, plantaciones, materia prima y demás en países como: en China, Japón, Filipinas, Estados Unidos, México, Colombia. (Janssen, 2000) (Takeuchi Caori González Patricia & César M, 2007) (MORENO Luis, 2011) (María Teresa Sánchez Medrano José Adán Espuna Mújica & Rubén Salvador Roux Gutierrez, 2016).

Además la guadua es considerada una alternativa auto-sostenible y renovable que puede llegar a mitigar los impactos ambientales que dejan las construcciones tradicionales como afirma el arquitecto manizalita Mario Francisco Álvarez Uruña: “La preocupación por el tema ecológico ya no es una religión, ni una moda, sino que es un criterio definitivo. De hecho, quienes no consideren el costo ambiental de los proyectos, están destinados a salir del mercado” (ALVAREZ Mario Francisco, 2008). En un estudio realizado al puente de Amsterdam. Países Bajos, se determinó que las construcciones a base de guadua generan menor impacto ambiental, y se concluyó además que los costos anuales del puente a base de guadua son 20 veces más favorables que los de una construcción tradicional.

Adicionalmente, se evidenció que la mala aplicación y la mala articulación de los elementos generan costos adicionales, causando que se vea como una construcción desfavorable, evidenciando problemas en la manipulación y articulación que todavía falta resolver. (Van Den Dobbelsteen a & J.J.A. Janssen B, 28 April 2005) . En Colombia se cuenta con la disponibilidad de este material y las condiciones ambientales son favorables para la aplicación de la guadua en sistemas constructivos como la biblioteca pública Guanacas, localizada en Inza (Cauca), colegio materno infantil alemán en Cali y otras. (VÉLEZ Simón, 2009); A partir de estas aplicaciones prácticas Simón Vélez afirmó: “Investigue y aprenda

sobre las nociones de estructuras y sobre la forma correcta de hacer las uniones. Yo desarrollé un sistema en el que pongo cemento en las uniones, pero esto no es en todas, por eso es necesario investigar bien.”. (VÉLEZ Simón, 2009). Igualmente en la norma NSR. 10, en el título G-12, publicada con la participación de Simón Vélez y el comité de la normalización de la guadua CCNG. (Ministro de Ambiente y Desarrollo Territorial, 2010) Especifican la manera de implementar la guadua como material constructivo en edificaciones sismo-resistente

La norma deja abierta la posibilidad de estudiar e implementar otras uniones como se cita a continuación:

G.12.11.1 — OTRAS UNIONES — *Se permitirán otros tipos de uniones, siempre y cuando estas sean verificadas por un estudio científico con no menos de 30 ensayos, que permita verificar que la capacidad de la unión propuesta es equivalente o superior a las expuestas en la presente norma.* (Ministro de Ambiente y Desarrollo Territorial, 2010).

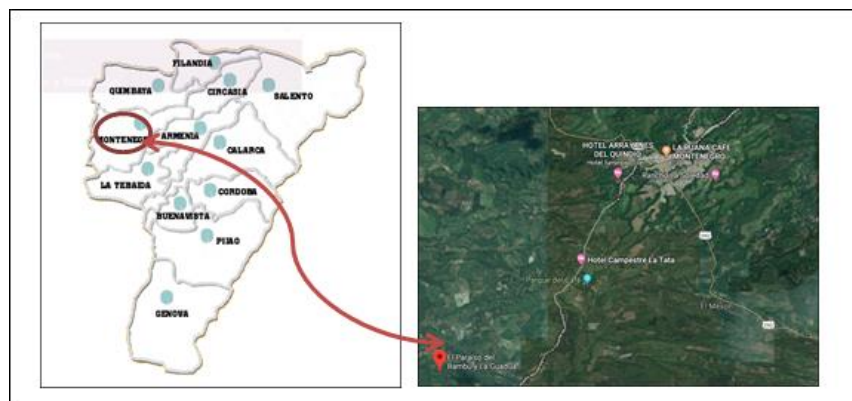
Por ello es relevante la investigación de otras uniones que puedan garantizar la adecuada articulación estructural para la disipación de las cargas y la transferencia, como afirma Jules: “si se resuelve adecuadamente el problema de las uniones con guadua se desarrollarían más construcciones con dicho material. (Janssen, 2000) p.90). En el estudio del estado del arte se encuentran investigaciones de uniones pernadas con aplicación de concreto, con abrazaderas metálicas o con diferentes ángulos de inclinación con el objetivo de restringir el giro en las articulaciones y disipar mejor las fuerzas estructurales, en estos estudios se presenta variaciones de resultados debido a la condiciones antrópicas de la guadua como se determinó en el estudio titulado: Determinación experimental de valores característicos de resistencia para guadua *Angustifolia Kunth*. Dejo como conclusión que no es posible hacer comparaciones directas con los valores reportados en la literatura pues estos corresponden a contenidos de humedad más bajos a los implementados para ese estudio. (LUNA Patricia. LOZANO Jorge & TAKEUCHI Caori, 2014). Pero en los estudios de uniones se evidencia que al perna la guadua transversalmente, se obtiene menor resistencias y al aplicar un relleno de mortero se incrementa la resistencia, invento adjudicado a Simón Vélez. En las uniones de abrazaderas mejora la resistencia pero al momento de la falla por compresión se presentan grandes deformaciones, debido al aplastamiento por las abrazaderas de la guadua, esto se evidencia en el estudio titulado: Diseño de conexiones y elementos en estructuras de guadua publicado en el semillero: Avances en la investigación sobre guadua en Pereira, mayo 16-17 y 18 de 2002.

4.2 MARCO GEOGRÁFICO

El material de guadua proviene del departamento del Quindío, con unas coordenadas geográficas de latitud: $04^{\circ} 22'$ y longitud: $75^{\circ} 40'$; limita por el norte, con los departamentos del Valle del Cauca y Risaralda; por el este, con el departamento del Tolima; por el sur con los departamentos del Tolima y del Valle del Cauca; y por el oeste, con el departamento del Valle del Cauca. (Gobernación del Quindío, 2019)

El departamento tiene diferentes climas y altitudes con respecto al nivel del mar. La altitud varía entre 900 y 4.750 metros sobre el nivel del mar y la temperatura promedio oscila entre los 18°C y 21°C , este clima es adecuado para la producción de la guadua. En la figura 1 Y 2, se evidencia la ubicación del municipio Montenegro, del departamento del Quindío, lugar de origen de la guadua *Angustifolia Kunth* utilizada en el estudio.

Figura 1 Ubicación geográfica departamento de procedencia de la guadua *Angustifolia Kunth*.



El lugar de origen de la guadua está en el municipio Montenegro, en la vereda La Esmeralda, corregimiento Pueblo Tapao, a 5.2 km del Parque Nacional del Café, ingresando por la entrada del Hotel Las Camelias, a 1256 msnm, a $04^{\circ} 31' 13,7''$ latitud Norte; $75^{\circ} 48' 3,1''$ latitud Occidental, se encuentra el Paraíso del Bambú y la Guadua.

Fuente: Google Earth. & fotografía tomada del Palacio de la Guadua. Cubides K.; 2019.

4.3 MARCO CONCEPTUAL

4.3.1 *Guadua Angustifolia* Kunth .

Es un bambú del Neotrópico- gramínea (familia de la caña de azúcar, trigo, arroz), se puede asimilar a un pasto gigante perteneciente a la familia de los *Bambusoideae* que cuentan con aproximadamente 450 especies alrededor del mundo. Es un material renovable que, en tan solo tres o cinco años de haber generado su segundo afloramiento, logra tener su máxima resistencia y puede llegar a tener una longitud de aproximadamente 12 metros, como se evidencia en la [Figura 2](#). (CAMARGO Juan Carlos & KLEINN Christoph, 2010) (LONDOÑO Ximena, 2019)

[Figura 2 Cultivo de *Guadua Angustifolia*.](#)



[Fuente: Palacio de la Guadua. Cubides K.; 2019](#)

La clasificación botánica siempre ha sido complicada debido a sus periodos de afloramiento demasiados largos que varían de 30 a 100 años dependiendo del tipo de guadua; por esto, el término y la clasificación de guadua *Angustifolia* Kunth, del continente americano fue introducido, gracias a las expediciones botánicas en los periodos de la conquista española de 1783, por Don José Celestino Mutis (1732-1808) quien recolecto especies de guadua. Él inicialmente las identificó como un sub-género de los bambúes de China e India, pero estas fueron estudiadas por el taxónomo Aime Bonpland, por el explorador Alejandro Von Humboldt y por Karl Sigismund, conocido como *Kunth*. Este último decidió finalmente que debían ser clasificadas como un género diferente, por su afloramiento y características físicas-mecánicas muy diferentes a los bambúes conocidos. En la [Tabla 1](#), se evidencia la clasificación taxonómica de la guadua americana y el tipo de especie

como: guadua *Angustifolia* Kuth. (GIRALDO Herrera Edgar y SABOGAL Ospina Aureliano, 1999) (LONDOÑO Ximena, 2019)

Tabla 1 Clasificación taxonómica de la Guadua.

Clasificación taxonómica de la guadua

REINO	Vegetal
DIVISIÓN	Spermatofitas
SUBDIVISIÓN	Angiospermas
ORDEN	Glumiflorales
CLASE	Monocotiledóneas
FAMILIA	Poaceae
SUBFAMILIA	Bambusoideae
SUPERTRIBU	Bambusodae
TRIBU	Bambuseae
SUBTRIBU	Guadinae
GÉNERO	Guadua
ESPECIE	Angustifolia Kunth
VARIEDAD	Bicolor
FORMA	Castilla, Cebolla, Macana, Cotuda, Rayada
NOMBRE CIENTÍFICO	Guadua Angustifolia Kunth (Bambusa guadua H et B)

Fuente: Una alternativa sostenible la Guadua. Giraldo, h & Sabogal, O; 1999.

4.3.2 Morfología de la guadua.

La guadua es un material poroso de origen vegetal cuyas fibras están ubicadas longitudinalmente, es anisotrópica debido a que sus propiedades físicas y mecánicas se verán afectadas respecto a su sentido de ubicación y posición respecto al plano de trabajo considerado. La guadua tiene una característica que la hace especial y es la variabilidad de diámetros que tiene a lo largo de su tallo, como se observa en la [Figura 3](#), derecha. Además, la distribución de las fibras la hacen trabajable en su forma plana, como se observa en la [Figura 3](#), izquierda (GIRALDO Herrera Edgar y SABOGAL Ospina Aureliano, 1999).

Los cambios de color del material son indicadores determinantes de la pérdida de líquidos en el tallo pasando de su color verde intenso a amarillo ocre. (GIRALDO Herrera Edgar y SABOGAL Ospina Aureliano, 1999)

Figura 3 Vista de guadua rolliza abierta por sus fibras (imagen izquierda) y Vista de guadua rolliza en cultivo (imagen derecha).



Fuente: Palacio de la Guadua. Cubides K.; 2019.

Rizoma

Es el tallo subterráneo de los bambúes que se propaga formando redes, la parte de la gramínea que almacena los nutrientes y el órgano apto para la reproducción asexual, como se evidencia en la [Figura 4](#), derecha. Además el rizoma brinda soporte a la guadua, como se evidencia en la [Figura 4](#), izquierda, las ramificaciones hacen el trabajo de las raíces. (SANCLEMENTE Ana & JARAMILLO Manrique, 2003) (CAMARGO Juan Carlos & KLEINN Christoph, 2010)

Figura 4 Rizoma de la guadua *Angustifolia* Kunth.



Fuente: Palacio de la Guadua. Cubides K.; 2019.

Este tipo de rizoma genera guaduales donde se puede caminar sin ningún inconveniente a diferencia de cultivos de bambúes, donde se generan ramificación es muy unidas. Esto se observa en la [Figura 5](#)

Figura 5 Izquierda guadual de *Angustifolia* Kunth, derecha cultivo de bambúes de la china.



Fuente: Palacio de la Guadua. Cubides K.; 2019.

Tallo y su edad.

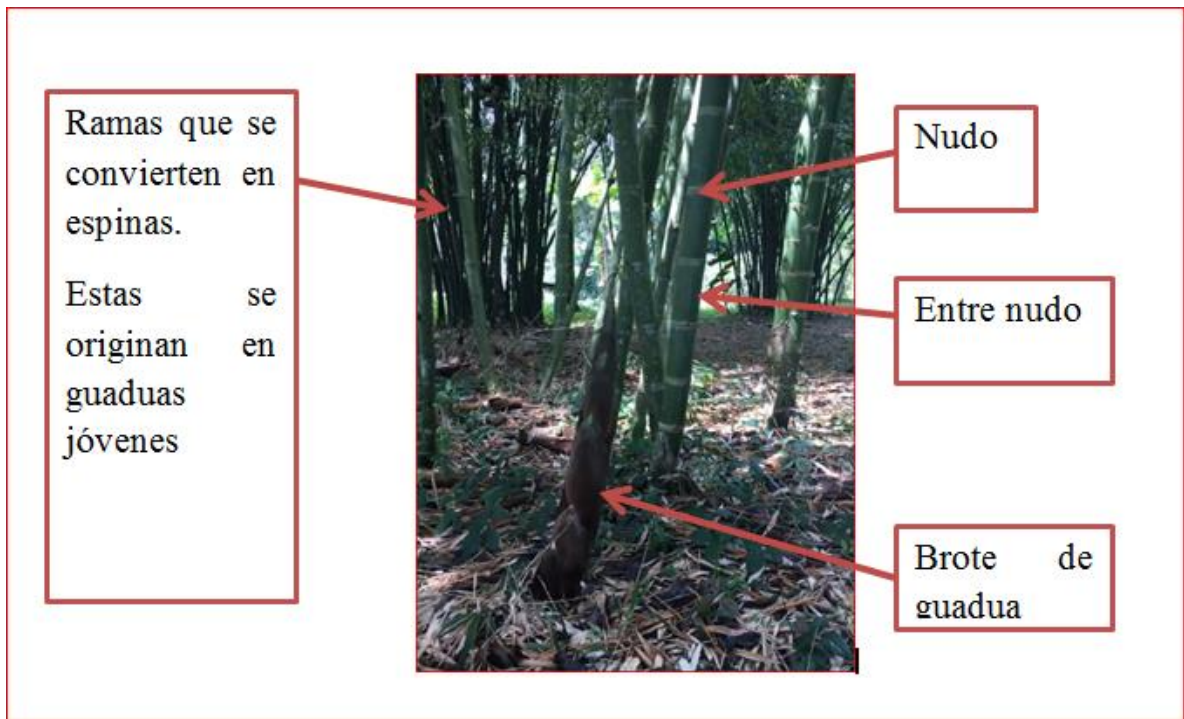
El tallo de la guadua es un sistema modular, consta de nudos y entrenudos dispuestos axialmente, estos le dan la rigidez, flexibilidad y resistencia.

El culmo de la guadua clasificada según Ximena Pava (LONDOÑO Ximena, 2011):

Dentro del género de la guadua, se diferencian dos grupos diferentes, las especies de culmos ascendentes y trepadores, y las especies de culmos erectos, al que pertenece la Guadua Angustifolia, que se caracterizan por tener hábito erecto, ligeramente arqueadas en la punta, rizomas paquimorfos bien desarrollados, culmos gruesos leñosos, generalmente huecos, de pared gruesa o delgada, con altura que oscila entre los 7 y 20 metros, con diámetros entre 5 y 19 centímetros y rama por nudo con un ángulo de inclinación de 45 ° a 50 ° . (1999, p.113)

En la figura 6 se evidencia la ubicación del nudo y entre nudo; además, se ve un brote nuevo de guadua, y allí se evidencia el recubrimiento con brácteas u hojas de forma triangular, proceso que puede durar de 3 a 6 meses. Asimismo, se puede evidenciar guaduas jóvenes de 3 meses a 3 años con ramas que se convierten en espinas. La guadua madura de 3 a 6 años de edad es similar a la guadua donde se muestra el nudo, en esta fase la guadua alcanza su mayor resistencia y dureza; apta para la construcción. Y finalmente la guadua biche que pasa lo 6 años que no es apta para la construcción. (LONDOÑO Ximena, 2011).

Figura 6 Morfología del tallo de la guadua Angustifolia Kunth.

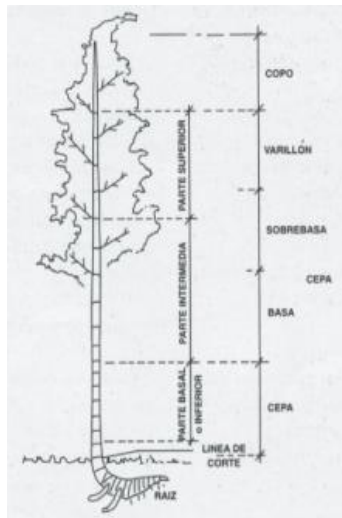


Fuente: Palacio de la Guadua. Cubides K.; 2019.

Utilización de la guadua en el comercio.

Su uso varía por la edad y la parte de la guadua. En la [Figura 7](#) se evidencia claramente la parte de la guadua. (URIBE Alejandro VALLEJO Maritza & DURÁN Contreras, 2002)

Figura 7 partes de la guadua.



. Fuente: Estudio de elementos solicitados a compresión armados por tres guaduas; 2002.

Tabla 2. Utilización de la guadua en el comercio.

PARTE	DESCRIPCIÓN	UTILIZACIÓN
RIZOMA	Es un tallo modificado, subterráneo, que conforma el soporte de la planta.	En decoración y juegos infantiles. Estabilización de laderas.
CEPA	Es la sección basal del culmo con mayor diámetro, la distancia de sus entrenudos es corta, lo cual le proporciona una mayor resistencia. Su longitud es aproximadamente de 3.0 metros	Columnas en construcción, cercos y entibados. Estabilidad de taludes.
BASA	Parte de la guadua que posee mayores usos, debido a que su diámetro es intermedio y la distancia entre nudos es mayor que en la cepa.	Si el tallo es de buen diámetro se utilizan para columnas. Entre los 4 y 6 años de edad. Elaboración la esterilla.
SOBRE BASA	El diámetro es menor y la distancia entre nudos es un poco mayor comparada con la basa.	Utilizada como elemento de soporte en estructuras de concreto de edificios en construcción (puntal). Se emplea como viguetas para formatear.
VARILLÓN	Sección de menor diámetro. Su longitud tiene aproximadamente 3.0 metros	Generalmente se utiliza en la construcción como apuntalamientos y como soporte (correa). Para instalar tejas de barro o paja.
RAMAS	Transforman en espinas	Fabricación del papel
COPA	Es la parte apical de la guadua, con una longitud entre 1.20 a 2.0 metros.	Se pica en el suelo del guadual como aporte de materia orgánica.
REBROTE	Guadua de 0 a 6 meses de edad	Utilización para alimento.

Fuente: Estudio de elementos solicitados a compresión armados por tres guaduas; 2002.

4.3.3 Cultivo

En Colombia se encuentra ubicada en la cordillera de los Andes, especialmente en la región del eje cafetero por sus características climáticas beneficiosas para el

cultivo de la guadua. La guadua *Angustifolia* Kunth, es el tercer bambú más grande del mundo, superado exclusivamente por dos especies Asiáticas.

Alcanza los 30 metros de altura y los 22 centímetros de diámetro, posee una velocidad de crecimiento aproximadamente 11 centímetros de altura por mes en la región Andina. (ATUL Agarwal A BHARADWAJ Nanda & DAMODAR Maity, 2014)

Tabla 3 Condiciones de siembra de la guadua.

CONDICIONES DE SIEMBRA	
Donde Sembrar	
Altitud	400 a 2.000 m.s.n.m
Temperatura	18°C a 22°C
Precipitación	Superior a 1.300 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
Ploteo	1.5 metros
Hoyo	40 x 40 centímetros

Fuente: Corporación Autónoma Regional del Valle CVC. Luis Fernando Cortes Documento: El cultivo de la guadua alternativa económica para el desarrollo sostenible; 2003.

4.3.4 Preservación

Frente a otros cultivos explotables forestalmente, la guadua es abundante, de fácil propagación y rápido crecimiento. Además, es por excelencia un fijador de dióxido de carbono (CO₂), con la particularidad de que este elemento después de ser transformado no libera a la atmósfera el gas retenido. (Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca, 2005)

La guadua como cualquier otro material requiere de unos cuidados especiales para poder conservarse y garantizar su calidad y propiedades de durabilidad, y por ello es necesario protegerla del ataque de agentes nocivos como los insectos u hongos. Para este fin se puede tratar con insecticidas y fungicidas especializados en el tratamiento de la madera, dependiendo su composición física. (LONDOÑO Ximena, 2011) (ROJAS M & ALVARADO J, 2013)

Figura 8 Guadua con problemas de insectos.



Fuente: Palacio de la Guadua. Cubides K.; 2019.

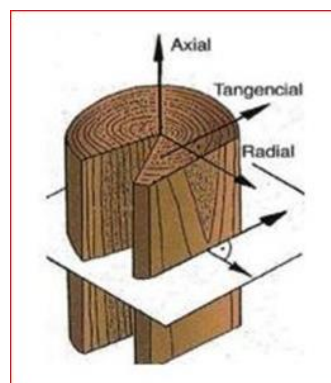
4.3.5 Propiedades físicas y mecánicas.

Las propiedades mecánicas de la guadua *Angustifolia Kunth* como la resistencia a la compresión, tracción o flexión, dependen de la edad de corte de la guadua, la sección del culmo que se utilice, la humedad, la densidad básica, el peso específico y la densidad seca del aire. (ROJAS M & ALVARADO J, 2013)

Propiedades físicas

Su versatilidad tanto en el eje axial, radial y tangencial, hacen que la guadua (gramínea) sea un material no homogéneo, debido a que las propiedades son dependientes del eje en que se evalúen. (ROJAS M & ALVARADO J, 2013)

Figura 9 principales direcciones de la Guadua.



Fuente: (Trujillo & López, 2016) Artículo: análisis y diseño estructural de viviendas sismo resistentes, construidas con caña guadua,

4.3.6 Contenido De Humedad

Esta es una variable característica de los troncos de la guadua, en función de la edad y la altura alcanzada, en un determinado periodo de vida afectado por la temporada climática, mostrando más humedad durante el periodo invernal y menos durante los periodos de sequía

La humedad determina la contracción o expansión del material, que se ve reflejado en la longitud del tronco, así como el espesor dependerá del porcentaje de agua acumulada por el bambú, ya que este tiene la capacidad de almacenar agua y también de perderla variablemente. Esto se puede observar según el color que presente el elemento, llegando a un color amarillo ocre característico de la guadua seca. (ROJAS M & ALVARADO J, 2013)

Es así como se identificó la variación a la resistencia en tallos húmedos y tallos secos, concluyendo que los troncos maduros experimentan una mayor resistencia a la tracción y a la flexión, asociada directamente al contenido de humedad. (ROJAS M & ALVARADO J, 2013)

4.3.7 Resistencia de los materiales

Es la parte de la mecánica de sólidos deformables que aplica la teoría de la elasticidad, y que tiene como objetivo determinar la respuesta de los elementos cuando se ven sometidos a las diferentes fuerzas durante el proceso de construcción y su vida útil. (CERVERA Miguel & BLANCO Diaz, 2015)

La guadua presenta cualidades importantes en cuanto a su resistencia a tracción y a compresión, mientras que su estructura tubular presenta debilidades respecto a su ancho, donde se genera fallas por aplastamiento, exceptuando los nudos. (CERVERA Miguel & BLANCO Diaz, 2015)

Gracias a la flexibilidad que posee esta gramínea a lo largo de todo su tallo, permite altos niveles de absorción de impactos, lo cual genera ventajas al momento de diseñar elementos curvos sujetos a tensión. Es el caso de algunas secciones de puentes atirantados.

Constructivamente la guadua presenta un buen servicio de trabajo si se emplea en:

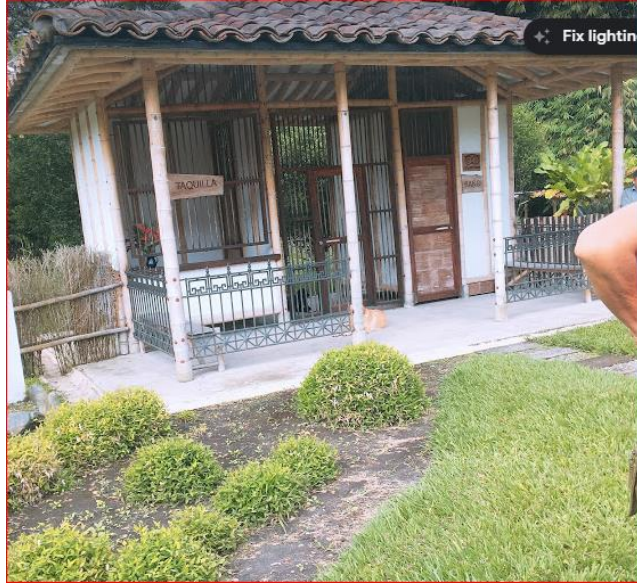
1. Elementos que trabajen a compresión.
2. Elementos en flexión con cargas muertas y/o vivas, donde la deflexión es poco importante.

Esto lo hace un material recomendable para estructuras como:

1. Techos, correas y viguetas ([Figura 10](#))
2. Partes de la estructura solicitadas solo a compresión- columnas

3. Partes de la estructura donde la deflexión es poco importante- vigas secundarias.

Figura 10 Construcción en guadua del arquitecto Simón Vélez.



Fuente: Palacio de la Guadua. Cubides K.; 2019.

Resistencia a la compresión

En la literatura existente hay resultados conclusivos sobre la falla de la guadua al ser sometida a compresión, ya que en la gran mayoría de los casos el tallo sufre aplastamiento de las fibras. Algunos estudios afirman que los resultados obtenidos en esta resistencia hacen de la guadua un material apto para la construcción; por otro lado, los ensayos a compresión paralela a la fibra indican que puede haber consecuencias al usarla como material estructural debido a la pérdida de verticalidad, sobre todo en el caso de las columnas. (CERVERA Miguel & BLANCO Diaz, 2015)

Las propiedades o características de la guadua que tienen influencia directa sobre la compresión del tallo son:

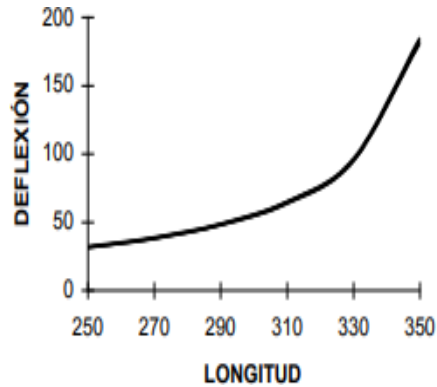
1. Humedad natural del material.
2. Temperatura.
3. Nudos.
4. Peso específico.
5. Inclinación de las fibras.

Resistencia a la flexión.

Es la deformación que presenta un elemento estructural alargado en una dirección perpendicular a su eje longitudinal. (CERVERA Miguel & BLANCO Diaz, 2015)

Los elementos de guadua sometidos a flexión brindan una gran posibilidad de aplicación en aquellas construcciones con materiales no convencionales. Las gráficas deformación vs carga muestran un comportamiento similar al de las maderas macizas sometidas a flexión; esto se debe a la distribución de la fibra a lo largo de la longitud del elemento, lo cual constituye el 40% de la sección transversal.

Figura 11 Deflexión vs longitud.



Fuente: Resistencia a la flexión de la guadua *Angustifolia Kunth*.

4.3.8 Tipos de fallas

Falla de un elemento de bambú por compresión perpendicular a la fibra. (TAKEUCHI Caori, 2014)

Figura 12 Falla de un elemento de bambú por compresión perpendicular a la fibra.



Fuente: Takeuchi, C.; 2004.

Falla por corte paralelo a la fibra. (TAKEUCHI Caori, 2014).

Figura 13 Falla por corte paralelo a la fibra.



Fuente: Takeuchi, C.; 2004.

Falla en elementos de bambú por corte paralelo a las fibras. (TAKEUCHI Caori, 2014)

Figura 14 Falla en elementos de bambú por corte paralelo a las fibras.



Fuente: Takeuchi, C (2004).

4.3.9 Uniones

Son todas aquellas que tienen por función juntar dos o más elementos resistentes, con el fin principal de transmitir carga de un elemento a otro. En un sistema constructivo las uniones deberán ser capaces de asumir las cargas externas a las que van a ser sometidas. En la norma NSR-10 título B se identifican las diferentes cargas existentes en una estructura. (Ministro de Ambiente y Desarrollo Territorial, 2010)

Tipos De Uniones Unión Pernada

Para construir esta unión, los elementos conectores entre las piezas de guadua deben ser uno o varios pernos metálicos roscados cuyo diámetro mínimo debe corresponder al de una varilla número 3 (9,5 mm de diámetro), con tuerca y arandela en los extremos. Los entrenudos por donde pasan los pernos deben

estar rellenos de mortero u otro material alternativo o sin relleno, dependiendo del diseño que se realice. Los pernos deben ser galvanizados. Para esta unión se necesita un nudo en la guadua, entre el perno y el extremo final de la Guadua. (MORENO Luis, 2011)

Figura 15 Unión Pernada.

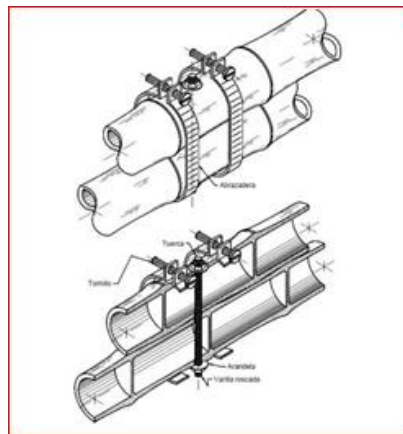


Fuente: Ingeniería y construcción Documento: Uniones de Estructuras para Guadua Angustifolia Kunth;s.f.

Unión Pernada Con Abrazadera O Zuncho

Para construir esta unión debe garantizarse la presencia de un nudo entre el conector y el extremo de la guadua y que la abrazadera tenga la resistencia a la tensión necesaria, para evitar que la guadua se abra, que no corte la fibra de la guadua y que no se deteriore con el tiempo. (MORENO Luis, 2011)

Figura 16 Unión Pernada Con Abrazadera O Zuncho.

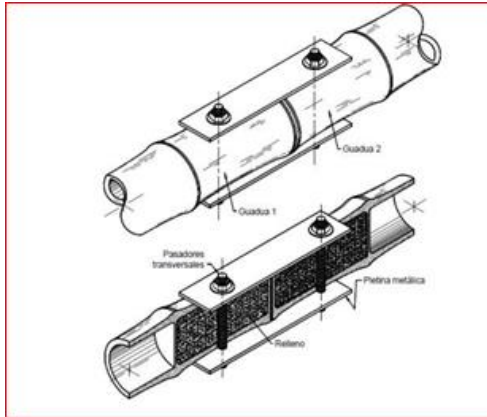


Fuente: Ingeniería y construcción Documento: Uniones de Estructuras para Guadua Angustifolia Kunth.

Unión Pernada Con Pletinas Paralelas.

Esta unión se utiliza para unir elementos continuos o para traslapar guaduas. Consiste en colocar dos pletinas paralelas con espesor mínimo de 3 mm y ancho máximo de 20 mm, conectadas entre sí por pernos con diámetro mínimo No. 3 (9,5 mm) que atraviesan los segmentos de guadua. Para construir esta unión, debe existir un nudo en el elemento guadua entre los pernos y el extremo final de la guadua. (MORENO Luis, 2011)

Figura 17 Unión Pernada Con Pletinas Paralelas.

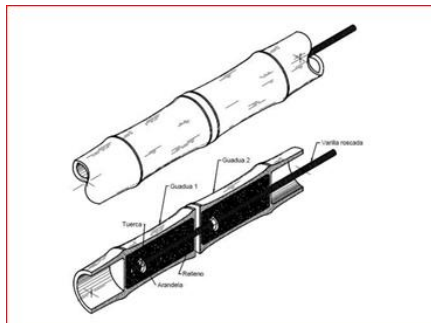


Fuente: Ingeniería y construcción Documento: Uniones de Estructuras para Guadua Angustifolia Kunth;

Unión Con Barra Embebida Axial

En esta unión, el elemento conector debe ser una varilla de diámetro mínimo No. 3 (9,5 mm). Si es corrugada debe ir figurada en el extremo, o si es roscada debe llevar tuerca y arandela, su longitud mínima debe ser igual a la longitud de los dos primeros entrenudos. (MORENO Luis, 2011)

Figura 18 Unión Con Barra Embebida Axial

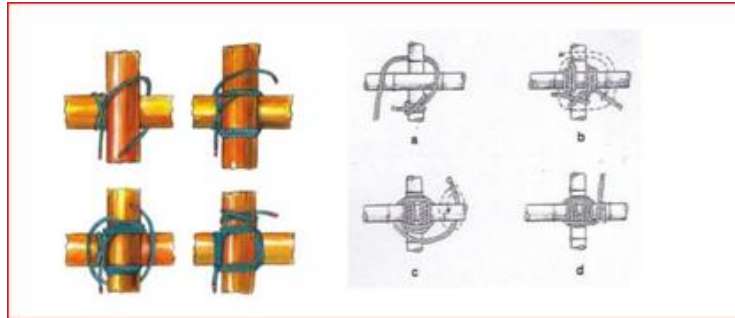


Fuente: Ingeniería y construcción Documento: Uniones de Estructuras para Guadua Angustifolia Kunth;

Uniones Amarradas

Tradicionalmente, los elementos de las construcciones con caña han sido unidos por amarre, es decir unidos a base de diferentes tipos de atados según las necesidades y la envergadura del elemento. En general, se aplican los sistemas de amarre en aspa o amarre cuadrado japonés, pese a que también existen otros sistemas menos estandarizados como el amarre redondo, amarre diagonal, amarre cruzado con doble refuerzo, etc. (MORENO Luis, 2011)

Figura 19 Uniones Amarradas.



Fuente: Estudio de las uniones en estructuras de caña unión de amarre cuadrado/ unión de amarre en aspa.

4.4 MARCO NORMATIVO.

El marco normativo aplicable a las acciones realizadas durante la ejecución del proyecto está motivado y fundamentado básicamente en los siguientes lineamientos:

1. Norma sismo resistente 10 título G 12 guadua NSR-10.
2. G. 12.3.1 requisitos de calidad para guadua estructural.
3. G. 12.3.2 clasificación visual por defectos.
4. G. 12.3.4 clasificación mecánica.
5. NTC 5407 uniones en guadua *Angustifolia Kunth*.

Descripción detallada de algunas normas.

G.12.6.1.1 Todos los elementos de guadua de una estructura deben ser diseñados, construidos y empalmados para resistir los esfuerzos producidos por las combinaciones de las cargas de servicio.

G.12.11.1 Uniones, generalidades. Estas disposiciones son aplicables a las uniones contenidas en la NTC 5407 “uniones de estructuras con guadua *Angustifolia Kunth*” todo elemento constituyente de una unión debe diseñarse para que no falle por tensión perpendicular a la fibra y corte paralelo a la fibra. En el caso de usar cortes especiales en la guadua se debe tomar las medidas necesarias para evitar que estos induzcan la falla de la unión.

G.12.11.2.1 Tipos de cortes, corte recto, corte perpendicular al eje de la guadua.

G.12.11.4 Otras uniones. Se permiten otros tipos diferentes de uniones, siempre y cuando estas sean verificadas por un estudio científico con no menos de 30 ensayos que permita verificar que la capacidad de la unión propuesta es equivalente o superior a las expuestas en la presente norma.

G.12.12 Preparación, fabricación, construcción, montaje y manteniendo.

G.12.12.2 Proceso de preparación

G.12.12.2.1 Secado de la guadua toda guadua destinada a la construcción de estructuras debe ser secada hasta un contenido de humedad 19% (CH%), lo más cercano posible al contenido de humedad de equilibrio (CHE) con el medio ambiente de la zona en donde se va a quedar instalada

CAPITULO IV

5. METODOLOGÍA.

5.1 CARACTERIZACIÓN DE LA GUADUA DE ESTUDIO.

Los ensayos de laboratorio para la identificación de las propiedades de la guadua fueron efectuados por un grupo perteneciente al semillero de investigación SiGesCo (Sistema de Gestión en Construcción).

Se anexa la información suministrada en el siguiente orden.

1. Caracterización inicial de la guadua, reporte de ensayo de laboratorio.
2. Ensayo de corte guadua angustifolia kunth.
3. Ensayo compresión paralela a las fibras de la guadua angustifolia kunth.

5.1.1 ENSAYO DE COMPRESIÓN PARALELO A LA FIBRA.

Se anexa la Tabla 5 suministrada por el semillero de investigación SiGesCo, donde se especifica los resultados obtenidos del laboratorio. (Construcción, 2019)

En esta tabla podemos obtener resultados promedios de la capacidad a tensión de las probetas, módulo de elasticidad y densidad relativa del producto.

Tabla 4 Características del material a trabajar

características material a trabajar	
Carga máxima compresión	210kN
σ_{max}	40 Mpa
Módulo de elasticidad	4823.83 Mpa
Coef. Correlación	0.9978
Densidad	668.44 Kg/m3

Fuente: Semillero SiGesCo. Universidad Católica de Colombia. (Sistema de Gestión en Construcción).

4 **Tabla 5 Resultados esfuerzo máximo, módulo de elasticidad E, coeficientes de regresión y densidad de probetas ensayadas**

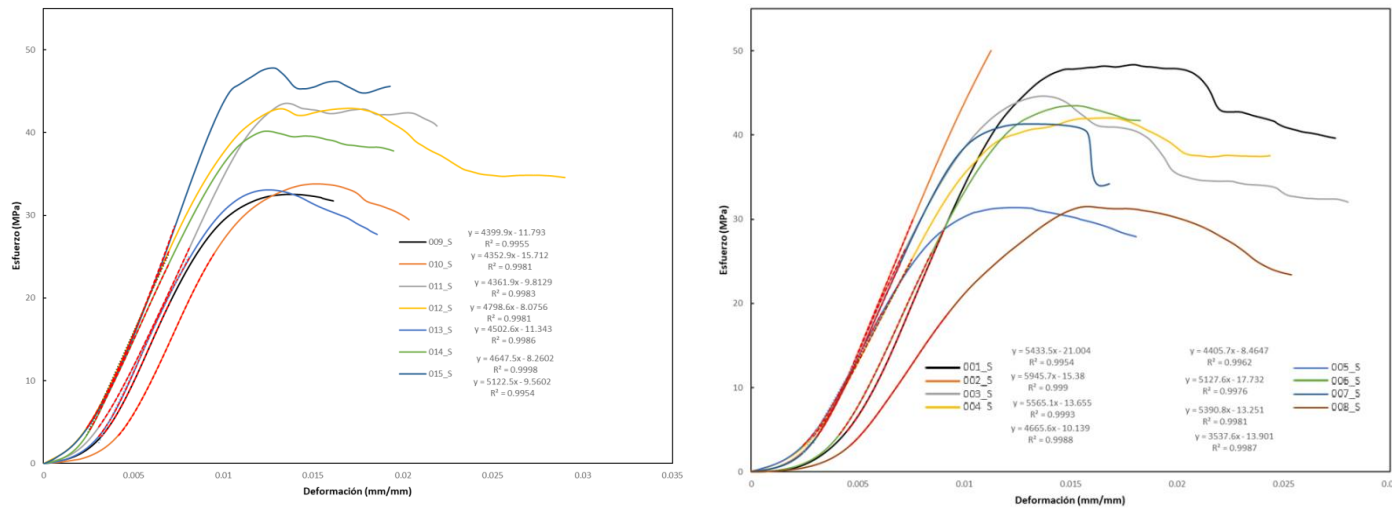
Probeta	Carga máxima compresión (kN)	σ_{max}	Módulo de elasticidad		Densidad
		Mpa	E (MPa)	Coef. Correlación	(kg/m ³)
001_S	24330.10	48.33	5433.50	0.9954	722.14
002_S	30007.70	50.03	5945.70	0.9990	765.71
003_S	23565.00	44.63	5565.10	0.9990	679.93
004_S	20220.00	42.05	4665.60	0.9988	643.12
005_S	17390.70	31.39	4405.70	0.9962	612.06
006_S	22288.60	43.47	5127.60	0.9976	651.29
007_S	24282.70	41.31	5390.80	0.9981	633.54
008_S	14696.10	31.51	3537.60	0.9987	599.71
009_S	17086.90	32.55	4399.90	0.9955	639.38
010_S	15919.70	33.79	4352.90	0.9981	655.98
011_S	25084.40	43.52	4361.90	0.9983	704.93
012_S	24103.30	42.92	4798.60	0.9981	665.36
013_S	15475.30	33.09	4502.60	0.9986	634.59
014_S	24279.80	40.18	4747.50	0.9998	644.56
015_S	22558.90	47.80	5122.50	0.9954	774.36
prom	21420.00	40.00	4823.83	0.9978	668.44

Fuente: Semillero SiGesCo. Universidad católica de Colombia. (Sistema de Gestión en Construcción).

En la gráfica 1 se puede observar la capacidad del material y la respuesta a carga de compresión paralela a las fibras. El material responde a carga inicial luego llega a la falla o su punto de fluencia y no se vuelve a recuperar.

El promedio de esfuerzo son 40 Mpa a una carga de 21Kn.

Gráfica 1 Esfuerzo de compresión vs. Deformación unitaria.



Fuente: Semillero SiGesCo. Universidad católica de Colombia. (Sistema de Gestión en Construcción).

4.1.2 ENSAYO CORTE A LAS FIBRAS DE LA GUADUA *ANGUSTIFOLIA KUNTH*.

Se presenta el cuadro resumen con el máximo esfuerzo de corte $\tau_{m\acute{a}x}$, coeficientes de regresión lineal y densidad; junto con los resultados se indican en la parte inferior los valores promedio de los parámetros indicados.

Tabla 6 Características del material a trabajar

características material a trabajar	
Carga Última (N)	39Kn
Resistencia Última Corte (MPa)	5.605
Densidad (kg/m3)	779.48

Fuente: Semillero SiGesCo. Universidad católica de Colombia. (Sistema de Gestión en Construcción).

Tabla 7 Resultados esfuerzo máximo y propiedades de las probetas ensayadas.

Muestra	e (mm)	D (mm)	Altura (mm)	Inercia (mm4)	Peso (g)	Área (mm2)	Volumen (mm3)	Densidad (kg/m3)	Relación h/d	Carga Última (N)	Resistencia Última Corte (MPa)	# Áreas que fallaron
007_C_N	16.53	143.1	160.5	13392474.54	765.6	6572.85	1054942.15	725.73	1.12	77725.47	7.33	4
008_C_N	24.8	146.5	161.88	18284147.53	1112.7	9482.59	1534994.31	724.89	1.1	53868.93	3.35	2
009_C_S	14.41	140.9	154.9	11594795.53	631.7	5725.55	886888.45	712.27	1.1	67479.27	7.56	2
010_C_S	14.57	140.1	151	11479077.52	441.8	5748.34	867998.9	508.99	1.08	43090.6	4.9	1
011_B_N	8.72	120	155.38	4745614.88	336.3	3046.87	473407.39	710.38	1.29	32914.48	6.08	3
012_B_N	9.86	95.5	150	2464255.89	292.8	2652.79	397919.03	735.83	1.57	26940.79	4.55	4
013_B_S	10.32	94.5	148	2453635	271.3	2728.93	403881.58	671.73	1.57	39267.82	6.43	3
014_B_S	8.36	95.63	147.75	2200955.83	265.7	2290.97	338491.32	784.95	1.55	31771.99	6.43	2
015_A_N	7.63	57.63	152.88	383182.6	199.1	1198.56	183230.49	1086.61	2.65	24325.07	5.21	2
016_A_N	8.02	53.38	149	303026.95	195.3	1142.75	170269.04	1147.01	2.79	25439.43	5.32	4
017_A_S	9.57	51.63	147	294002.45	132.6	1264.39	185864.64	713.42	2.85	20250.03	3.6	1
018_A_S	6.98	50.43	151.38	230593.76	120	952.82	144232.96	831.99	3	27487.53	6.5	2

Fuente: Semillero SiGesCo. Universidad Católica de Colombia. (Sistema de Gestión en Construcción).

Tabla 8 Resultados promedios y percentil 5 de los valores encontrados.

características material a trabajar		características material a trabajar		Desviación estándar
Carga máxima compresión (kgf)	21420	Carga Última corte (N)	39213.45083	12.58KN
σ_{max}	40 Mpa	Resistencia Última Corte (MPa)	5.605	No aplica
Módulo de elasticidad	4823.83 Mpa	no aplica		
Coef. Correlación	0.9978			
Densidad (kg/m3)	668.44	Densidad (kg/m3)	779.48	78.52Kg/m3

Fuente: Semillero SiGesCo. Universidad Católica de Colombia. (Sistema de Gestión en Construcción).

Se puede observar que el material soporta más a flexión que a compresión. Algo a resaltar es la diferencia de 78,52 kg/m³ de densidad del material que pertenece a un mismo lote de guadua.

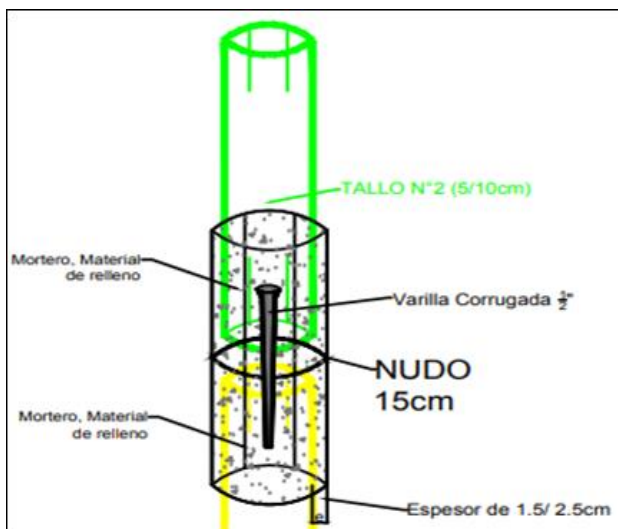
5.2 EVALUAR EL ESFUERZO ÚLTIMO DE DOS MODELOS DE UNIONES.

5.2.1 Diseño de dos uniones.

Diseño experimental y análisis de dos uniones, una de continuidad y la otra de unión en ángulo de 90°.

Modelo 1: Continuidad de guadua.

Figura 20 Modelo 1 de unión.



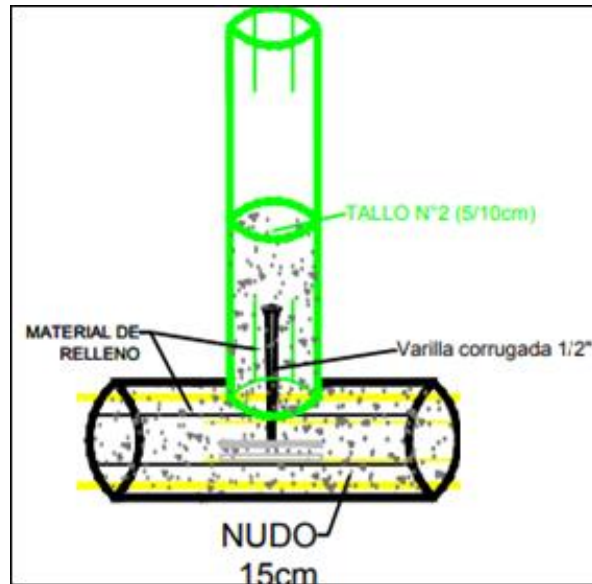
La guadua que realizará el encofrado va a ser fija de 20cm, y la que hace la continuidad varía de 5cm a 10cm. Estas se adhieren con una mezcla de mortero 1-3 y se les agrega una varilla corrugada de 1/2" en el centro del nudo, para poder transferir las cargas de la unión, como se evidencia en la figura 21.

Fuente: Universidad Católica de Colombia. Cubides K. & Gamba H.; 2019.

Modelo 2: Unión a 90°.

La guadua que realizará el encofrado va a ser fija de 20cm y quedara a 90° del tallo a unir, el tallo a 90° varía de 5cm a 10cm. Se adhieren con una mezcla de mortero 1-3 y se les agrega un varilla corrugada de 1/2"; perpendicular a la guadua de 20cm y paralela al tallo a 90°; con el propósito de transferir las cargas del tallo 1 al tallo 2, como se evidencia en la figura 22.

Figura 21 Modelo 2 de unión.



Fuente: Universidad Católica de Colombia. Cubides K. & Gamba H.; 2019.

5.3 REALIZACIÓN DE LAS UNIONES.

5.3.1 Materiales

Guadua, material proveniente de la ciudad de Armenia en el departamento del Quindío. Este elemento es cosechado bajo el cumplimiento de lo dispuesto en el código nacional de los recursos naturales renovables y de protección al medio ambiente, bajo el art 62, que establece que cada corporación será autónoma de reglamentar lo relacionado con los aprovechamientos de especies y productos del bosque no maderables como la guadua. Este elemento fue suministrado por el grupo de investigación de la Universidad Católica de Colombia; el proveedor manifestó que, al momento del corte, la guadua presentaba una edad aproximada de 4 años que es la edad óptima de aprovechamiento del material. Es importante resaltar que el material utilizado se almacenó en las instalaciones del laboratorio del grupo de investigación de guadua de la Universidad Católica de Colombia, en donde se culminó el proceso de maduración y pérdida de humedad de los elementos.

Mortero, el mortero que se utilizó en la elaboración de las probetas de unión en guadua fue un mortero de piso con una resistencia de 140 Kg/cm². La uniformidad de la mezcla y la calidad de sus materiales produjeron una mezcla homogénea y

compacta, brindando excelentes resultados de adherencia al ser aplicada en las uniones de guadua. (CEMEX, 2019)

Tabla 9 Información técnica mortero seco pisos

INFORMACIÓN TÉCNICA	
Especificaciones en estado fresco	
Densidad estado fresco	2,1 (+/- 0,1 Tm)
Densidad estado seco	1,7 (+/- 0,1 Tm)
Consistencia (mm)	40 (+/-5)
Contenido de aire (%)	2(+/-1)
Asentamiento (cm)	6,5(+/- 2,5)
Tiempo de manejabilidad	1 horas después del mezclado inicial
Especificaciones en estado endurecido	
Resistencia especificada (f'cp) a 28 días (otra requerida por el cliente)	140 Kg/cm ²

Fuente CEMEX de Colombia Página oficial:

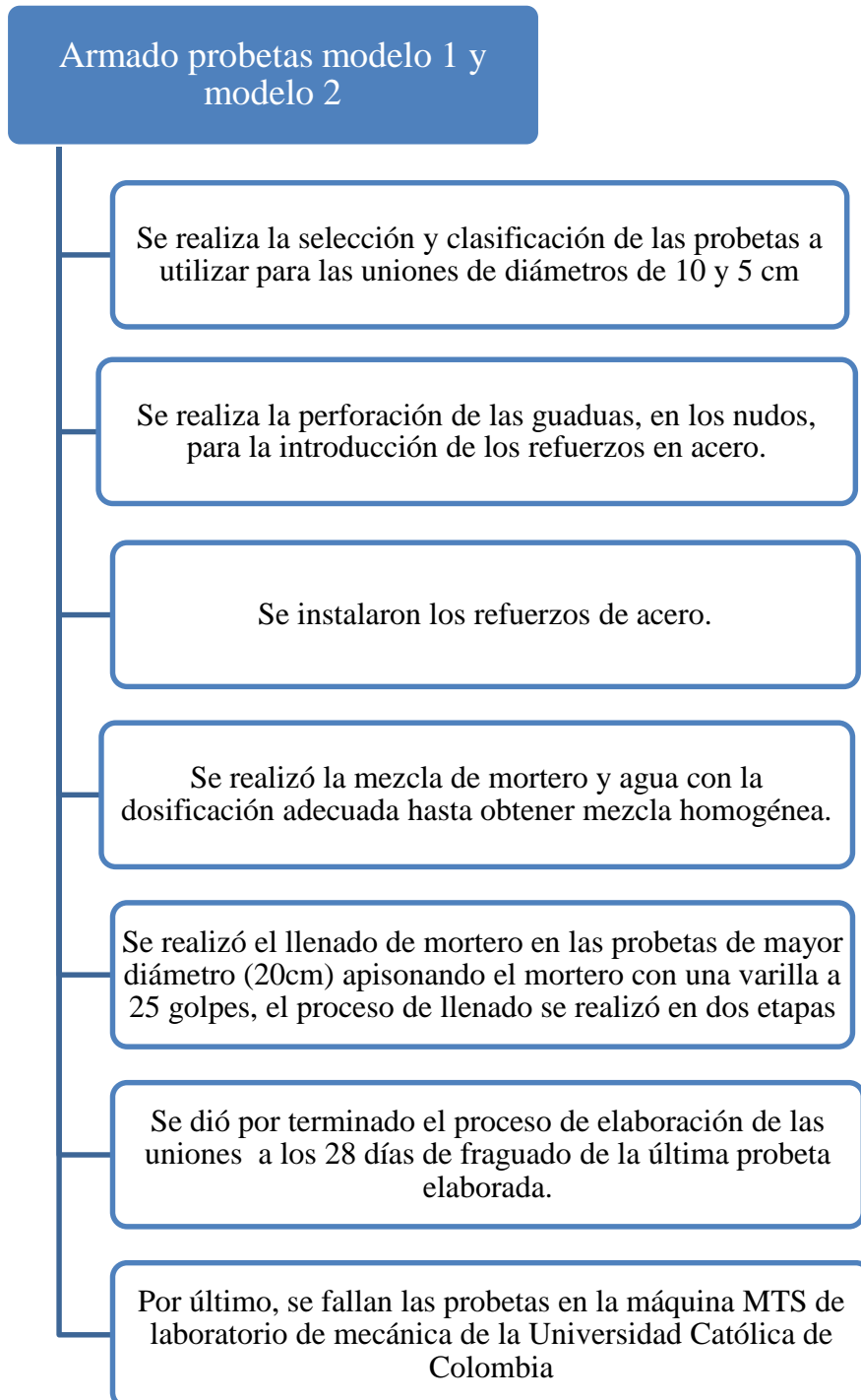
Varilla de acero, con diámetro de ½ pulgada y varilla corrugada con el fin de garantizar el agarre del mortero y la guadua. Esta varilla tiene como función asumir el cortante y los posibles esfuerzos a flexión en la unión de guadua.

Agua, se utilizó la dosificación recomendada por el fabricante del mortero con el fin de obtener los más altos resultados de resistencia a los 28 días de fraguado en el mortero.

5.3.2 Elaboración:

Las probetas se elaboraron de acuerdo con el siguiente diagrama.

Tabla 10 metodología de elaboración probetas.



Fuente: Universidad Católica de Colombia. Cubides K. & Gamba H.; 2019.

5.3.3 Registro fotográfico elaboración de probetas.

Figura 22 Registro fotográfico elaboración de probetas.



Se utilizó 1 balde con capacidad de 5 galones, un palustre de 6" y una tabla, que se utilizó como soporte en el fraguado de las probetas, evitando el contacto con el suelo y sus agentes contaminantes.

Fuente: Universidad Católica de Colombia. Cubides K. & Gamba H.; 2019.

Figura 23 Registro fotográfico elaboración de probetas.



Se verifica el estado del mortero, que tenga las condiciones adecuadas para su uso, como aspecto, olor, textura, fecha de vencimiento entre otras.

Fuente: Universidad Católica de Colombia. Cubides K. & Gamba H.; 2019.

Figura 24. Perforación de la guadua.



Se realizaron las perforaciones a las 24 probetas, con un diámetro de ½” para poder acoplar las varillas corrugadas.

Fuente: Universidad Católica de Colombia. Cubides K. & Gamba H.; 2019.

Figura 25 Perforación de la guadua modelo 2.



Las guaduas con anillo de espesor de 3cm aproximadamente presentaron alta resistencia a la perforación.

Fuente: Universidad Católica de Colombia. Cubides K. & Gamba H.; 2019.

Figura 26. Realización de la mezcla.



El mortero utilizado presenta una resistencia de 140 kg/cm².

La mezcla se hizo con 5 litros de agua más un saco de cemento de 40kg- hasta obtener mezcla homogénea.

Fuente: Universidad Católica de Colombia. Cubides K. & Gamba H.; 2019.

Figura 27 llenado de probetas.



Después de obtener una mezcla ideal, iniciamos el vaciado de las probetas de guadua; debido a la configuración geométrica de las uniones, se realizó este proceso en dos etapas para evitar el rebose de la mezcla.

Fuente: Universidad Católica de Colombia. Cubides K. & Gamba H.; 2019.

Figura 28 llenado de probetas.



La figura 29, muestra la primera parte de la unión culminada y lista para pasar al proceso de secado, que dura un día
Posteriormente se funde la parte final de la probeta en forma de T.

Fuente: Universidad Católica de Colombia. Cubides K. & Gamba H.; 2019.

Figura 29 llenado de probetas del modelo 2.



Culminando con el llenado de las probetas procedemos a dar afinado al mortero.

Fuente: Universidad Católica de Colombia. Cubides K. & Gamba H.; 2019.

Figura 30 Realización modelo tipo 1.



En la figura 31, se observa el inicio del vaciado de la unión tipo 1, la cual tiene el nodo perforado para instalar la varilla corrugada. También se aprecia la instalación de la probeta de menor diámetro.

Fuente: Universidad Católica de Colombia. Cubides K. & Gamba H.; 2019.

Figura 31. Llenado modelo tipo 1.



Finalizamos el llenado de la probeta tipo 1 y enrasamos el mortero.

Fuente: Universidad Católica de Colombia. Cubides K. & Gamba H.; 2019.

En medio del proceso de fraguado a los 28 días del mortero, se puede observar en esta unión que la probeta de guadua sufrió fisuras paralelas a sus fibras.

Figura 32 Culminación de modelos tipo 1 y tipo 2.



Fuente: Universidad Católica de Colombia. Cubides K. & Gamba H.; 2019.

5.4 ENSAYOS DE COMPRESIÓN Y CORTE PERPENDICULAR A LAS FIBRAS.

Por último, se fallan las probetas en la máquina MTS de laboratorio de mecánica de la Universidad Católica de Colombia.

Figura 33 Maquina MTS.



Fuente: Universidad Católica de Colombia. Cubides K. & Gamba H.; 2019.

A continuación se anexa el resultado de los ensayos de laboratorio.


5.4.1. Ensayos de laboratorio modelo 1.

Tabla 11 Ensayo compresión paralela a la fibra; modelo 1, probeta 1 de 5cm.

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA FACULTAD DE INGENIERÍA DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA						 U CATÓLICA <small>de Colombia</small>	
ENSAYO DE LABORATORIO RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN, PRIMER MODELO DE UNIÓN EN GUADUA							
FECHA	26/03/2019	MUESTRA	#1	TEMPERATURA	19		
ORIGEN	ARMENIA QUINDÍO	MAQUINA	MTS	HUMEDAD RELATIVA	95		
ENSAYO REALIZADO	COMPRESIÓN			RESISTENCIA FINAL	47.586	KN	
DIÁMETRO		5	cm	EXTENSIÓN FINAL	22.219	mm	
REGISTRO FOTOGRÁFICO ANTES DE FALLA				REGISTRO FOTOGRÁFICO DESPUÉS DE LA FALLA			
							
							
RESPONSABLES: (LEIDY KATHERINE CUBIDES ALFONSO CÓD. 507109) (HENRY YESID GAMBA GIL CÓD. 505183)							
OBSERVACIONES: La probeta de menor diámetro experimentó una fractura paralela a las fibras, pero la probeta exterior de mayor diámetro no presentó variaciones en su superficie. La probeta alcanzó su mayor resistencia y falló en su componente de menor diámetro.							






Fuente: Cubides K. & Gamba H.; 2019. (Gil, 2019)

Tabla 12 Ensayo compresión paralela a la fibra; modelo 1, probeta 2 de 5cm.

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA FACULTAD DE INGENIERÍA DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA						 U CATÓLICA <small>de Colombia</small>	
ENSAYO DE LABORATORIO RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN, PRIMER MODELO DE UNIÓN EN GUADUA							
FECHA	26/03/2019	MUESTRA	#2	TEMPERATURA			19
ORIGEN	ARMENIA QUINDÍO	MAQUINA	MTS	HUMEDAD RELATIVA			95
ENSAYO REALIZADO	COMPRESIÓN			RESISTENCIA FINAL	43.881	KN	
DIÁMETRO		5	cm	EXTENSIÓN FINAL	11.998	mm	
REGISTRO FOTOGRÁFICO ANTES DE FALLA				REGISTRO FOTOGRÁFICO DESPUÉS DE LA FALLA			
							
							
RESPONSABLES: (LEIDY KATHERINE CUBIDES ALFONSO CÓD. 507109) (HENRY YESID GAMBA GIL CÓD. 505183)							
OBSERVACIONES: La probeta presentó una fisura paralela a las fibras al momento del fraguado del mortero. Al realizar el ensayo la probeta de menor diámetro se fisuro paralelo a las fibras de la guadua.							

Fuente: Cubides K. & Gamba H.; 2019.

Tabla 13 Ensayo compresión paralela a la fibra; modelo 1, probeta 3 de 5cm.

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA FACULTAD DE INGENIERÍA DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA						 U CATÓLICA <small>de Colombia</small>	
ENSAYO DE LABORATORIO RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN, PRIMER MODELO DE UNIÓN EN GUADUA							
FECHA	26/03/2019	MUESTRA	#3	TEMPERATURA	19		
ORIGEN	ARMENIA QUINDÍO	MAQUINA	MTS	HUMEDAD RELATIVA	95		
ENSAYO REALIZADO	COMPRESIÓN			RESISTENCIA FINAL	57.987	KN	
DIÁMETRO	5 cm			EXTENSIÓN FINAL	16.998	mm	
REGISTRO FOTOGRÁFICO ANTES DE FALLA				REGISTRO FOTOGRÁFICO DESPUÉS DE LA FALLA			
							
							
RESPONSABLES: (LEIDY KATHERINE CUBIDES ALFONSO CÓD. 507109) (HENRY YESID GAMBA GIL CÓD. 505183)							
OBSERVACIONES: La probeta de menor diámetro presentó compresión, seguido de una fisura o fractura paralela a las fibras de la guadua. La probeta alcanzó su mayor resistencia y falló.							

Fuente: Cubides K. & Gamba H.; 2019.

Tabla 14 Ensayo compresión paralela a la fibra; modelo 1, probeta 10 de 10cm.

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA					
FACULTAD DE INGENIERÍA					
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL					
LABORATORIO DE MECÁNICA					
					
ENSAYO DE LABORATORIO RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN, PRIMER MODELO DE UNIÓN EN GUADUA					
FECHA	26/03/2019	MUESTRA	#10	TEMPERATURA	19
ORIGEN	ARMENIA QUINDÍO	MAQUINA	MTS	HUMEDAD RELATIVA	95
ENSAYO REALIZADO	COMPRESIÓN		RESISTENCIA FINAL	47.093	KN
DIÁMETRO	10	cm	EXTENSIÓN FINAL	24.505	mm
REGISTRO FOTOGRÁFICO ANTES DE FALLA			REGISTRO FOTOGRÁFICO DESPUÉS DE LA FALLA		
					
					
RESPONSABLES: (LEIDY KATHERINE CUBIDES ALFONSO CÓD. 507109) (HENRY YESID GAMBA GIL CÓD. 505183)					
OBSERVACIONES: La probeta al momento del secado del mortero, presentó una fisura paralela a las fibras de la guadua; por lo cual al momento del ensayo se separó la guadua de mayor diámetro del mortero de pega y la guadua de menor se fisuro paralelo a las fibras produciendo 3 caras planas de la guadua rolliza.					

Fuente: Cubides K. & Gamba H.; 2019.

Tabla 15 Ensayo compresión paralela a la fibra; modelo 1, probeta 11 de 10cm.

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA FACULTAD DE INGENIERÍA DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA				 U CATÓLICA <small>de Colombia</small>	
ENSAYO DE LABORATORIO RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN, PRIMER MODELO DE UNIÓN EN GUADUA					
FECHA	26/03/2019	MUESTRA	#11	TEMPERATURA	19
ORIGEN	ARMENIA QUINDÍO	MAQUINA	MTS	HUMEDAD RELATIVA	95
ENSAYO REALIZADO	COMPRESIÓN	RESISTENCIA FINAL	44.975	KN	
DIÁMETRO	10	cm	EXTENSIÓN FINAL	11.977	mm
REGISTRO FOTOGRÁFICO ANTES DE FALLA			REGISTRO FOTOGRÁFICO DESPUÉS DE LA FALLA		
					
					
RESPONSABLES: (LEIDY KATHERINE CUBIDES ALFONSO CÓD. 507109) (HENRY YESID GAMBA GIL CÓD. 505183)					
OBSERVACIONES: La probeta experimento una falla inicial de perdida de altura, posteriormente se produjo fractura paralela a las fibras de la guadua de mayor diámetro . La probeta alcanzo su mayor resistencia y fallo.					





Fuente: Cubides K. & Gamba H.; 2019.

Tabla 16 Ensayo compresión paralela a la fibra; modelo 1, probeta 12 de 10cm.

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA FACULTAD DE INGENIERÍA DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA						 U CATÓLICA <small>de Colombia</small>
ENSAYO DE LABORATORIO RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN, PRIMER MODELO DE UNIÓN EN GUADUA						
FECHA	26/03/2019	MUESTRA	#12	TEMPERATURA	19	
ORIGEN	ARMENIA QUINDÍO	MAQUINA	MTS	HUMEDAD RELATIVA	95	
ENSAYO REALIZADO	COMPRESIÓN		RESISTENCIA FINAL	51.235	KN	
DIÁMETRO	10	cm	EXTENSIÓN FINAL	18.194	mm	
REGISTRO FOTOGRÁFICO ANTES DE FALLA			REGISTRO FOTOGRÁFICO DESPUÉS DE LA FALLA			
						
						
RESPONSABLES: (LEIDY KATHERINE CUBIDES ALFONSO CÓD. 507109) (HENRY YESID GAMBA GIL CÓD. 505183)						
OBSERVACIONES: La probeta se fractura paralelo a las fibras de la guadua de mayor diámetro. La probeta alcanzó su mayor resistencia y falló.						

Fuente: Cubides K. & Gamba H.; 2019.

Tabla 17 Ensayo corte perpendicular a la fibra; modelo 1, probeta 4 de 5cm.

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA FACULTAD DE INGENIERÍA DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA					 U CATÓLICA de Colombia	
ENSAYO DE LABORATORIO CORTE PERPENDICULAR A LA FIBRA, PRIMER MODELO DE UNIÓN EN GUADUA						
FECHA	26/03/2019	MUESTRA	#4	TEMPERATURA	19	
ORIGEN	ARMENIA QUINDÍO	MAQUINA	MTS	HUMEDAD RELATIVA	95	
ENSAYO REALIZADO	CORTE PERPENDICULAR		RESISTENCIA FINAL	76.302	KN	
DIÁMETRO	5 cm		EXTENSIÓN FINAL	17.998	mm	
REGISTRO FOTOGRÁFICO ANTES DE FALLA			REGISTRO FOTOGRÁFICO DESPUÉS DE LA FALLA			
						
						
RESPONSABLES: (LEIDY KATHERINE CUBIDES ALFONSO CÓD. 507109) (HENRY YESID GAMBA GIL CÓD. 505183)						
OBSERVACIONES: La probeta de mayor diámetro experimentó compresión mínima. La probeta alcanzó su mayor resistencia y falló sin afectar físicamente la unión interna de menor diámetro.						






Fuente: Cubides K. & Gamba H.; 2019.

Tabla 18 Ensayo corte perpendicular a la fibra; modelo 1, probeta 5 de 5cm.

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA FACULTAD DE INGENIERÍA DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA				 U CATÓLICA <small>de Colombia</small>	
ENSAYO DE LABORATORIO CORTE PERPENDICULAR A LA FIBRA, PRIMER MODELO DE UNIÓN EN GUADUA					
FECHA	26/03/2019	MUESTRA	#5	TEMPERATURA	19
ORIGEN	ARMENIA QUINDÍO	MAQUINA	MTS	HUMEDAD RELATIVA	95
ENSAYO REALIZADO	CORTE PERPENDICULAR		RESISTENCIA FINAL	75.354	KN
DIÁMETRO	5 cm		EXTENSIÓN FINAL	11.559	mm
REGISTRO FOTOGRÁFICO ANTES DE FALLA			REGISTRO FOTOGRÁFICO DESPUÉS DE LA FALLA		
					
					
RESPONSABLES: (LEIDY KATHERINE CUBIDES ALFONSO CÓD. 507109) (HENRY YESID GAMBA GIL CÓD. 505183)					
OBSERVACIONES: La probeta de mayor diámetro presentó una fisura paralela a sus fibras al momento del fraguado del mortero, al momento del ensayo la probeta presentó compresión mínima, generando fisuras paralelas a las fibras de la guadua.					


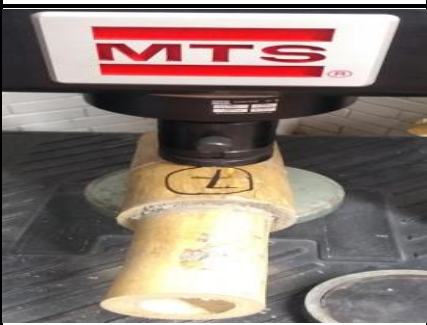



Fuente: Cubides K. & Gamba H.; 2019.

Tabla 19 Ensayo corte perpendicular a la fibra; modelo 1, probeta 6 de 5cm.

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA FACULTAD DE INGENIERÍA DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA				 U CATÓLICA de Colombia	
ENSAYO DE LABORATORIO CORTE PERPENDICULAR A LA FIBRA, PRIMER MODELO DE UNIÓN EN GUADUA					
FECHA	26/03/2019	MUESTRA	#6	TEMPERATURA	19
ORIGEN	ARMENIA QUINDÍO	MAQUINA	MTS	HUMEDAD RELATIVA	95
ENSAYO REALIZADO	CORTE PERPENDICULAR	RESISTENCIA FINAL	77.586	KN	
DIÁMETRO	5	cm	EXTENSIÓN FINAL	20.641	mm
REGISTRO FOTOGRÁFICO ANTES DE FALLA			REGISTRO FOTOGRÁFICO DESPUÉS DE LA FALLA		
					
					
RESPONSABLES: (LEIDY KATHERINE CUBIDES ALFONSO CÓD. 507109) (HENRY YESID GAMBA GIL CÓD. 505183)					
OBSERVACIONES: La probeta de mayor diámetro experimentó compresión mínima, generando fisuras paralelas a las fibras de la guadua. La probeta alcanzó su mayor resistencia y falló sin afectar físicamente la unión interna de menor diámetro.					

Fuente: Cubides K. & Gamba H.; 2019.

Tabla 20 Ensayo corte perpendicular a la fibra; modelo 1, probeta 7 de 10cm.

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA FACULTAD DE INGENIERÍA DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA					 U CATÓLICA de Colombia	
ENSAYO DE LABORATORIO CORTE PERPENDICULAR A LA FIBRA, PRIMER MODELO DE UNIÓN EN GUADUA						
FECHA	26/03/2019	MUESTRA	#7	TEMPERATURA	19	
ORIGEN	ARMENIA QUINDÍO	MAQUINA	MTS	HUMEDAD RELATIVA	95	
ENSAYO REALIZADO	CORTE PERPENDICULAR		RESISTENCIA FINAL	127.323	KN	
DIÁMETRO	10 cm		EXTENSIÓN FINAL	23.978	mm	
REGISTRO FOTOGRÁFICO ANTES DE FALLA			REGISTRO FOTOGRÁFICO DESPUÉS DE LA FALLA			
						
						
RESPONSABLES: (LEIDY KATHERINE CUBIDES ALFONSO CÓD. 507109) (HENRY YESID GAMBA GIL CÓD. 505183)						
OBSERVACIONES: La probeta de mayor diámetro experimentó compresión, generando fisuras paralelas a su superficie. La probeta alcanzó su mayor resistencia y falló sin afectar físicamente la unión interna de menor diámetro.						






Fuente: Cubides K. & Gamba H.; 2019.

Tabla 21 Ensayo corte perpendicular a la fibra; modelo 1, probeta 8 de 10cm.

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA FACULTAD DE INGENIERÍA DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA					 U CATÓLICA de Colombia	
ENSAYO DE LABORATORIO CORTE PERPENDICULAR A LA FIBRA, PRIMER MODELO DE UNIÓN EN GUADUA						
FECHA	26/03/2019	MUESTRA	#8	TEMPERATURA	19	
ORIGEN	ARMENIA QUINDÍO	MAQUINA	MTS	HUMEDAD RELATIVA	95	
ENSAYO REALIZADO	CORTE PERPENDICULAR		RESISTENCIA FINAL	111.366	KN	
DIÁMETRO	10 cm		EXTENSIÓN FINAL	21.017	mm	
REGISTRO FOTOGRÁFICO ANTES DE FALLA			REGISTRO FOTOGRÁFICO DESPUÉS DE LA FALLA			
						
						
RESPONSABLES: (LEIDY KATHERINE CUBIDES ALFONSO CÓD. 507109) (HENRY YESID GAMBA GIL CÓD. 505183)						
OBSERVACIONES: La probeta de mayor diámetro al momento del fraguado del mortero, presentó fisuras paralelas a la fibra de la guadua; al momento del ensayo la guadua presentó compresión mínima generando fisuras en su superficie. La probeta alcanzó su mayor resistencia y falló sin afectar físicamente la unión interna de menor diámetro.						

Fuente: Cubides K. & Gamba H.; 2019.

Tabla 22 Ensayo corte perpendicular a la fibra; modelo 1, probeta 9 de 10cm.

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA				 U CATÓLICA <small>de Colombia</small>	
FACULTAD DE INGENIERÍA					
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL					
LABORATORIO DE MECÁNICA					
ENSAYO DE LABORATORIO CORTE PERPENDICULAR A LA FIBRA, PRIMER MODELO DE UNIÓN EN GUADUA					
FECHA	26/03/2019	MUESTRA	#9	TEMPERATURA	19
ORIGEN	ARMENIA QUINDIO	MAQUINA	MTS	HUMEDAD RELATIVA	95
ENSAYO REALIZADO	CORTE PERPENDICULAR		RESISTENCIA FINAL	107.235	KN
DIAMETRO	10 cm		EXTENSION FINAL	25.323	mm
REGISTRO FOTOGRÁFICO ANTES DE FALLA 			REGISTRO FOTOGRÁFICO DESPUÉS DE LA FALLA 		
					
RESPONSABLES: (LEIDY KATHERINE CUBIDES ALFONSO CÓD. 507109) (HENRY YESID GAMBA GIL CÓD. 505183)					
OBSERVACIONES: La probeta de mayor diámetro al momento del fraguado del mortero, presentó fisuras paralelas a la fibra de la guadua; al momento del ensayo la guadua presentó compresión mínima generando fisuras en su superficie. La probeta alcanzó su mayor resistencia y falló sin afectar físicamente la unión interna de menor diámetro.					

Fuente: Cubides K. & Gamba H.; 2019.




5.4.2. Ensayos de laboratorio modelo 2.

Tabla 23 Ensayo compresión a la fibra; modelo 2, probeta 13 de 5cm.

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA FACULTAD DE INGENIERÍA DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA						 U CATÓLICA <small>de Colombia</small>	
ENSAYO DE LABORATORIO RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN, SEGUNDO MODELO DE UNIÓN EN GUADUA							
FECHA	27/03/2019	MUESTRA	#13	TEMPERATURA	19		
ORIGEN	ARMENIA QUINDÍO	MAQUINA	MTS	HUMEDAD RELATIVA	95		
ENSAYO REALIZADO	COMPRESIÓN			RESISTENCIA FINAL	37.969	KN	
DIÁMETRO	5	cm		EXTENSIÓN FINAL	24.495	mm	
REGISTRO FOTOGRÁFICO ANTES DE FALLA				REGISTRO FOTOGRÁFICO DESPUÉS DE LA FALLA			
							
							
RESPONSABLES: (LEIDY KATHERINE CUBIDES ALFONSO CÓD. 507109) (HENRY YESID GAMBA GIL CÓD. 505183)							
OBSERVACIONES: La probeta de menor diámetro se fracturo paralelo a las fibras de la guadua, produciendo la factura total de una cara de la guadua. La probeta de mayor diámetro no presentó ninguna falla en su superficie.							






Fuente: Cubides K. & Gamba H.; 2019.

Tabla 24 Ensayo compresión a la fibra; modelo 2, probeta 14 de 5cm.

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA FACULTAD DE INGENIERÍA DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA						 U CATÓLICA <small>de Colombia</small>	
ENSAYO DE LABORATORIO RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN, SEGUNDO MODELO DE UNIÓN EN GUADUA							
FECHA	27/03/2019	MUESTRA	#14	TEMPERATURA	19		
ORIGEN	ARMENIA QUINDÍO	MAQUINA	MTS	HUMEDAD RELATIVA	95		
ENSAYO REALIZADO	COMPRESIÓN			RESISTENCIA FINAL	36.250	KN	
DIÁMETRO		5	cm	EXTENSIÓN FINAL	9.977	mm	
REGISTRO FOTOGRÁFICO ANTES DE FALLA				REGISTRO FOTOGRÁFICO DESPUÉS DE LA FALLA			
							
							
RESPONSABLES: (LEIDY KATHERINE CUBIDES ALFONSO CÓD. 507109) (HENRY YESID GAMBA GIL CÓD. 505183)							
OBSERVACIONES: La probeta de menor diámetro se fracturó paralelo a las fibras de la guadua, produciendo la factura total de una cara de la guadua. La probeta de mayor diámetro no presentó ninguna falla en su superficie.							






Fuente: Cubides K. & Gamba H.; 2019.

Tabla 25 Ensayo compresión a la fibra; modelo 2, probeta 15 de 5cm.

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA FACULTAD DE INGENIERÍA DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA					 U CATÓLICA <small>de Colombia</small>
ENSAYO DE LABORATORIO RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN, SEGUNDO MODELO DE UNIÓN EN GUADUA					
FECHA	27/03/2019	MUESTRA	#15	TEMPERATURA	19
ORIGEN	ARMENIA QUINDÍO	MAQUINA	MTS	HUMEDAD RELATIVA	95
ENSAYO REALIZADO	COMPRESIÓN		RESISTENCIA FINAL	34.078	KN
DIÁMETRO	5 cm		EXTENSIÓN FINAL	11.977	mm
REGISTRO FOTOGRÁFICO ANTES DE FALLA			REGISTRO FOTOGRÁFICO DESPUÉS DE LA FALLA		
					
					
RESPONSABLES: (LEIDY KATHERINE CUBIDES ALFONSO CÓD. 507109) (HENRY YESID GAMBA GIL CÓD. 505183)					
OBSERVACIONES: La probeta de menor diámetro presentó fisuras al momento del fraguado del mortero; al momento del ensayo la probeta de menor diámetro se fracturó paralelo a las fibras de la guadua, produciendo la factura total de una cara de la guadua. La probeta de mayor diámetro no presentó ninguna falla en su superficie.					






Fuente: Cubides K. & Gamba H.; 2019.

Tabla 26 Ensayo compresión a la fibra; modelo 2, probeta 19 de 10cm.

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA FACULTAD DE INGENIERÍA DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA				 U CATÓLICA <small>de Colombia</small>	
ENSAYO DE LABORATORIO RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN, SEGUNDO MODELO DE UNIÓN EN GUADUA					
FECHA	08/04/2019	MUESTRA	#19	TEMPERATURA	19
ORIGEN	ARMENIA QUINDÍO	MAQUINA	MTS	HUMEDAD RELATIVA	95
ENSAYO REALIZADO	COMPRESIÓN		RESISTENCIA FINAL	95.920	KN
DIÁMETRO	10	cm	EXTENSIÓN FINAL	14.620	mm
REGISTRO FOTOGRÁFICO ANTES DE FALLA			REGISTRO FOTOGRÁFICO DESPUÉS DE LA FALLA		
					
					
RESPONSABLES: (LEIDY KATHERINE CUBIDES ALFONSO CÓD. 507109) (HENRY YESID GAMBA GIL CÓD. 505183)					
OBSERVACIONES: La probeta de menor diámetro se fracturó paralelo a las fibras de la guadua, produciendo la factura total de una cara de la guadua. La probeta de mayor diámetro no presentó ninguna falla en su superficie.					

Fuente: Cubides K. & Gamba H.; 2019.

Tabla 27 Ensayo compresión a la fibra; modelo 2, probeta 20 de 10cm.

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA FACULTAD DE INGENIERÍA DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA						 U CATÓLICA <small>de Colombia</small>
ENSAYO DE LABORATORIO RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN, SEGUNDO MODELO DE UNIÓN EN GUADUA						
FECHA	08/04/2019	MUESTRA	#20	TEMPERATURA	19	
ORIGEN	ARMENIA QUINDÍO	MAQUINA	MTS	HUMEDAD RELATIVA	95	
ENSAYO REALIZADO	COMPRESIÓN			RESISTENCIA FINAL	52.594	KN
DIÁMETRO	10 cm			EXTENSIÓN FINAL	16.894	mm
REGISTRO FOTOGRÁFICO ANTES DE FALLA			REGISTRO FOTOGRÁFICO DESPUÉS DE LA FALLA			
						
						
RESPONSABLES: (LEIDY KATHERINE CUBIDES ALFONSO CÓD. 507109) (HENRY YESID GAMBA GIL CÓD. 505183)						
OBSERVACIONES: : La probeta de mayor diámetro presentó fisuras al momento del fraguado del mortero; al momento del ensayo la probeta de menor diámetro se fracturó paralelo a las fibras de la guadua, produciendo la factura total de una cara de la guadua. La probeta de mayor diámetro se						






Fuente: Cubides K. & Gamba H.; 2019.

Tabla 28 Ensayo compresión a la fibra; modelo 2, probeta 21 de 10cm.

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA FACULTAD DE INGENIERÍA DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA						 U CATÓLICA <small>de Colombia</small>	
ENSAYO DE LABORATORIO RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN, SEGUNDO MODELO DE UNIÓN EN GUADUA							
FECHA	08/04/2019	MUESTRA	#21	TEMPERATURA	19		
ORIGEN	ARMENIA QUINDÍO	MAQUINA	MTS	HUMEDAD RELATIVA	95		
ENSAYO REALIZADO	COMPRESIÓN		RESISTENCIA FINAL	57.987	KN		
DIÁMETRO	10	cm	EXTENSIÓN FINAL	16.998	mm		
REGISTRO FOTOGRÁFICO ANTES DE FALLA				REGISTRO FOTOGRÁFICO DESPUÉS DE LA FALLA			
							
							
RESPONSABLES: (LEIDY KATHERINE CUBIDES ALFONSO CÓD. 507109) (HENRY YESID GAMBA GIL CÓD. 505183)							
OBSERVACIONES: La probeta de mayor diámetro presento fisuras al momento del fraguado del mortero; al momento del ensayo la probeta de menor diámetro se fracturo paralelo a las fibras de la guadua, produciendo la factura total de una cara de la guadua. La probeta de mayor diámetro se fracturo.							

Fuente: Cubides K. & Gamba H.; 2019.

Tabla 29 Ensayo corte perpendicular a la fibra; modelo 2, probeta 16 de 5cm.

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA FACULTAD DE INGENIERÍA DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA					 UCATÓLICA de Colombia	
ENSAYO DE LABORATORIO CORTE PERPENDICULAR A LA FIBRA, SEGUNDO MODELO DE UNIÓN EN GUADUA						
FECHA	27/03/2019	MUESTRA	#16	TEMPERATURA	19	
ORIGEN	ARMENIA QUINDÍO	MAQUINA	MTS	HUMEDAD RELATIVA	95	
ENSAYO REALIZADO	CORTE PERPENDICULAR		RESISTENCIA FINAL	116.943	KN	
DIÁMETRO	5 cm		EXTENSIÓN FINAL	13.739	mm	
REGISTRO FOTOGRÁFICO ANTES DE FALLA			REGISTRO FOTOGRÁFICO DESPUÉS DE LA FALLA			
						
						
RESPONSABLES: (LEIDY KATHERINE CUBIDES ALFONSO CÓD. 507109) (HENRY YESID GAMBA GIL CÓD. 505183)						
OBSERVACIONES: La probeta de menor diámetro al momento del fraguado del mortero, presento fisuras paralelas a la fibra de la guadua; al momento del ensayo la guadua presento compresión máxima generando la separación de la guadua del mortero; además la probeta de mayor diámetro se fracturo y la de menor diámetro se separo de la unión.						

Fuente: Cubides K. & Gamba H.; 2019.

Tabla 30 Ensayo corte perpendicular a la fibra; modelo 2, probeta 17 de 5cm.

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA FACULTAD DE INGENIERÍA DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA					 U CATÓLICA <small>de Colombia</small>
ENSAYO DE LABORATORIO CORTE PERPENDICULAR A LA FIBRA, SEGUNDO MODELO DE UNIÓN EN GUADUA					
FECHA	27/03/2019	MUESTRA	#17	TEMPERATURA	19
ORIGEN	ARMENIA QUINDÍO	MAQUINA	MTS	HUMEDAD RELATIVA	95
ENSAYO REALIZADO	CORTE PERPENDICULAR		RESISTENCIA FINAL	131.427	KN
DIÁMETRO	5 cm		EXTENSIÓN FINAL	19.976	mm
REGISTRO FOTOGRÁFICO ANTES DE FALLA			REGISTRO FOTOGRÁFICO DESPUÉS DE LA FALLA		
					
					
RESPONSABLES: (LEIDY KATHERINE CUBIDES ALFONSO CÓD. 507109) (HENRY YESID GAMBA GIL CÓD. 505183)					
OBSERVACIONES: Al momento del ensayo la guadua presentó compresión máxima generando la separación de la guadua del mortero; además la probeta de mayor diámetro se fracturó y la de menor no presentó afectaciones.					






Fuente: Cubides K. & Gamba H.; 2019.

Tabla 31 Ensayo corte perpendicular a la fibra; modelo 2, probeta 18 de 5cm.

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA FACULTAD DE INGENIERÍA DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA					 U CATÓLICA de Colombia
ENSAYO DE LABORATORIO CORTE PERPENDICULAR A LA FIBRA, SEGUNDO MODELO DE UNIÓN EN GUADUA					
FECHA	27/03/2019	MUESTRA	#18	TEMPERATURA	19
ORIGEN	ARMENIA QUINDÍO	MAQUINA	MTS	HUMEDAD RELATIVA	95
ENSAYO REALIZADO	CORTE PERPENDICULAR		RESISTENCIA FINAL	136.442	KN
DIÁMETRO	5 cm		EXTENSIÓN FINAL	19.739	mm
REGISTRO FOTOGRÁFICO ANTES DE FALLA			REGISTRO FOTOGRÁFICO DESPUÉS DE LA FALLA		
					
					
RESPONSABLES: (LEIDY KATHERINE CUBIDES ALFONSO CÓD. 507109) (HENRY YESID GAMBA GIL CÓD. 505183)					
OBSERVACIONES: La probeta de mayor diámetro al momento del fraguado del mortero, presentó fisuras paralelas a la fibra de la guadua; al momento del ensayo la guadua presentó compresión máxima generando la separación de la guadua del mortero; además la probeta de mayor diámetro se fracturó y la de menor diámetro presentó fisuras paralelas a las fibras.					

Fuente: Cubides K. & Gamba H.; 2019.

Tabla 32 Ensayo corte perpendicular a la fibra; modelo 2, probeta 22 de 10cm.

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA FACULTAD DE INGENIERÍA DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA					 U CATÓLICA <small>de Colombia</small>	
ENSAYO DE LABORATORIO CORTE PERPENDICULAR A LA FIBRA, SEGUNDO MODELO DE UNIÓN EN GUADUA						
FECHA	08/04/2019	MUESTRA	#22	TEMPERATURA	19	
ORIGEN	ARMENIA QUINDÍO	MAQUINA	MTS	HUMEDAD RELATIVA	95	
ENSAYO REALIZADO	CORTE PERPENDICULAR		RESISTENCIA FINAL	94.124	KN	
DIÁMETRO	10 cm		EXTENSIÓN FINAL	14.633	mm	
REGISTRO FOTOGRÁFICO ANTES DE FALLA			REGISTRO FOTOGRÁFICO DESPUÉS DE LA FALLA			
						
						
RESPONSABLES: (LEIDY KATHERINE CUBIDES ALFONSO CÓD. 507109) (HENRY YESID GAMBA GIL CÓD. 505183)						
OBSERVACIONES: La probeta de mayor diámetro al momento del fraguado del mortero, presentó fisuras paralelas a la fibra de la guadua; al momento del ensayo la guadua presentó compresión máxima generando la separación de la guadua del mortero; además la probeta de mayor diámetro se fracturó y la de menor diámetro continuo unida.						






Fuente: Cubides K. & Gamba H.; 2019.

Tabla 33 Ensayo corte perpendicular a la fibra; modelo 2, probeta 23 de 10cm.

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA FACULTAD DE INGENIERÍA DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA				 U CATÓLICA <small>de Colombia</small>	
ENSAYO DE LABORATORIO CORTE PERPENDICULAR A LA FIBRA, SEGUNDO MODELO DE UNIÓN EN GUADUA					
FECHA	08/04/2019	MUESTRA	#23	TEMPERATURA	19
ORIGEN	ARMENIA QUINDÍO	MAQUINA	MTS	HUMEDAD RELATIVA	95
ENSAYO REALIZADO	CORTE PERPENDICULAR		RESISTENCIA FINAL	114.600	KN
DIÁMETRO	10 cm		EXTENSIÓN FINAL	12.015	mm
REGISTRO FOTOGRÁFICO ANTES DE FALLA			REGISTRO FOTOGRÁFICO DESPUÉS DE LA FALLA		
					
					
RESPONSABLES: (LEIDY KATHERINE CUBIDES ALFONSO CÓD. 507109) (HENRY YESID GAMBA GIL CÓD. 505183)					
OBSERVACIONES: Al momento del ensayo la guadua presentó compresión máxima generando la separación de la guadua del mortero; además la probeta de mayor diámetro se fracturó y la de menor diámetro continuo unida.					

Fuente: Cubides K. & Gamba H.; 2019.

Tabla 34 Ensayo corte perpendicular a la fibra; modelo 2, probeta 24 de 10cm.

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA				 U CATÓLICA <small>de Colombia</small>	
FACULTAD DE INGENIERÍA					
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL					
LABORATORIO DE MECÁNICA					
ENSAYO DE LABORATORIO CORTE PERPENDICULAR A LA FIBRA, SEGUNDO MODELO DE UNIÓN EN GUADUA					
FECHA	08/04/2019	MUESTRA	#24	TEMPERATURA	19
ORIGEN	ARMENIA QUINDÍO	MAQUINA	MTS	HUMEDAD RELATIVA	95
ENSAYO REALIZADO	CORTE PERPENDICULAR		RESISTENCIA FINAL	109.562	KN
DIÁMETRO	10 cm		EXTENSIÓN FINAL	15.921	mm
REGISTRO FOTOGRÁFICO ANTES DE FALLA			REGISTRO FOTOGRÁFICO DESPUÉS DE LA FALLA		
					
					
RESPONSABLES: (LEIDY KATHERINE CUBIDES ALFONSO CÓD. 507109) (HENRY YESID GAMBA GIL CÓD. 505183)					
OBSERVACIONES: Al momento del ensayo la guadua presentó compresión máxima generando la separación de la guadua del mortero; además la probeta de mayor diámetro se fracturó y la de menor diámetro continuo unida.					

Fuente: Cubides K. & Gamba H.; 2019.

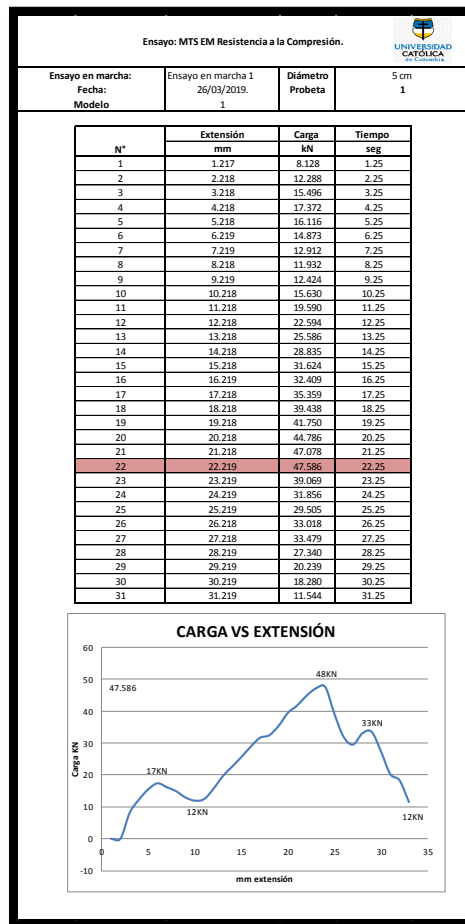
CAPITULO V

6. RESULTADOS.

6.1. RESULTADOS ENSAYO DE LABORATORIO MODELO 1.

Se anexa la información de los resultados obtenidos en la maquina MTS.

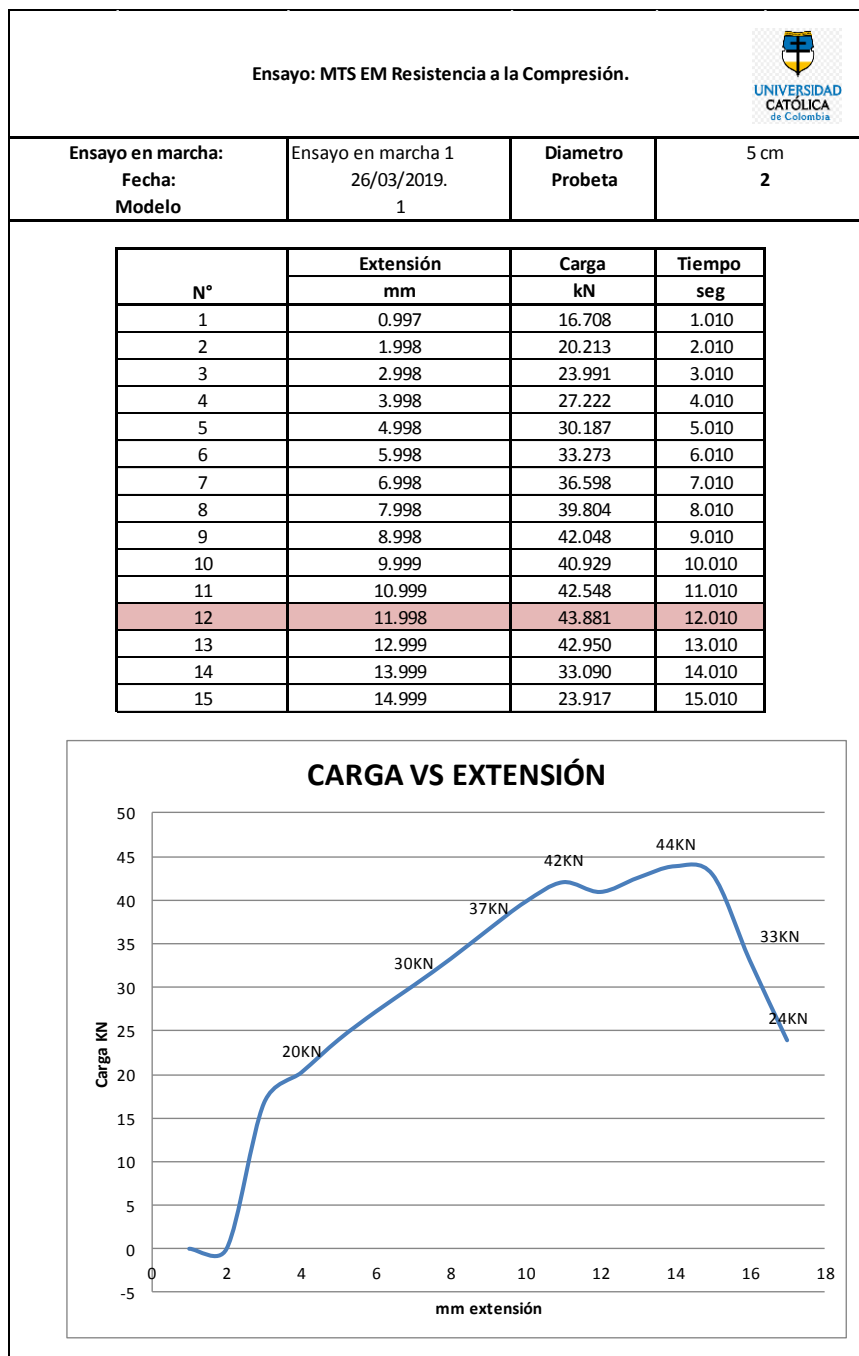
Tabla 35 Resultados ensayo de compresión paralela a la fibra; modelo 1, probeta 1 de 5cm.



Fuente: Cubides K. & Gamba H.; 2019.

La unión 1, en la curva de carga versus extensión, se evidencia un punto de ruptura al inicio del ensayo, pero el material siguió aguantando carga hasta llegar a su punto crítico, donde falla y la gráfica empieza a descender.

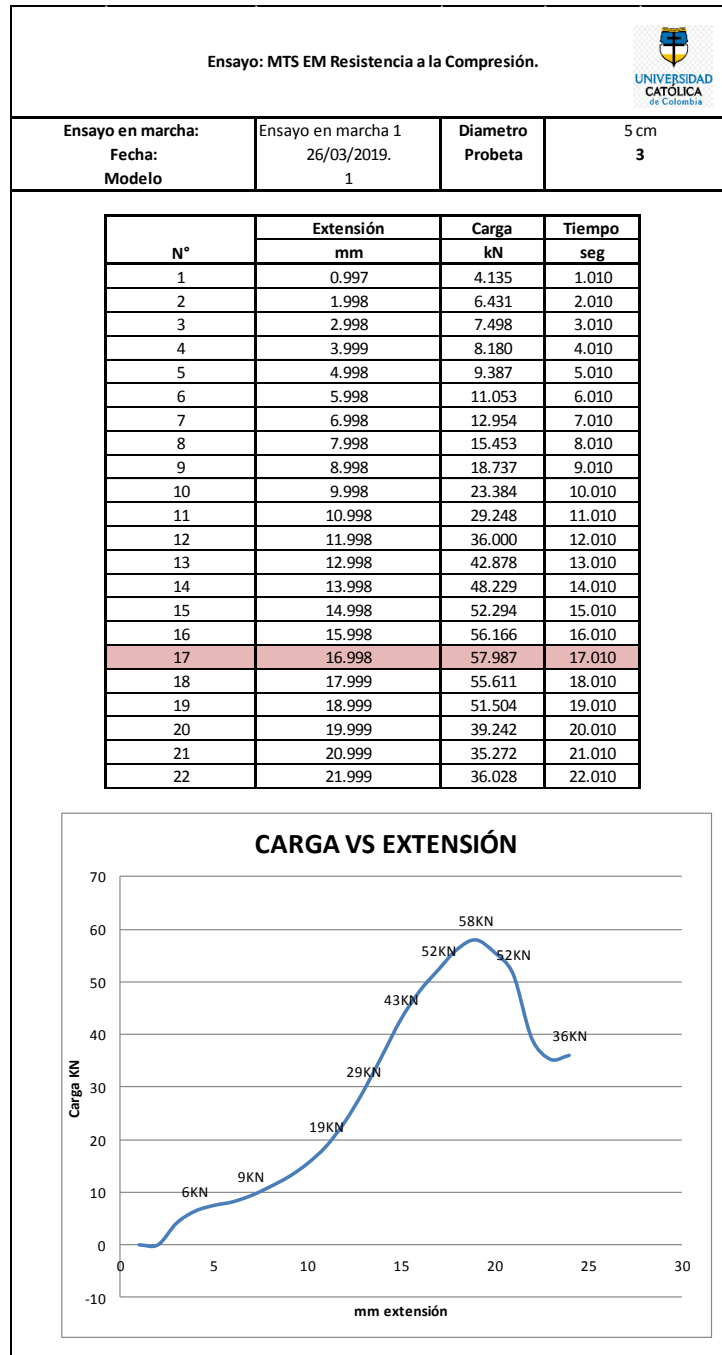
Tabla 36 Resultados ensayo de compresión paralela a la fibra; modelo 1, probeta 2 de 5cm.



Fuente: Cubides K. & Gamba H.; 2019.

La unión 2, en la curva de carga versus extensión, se evidencia una curva ascendiente, donde la carga es menor en comparación a la deformación que sufre el material.

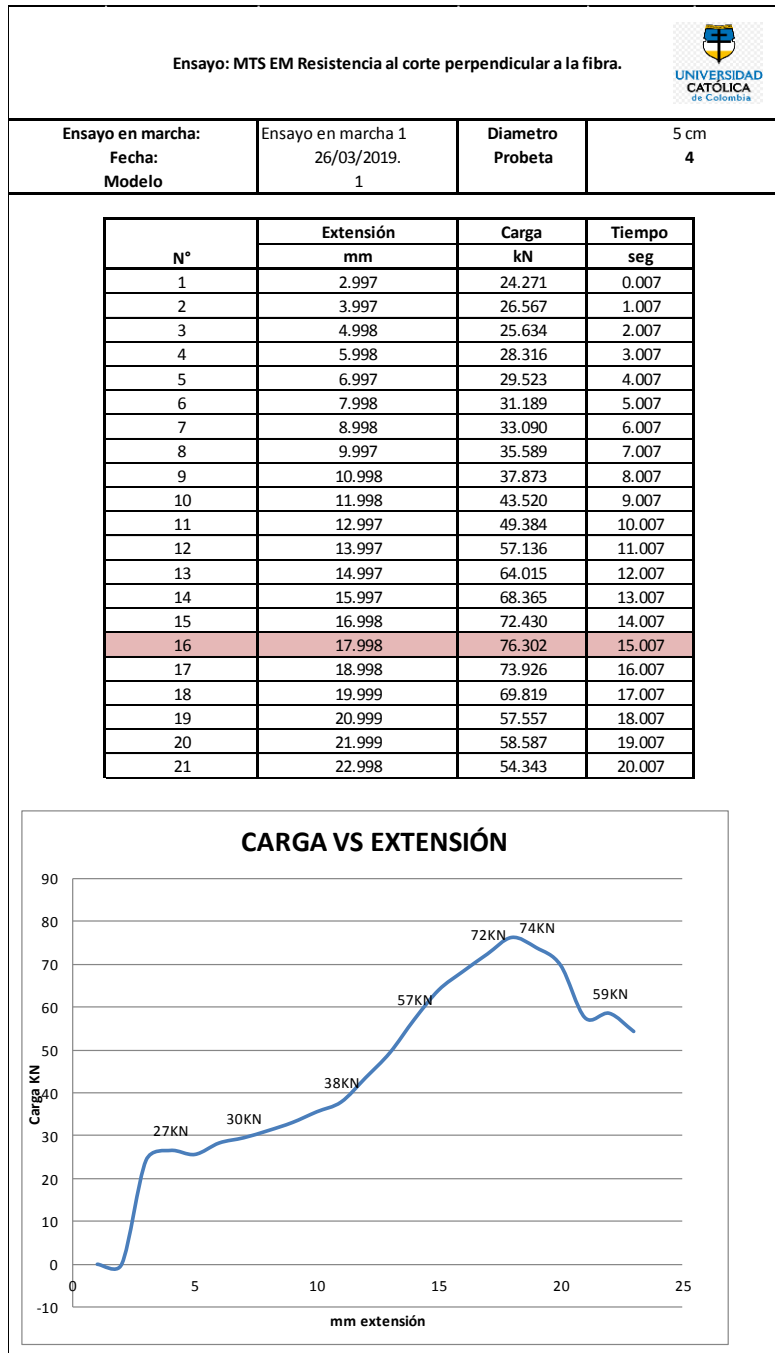
Tabla 37 Resultados ensayo de compresión paralela a la fibra; modelo 1, probeta 3 de 5cm.



Fuente: Cubides K. & Gamba H.; 2019.

La unión 3, en la curva de carga versus extensión, se evidencia una curva donde la carga genera poca deformaciones al material.

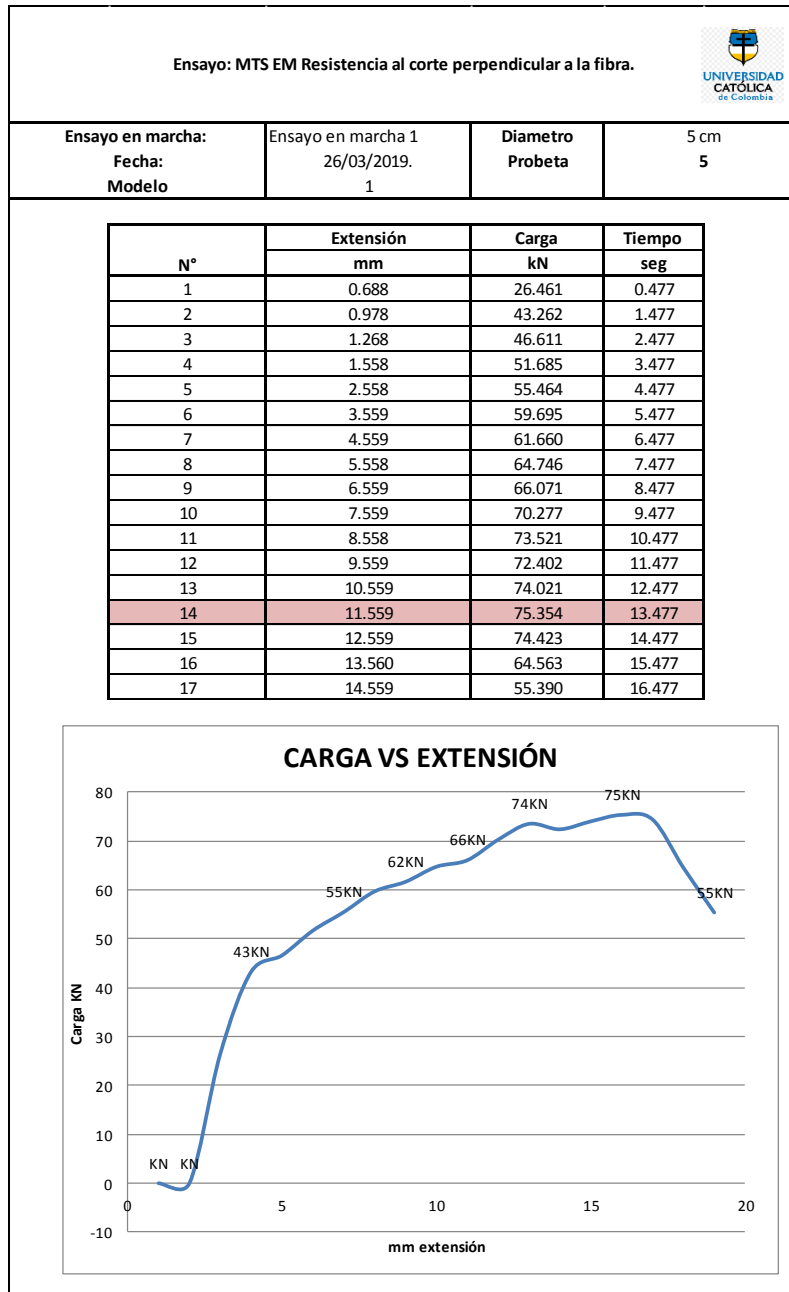
Tabla 38 Resultados ensayo de corte perpendicular a la fibra; modelo 1, probeta 4 de 5cm.



Fuente: Cubides K. & Gamba H.; 2019.

La unión 4, en la curva de carga versus extensión, se evidencia que a cargas pequeñas la deformación es mayor.

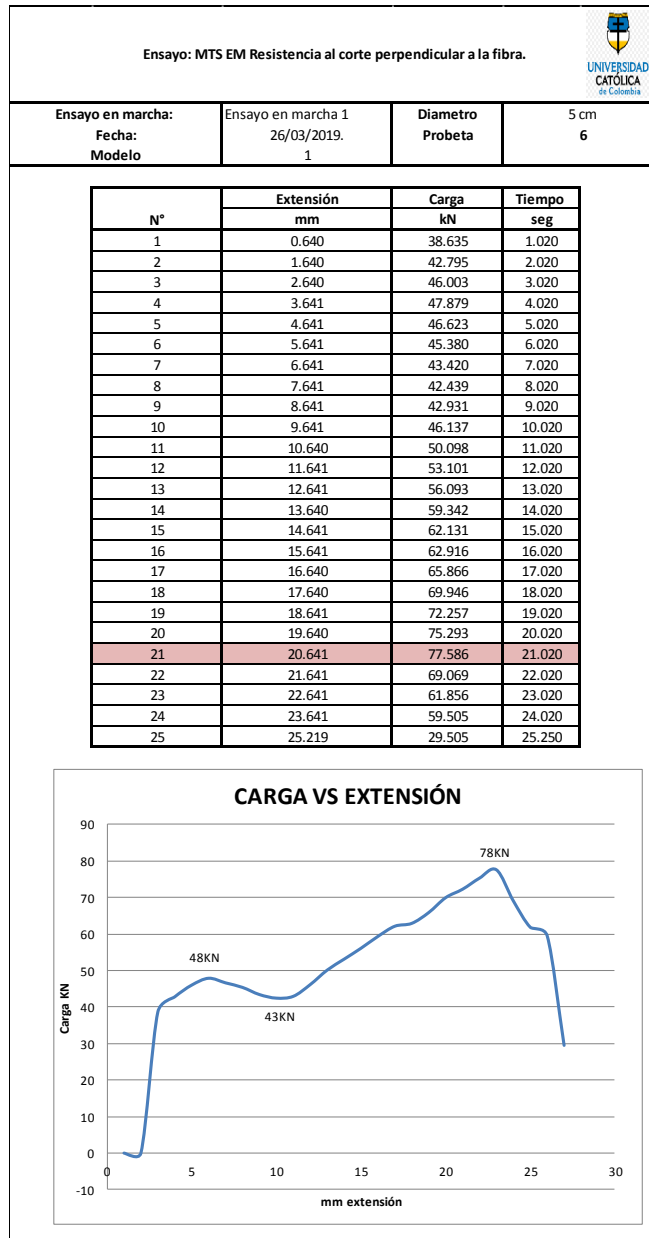
Tabla 39 Resultados ensayo de corte perpendicular a la fibra; modelo 1, probeta 5 de 5cm.



Fuente: Cubides K. & Gamba H.; 2019.

La unión 5, en la curva de carga versus extensión, se evidencia que a cargas pequeñas la deformación es mayor. Además se puede observar que la deformación después del punto crítico el material se deforma proporcional a la carga aplicada.

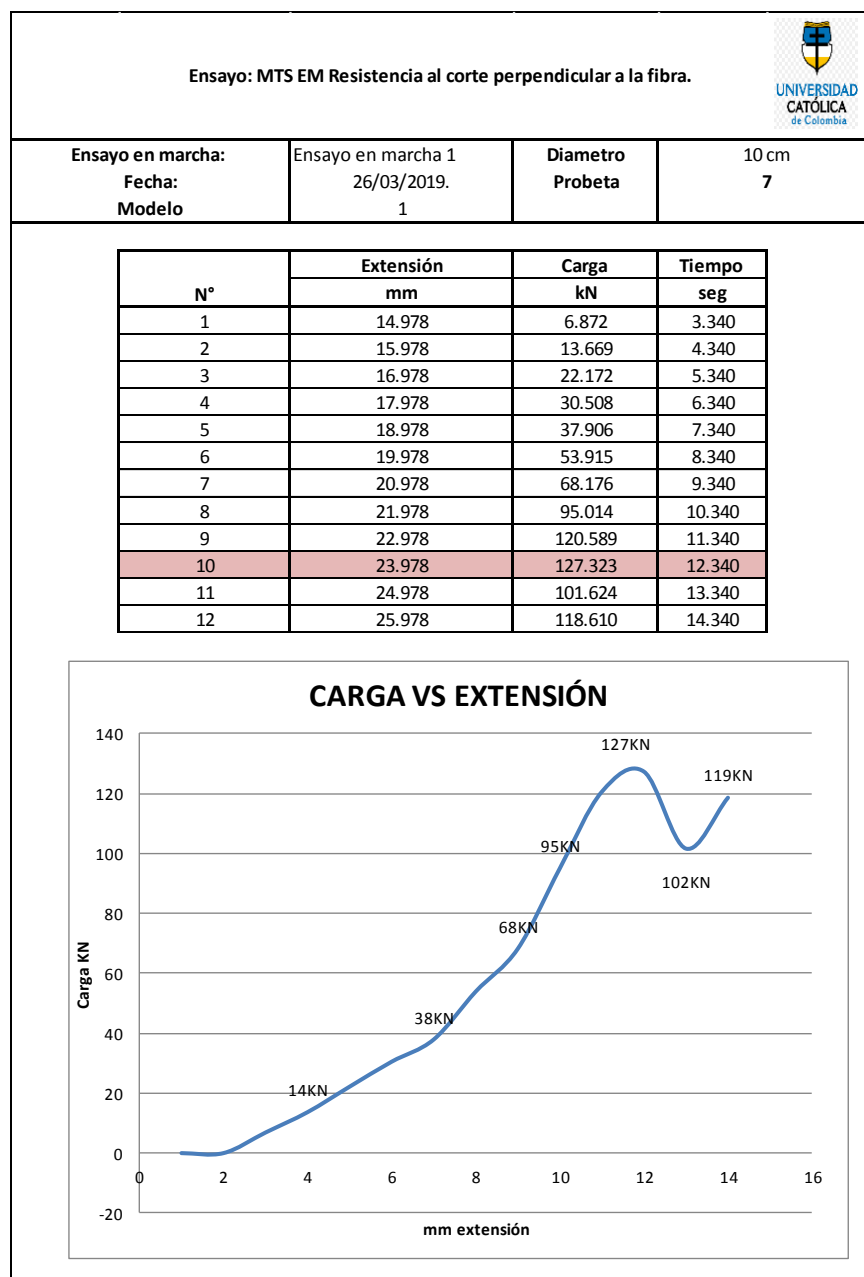
Tabla 40 Resultados ensayo de corte perpendicular a la fibra; modelo 1, probeta 6 de 5cm.



Fuente: Cubides K. & Gamba H.; 2019.

La unión 6, en la curva de carga versus extensión, se evidencia un punto crítico inicial, que dio la idea que el material había fallado, pero la unión se recupera hasta obtener el punto crítico.

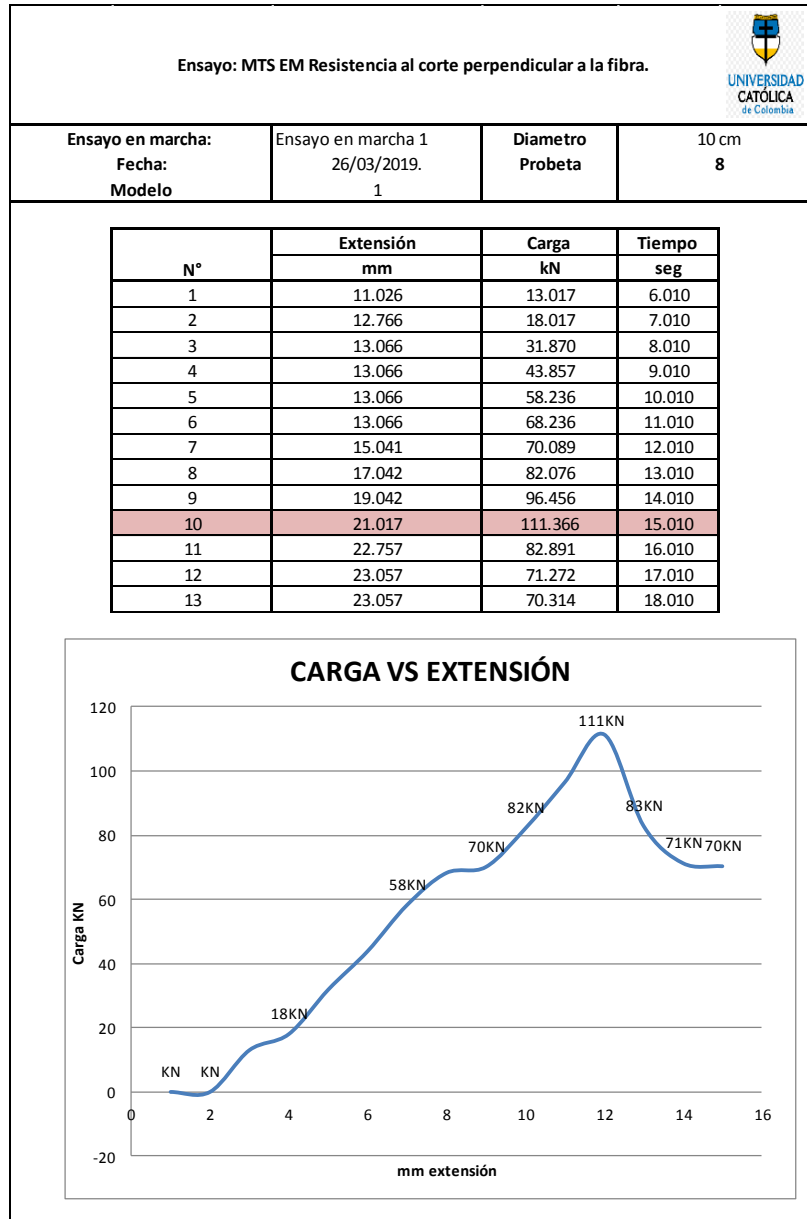
Tabla 41 Resultados ensayo de corte perpendicular a la fibra; modelo 1, probeta 7 de 10cm.



Fuente: Cubides K. & Gamba H.; 2019.

La unión , en la curva de carga versus extensión, se evidencia que a cargas pequeñas la deformación es mínima, llega al punto crítico y desciende.

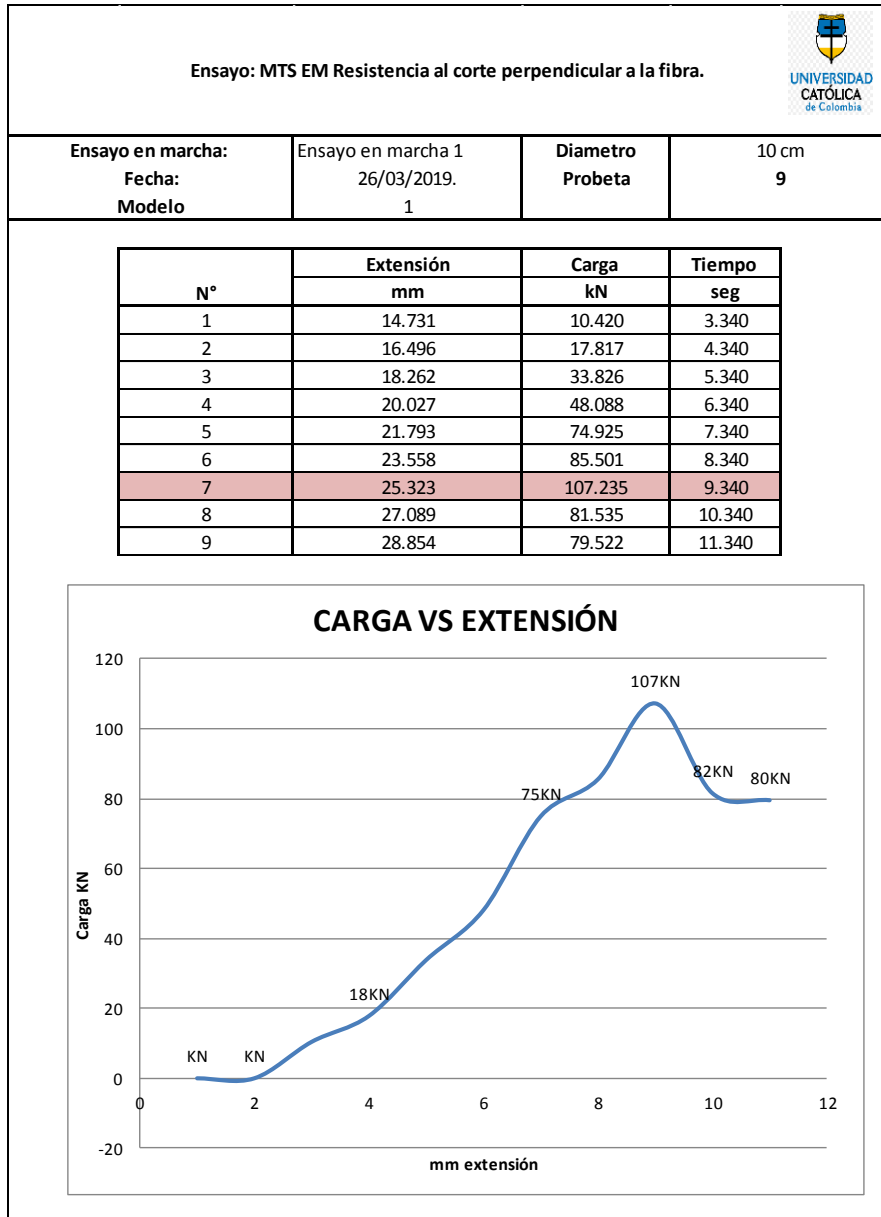
Tabla 42 Resultados ensayo de corte perpendicular a la fibra; modelo 1, probeta 8 de 10cm.



Fuente: Cubides K. & Gamba H.; 2019.

La unión 8, en la curva de carga versus extensión, se evidencia la deformación es proporcional a la carga aplicada.

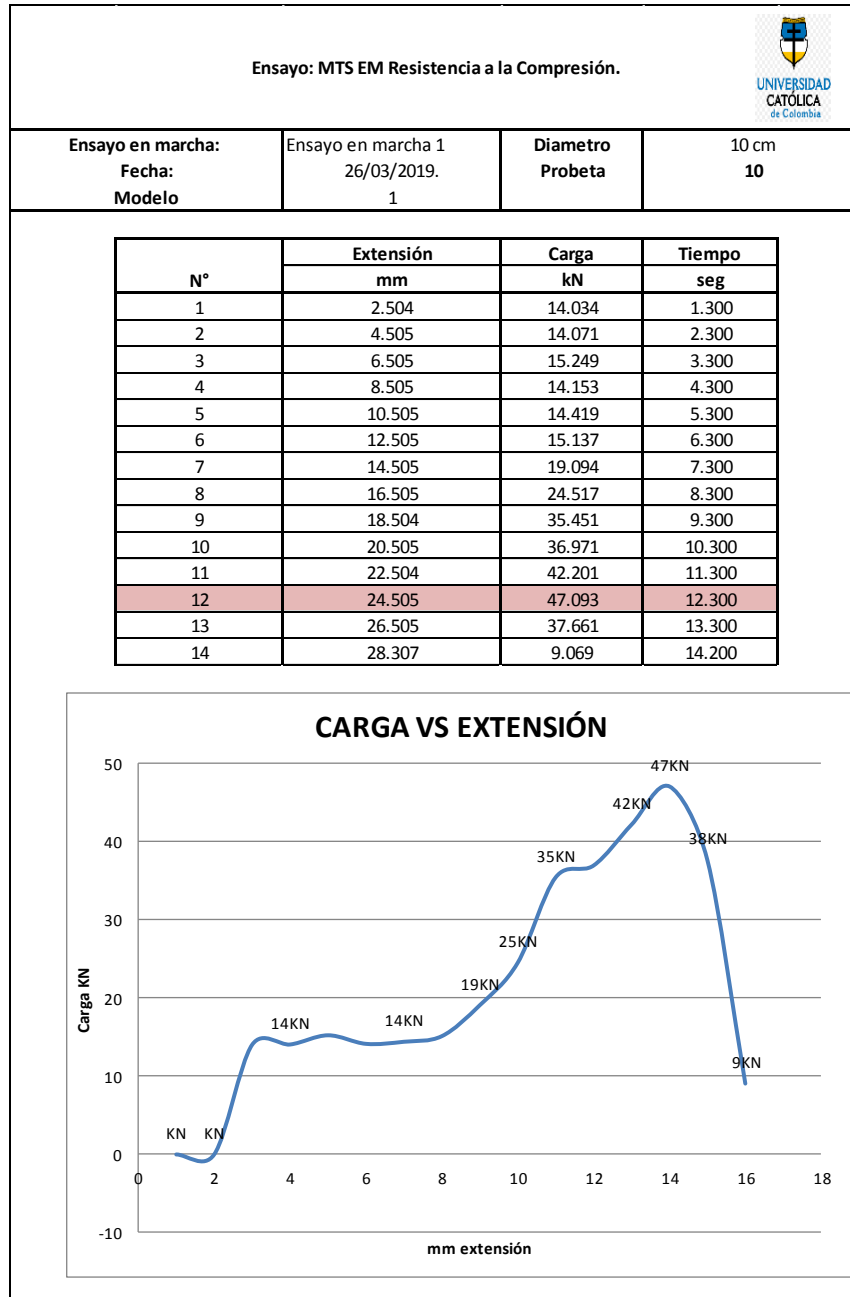
Tabla 43 Resultados ensayo de corte perpendicular a la fibra; modelo 1, probeta 9 de 10cm.



Fuente: Cubides K. & Gamba H.; 2019.

La unión 9, en la curva de carga versus extensión, se evidencia la deformación es proporcional a la carga aplicada.

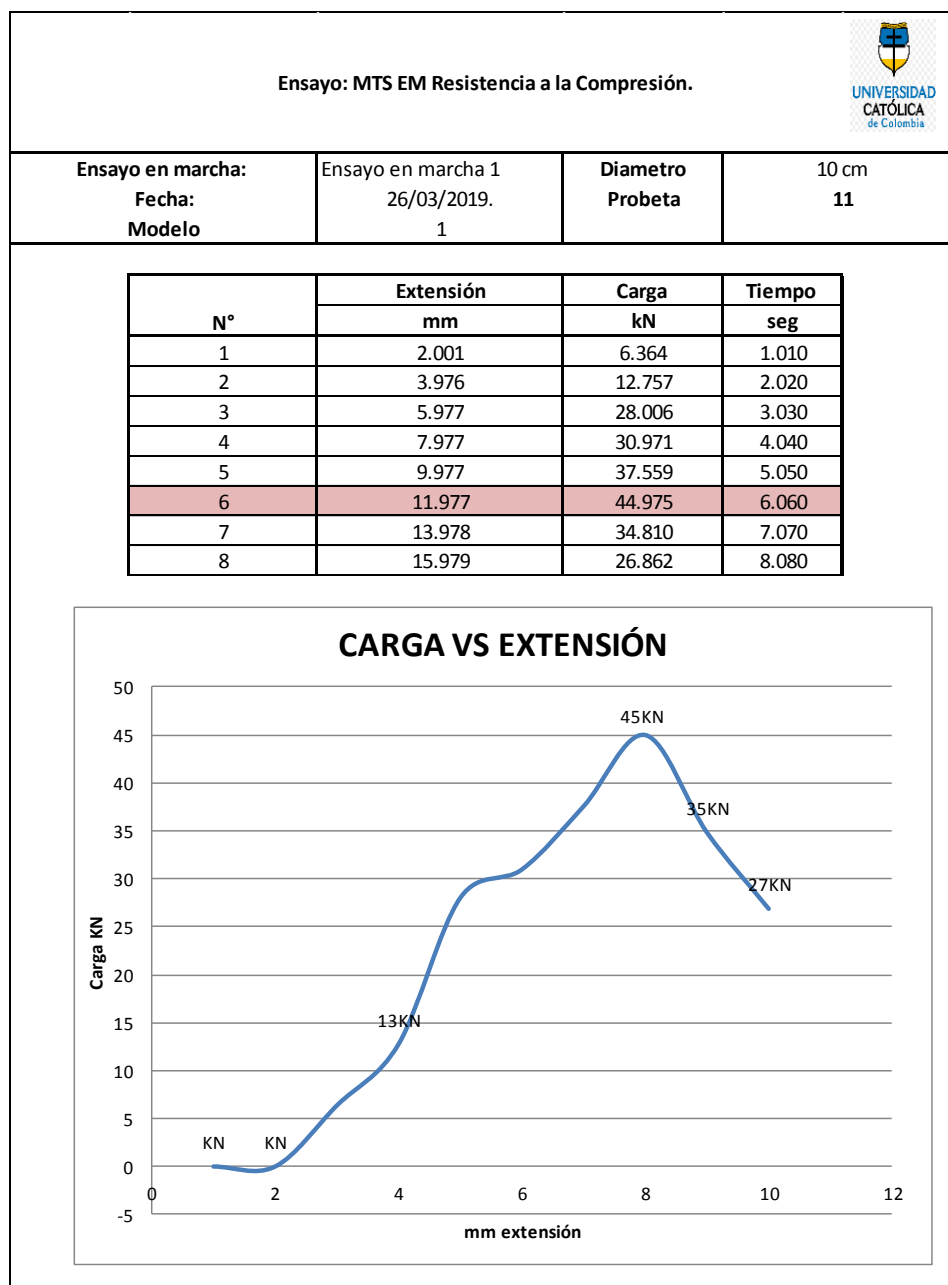
Tabla 44 Resultados ensayo de compresión paralela; modelo 1, probeta 10 de 10cm.



Fuente: Cubides K. & Gamba H.; 2019.

La unión 10, en la curva de carga versus extensión, se evidencia una concavidad de la curva, generada por deformaciones mínimas a las cargas aplicadas

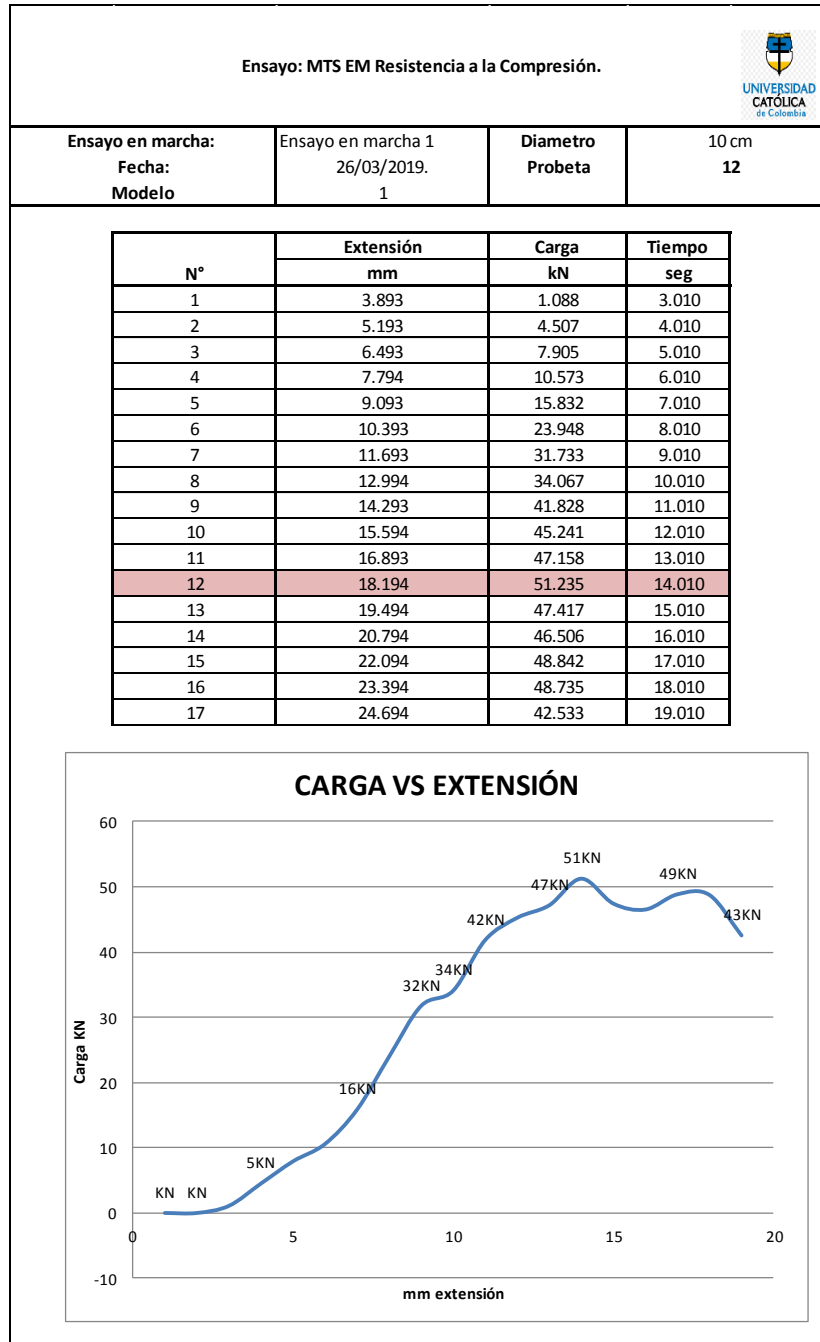
Tabla 45 Resultados ensayo de compresión paralela; modelo 1, probeta 11 de 10cm.



Fuente: Cubides K. & Gamba H.; 2019.

La unión 11, en la curva de carga versus extensión, se evidencia la deformación es proporcional a la carga aplicada.

Tabla 46 Resultados ensayo de compresión paralela; modelo 1, probeta 12 de 10cm.

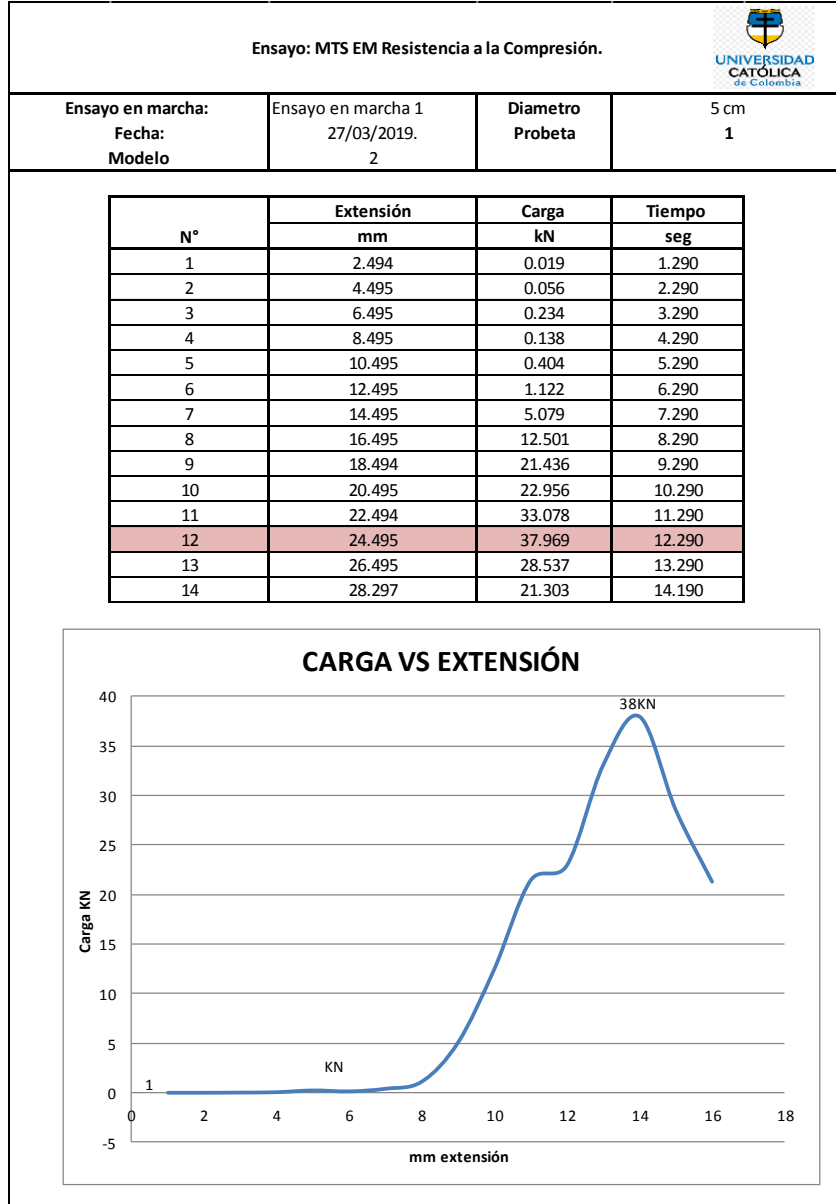


Fuente: Cubides K. & Gamba H.; 2019.

La unión 12, en la curva de carga versus extensión, se evidencia la deformación es proporcional a la carga aplicada.

6.2. RESULTADOS ENSAYO DE LABORATORIO MODELO 2.

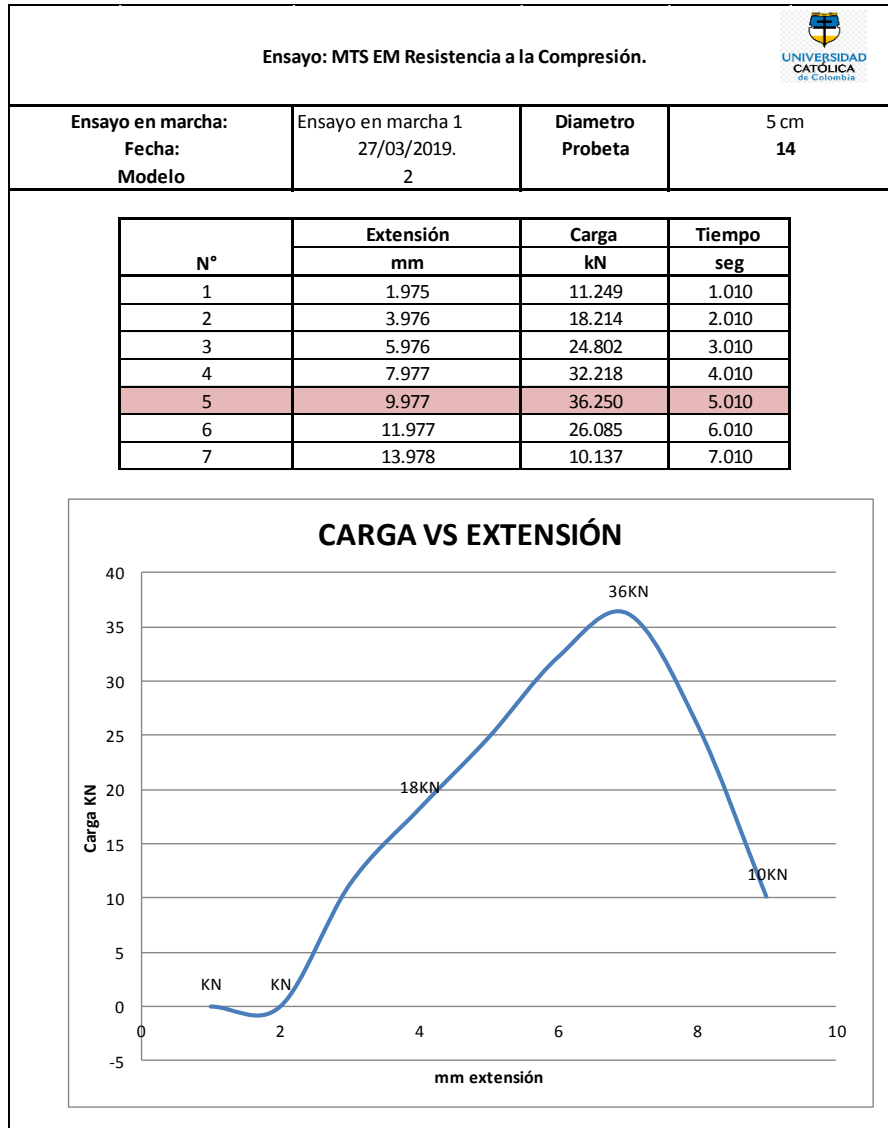
Tabla 47 Resultados ensayo de compresión paralela; modelo 2, probeta 13 de 5cm.



Fuente: Cubides K. & Gamba H.; 2019.

La unión 13, en la curva de carga versus extensión, se evidencia la deformación es menor a la carga aplicada.

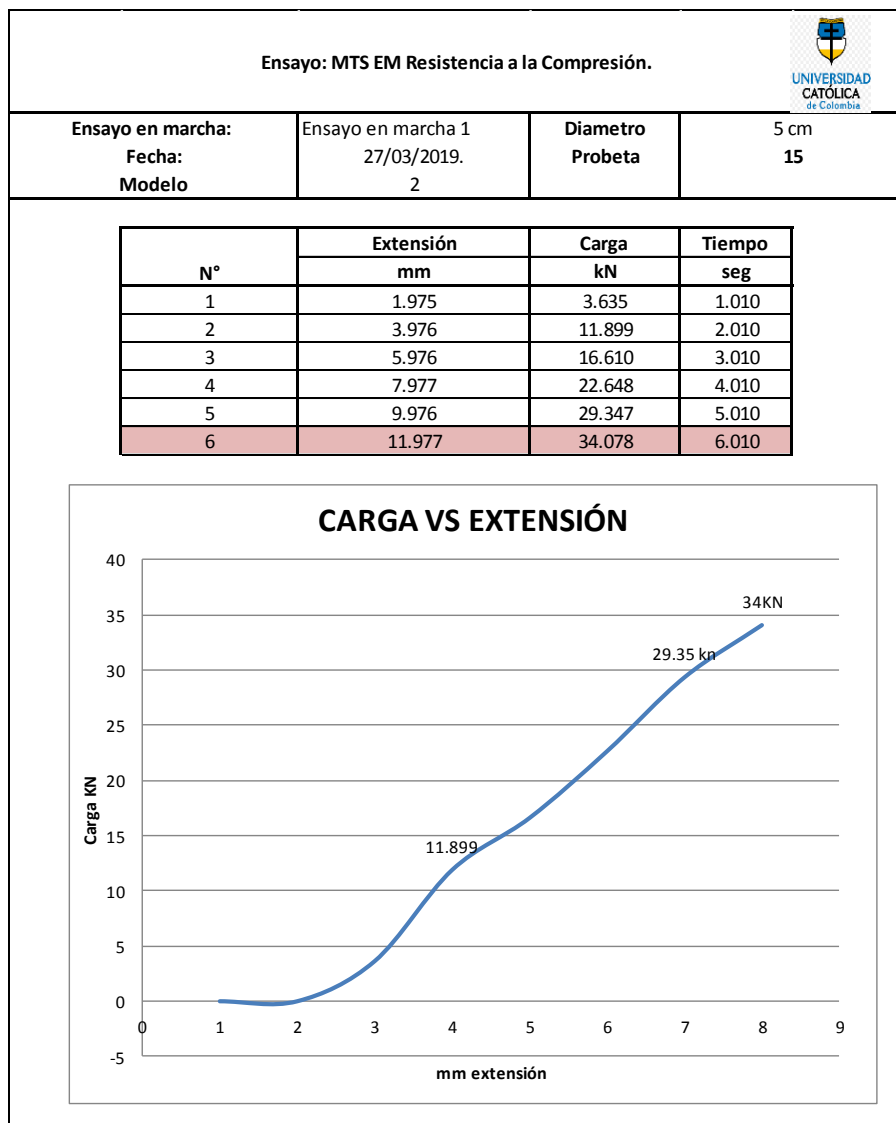
Tabla 48 Resultados ensayo de compresión paralela; modelo 2, probeta 14 de 5cm.



Fuente: Cubides K. & Gamba H.; 2019.

La unión 14, en la curva de carga versus extensión, se evidencia la deformación es proporcional a la carga aplicada. Además después de la falla del material no se vuelve a recuperar, si no cae drásticamente.

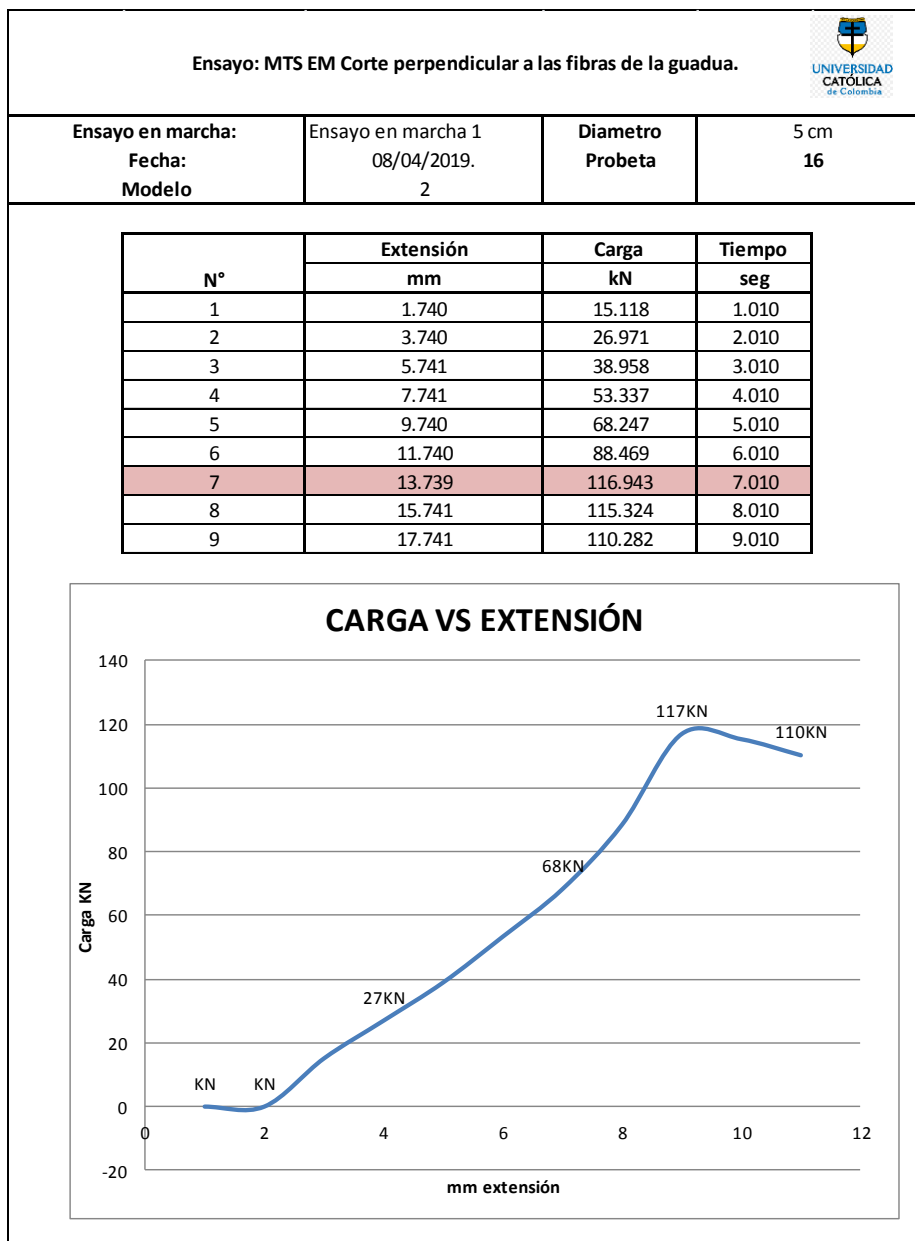
Tabla 49 Resultados ensayo de compresión paralela; modelo 2, probeta 15 de 5cm.



Fuente: Cubides K. & Gamba H.; 2019.

La unión 15, en la curva de carga versus extensión, se evidencia la deformación es proporcional a la carga aplicada. Se detuvo el ensayo porque la unión se iba a desplazar de la máquina. Se tiene en cuenta los materiales porque la unión ya se había fracturado.

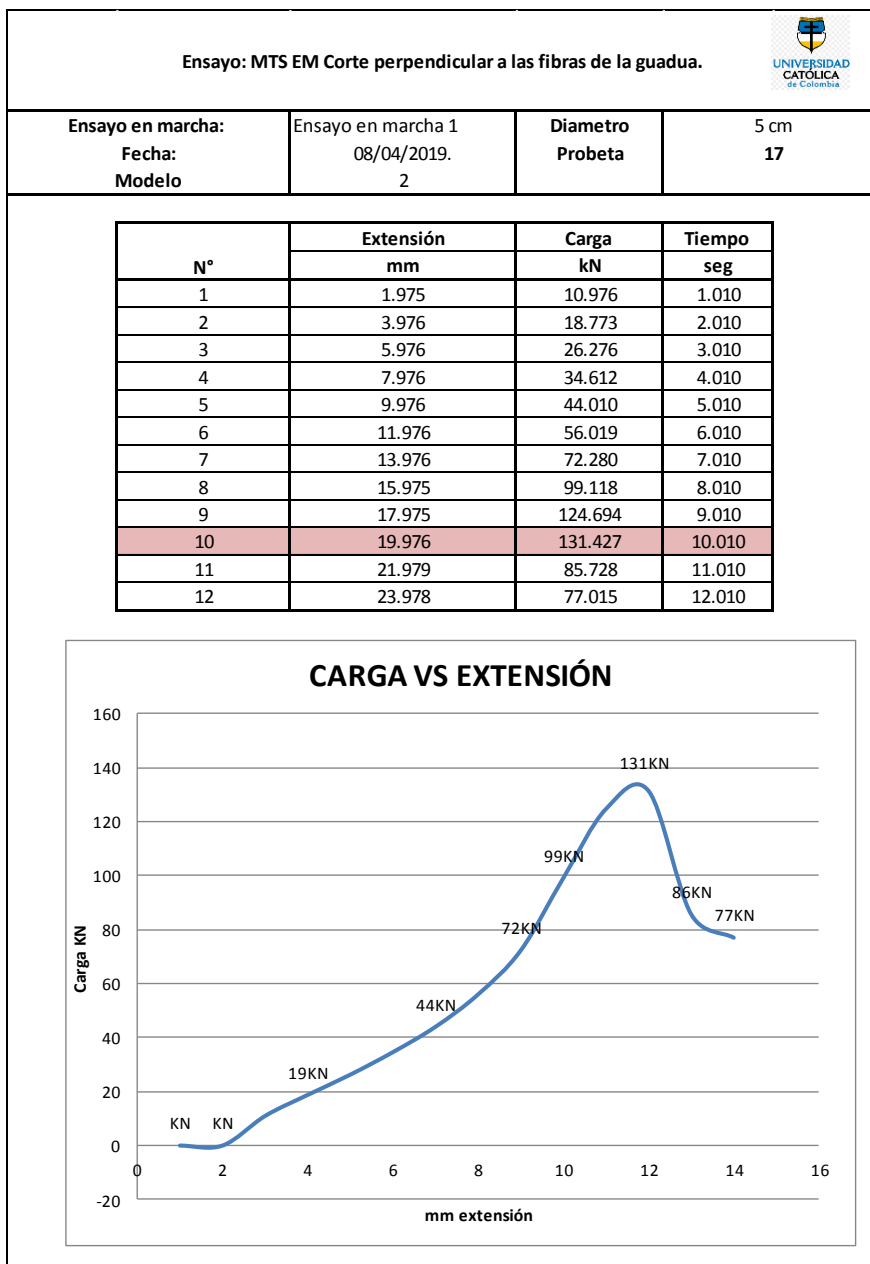
Tabla 50 Resultados ensayo corte perpendicular a la fibra; modelo 2, probeta 16 de 5cm.



Fuente: Cubides K. & Gamba H.; 2019.

La unión 16, en la curva de carga versus extensión, se evidencia la deformación es proporcional a la carga aplicada.

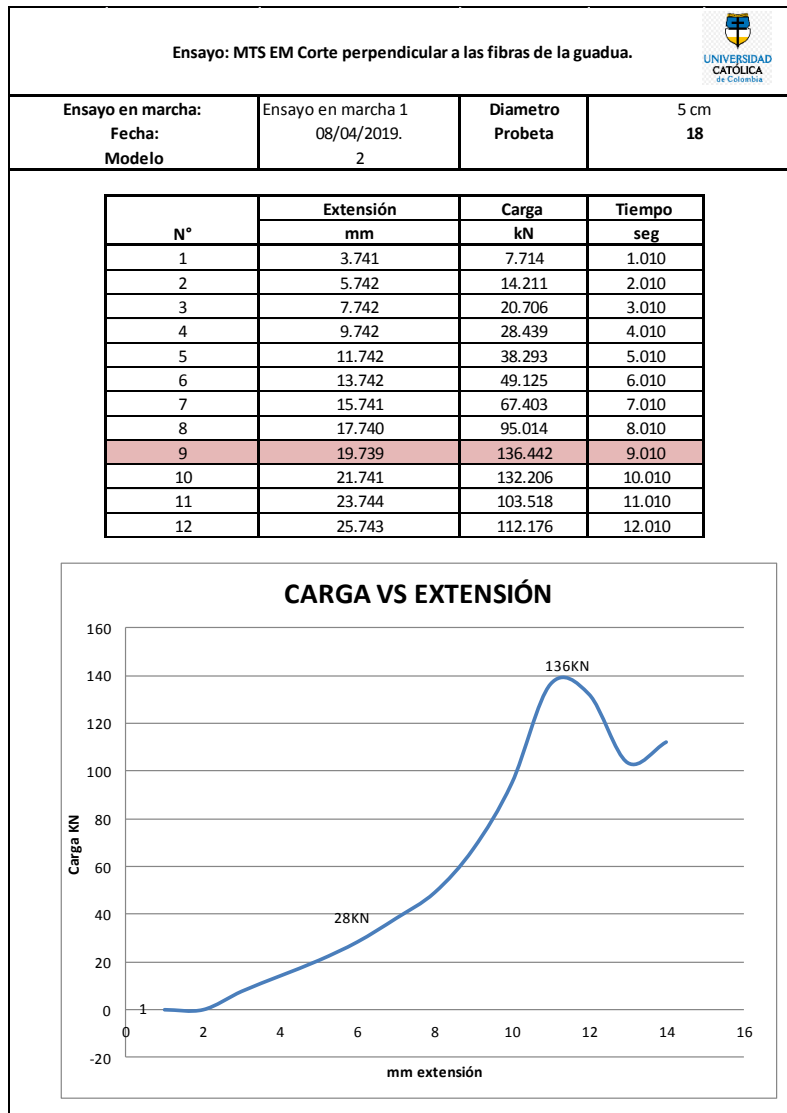
Tabla 51 Resultados ensayo corte perpendicular a la fibra; modelo 2, probeta 17 de 5cm.



Fuente: Cubides K. & Gamba H.; 2019.

La unión 17, en la curva de carga versus extensión, se evidencia la deformación es proporcional a la carga aplicada.

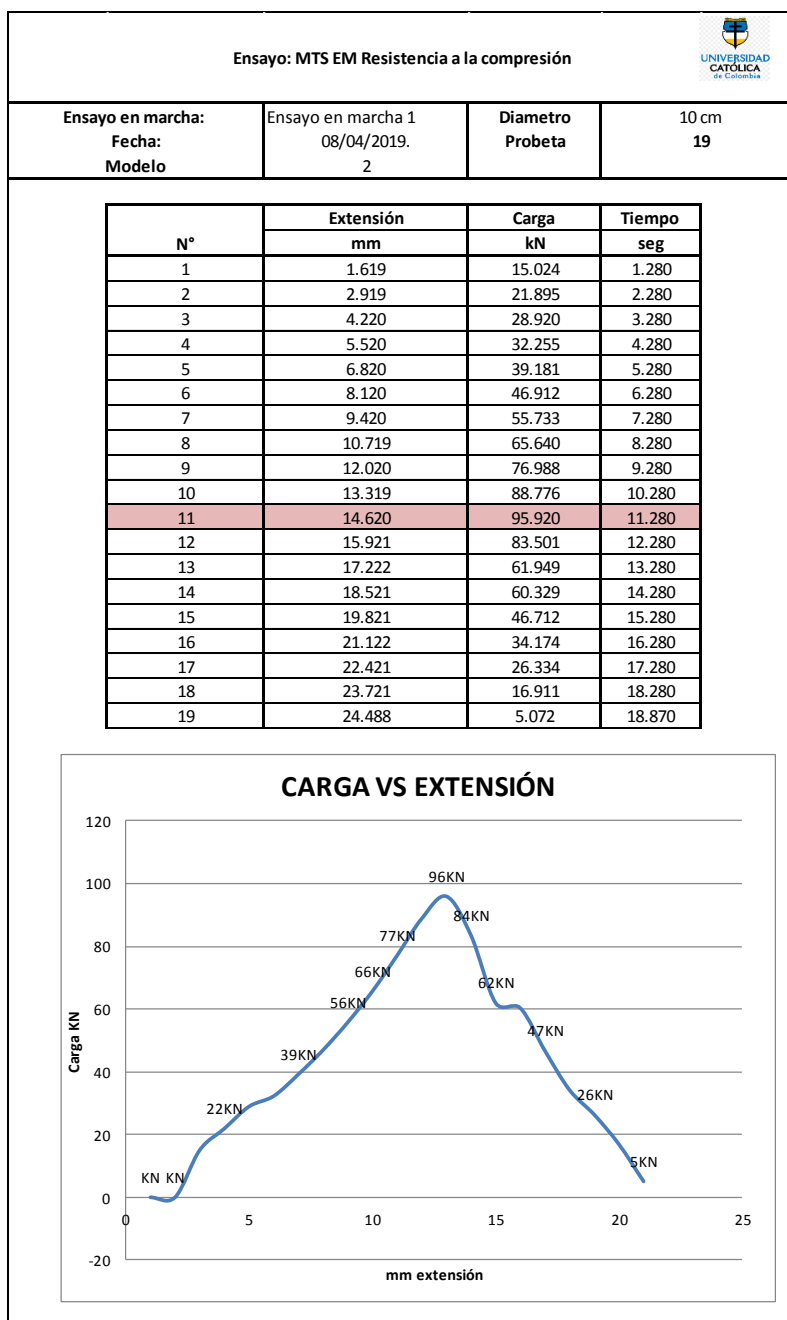
Tabla 52 Resultados ensayo corte perpendicular a la fibra; modelo 2, probeta 18 de 5cm.



Fuente: Cubides K. & Gamba H.; 2019.

La unión 18, en la curva de carga versus extensión, se evidencia la deformación es proporcional a la carga aplicada.

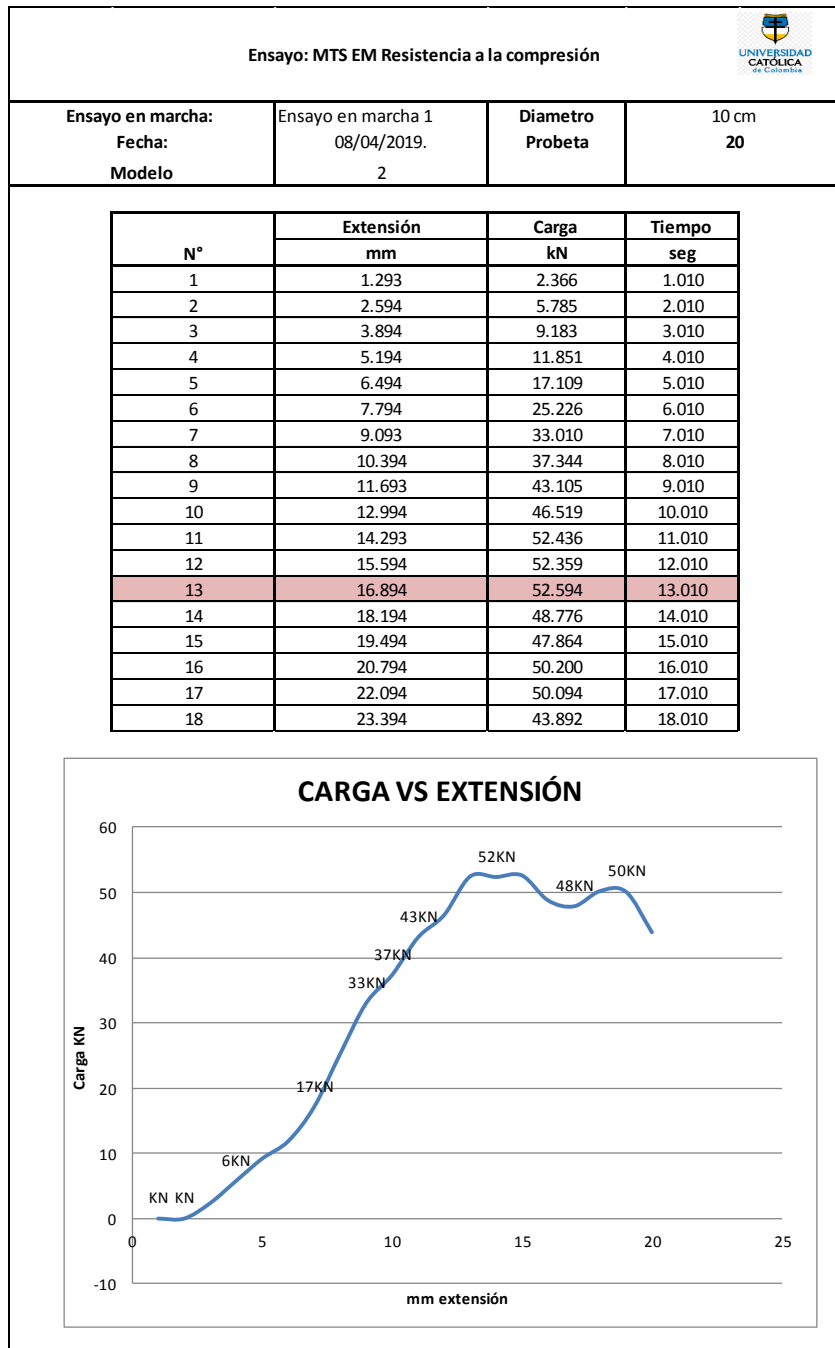
Tabla 53 Resultados ensayo compresión paralela a la fibra; modelo 2, probeta 19 de 10cm.



Fuente: Cubides K. & Gamba H.; 2019.

La unión 19, en la curva de carga versus extensión, se evidencia la deformación es proporcional a la carga aplicada. Además se genera una curva casi simétrica al eje del punto crítico equivalente a 96KN

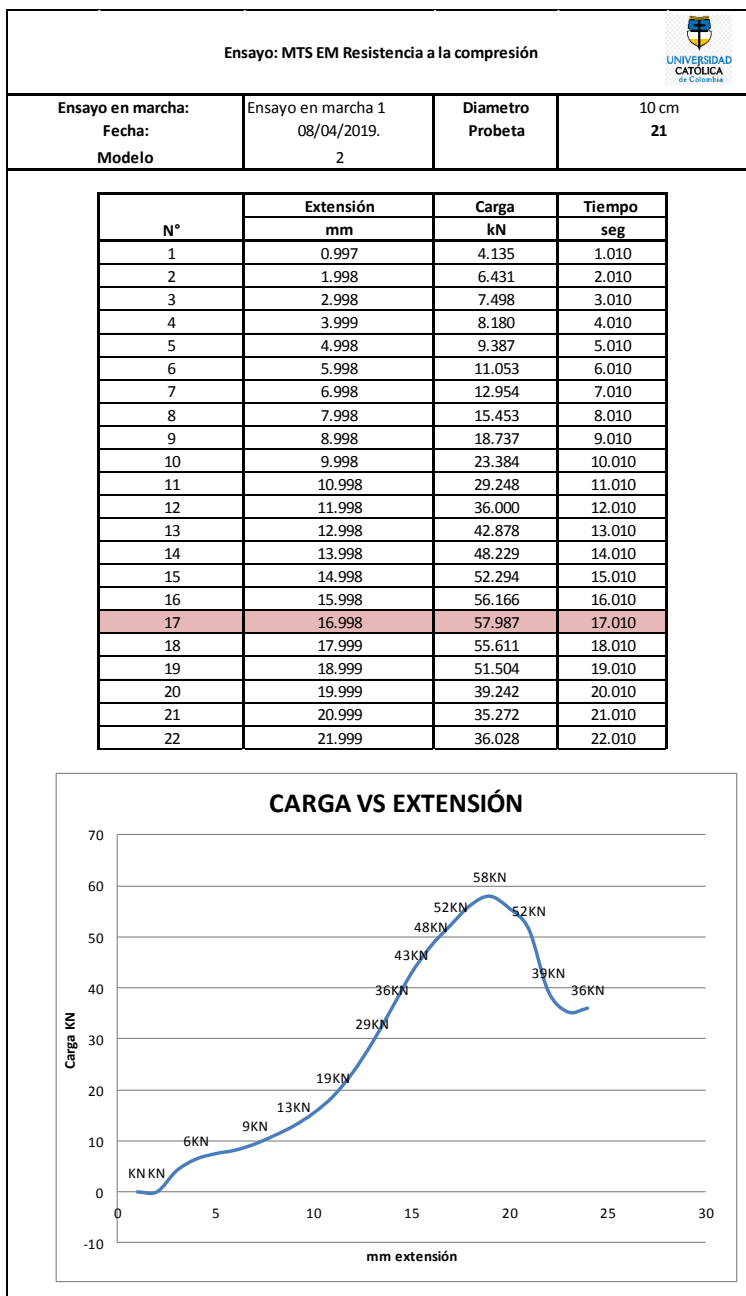
Tabla 54 Resultados ensayo compresión paralela a la fibra; modelo 2, probeta 20 de 10cm.



Fuente: Cubides K. & Gamba H.; 2019.

La unión 20, en la curva de carga versus extensión, se evidencia la deformación es proporcional a la carga aplicada.

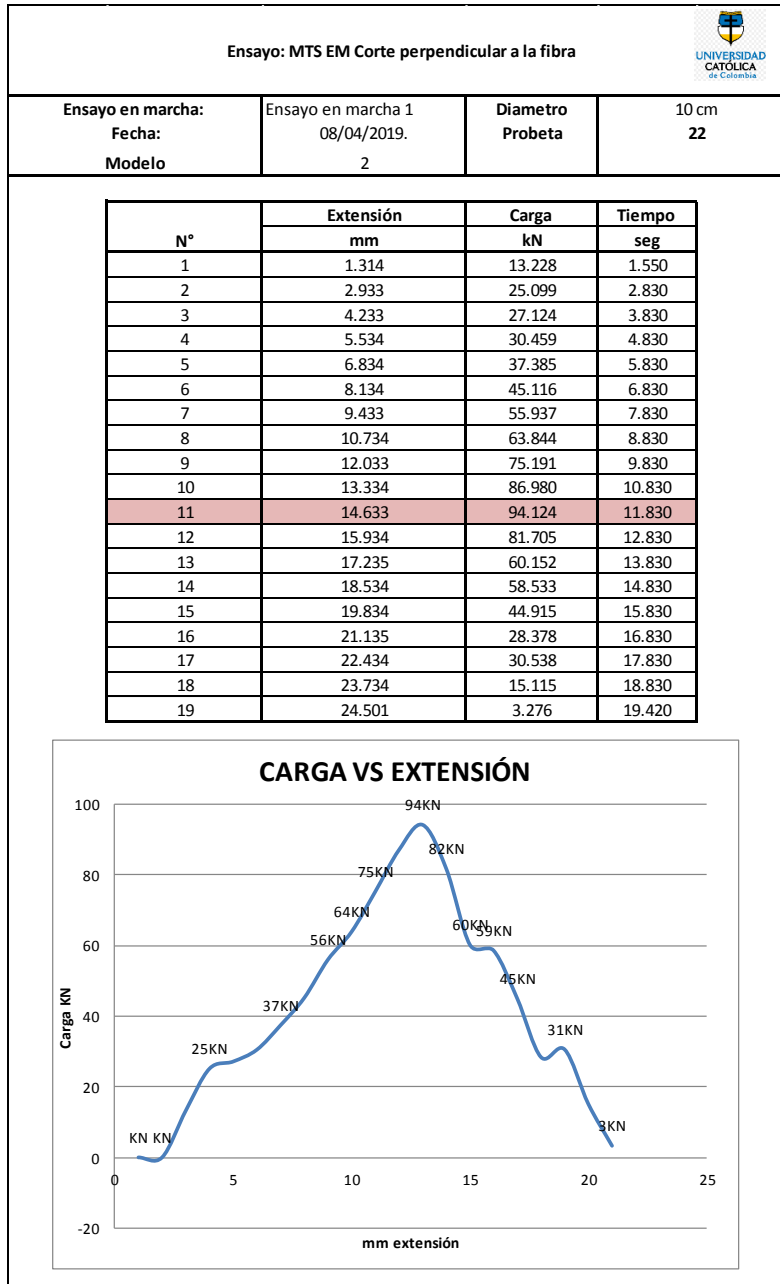
Tabla 55 Resultados ensayo compresión paralela a la fibra; modelo 2, probeta 21 de 10cm.



Fuente: Cubides K. & Gamba H.; 2019.

La unión 21, en la curva de carga versus extensión, se evidencia una curva con ondulaciones.

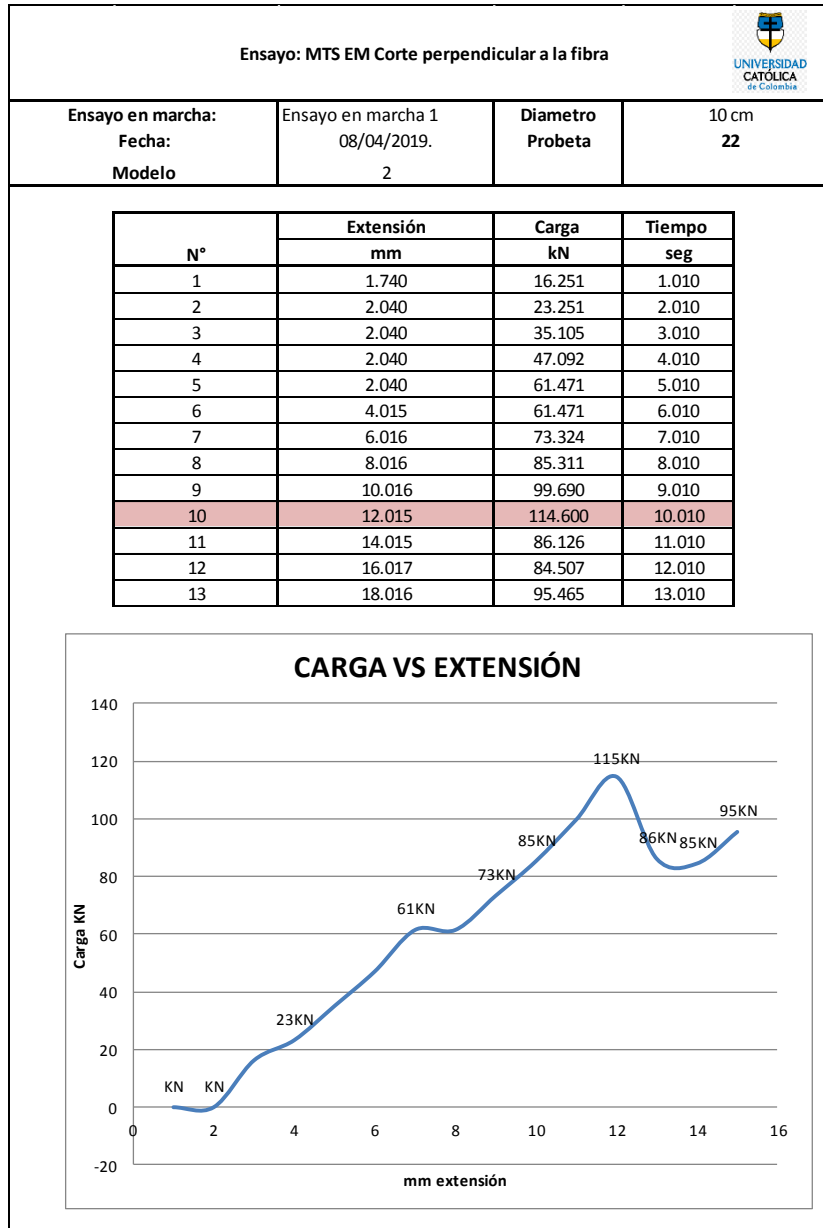
Tabla 56 Resultados ensayo corte perpendicular a la fibra; modelo 2, probeta 22 de 10cm.



Fuente: Cubides K. & Gamba H.; 2019.

La unión 22, en la curva de carga versus extensión, se evidencia la deformación es proporcional a la carga aplicada. Además se genera una curva casi simétrica al eje del punto crítico equivalente a 94kN

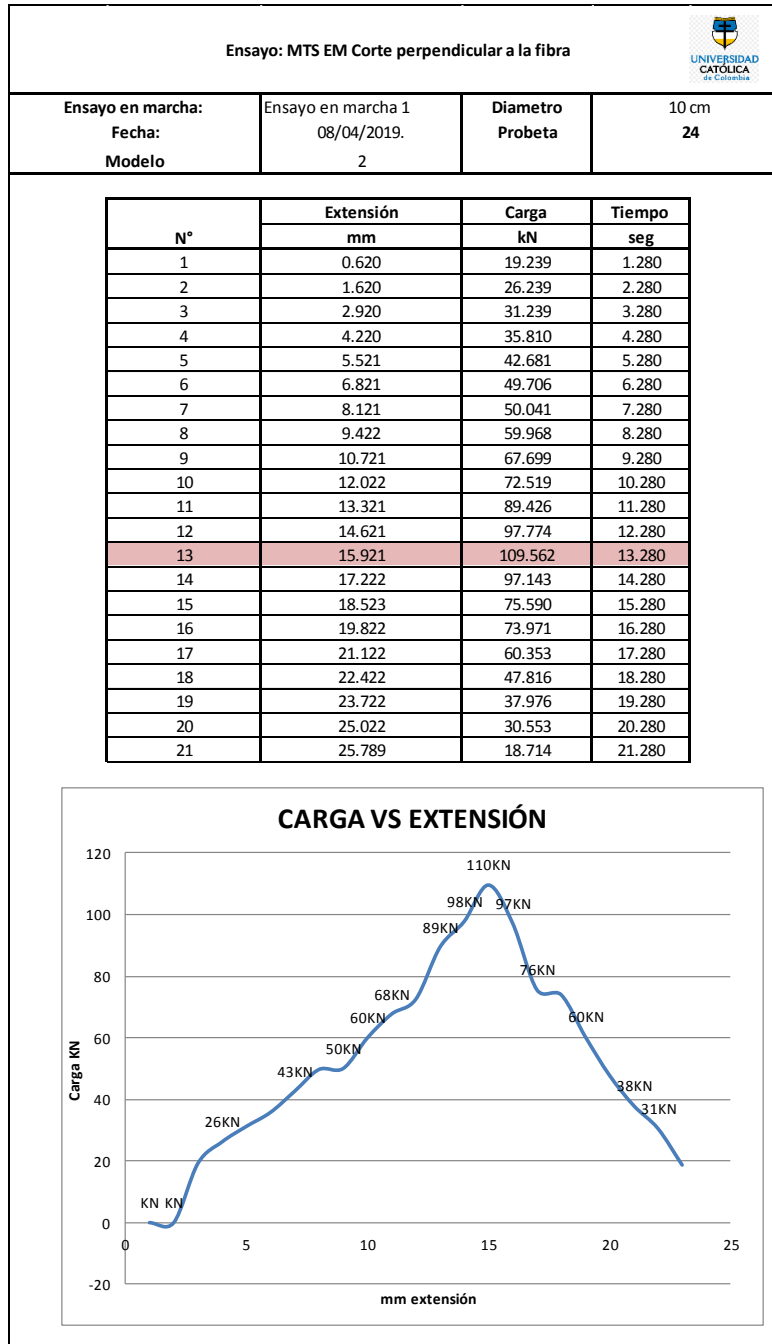
Tabla 57 Resultados ensayo corte perpendicular a la fibra; modelo 2, probeta 23 de 10cm.



Fuente: Cubides K. & Gamba H.; 2019.

La unión 23, en la curva de carga versus extensión, se evidencia la deformación es proporcional a la carga aplicada.

Tabla 58 Resultados ensayo corte perpendicular a la fibra; modelo 2, probeta 24 de 10cm.



Fuente: Cubides K. & Gamba H.; 2019.

La unión 22, en la curva de carga versus extensión, se evidencia la deformación es proporcional a la carga aplicada. Además se genera una curva casi simétrica al eje del punto crítico equivalente a 110KN

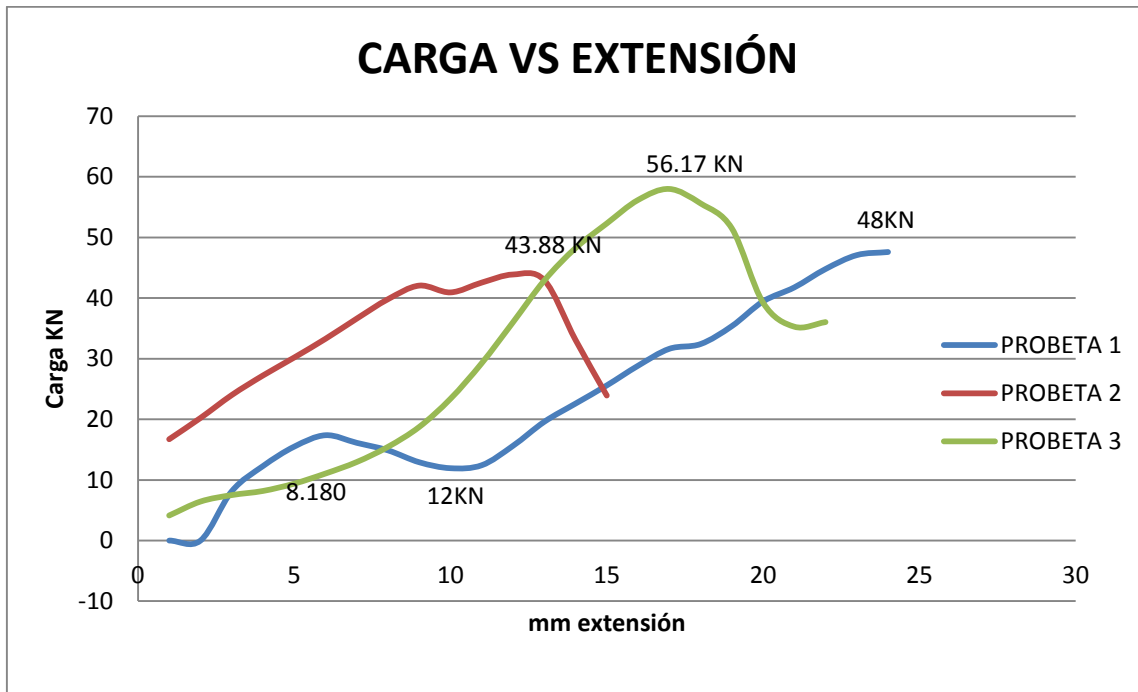
6.3. ANÁLISIS DE RESULTADOS MODELO 1; ENSAYO DE COMPRESIÓN.

Tabla 59 Promedio ensayo compresión; resultados del modelo 1 con unión de 5cm.

Resultados modelo 1 - 5cm	
promedio carga	49.82 KN
Área (m2)	0.001963495
Esfuerzo	25.37Mpa
Desviación estándar	7.31 kN

Fuente: Cubides K. & Gamba H.; 2019.

Grafica 2 carga vs extensión modelo 1 con unión a 5cm _ ensayo compresión



Fuente: Cubides K. & Gamba H.; 2019.

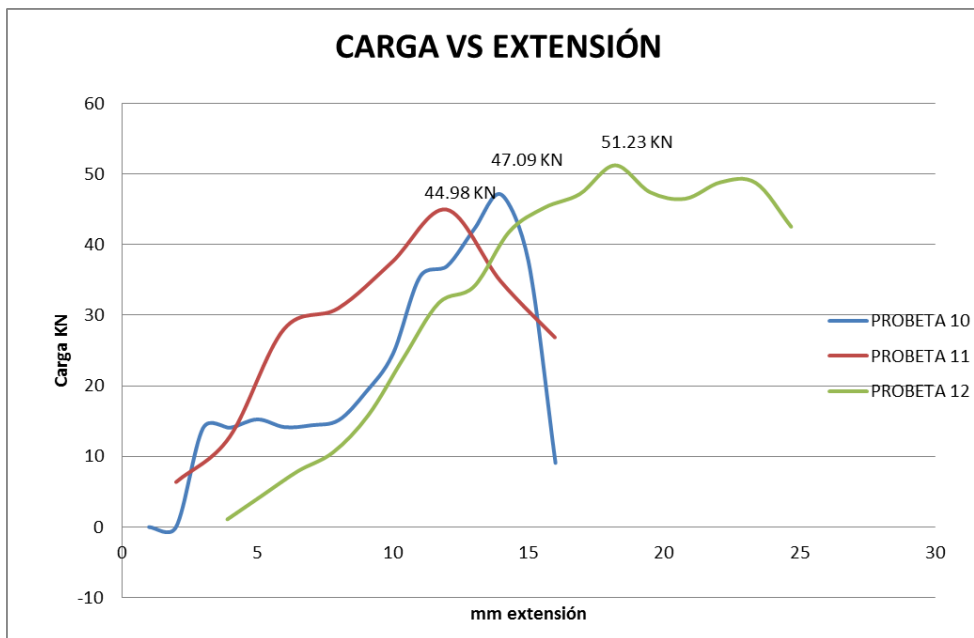
Los datos encontrados en el modelo 1 no están alejados uno del otro; aunque hay que aclarar que la probeta 1 identificada con rojo en el gráfico, presentó fisuras iniciales al momento del fraguado del concreto, pero presentó buena resistencia.

Tabla 60 Promedio ensayo compresión; resultados del modelo 1 con unión de 10cm.

Resultados modelo 1 - 10cm	
promedio carga	47.768 KN
Área (m2)	0.007853982
Esfuerzo	6.08Mpa
Desviación estándar	3.184 KN

Fuente: Cubides K. & Gamba H.; 2019.

Grafica 3 carga vs extensión modelo 1 con unión a 10cm_ ensayo compresión



Fuente: Cubides K. & Gamba H.; 2019.

Los datos encontrados en el modelo 1 con unión a 10cm, no están alejados uno del otro, aunque hay que aclarar que la probeta 10 identificada con azul en el gráfico, presentó fisuras iniciales al momento del fraguado del concreto, Pero se puede observar que presentó mejor resistencia que la probeta 11 que se encontraba en mejores condiciones.

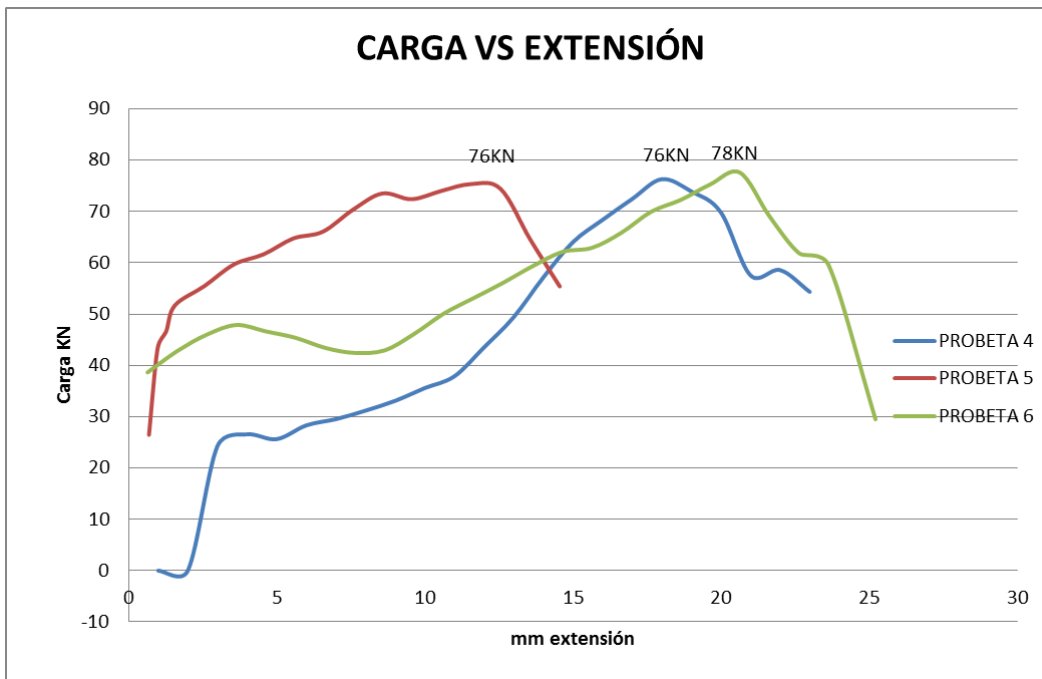
6.4. ANÁLISIS DE RESULTADOS MODELO 1; ENSAYO CORTE PERPENDICULAR A LAS FIBRAS.

Tabla 61 Promedio ensayo corte perpendicular a la fibra; resultados modelo 1, con unión de 5cm.

Resultados modelo 1 - 5cm	
promedio carga	75.803
Área (m ²)	0.001963495
Esfuerzo	38.61Mpa
Desviación estándar	2.078kN

Fuente: Cubides K. & Gamba H.; 2019.

Grafica 4 carga vs extensión modelo 1 con unión a 5 cm_ ensayo corte.



Fuente: Cubides K. & Gamba H.; 2019.

Los datos encontrados en el modelo 1 con unión a 5 cm no están alejados uno del otro, aunque hay que aclarar que la probeta 10 identificada con rojo en el gráfico,

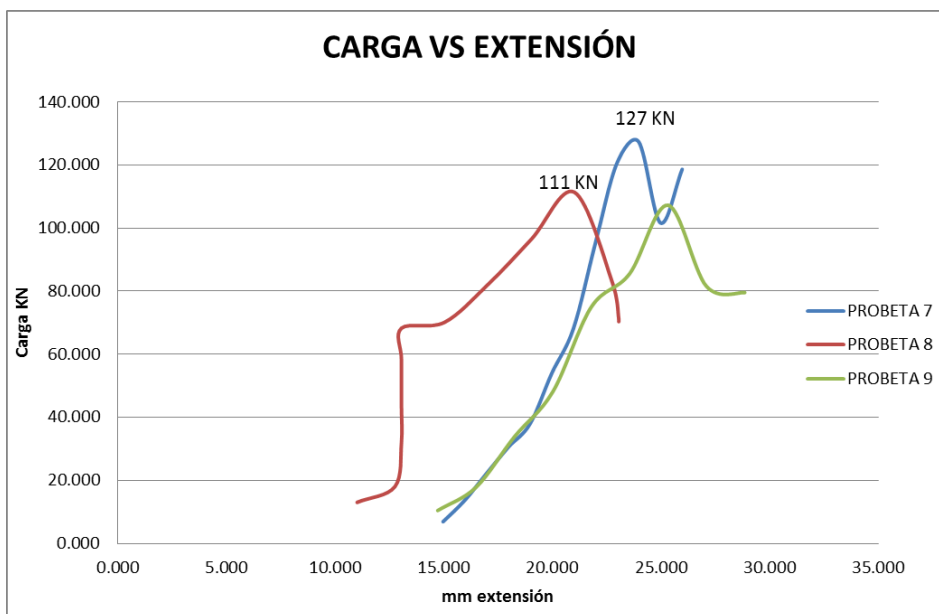
presentó fisuras iniciales al momento del fraguado del concreto, se puede observar que presentó menos resistencia que las probetas en buen estado.

Tabla 62 Promedio ensayo corte perpendicular a la fibra; resultados modelo 1, con unión de 10cm.

Resultados modelo 1 - 10cm	
promedio carga	115.308 kN
Área (m2)	0.007853982
Esfuerzo	14.68Mpa
desviación estándar	10.609kN

Fuente: Cubides K. & Gamba H.; 2019.

Grafica 5 carga vs extensión modelo 1 con unión a 10 cm_ ensayo corte.



Fuente: Cubides K. & Gamba H.; 2019.

Los datos encontrados en el modelo 1 con unión a 10 cm no están muy alejados uno del otro, aunque hay que aclarar que la probeta 8 y 9, identificadas con rojo y verde respectivamente en el gráfico, presentaron fisuras iniciales al momento del fraguado del concreto. Se puede observar que la probeta que presentó mejor resistencia es la probeta 7.

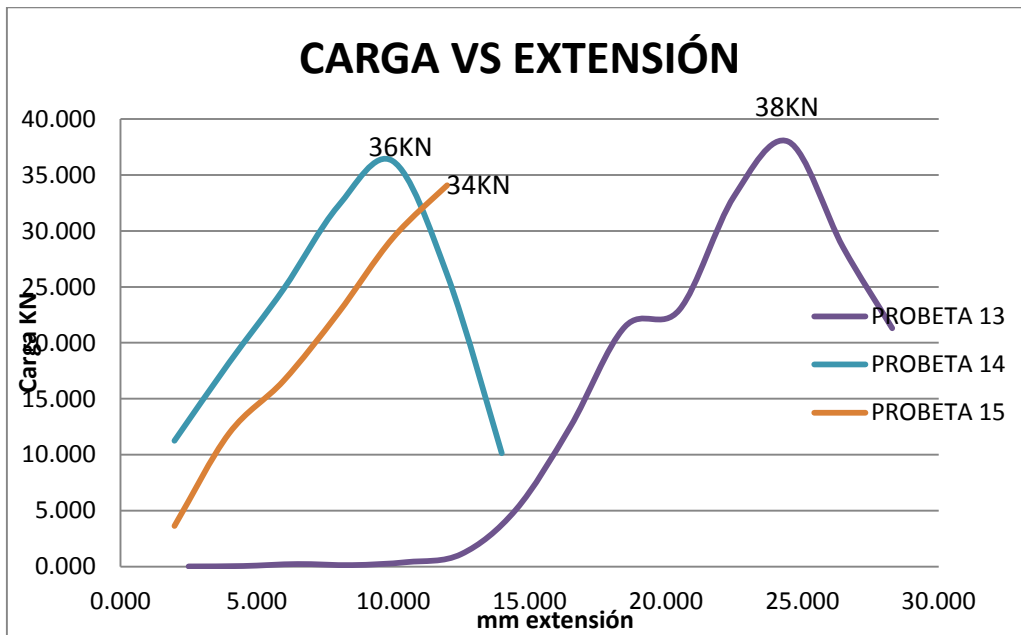
6.5. ANÁLISIS DE RESULTADOS MODELO 2; ENSAYO COMPRESIÓN A LAS FIBRAS.

Tabla 63 Promedio ensayo compresión; resultados modelo 2, con unión de 5cm.

Resultados modelo 2 - 5cm	
promedio carga	36.099
Área (m ²)	0.001963495
Esfuerzo	18.39Mpa
desviación estándar	1.950kN

Fuente: Cubides K. & Gamba H.; 2019.

Grafica 6 carga vs extensión modelo 2 con unión a 5 cm_ ensayo compresión.



Fuente: Cubides K. & Gamba H.; 2019.

Los datos encontrados en el modelo 2 con unión a 5 cm no están muy alejados uno del otro, aunque hay que aclarar que la probeta 15, identificada con naranja

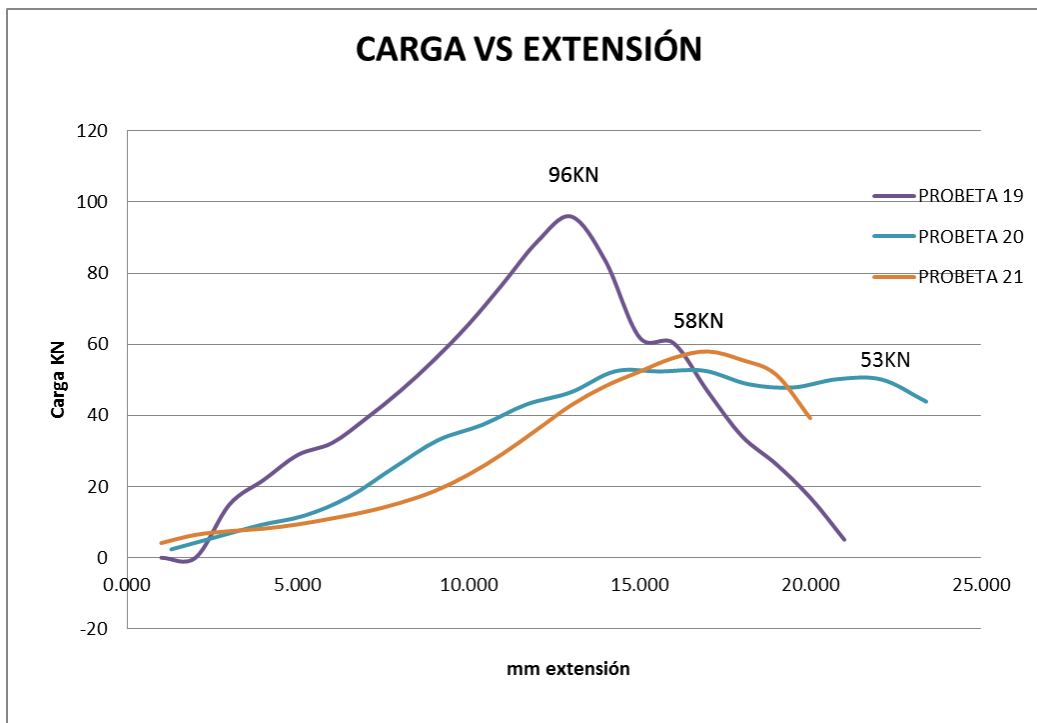
en el gráfico, presento fisuras iniciales al momento del fraguado del concreto. Se puede observar que la probeta que presentó mejor resistencia es la probeta 13.

Tabla 64 Promedio ensayo compresión; resultados modelo 2, con unión de 10cm.

Resultados modelo 2 - 10cm	
promedio carga	68.834
Área (m2)	0.007853982
Esfuerzo	8.76Mpa
desviación estándar	23.612kN

Fuente: Cubides K. & Gamba H.; 2019.

Grafica 7 carga vs extensión modelo 2 con unión a 10 cm_ ensayo compresión.



Fuente: Cubides K. & Gamba H.; 2019.

Los datos encontrados en el modelo 2 con unión a 10 cm, son muy diferentes uno del otro; aunque hay que aclarar que la probetas 20 y 21, identificadas con azul y naranja respectivamente en el gráfico, presentaron fisuras iniciales al momento del fraguado del concreto. Se puede observar que la probeta que presentó mejor resistencia es la probeta 19.

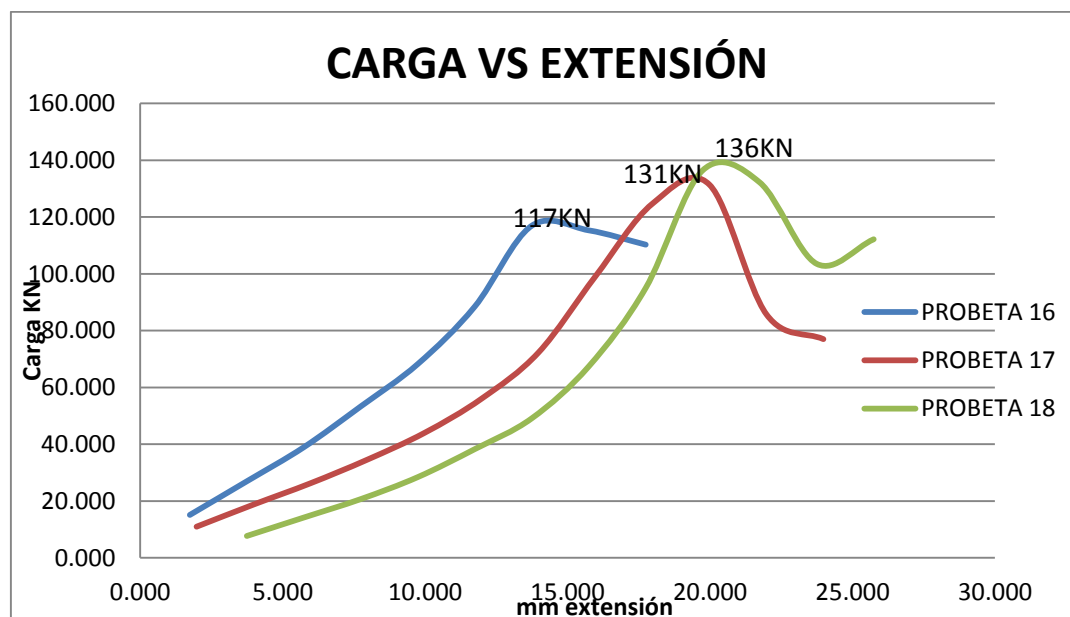
6.6. ANÁLISIS DE RESULTADOS MODELO 2; ENSAYO CORTE PERPENDICULAR A LAS FIBRAS.

Tabla 65 Promedio ensayo corte perpendicular; resultados modelo 2, con unión de 5cm.

Resultados modelo 2 - 5cm	
promedio carga	128.271
Área (m ²)	0.031415927
Esfuerzo	4.08Mpa
desviación estándar	10.125kN

Fuente: Cubides K. & Gamba H.; 2019.

Grafica 8 carga vs extensión modelo 2 con unión a 5 cm_ ensayo corte paralelo.



Fuente: Cubides K. & Gamba H.; 2019.

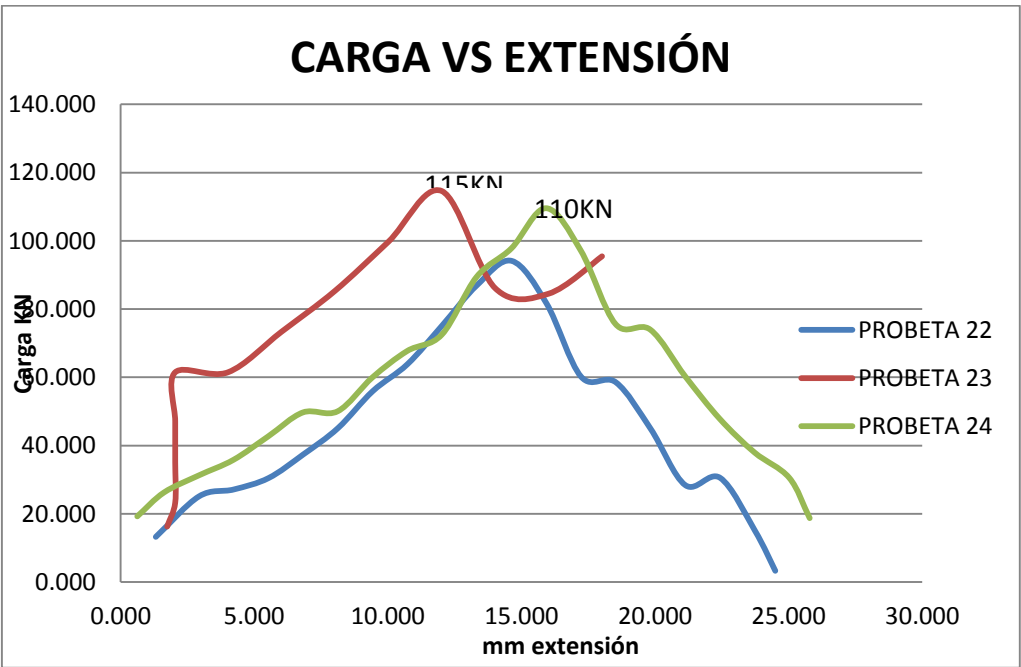
Los datos encontrados en el modelo 2 con unión a 5 cm, no están muy alejados uno del otro, aunque hay que aclarar que la probetas 16 y 18, identificadas con azul y verde respectivamente en el gráfico, presentaron fisuras iniciales al momento del fraguado del concreto. Se puede observar que la probeta que presentó mejor resistencia es la probeta 18, a pesar de presentar fisuras al momento del ensayo.

Tabla 66 Promedio ensayo corte perpendicular; resultados modelo 2, con unión de 10cm.

Resultados modelo 2 - 10cm	
promedio carga	106.095
Área (m2)	0.031415927
Esfuerzo	3.38Mpa
desviación estándar	10.669kN

Fuente: Cubides K. & Gamba H.; 2019.

Grafica 9 carga vs extensión modelo 2 con unión a 10 cm_ ensayo corte paralelo



Fuente: Cubides K. & Gamba H.; 2019.

Los datos encontrados en el modelo 2 con unión a 10 cm, no están muy alejados uno del otro, aunque hay que aclarar que la probeta 22 identificada con azul en el

gráfico, presentaron fisuras iniciales al momento del fraguado del concreto. Se puede observar que la probeta que presentó mejor resistencia es la probeta 23.

En general se puede observar que las probetas presentan recuperación después de alcanzar su estado de falla.

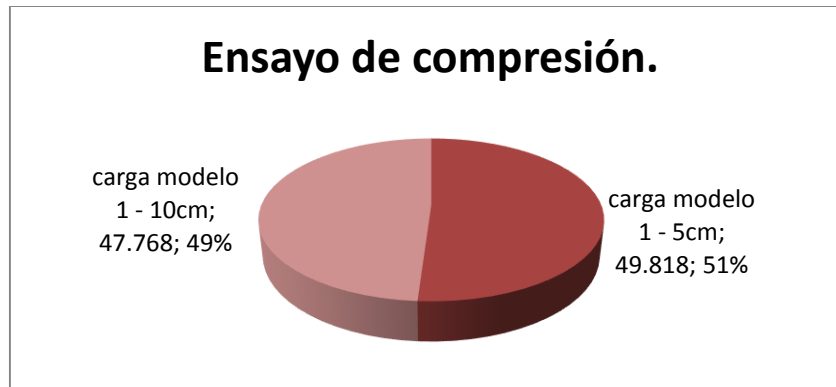
CAPITULO VI

7. CONCLUSIONES.

1. Al observar las fisuras en algunas probetas después del fraguado del mortero, se logró concluir que la adherencia mortero-guadua no es la adecuada, principalmente porque, en su proceso de fraguado, el mortero presenta segregación de la mezcla, dejando partículas de agua que la guadua tiende a absorber, lo que eleva el contenido de humedad perdido durante el proceso de secado. Esto hace que la guadua se expanda, para luego comprimirse en un espacio que está ocupado por el mortero endurecido, causando fisuras perpendiculares a sus fibras y esto ocasiona pérdida en su capacidad portante.
2. En los ensayos de compresión se evidenció que el tallo de menor diámetro que compone la unión llega primero a la falla por aplastamiento. Esto se debe a la falta del núcleo de mortero que llevan las uniones, y que le dan a la unión más capacidad portante, primero por las características mecánicas del material y por el área transversal, que es superior al área transversal del tallo sin ninguna mejora. Otro factor importante en el aplastamiento del tallo de la unión fueron las cargas aplicadas con la máquina MTS, porque en algunas uniones no se garantizó la verticalidad de la carga, debido a que el modelo 1 se construyó encima del nodo del tallo, produciendo un eje corrido del centro de la unión.
3. En el modelo 2, se comprobó que, al momento de la falla por corte perpendicular a la fibra, la probeta no se fractura homogéneamente si no en diferentes caras planas. Esto es debido a la falta de adherencia y la capacidad de respuesta individual de cada material, puesto que la guadua tiende a deformarse encontrando una superficie rígida con mayor resistencia que le origina diferentes fracturas al tallo de la unión.
4. En los ensayos de corte perpendicular a la fibra de la guadua, se encontró que el modelo 1 disipó las cargas aplicadas y controló la fractura en varias caras planas mejor que el modelo tipo 2, esto es consecuencia del nodo presente en la unión modelo 1 y la ausencia de este en el modelo 2.
5. En el ensayo de compresión del modelo 1, entre la configuración de la unión de 10 cm y 5 cm, se obtuvieron resultados de carga muy cercano y esfuerzos

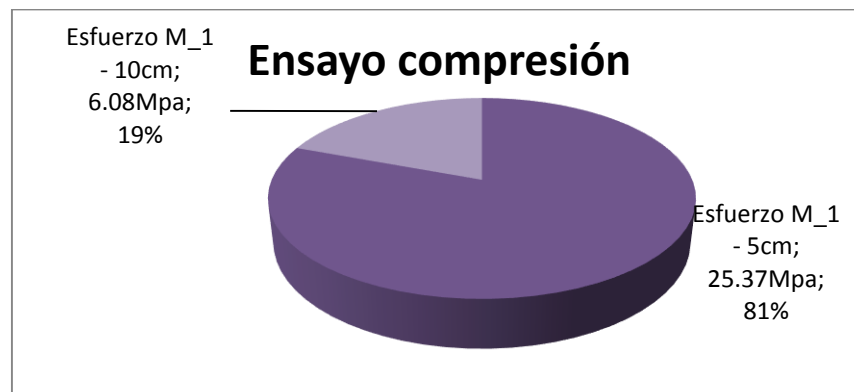
del rango del 60% de separación, como se puede observar en la figura 10 y 11.

Grafica 10 Tabulación resultados compresión modelo 1.



Fuente: Cubides K. & Gamba H.; 2019.

Grafica 11 Tabulación resultados esfuerzo a compresión modelo 1.



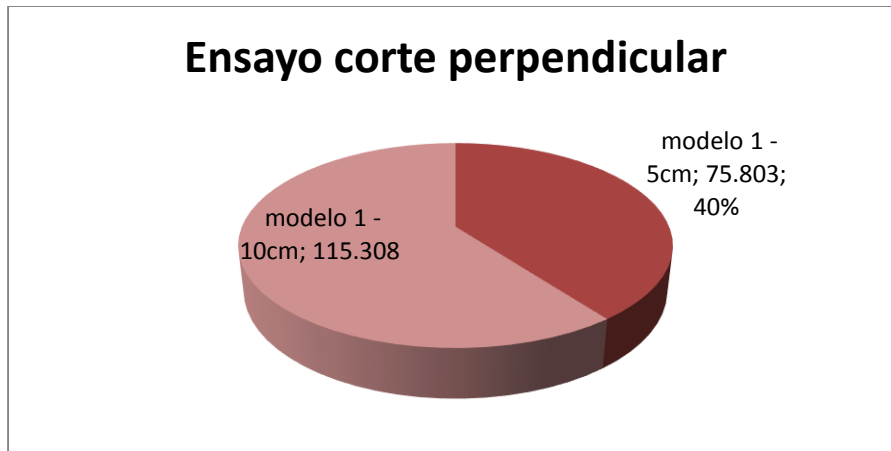
Fuente: Cubides K. & Gamba H.; 2019.

Aunque la unión de 5cm deformó el tallo de menor diámetro, resultó más efectiva que la de 10 cm porque esta última fracturó la unión dejando diferentes caras planas, este fenómeno se produjo por falta de adherencia entre mortero y los tallos de guadua de 20cm y 10cm de diámetro, originando una unión con menos capacidades portantes.

6. En el ensayo de corte perpendicular del modelo 1, entre la configuración de la unión de 10 cm y 5 cm, se consiguieron mejores resultados de carga de un 20 % de diferencia con la unión de 10cm, pero el esfuerzo máximo en esta unión

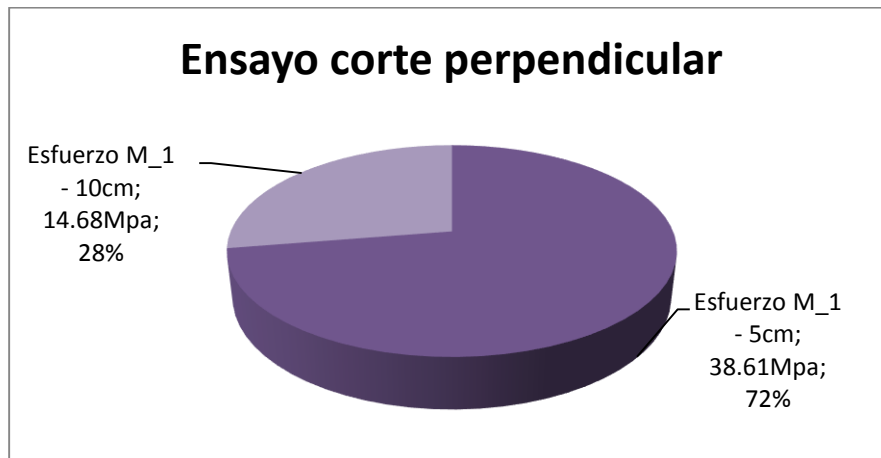
es del modelo de 5cm, con un 40% de diferencia, como se observa en la figura 12 y figura 13.

Grafica 12 Tabulación resultados corte perpendicular al modelo 1



Fuente: Cubides K. & Gamba H.; 2019.

Grafica 13 Tabulación resultados esfuerzo corte perpendicular al modelo 1



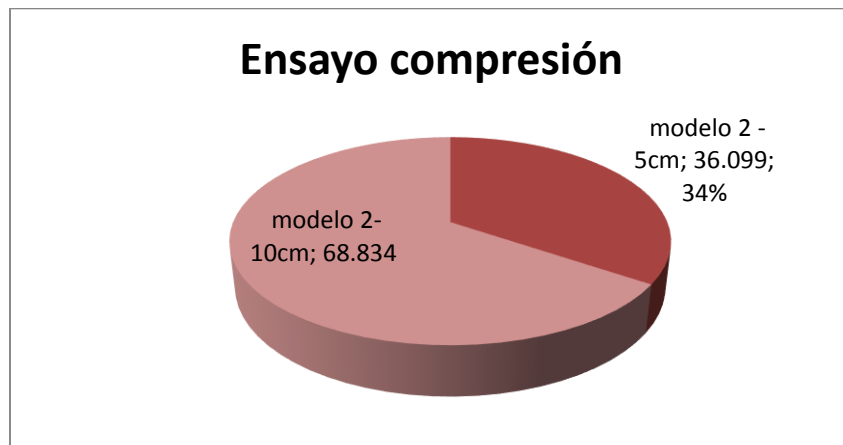
Fuente: Cubides K. & Gamba H.; 2019.

En los ensayos se pudo observar que las dos configuraciones de diámetro fallaron con las mismas características superficiales de fisuras sin afectar la unión interna, pero la unión de 10 cm presento más deformación superficial porque esta unión presentaba menor espesor entre la cara interna del tallo exterior y la cara externa del tallo interno de la unión. Como se evidencia en el

ensayo a compresión, esta unión no tenía buena adherencia en esta cara, y el elemento funcionó separadamente y no como un todo.

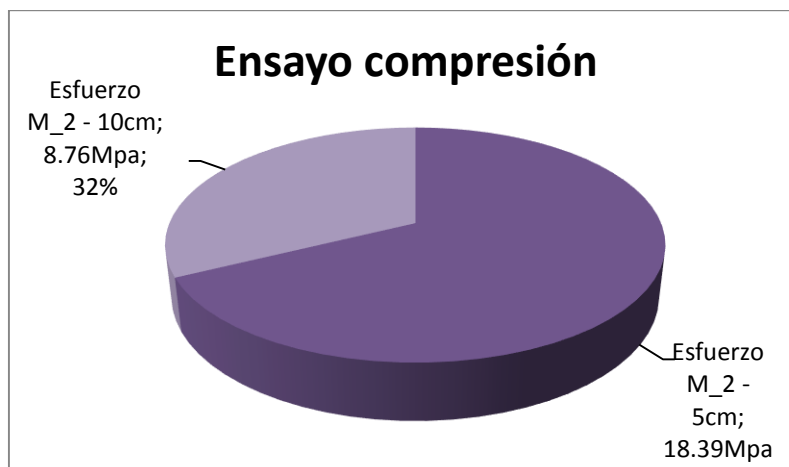
7. En el ensayo de compresión del modelo 2, entre la configuración de la unión de 10 cm y 5 cm, se encontró que la unión de 10cm, generó mejores resultados de carga, en un 30% superior a la carga, con el tallo de 5cm. Y los esfuerzos fueron mayores en la configuración de 5cm con una diferencia del 35% mayor.

Grafica 14 Tabulación resultados compresión modelo 2.



Fuente: Cubides K. & Gamba H.; 2019.

Grafica 15 Tabulación resultados esfuerzos compresión modelo 2

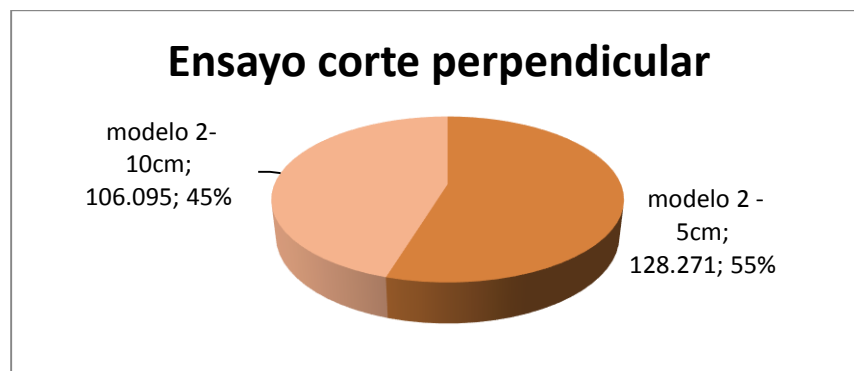


Fuente: Cubides K. & Gamba H.; 2019.

El tipo de falla visualizado en las dos uniones, son equivalentes, fracturando los tallos de menor diámetro en diferentes caras planas hasta obtener la fractura del mortero, el tallo de 20 cm de la unión, no presento deformaciones mayores, solo en los tallos, que al momento del fraguado se fisuraron. A partir de esto se puede concluir que el tallo de menor diámetro se encarga de disipar las cargas sobre el lomo del tallo y al observar la unión implementada no se acoplo adecuadamente el tallo menor sobre el lomo del tallo de 20 cm.

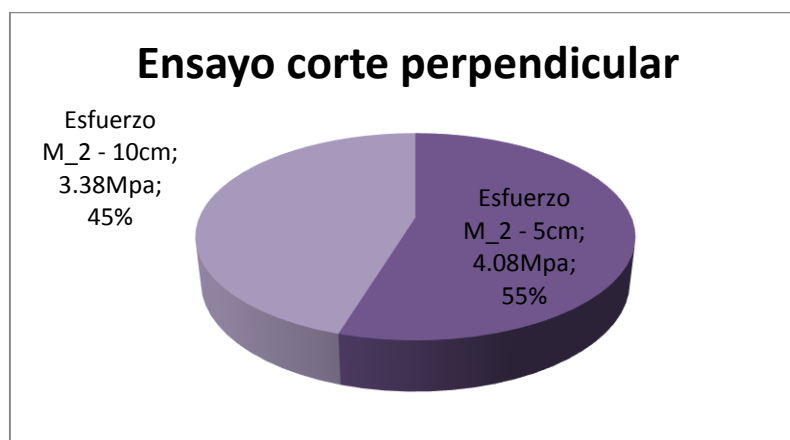
8. En el ensayo de corte perpendicular a la fibra del modelo 2, se obtuvieron resultados de carga de un 10%, más capacidad el modelo con unión de 5cm y 15% más esfuerzo, aunque el comportamiento estructural de las dos uniones y esfuerzos fue igual. En este modelo lo único que pudo afectar el resultado del ensayo, fue la carga de palanca ejercida por el elemento de 10 cm y 5 cm.

Grafica 16 Tabulación resultados corte perpendicular al modelo 2.



Fuente: Cubides K. & Gamba H.; 2019.

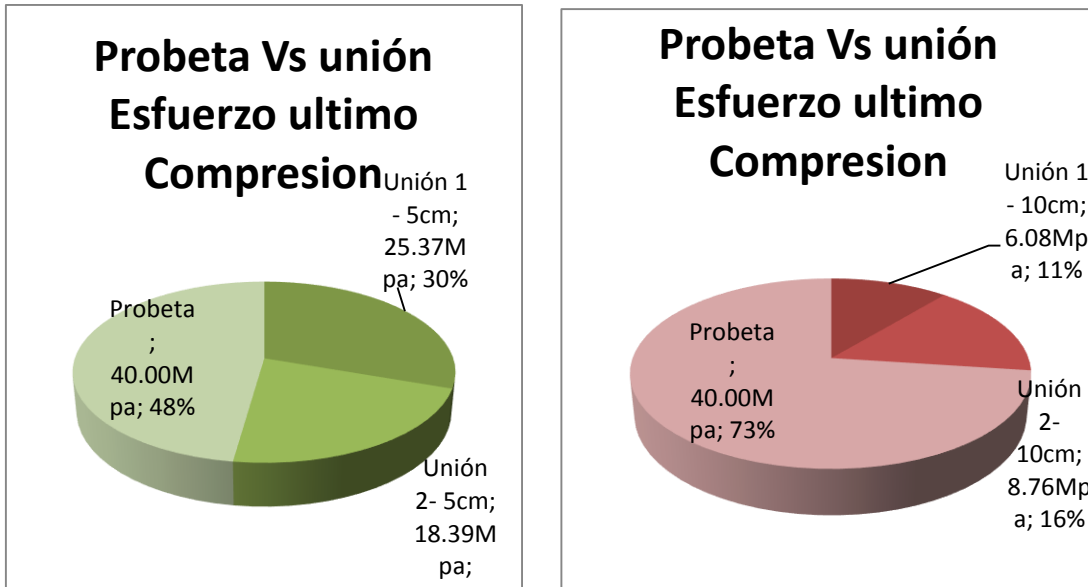
Grafica 17 Tabulación resultados esfuerzos corte perpendicular al modelo 2.



Fuente: Cubides K. & Gamba H.; 2019.

9. Para analizar la capacidad de las uniones vs la probeta de guadua, se cotejo y se graficó el esfuerzo máximo que obtuvieron las muestras.

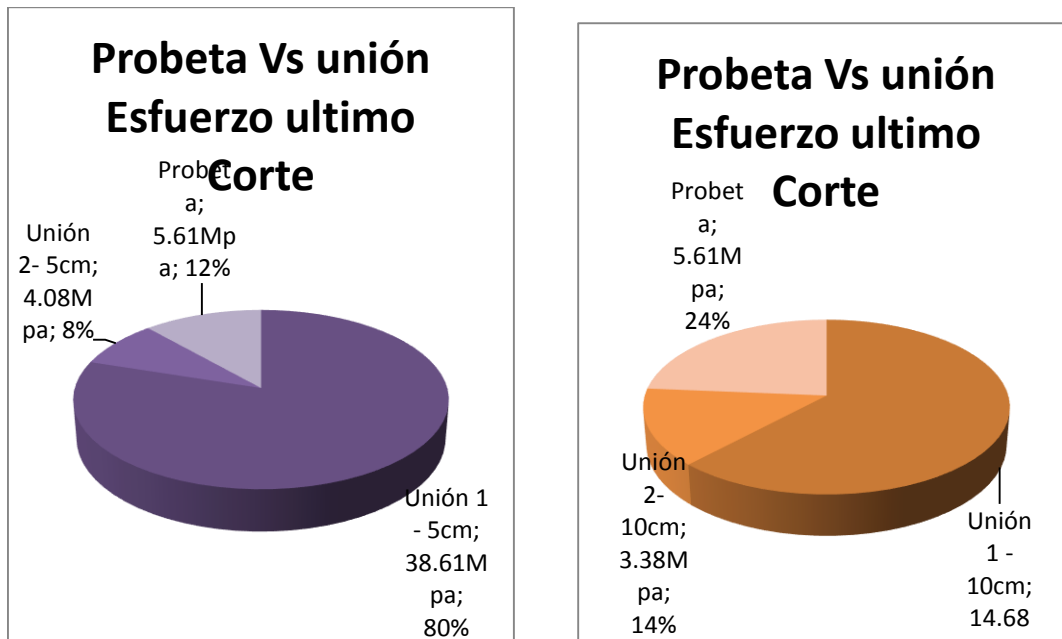
Grafica 18 Probeta vs esfuerzo ultimo- ensayo de compresión.



Fuente: Cubides K. & Gamba H.; 2019.

En la gráfica 18 podemos observar que el modelo 1 y modelo 2, con la configuración de 5 cm posee un esfuerzo de tres veces el esfuerzo de la configuración de 10cm; Aunque este es menor en alrededor de un 50%, al esfuerzo de la probeta de referencia.

Grafica 19 Probeta vs esfuerzo ultimo- ensayo corte paralelo.



Fuente: Cubides K. & Gamba H.; 2019.

En la gráfica 19, podemos observar que el modelo 1, en configuración de 10cm y 5cm, presenta un esfuerzo de un 150% más que el esfuerzo de la probeta de referencia, para el ensayo de corte paralelo a la fibra. En cambio el modelo 2 en configuración de 10 cm y 5 cm, es menor en un 40% al esfuerzo de la probeta de referencia.

10. Se puede identificar que las uniones con las dos configuraciones mejoraron las características a corte paralelo, dando esfuerzos más esfuerzos que el modelo de referencia. En cambio a compresión paralela se evidencia que la capacidad de la guadua disminuye, con relación a los datos de referencia.
11. El modelo 1 y 2 con configuración de 10cm presento mayores deformaciones y fallas en el centro de la unión, con relación al modelo 1 y 2 con configuración de 5 cm que presento fisuras mínimas y deformaciones más controladas.

CAPITULO VII

8. RECOMENDACIONES.

Se recomienda el estudio de otros materiales, con características similares de resistencia a la compresión, pero que tengan mejores condiciones de adherencia hacia la guadua, con el propósito de implementar nuevas uniones en construcciones civiles.

Para la construcción de la unión modelo 1, se recomienda acoplar adecuadamente el tallo sobre el nodo, con el fin de obtener un eje paralelo y garantizar la verticalidad de la carga aplicada por el equipo. Para la construcción del modelo 2, se recomienda acoplar el tallo de menor diámetro con un corte de boca de pescado sobre el lomo de la guadua perforada; para así disipar mejor las cargas sobre la guadua de mayor resistencia.

Para la implementación de las uniones planteadas en este estudio, se recomienda hacer ensayos de flexión y tensión con el fin de complementar la información y capacidad portante del material.

Se debe modificar el modelo 2, garantizando que el centro de la unión, tenga núcleo, el cual influye drásticamente en la capacidad portante del elemento estructural.

CAPITULO VIII

9. BIBLIOGRAFÍA.

- ALVAREZ Mario Francisco. 2008. La guadua: acero vegetal. Bogotá: Construdata, 2008. ISSN 2322-652.
- ATUL Agarwal A BHARADWAJ Nanda & DAMODAR Maity. 2014. Experimental investigation on chemically treated bamboo reinforced concrete beams and columns. India: Construction and Building Materials, 2014. 0950-0618.
- CAMARGO Juan Carlos & KLEINN Christoph. 2010. Length curves and volume functions for guadua bamboo (*Guadua angustifolia* Kunth) for the coffee region of Colombia. 2010. 10.1007/s10342-010-0411-2.
- CEMEX. 2019. CEMEX. [En línea] CEMEX de Colombia SAS, 2019. [Citado el: 14 de 04 de 2019.]
- CERVERA Miguel & BLANCO Diaz. 2015. Resistencia de materiales. España: s.n., 2015. 978-84-944244-4-1.
- Construcción), SIGESCO (Sistema de Gestión en. 2019. Universidad Católica de Colombia. Bogotá: s.n., 2019.
- Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca. 2005. Caracterización bosque de Guadua. Valle del Cauca: CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA –CVC, 2005.
- CUBIDES Katherine & GAMBA Henry. 2019. Bogotá: s.n., 2019.
- GIRALDO Herrera Edgar y SABOGAL Ospina Aureliano. 1999. Una alternativa sostenible: la Guadua. [En línea] Corporación Autónoma Regional del Quindío 1999, 1999. [Citado el: 18 de 04 de 2019.] https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/93442/06_ESD_Cos_pp_35_81.pdf.
- Gobernación del Quindío, 2019. GOBIERNACIÓN DEL QUINDIO. 2019.
- Janssen, Jules J.A. 2000. Designing and Building with Bamboo. Netherlands : Art Options, 2000. ISBN 81-86247-46-7.
- LONDOÑO Ximena. 2019. Estructuras para Guadua Angustifolia Kunth. Armenia: s.n., 2019.
- LONDOÑO Ximena, Pava. 2011. El bambú en Colombia. Bogotá: s.n., 2011. ISSN 1609-1841.
- LUNA Patricia. LOZANO Jorge & TAKEUCHI Caori. 2014. Determinación experimental de valores característicos de resistencia para Guadua angustifolia. Bogotá : Madera ciencia y tecnología, 2014. 0718-221X.

- María Teresa Sánchez Medrano José Adán Espuna Mújica & Rubén Salvador Roux Gutiérrez. 2016. El bambú como elemento estructural: la especie Guadua Amplexifolia. El bambú como elemento estructural: la especie Guadua Amplexifolia. México : Revista Electrónica Nova Scientia, 2016. Vol. 17, 8(2). ISSN 2007 – 0705.
- Ministro de Ambiente y Desarrollo Territorial. 2010. NSR-10 Titulo B. NSR-10 Titulo B. Bogotá : s.n., 2010.
- MORENO Luis. 2011. Civilgeeks ingeniería y construcción. [En línea] 08 de 12 de 2011. [Citado el: 22 de 04 de 2019.] <https://civilgeeks.com/2011/12/08/uniones-de-estructuras-para-guadua-angustifolia-kunth/>.
- Norma Técnica Colombiana SISMORESISTENCIA. 2010. NSR-10. NSR-10. Bogotá : s.n., 2010.
- ROJAS M & ALVARADO J. 2013. Análisis de las propiedades Mecánicas de la guadua Angustifolia mediante técnicas estadísticas y redes neuronales. s.l. : Universidad Nacional de Colombia., 2013.
- SANCLEMENTE Ana & JARAMILLO Manrique. 2003. Estudio de Uniones en guadua con ángulo de inclinación entre elementos. Bogotá : Universidad Nacional de Colombia, 2003.
- TAKEUCHI Caori. 2014. CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DEL BAMBÚ GUADUA LAMINADO PARA USO ESTRUCTURAL. Bogotá : s.n., 2014.
- Takeuchi Caori González Patricia & César M. 2007. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PARALELA A LA FIBRA DE LA GUADUA ANGUSTIFOLIA Y DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD. Bogota : s.n., 2007. 0123-2126.
- The Green School and Green Village. 2015. HUELLAS DE ARQUITECTURA. [En línea] 28 de 09 de 2015. [Citado el: 03 de Abril de 2019.] </storage/MBR3GC3C/asi-se-construyo-el-green-school-y-green-village.html>.
- URIBE Alejandro VALLEJO Maritza & DURÁN Contreras. 2002. ESTUDIO DE ELEMENTOS SOLICITADOS A COMPRESIÓN ARMADOS POR TRES GUADUAS. Bogotá : Universidad Nacional de Colombia., 2002.
- Van Den Dobbelsteen a & J.J.A. Janssen B. 28 April 2005. An environmental, economic and practical assessment of bamboo. Netherlands : Construction and Building Materials, 28 April 2005.
- . 28 April 2005. An environmental, economic and practical assessment of bamboo. Netherlands : Construction and Building Materials, 28 April 2005.
- VELEZ Simón. 2009. Construyendo con acero vegetal. Bogotá : Construdata, 2009. ISSN 2322-652.
- Vélez, Simón. 2005. CONSTRUDATA. [En línea] CONSTRUDATA, 05 de 08 de 2005. [Citado el: 03 de 04 de 2019.] <http://www.construdata.com/BancoConocimiento//idu-30-12-2003/idu-30-12-2003.asp>.

10. ANEXOS.

4. Caracterización inicial de la guadua, reporte de ensayo de laboratorio.
5. Ensayo de corte guadua angustifolia kunth.
6. Ensayo compresión paralela a las fibras de la guadua angustifolia kunth.