

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO -
MECÁNICAS DEL BAMBÚ - BAGUA - AMAZONAS”**

TESIS

**PARA OPTAR EL TÍTULO DE:
INGENIERO CIVIL**

PRESENTADO POR:

Bachiller: Dimas Gustavo Estacio Castañeda

ASESOR: M. en I. Ing. Héctor A. Pérez Loayza

CAJAMARCA - PERÚ

2013

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a Dios por concederme el privilegio de la vida y darme la fortaleza necesaria para cumplir *mis metas*.

A mis Padres Dimas Salomón y María Isabel, quienes con su ejemplo de vida han sabido guiar mis pasos, por darme siempre su apoyo, amor y confianza; que con su comprensión, apoyo, alegría y consejos me han ayudado siempre a seguir adelante.

AGRADECIMIENTO

A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

Que a través de sus docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, logré los conocimientos necesarios para brindar un servicio profesional a la comunidad cajamarquina y peruana.

AL ASESOR

M. en I. Ing° Héctor A. Pérez Loayza

Por su paciencia y sabios consejos para poder encaminar positivamente esta investigación.

A todos los profesionales y docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil que de alguna u otra manera aportaron con sus conocimientos y experiencia para realizar esta investigación.

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación taxonómica de la Guadua.....	6
Tabla 2. Factores de seguridad para esfuerzos admisibles.....	30
Tabla 3. Número de probetas a utilizar en la investigación.....	42
Tabla 4. Clave de codificación de probetas.....	42
Tabla 5. Codificación de probetas.....	43
Tabla 6. Ensayo físico: Contenido de Humedad.....	52
Tabla 7. Ensayo mecánico – Compresión paralela - Contenido de Humedad	53
Tabla 8. Ensayo mecánico – Flexión estática - Contenido de Humedad	54
Tabla 9. Ensayo físico: Densidad Básica.....	55
Tabla 10. Ensayo físico: Contracción Diámetro	56
Tabla 11. Ensayo físico: Contracción Espesor Pared.....	56
Tabla 12. Ensayo físico: Contracción Longitudinal.....	56
Tabla 13. Ensayo Mecánico: Compresión paralela a la fibra.....	57
Tabla 14. Ensayo Mecánico: Flexión estática	59
Tabla 15. Resumen resultados de las propiedades físico - mecánicas obtenidas.....	64
Tabla 16. Símil con investigaciones anteriores – Ensayos	65
Tabla 17. Esfuerzos admisibles guadúa angustifolia en comparación con los grupos de madera.....	66
Tabla 18. Módulos de elasticidad comparados con los grupos de madera.....	66
Tabla 19. Esfuerzos Admisibles	66
Tabla 20. Módulo de Elasticidad	66
Tabla 21. Comparación de esfuerzo admisible a compresión paralela.....	67
Tabla 22. Comparación de esfuerzo admisible a flexión.....	67
Tabla 23. Comparación Módulo de elasticidad	67

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Guadua Angustifolia	5
Figura 2. Taxonomía de la Guadua	7
Figura 3. Rizoma.....	9
Figura 4. Culmo de una Guadua Angustifolia Kunth.....	10
Figura 5. Tipos de nudos, Yemas y ramificaciones.....	10
Figura 6. Ejemplos de tipos de ramificación de especies diferentes.....	11
Figura 7. Partes de las hojas culinarias	12
Figura 8. Partes de una Guadua	13
Figura 9. Catedral de Guadua, Pereira	14
Figura 10. Puente Jenny Garzón, Colombia.....	14
Figura 11. Puente Carder, Armenia	14
Figura 12. MINCABAMBU: Mini Centro Artesanal de Bambú	15
Figura 13. Inflorescencia en Guadua Angustifolia	15
Figura 14. Edad de la Caña Guadua	16
Figura 15. Rebrote Guadua Angustifolia.....	16
Figura 16. Guadua Angustifolia Tierna o Verde.....	17
Figura 17. Guadua Angustifolia Madura.....	18
Figura 18. Guadua Angustifolia Seca	18
Figura 19. Lignificación de las fibras de un culmo de Guadua.....	19
Figura 20. Curado en la mata	20
Figura 21. Curado por inmersión en agua	21
Figura 22. Curado con calor.....	21
Figura 23. Curado con humo.	22
Figura 24. Método de transpiración de las hojas.....	23
Figura 25. Método de inmersión.....	23
Figura 26. Método Boucherie por gravedad	24
Figura 27. Método Boucherie modificado	24
Figura 28. Diagrama Esfuerzo VS Deformación Unitaria.....	28
Figura 29. Modelo matemático del ensayo de flexión.....	32
Figura 30. Mapa de ubicación.....	35
Figura 31. Ubicación área de estudio	36
Figura 32. Curvas Típicas de Comportamiento Esfuerzo-Deformación Unitaria.....	44
Figura 33. Ensayo Físico - Distribución Contenido de Humedad.....	53
Figura 34. Ensayo mecánico – Ensayo compresión paralela - Distribución Contenido de Humedad.....	53
Figura 35. Ensayo mecánico – Ensayo flexión estática - Distribución Contenido de Humedad.....	54
Figura 36. Ensayo Físico - Distribución Densidad.....	55
Figura 37. Ensayo Mecánico - Distribución Compresión paralela a la fibra.....	58
Figura 38. Ensayo Mecánico - Distribución Flexión Estática.....	59
Figura 39. Distribución de esfuerzos a compresión paralela a la fibra.....	60
Figura 40. Distribución de esfuerzos – flexión estática.....	62

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	II
AGRADECIMIENTO.....	III
ÍNDICE DE TABLAS.....	IV
ÍNDICE DE FIGURAS.....	V
RESUMEN.....	IX
ABSTRACT.....	X
INTRODUCCIÓN.....	XI
CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO.....	1
1.1. Antecedentes.....	1
1.1.1. Antecedentes internacionales.....	1
1.1.2. Antecedentes nacionales.....	2
1.1.3. Antecedentes Locales.....	4
1.2. Bases teóricas.....	5
1.2.1. Guadua Angustifolia.....	5
1.2.2. Clasificación Taxonómica.....	5
1.2.3. Morfología.....	7
1.2.3.1. Rizoma.....	8
1.2.3.2. Tallo o Culmo.....	9
1.2.3.3. Yema.....	10
1.2.3.4. Ramas.....	10
1.2.3.5. Hoja Caulinar.....	12
1.2.3.6. Follaje.....	13
1.2.4. Partes principales de la Guadua y su utilización.....	13
1.2.5. Inflorescencia.....	15
1.2.6. Fases de desarrollo de la Guadua.....	15
1.2.6.1. Brote, Renuevo o Borracho.....	16
1.2.6.2. Caña Tierna Verde o Biche.....	17
1.2.6.3. Caña Madura, Hecha o Gecha.....	17
1.2.6.4. Sobremadura, Vieja o Seca.....	18
1.2.7. Corte.....	19
1.2.8. Curado y Secado.....	20

1.2.8.1. Curado en el Guadual o en la Mata.....	20
1.2.8.2. Curado por inmersión en agua.....	21
1.2.8.3. Curado con calor.....	21
1.2.8.4. Curado con humo.....	22
1.2.9. Preservación química de la Guadua.....	22
1.2.9.1. Método de la transpiración de las hojas.....	23
1.2.9.2. Por inmersión.....	23
1.2.9.3. Método Boucherie simple (por gravedad).....	24
1.2.9.4. Método Boucherie modificado (por presión).....	24
1.2.10. Propiedades Físicas y Mecánicas.....	25
1.2.10.1. Propiedades Físicas.....	25
1.2.10.1.1. Contenido de humedad (C.H. %).	25
1.2.10.1.2. Densidad Básica (DB).....	26
1.2.10.1.3. Contracción.....	27
1.2.10.2. Propiedades Mecánicas y Elásticas.....	27
1.2.10.2.2. Propiedades Mecánicas y Elásticas.....	27
CAPÍTULO II. MATERIALES Y MÉTODO.....	34
2.1. Materiales.....	34
2.1.1. Material Experimental.....	34
2.1.2. Otros materiales y equipos.....	36
2.2. Planteamiento metodológico.....	37
2.2.1. Planteamiento del Problema.....	37
2.2.2. Alcances y Limitaciones.....	37
2.2.3. Hipótesis.....	38
2.2.4. Variables.....	38
2.2.5. Objetivos.....	39
2.3. Metodología.....	39
2.3.1. Técnicas.....	41
2.3.2. Población y muestra.....	41
2.3.2.1. Población.....	41
2.3.2.2. Muestra.....	41
2.3.3. Forma de tratamiento de los datos.....	43
2.3.4. Forma de análisis de las informaciones.....	44

CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	52
3.1. Ensayo de propiedades físicas.....	52
3.1.1. Contenido de humedad.....	52
3.1.2. Densidad Básica.....	54
3.1.3. Contracción.....	55
3.2. Ensayo de propiedades mecánicas.....	57
3.2.1. Ensayo de compresión.....	57
3.3. Esfuerzos admisibles para diseño.....	60
3.3.1. Esfuerzos admisibles a compresión paralela a la fibra.....	60
3.3.2. Esfuerzo admisible a esfuerzo de flexión.....	61
3.4. Análisis de resultados.....	63
3.4.1. Análisis de resultados de los ensayos físicos.....	63
3.4.2. Análisis de resultados de los ensayos mecánicos.....	64
CONCLUSIONES.....	68
RECOMENDACIONES.....	69
REFERENCIA BIBLIOGRAFICA.....	70
ANEXOS.....	71

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue evaluar las propiedades físico - mecánicas del bambú (*Guadua Angustifolia*) proveniente de las plantaciones de Bagua, para su uso en la construcción. La toma de datos se realizó entre los meses de enero y febrero del 2013; las muestras experimentales se han obtenido de rodales de bambú ubicados en el distrito de Aramango localidad de “El Muyo”, provincia de Bagua, departamento de Amazonas. La metodología usada consistió en hacer inicialmente la elección de los culmos de bambú en estado verde, de los cuales se ha extraído y acondicionado las probetas para los ensayos en laboratorio, tanto para las propiedades físicas como mecánicas. Se registró valores promedio para la densidad de 0.597 Kg/cm^3 considerándose como un material blando de utilidad general, contracción: en el diámetro de 8.72%, en espesor de pared 12.36%, longitudinal 0.26% determinándose que la contracción con respecto al diámetro exterior y el espesor de pared son los principales responsables del cambio dimensional en el bambú, para esfuerzo promedio a compresión paralela a la fibra 30.96 MPa, esfuerzo promedio a flexión 36.76 MPa; así mismo valores de esfuerzo admisible a compresión paralela a la fibra de 12.38 MPa y esfuerzo admisible a flexión de 12.56 MPa con un módulo de elasticidad promedio de 7592.36 MPa y un mínimo de 6263.54 MPa. Los resultados obtenidos en esta investigación, son muy satisfactorios, registrándose que valores de esfuerzo admisible a compresión son ligeramente inferior en un 5.10% respecto a lo señalado en la Norma E.100 y el valor de esfuerzo admisible a flexión es superior en un 60.19%, respecto a lo señalado en la Norma E.100.

Palabras Clave: Bambú (*Guadua Angustifolia*), propiedades físicas, propiedades mecánicas, esfuerzo admisibles.

ABSTRACT

The objective of this investigation was to evaluate the properties physique - mechanical of the bamboo (*Guadua Angustifolia*) coming from the plantations of Bagua, for its use in the construction. The taking of data was carried out between the months of January and February of the 2013; the experimental samples have been obtained of bamboo rodales located in the district of Aramango town of "The Muyo", county of Bagua, department of Amazonas. The used methodology consisted on making the election of the bamboo culmos initially in green state, of which it has been extracted and conditioned the test tubes for the rehearsals in laboratory, so much for the physical properties as mechanical. One registered values I mediate for the thickness of 0.597 Kg/cm^3 being considered to be a soft material of general utility, thickness: in the diameter of 8.72 %, in thickness of wall 12.36 %, longitudinal 0.26 % deciding that the contraction with regard to the outside diameter and the thickness of wall they are the principal persons in charge of the dimensional change in the bamboo, for average effort to compression parallel to the fibre 30.96 MPa, effort average to flexion 36.76 MPa; likewise values of admissible effort to compression parallel to the fibre of 12.38 MPa and admissible effort to push-up of 12.56 MPa with an average module of elasticity of 7592.36 MPa and a minimum of 6263.54 MPa. The results obtained in this investigation, are very satisfactory, registering that values of admissible effort than compression are lightly lower in 5.10 % with regard to I indicate in the Norma E.100 and the value of admissible effort is superior to push-up in 60.19 %, with regard to the indicated in the Norma E.100.

Key Words: Bamboo (*Guadua Angustifolia*), physical properties, mechanical properties, acceptable effort.

INTRODUCCIÓN

El bambú comúnmente conocido como "caña guayaquil", "marona" o "paca", o guadua, dependiendo de sus características botánicas y el lugar donde se produce, es una especie de caña que por su tamaño, resistencia y flexibilidad viene siendo considerada como un material alternativo para la construcción de viviendas. En efecto, experiencias en Ecuador, Costa Rica y Colombia indican que la también llamada caña guadua es un excelente recurso renovable, de rápido crecimiento y fácil manejo, que brinda beneficios económicos, sociales y ambientales a las comunidades rurales de los países en América Latina.

En el país se busca implementar nuevas metodologías de construcción y el bambú es una muy buena opción teniendo en cuenta las experiencias de países como Colombia o Ecuador. Aunque el bambú ha sido considerado el acero de la naturaleza por sus propiedades, en el país recientemente se ha normalizado su utilización en el Reglamento Nacional de Edificaciones (E.100), sin embargo se cuentan con pocas experiencias documentadas académicamente sobre el comportamiento de este material. La información sobre sus propiedades físico-mecánicas es totalmente insuficiente para iniciar un programa de aprovechamiento sostenible.

Uno de los principales inconvenientes que se presenta en la guadua utilizada como material estructural, es cuando se somete a diferentes tipos de esfuerzos, dadas las características propias del material.

En este sentido, la elaboración de esta investigación tiene como propósito evaluar si las propiedades físico-mecánicas del bambú (*Guadúa Angustifolia*) proveniente de Bagua-Amazonas son menores a las señaladas en la Norma E-100 y consecuentemente su uso como material estructural no es recomendable; con la finalidad de brindar un aporte técnico a la industria de la construcción, como ayuda bibliográfica al ingeniero proyectista y a otros profesionales comprometidos con la industria de la construcción, especialmente en el ámbito de nuestra región.

CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes

1.1.1. Antecedentes internacionales.

Países latinoamericanos como Ecuador, Colombia, Costa Rica, etc. Han desarrollado programas de construcción de viviendas populares utilizando el bambú, material más económico y estructuralmente sismo resistente con características exteriores e interiores similares a las obtenidas con otros materiales como el ladrillo y cemento. Ecuador y Colombia mantienen de manera excepcional una "cultura de la guadua" y su uso en la industria de la construcción es permanente, sobre todo en la región litoral o costa del Ecuador y en el eje cafetero de Colombia.

A continuación se mencionan algunos trabajos realizados que tienen afinidad con el desarrollo de la presente tesis:

❖ **Tesis:** Uribe Vallejo, M; Durán Contreras, A, 2002. Estudio de Elementos Solicitados a Compresión Armados por tres Guaduas. Tesis Ing. Civil, Bogotá D.C, CO. Universidad Nacional de Colombia.

Descripción: Se encontró una manera eficiente de unir tres guaduas de tal manera que se pueda garantizar que el elemento a compresión trabaja con la inercia de la sección compuesta y no como la suma de las inercias de cada una de las guaduas que conforman su sección transversal.

Se obtuvo valores de esfuerzo admisible a compresión de: 188 Kg/cm²

❖ **Tesis:** Cobos Fisher, JA; León Rodríguez, XA. 2007. Propiedades físicas-mecánicas de la Guadua *Angustifolia kunth* y Aplicación al Diseño de Baterías Sanitarias del IASA II. Tesis Ing. Civil, Sangolqui, Escuela Politécnica del Ejército.

Descripción: Bambú en edad promedio de 2 años, secados en mata. Se obtuvo valores de: esfuerzo de tracción: 242,43 MPa, esfuerzo de compresión: parte

Basal 50,31 MPa, Parte Media 48,34 MPa, Parte Apical 46,50Mpa, esfuerzo a flexión en probetas enteras de 1.5 metros de longitud: 34,98 MPa.

Se obtuvo valores de esfuerzo admisible a compresión de: 188 Kg/cm².

❖ **Tesis:** Gutiérrez González, M. 2011. Factor de corrección por contenido de humedad para la resistencia a tensión paralela a la fibra de la *Guadua Angustifolia* Kunth. Tesis M. en I. Estructuras, Bogotá, CO. Universidad Nacional de Colombia.

Descripción: Se determinó la variación de la resistencia a la tensión paralela a la fibra, de la *Guadua Angustifolia Kunth*, con el contenido de humedad (CH).

Así mismo se han realizado algunos trabajos de investigación, como los que podemos mencionar:

Estudios realizados: Ensayo a Compresión	
Investigador	Kg/cm ²
Camacho y Paez (2002)	280.00
Uribe y Duran (2002)	504.37
Prada y Zambrano (2003)	418.56

Estudios realizados: Ensayo a corte	
Investigador	MPa
Díaz y González (1992)	7.74
Martínez (1992)	4.70
López y Cheatle (2002)	6.87
Janssen (2002)	4.50
Castrillón y Malaver (2004)	7.84

Estudios realizados: Ensayo a Tracción	
Investigador	MPa
Camacho y Paez (2002)	352.50
Ciro, Osorio y Velez (2005)	190.70
Janssen (2002)	148.40
Castrillon y Malaver (2004)	91.87

1.1.2. Antecedentes nacionales.

Existen centros nacionales e internacionales en nuestro país de reconocida importancia que trabajan sobre el tema bambú- guadua. Como ejemplo podemos mencionar:

La Asociación Peruana del Bambú – PERUBAMBÚ, es una organización sin fines de lucro que tiene como Misión: fomentar promover y/o ejecutar, mediante su acción directa y/o apoyando a otras instituciones públicas o privadas, estudios, proyectos de investigación científica y tecnológica, proyectos de inversión y programas de capacitación orientados al manejo y aprovechamiento sostenible del bambú y de otros recursos forestales del país, así como de prestar asistencia técnica y servicios a las personas naturales o jurídicas dedicadas a actividades relacionadas al bambú.

La Sociedad Peruana del Bambú –SPB, cree en el potencial del recurso, como una posibilidad para el desarrollo y lo asume como desafío. Alrededor de estos desafíos que la SPB viene creando frentes de desarrollo desde la investigación de base hasta la aplicación del recurso.

Dentro de las diferentes acciones emprendidas por la Sociedad Peruana del Bambú y de sus miembros se tiene:

Experiencias a nivel Industrial

- Obtención de Carbono activado
- Investigación para la obtención de papel artesanal a partir de los residuos del bambú.

Experiencias en la industria de la construcción

- Creación del sistema constructivo como el cañacreto.
- Evaluación de propiedades mecánicas y anatómicas del bambú de la zona de Santa Cruz de las flores, valle de Mala, Región Lima.

En la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Ingeniería se ha realizado el trabajo de investigación que tiene afinidad con el desarrollo de la presente tesis:

"Uniones Estructurales con Bambú (Guadua Angustifolia)"
--

Gutiérrez Aliaga, SC. 2010

En esta investigación se realizó el estudio de las propiedades del bambú, (proveniente del departamento de Amazonas, distrito de la Florida) en su forma natural curadas en mata, sin el uso de aditamentos, aditivos u morteros para luego realizar una evaluación de uniones estructurales, poniendo énfasis en las uniones colineales y perpendiculares.

Se llevó a cabo los siguientes ensayos:

ENSAYO	RESULTADO
Contenido de Humedad	18.94%
Densidad	594.71 Kg/m ³
Ensayo Compresión	44.368 MPa
Ensayo Tracción	107.69 MPa
Ensayo Corte	6.40 MPa

1.1.3. Antecedentes Locales.

En la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca se han realizado algunos trabajos de investigación que tienen afinidad con el desarrollo de la presente tesis, entre las cuales tenemos:

"Estudio Experimental de un Módulo de Quincha de Caña Guayaquil, sometida a Fuerza Horizontal"	Medina Mori, GE; Vigo Saldaña, SM; Rodríguez Sánchez, DO. 1988
--	---

En este estudio, se llevó a cabo el ensayo a tracción de la Caña de Guayaquil en 15 probetas cilíndricas tubulares rectas de 0.80 m de longitud en la dirección de la fibra y de aproximadamente 4 a 5 cm de diámetro; obteniéndose un esfuerzo de rotura promedio de 1,958.07 kg/cm².

Así también, se realizó el ensayo a flexión estática, en 15 probetas de 75 cm de longitud, obteniéndose un valor promedio de rotura de 826.46 kg/cm².

1.2. Bases teóricas

1.2.1. Guadua Angustifolia.



Figura 1. Guadua Angustifolia

Entre todos los bambúes americanos sobresale la especie *Guadua angustifolia*, una de las 20 mejores del mundo por sus excelentes propiedades físico mecánicas, su gran tamaño y por su comprobada utilización en la industria de la construcción.

Guadua fue descrita por el botánico alemán Karl Sigmund Kunth en 1822, como un género segregado del género asiático *Bambusa*. Kunth utiliza el vocablo indígena "guadua" que era como las comunidades nativas de Ecuador y Colombia llamaban a este bambú, y designa a *Guadua angustifolia* como la especie tipo, en donde el epíteto específico significa "hoja angosta". Luego Munro en 1868 señala una serie de caracteres morfológicos y resalta la distribución geográfica tan distinta de estas dos taxas.

En 1973, McClure reconoce *Guadua* como un subgénero de *Bambusa*. Sin embargo, después de estudios morfológicos, anatómicos y moleculares, realizados por Soderstrom & Londoño (1987), Soderstrom & Ellis (1987) y Clark et al. (1995) la *Guadua* se establece claramente como un género endémico de América.

1.2.2. Clasificación Taxonómica.

"Los primeros especímenes de *guadua* se recolectaron en 1783, por el español Don José Celestino Mutis (1732-1808) durante la Real Expedición Botánica, y en

1806, fueron estudiados por el taxónomo y naturalista francés Aimé Bonpland (1773-1858) y el naturalista y explorador alemán Alejandro Von Humboldt (1788-1859). Posteriormente, en 1822, su compañero de clasificaciones botánicas, y el también alemán Karl Sigismund (1788-1850), conocido como Kunth, quien después de adquirir experiencia en la taxonomía de la familia de las gramíneas, decidió que los bambúes de América debían ser agrupados como un género diferente y no dentro del género *Bambusa*, ya que la distribución es distinta al igual que la conformación de la palea, que es una estructura floral (guadua con quillas aladas, bambusa). Fue Kunth, quien clasificó la colección de plantas americanas reunidas por Humbolth y Bonpland y publicó en Paris la sinopsis entre 1822y 1825.

“La especie *guadua* pertenece a las angiospermas o plantas con flores, consideradas bastantes complejas a pesar de ser muy familiares; pertenece a una de las familias más antiguas e importantes del reino vegetal “Las gramíneas” abundante en especie; se encuentra en todas las latitudes y se considera familia cosmopolita, posee unos 500 géneros y 8.000 especies”.

El Código Internacional de Nomenclatura Botánica ha establecido para la *Guadua* 14 rangos taxonómicos, los cuales se relacionan así:

Tabla 1. 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	<i>Guadua</i>
Especie	<i>Angustifolia</i> Kunth
Variedad	<i>Bicolor</i>
Forma	Castilla, Cebolla, Macana, Cotuda, Rayada
Nombre Científico	<i>Guadua Angustifolia</i> Kunth (<i>Bambusa guadua</i> H et B)

TAXONOMÍA DE LA GUADUA

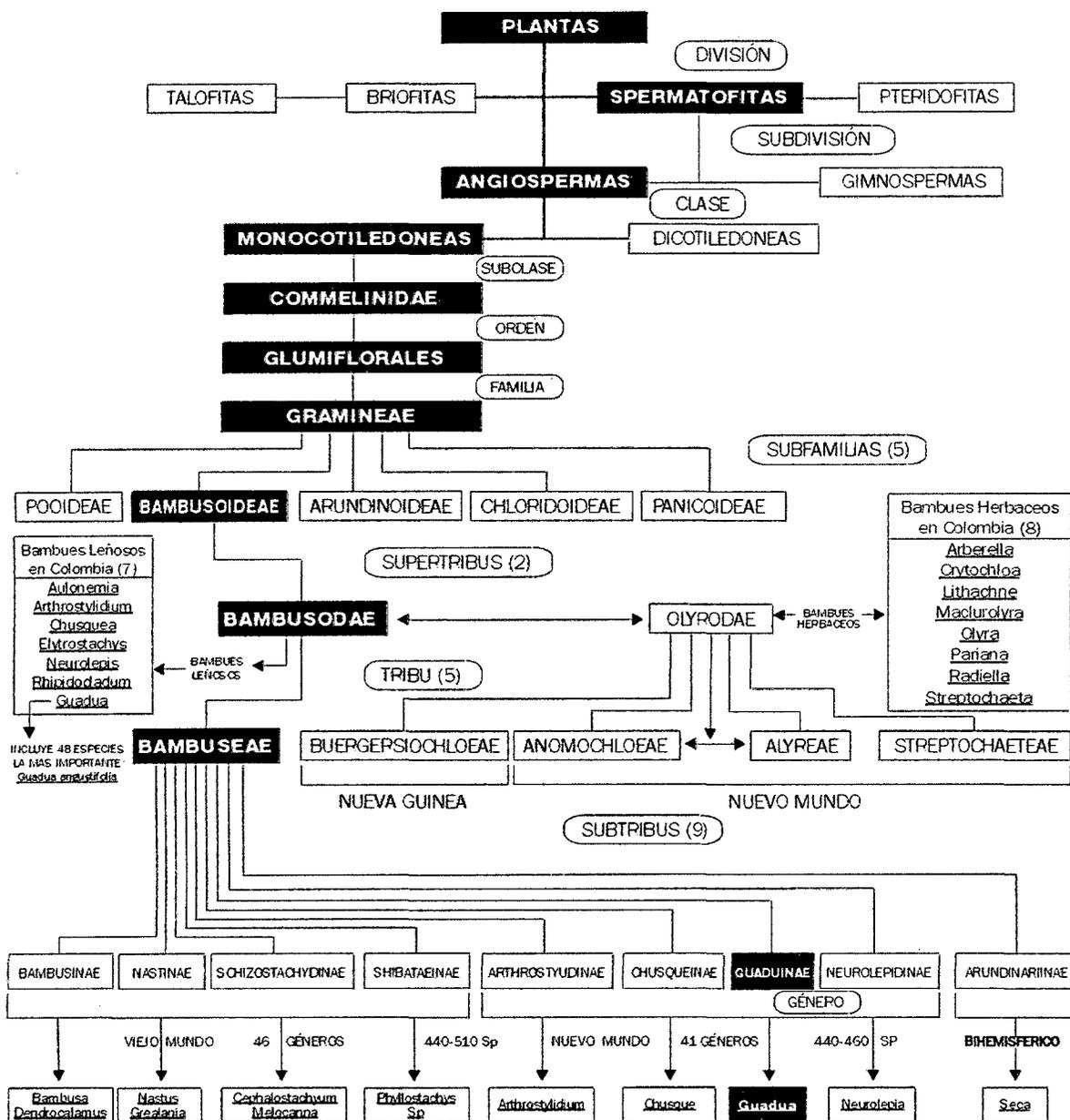


Figura 2. Taxonomía de la Guadua
Fuente: International Network of Bambú and Rattan (INBAR).

1.2.3. Morfología.

La estructura de la *Guadua* está basada en un sistema de ejes vegetativos segmentados, los cuales forman alternamente nudos y entrenudos, que varían en su morfología dependiendo del lugar de la planta al cual correspondan, es decir el rizoma, el tallo o las ramas. En cuanto a lo que corresponde al tallo y su

estructura también varía dependiendo de la especie, variedad y/o biotipo a la cual pertenezca, así mismo como en alturas, diámetros, y forma de los nudos facilitándose así su clasificación.

1.2.3.1. Rizoma. Como en todas las plantas, el rizoma tiene una función muy importante, no sólo como órgano almacenador de los nutrientes y el alimento necesario para el desarrollo del resto de la planta, sino como elemento básico que permite la propagación de la guadua la cual se efectúa asexualmente por ramificación de los rizomas. El rizoma es la estructura soporte de la planta.

Consta de dos partes: el cuello del rizoma, que carece de yemas; y del rizoma en sí, que es subterráneo y tiene raíces, yemas y brácteas.

El investigador McClure, en 1966 clasificó los rizomas del bambú en dos grupos principales y uno intermedio, de acuerdo con la morfología de los mismos. El primer grupo, los rizomas Paquimorfos (Simpodial y Cespitoso), el segundo el Leptomorfo (Monopodial), y el tercero Anfipodial.

Algunos de los géneros de bambúes, pertenecientes al grupo Paquimorfo, son: *Bambusa* (que incluye el subgénero *guadua*), *Dendrocalamus*, *Elytosthachys*, *Gigantocloa*, *Oxytenanthera*. Los bambúes pertenecientes a este grupo corresponden en su mayoría a especies tropicales, sus rizomas se denominan paquimorfos, por ser cortos y gruesos, de forma más o menos curva y diámetro generalmente mayor que el del culmo, los entrenudos son más anchos que largos, sólidos y asimétricos, se caracterizan por su yema apical que termina originando un tallo aéreo, y las yemas laterales continúan el crecimiento del rizoma repitiendo el mismo sistema de ramificación. Este tipo de desarrollo hace que los rodales de la *Guadua* sean densos. Normalmente los rizomas alcanzan profundidades de anclaje entre 1 y 3 metros.

Una de las ventajas que presenta el bambú, debido al tipo de rizoma que posee el cual es fuerte y abundante, es que forma un sistema que se entreteje en el suelo, ayudando de esta forma a la conservación del suelo, principalmente en las rondas de los ríos. Asimismo, evita la erosión que se produce por fuertes vientos, escorrentía o desmoronamientos del terreno contribuyendo así a la estabilización de laderas.



Figura 3. Rizoma.

1.2.3.2. Tallo o Culmo. El culmo es el eje aéreo segmentado que emerge del rizoma y es la porción más útil del bambú. Los tallos de bambú se caracterizan por tener forma cilíndrica y entrenudos huecos, separados transversalmente por tabiques o nudos que le proporcionan mayor rigidez, flexibilidad y resistencia.

El tallo de la guadúa es un sistema modular el cual consta de nudos y entrenudos dispuestos axialmente, estos módulos varían según la especie, de diámetro, espesor de pared, densidad y longitud de entrenudo con la altura del tallo.

El diámetro y el espesor de la pared del culmo disminuyen con la altura, caso contrario, la densidad y la longitud entre nudos aumenta con ésta. Su forma es cilíndrica y esbelta y puede alcanzar alturas promedio de 18 – 20 metros.

“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 ° ”.

El tallo se origina en el ápice del rizoma y el proceso de desarrollo del tallo se da a partir de que brota del suelo lo cual es la salida del rebrote o cogollo. Lleva intrínseco la cantidad de nudos que va a poseer y con el máximo diámetro que tendrá de por vida. El crecimiento se realiza por el alargamiento o elongación de los entrenudos comenzando por el inferior y terminando por el último superior con el cual termina el crecimiento del tallo. Posteriormente crecen las ramas de las yemas en los nudos y sus hojas. Al alcanzar su desarrollo se inicia un proceso de sazónamiento o maduración, donde llega a su mejor grado de aprovechamiento, esto ocurre entre los 3 y 6 años.

Debido a su tejido delicado, el tallo está protegido con brácteas u hojas de forma triangular que lo recubren, las cuales se originan en cada uno de los nudos que se

van formando. El crecimiento del entrenudo se sabe cuándo termina porque la bráctea o cubierta que protege al tallo se desprende ligeramente del nudo inmediatamente inferior.



Figura 4. Culmo de una Guadua Angustifolia Kunth

1.2.3.3. Yema. En el culmo, se ubica por encima de la línea nodal y en posición dística. Rompe su inactividad cuando el culmo completa el crecimiento apical. En el caso de la guadua hay una sola yema por nudo.

1.2.3.4. Ramas. Se originan en la línea nodal, por encima de esta o sobre un promontorio. En el caso de la guadua las ramas basales se modifican y llegan a transformarse en espinas. Las ramas apicales del culmo tienen alto contenido de fibra y pueden aprovecharse en la fabricación del papel.

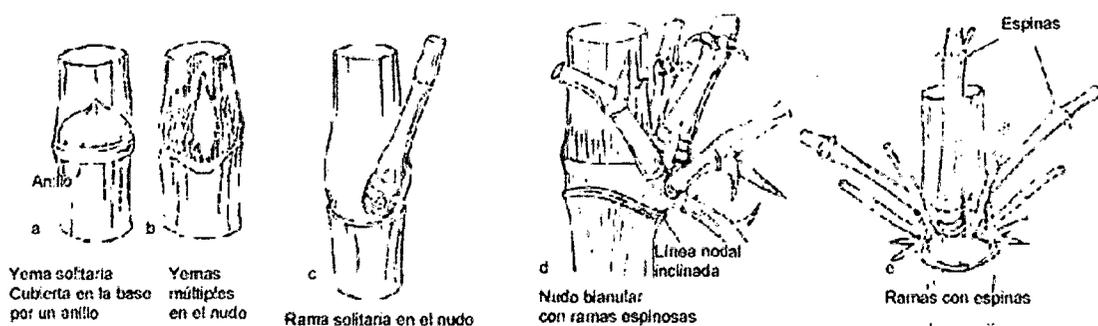


Figura 5. Tipos de nudos, Yemas y ramificaciones: a) Yema solitaria cubierta en la base por un anillo; b) Yemas múltiples en el nudo; c) Rama solitaria en el nudo característico de Guadua; d) y e) Ramas espinosas características de Guadua Angustifolia

Ramificación. La ramificación generalmente compleja de los bambús leñosos es presumiblemente una adaptación a la competencia por la luz, especialmente en especies con numerosas ramas por nudo. En términos generales, el patrón de ramificación aérea de los bambús es monopodial; es decir que el culmo principal es el eje dominante, y da lugar a ramas laterales.

La relación de las ramas con el nudo del culmo y la hoja caulinar es descrita como: intravaginal (dentro de la hoja caulinar), extravaginal (a través de la hoja caulinar) e infravaginal (debajo de la hoja caulinar), relacionado al hábito de crecimiento rastrero. Los dos primeros son comunes en la mayoría de los bambús americanos, presentándose el tipo extravaginal en el género *Chusquea* subgénero *Chusquea*, pero también esporádicamente también en *Guadua* y *Rhipidocladum*., y el tipo infravaginal sólo se conoce se presenta en la especie *Chusquea* subgénero *Rettbergia* y las secciones *Longifoliae*, *Serpentes*, *Longiprophyllae*.

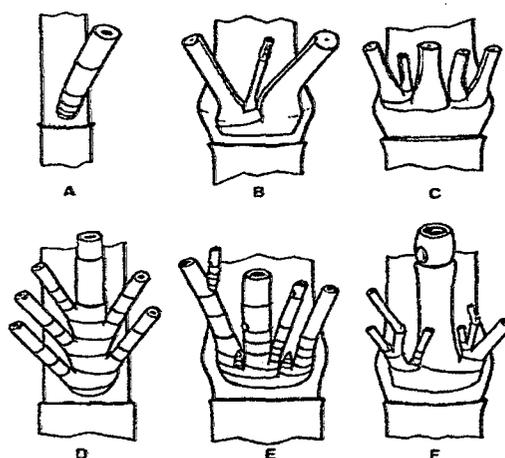


Figura 6. Ejemplos de tipos de ramificación de especies diferentes (Hidalgo, 2003): (A) *Guadua angustifolia*, (B) *Phylloptachus dulcis*, (C) *Shibataea kumasasa*, (D) *Arundinaria tecta*, (E) *Arundinaria simonii*, (F) *Semiarundinaria fastuosa*

1.2.3.5. Hoja Caulinar. Son hojas de tamaño, color y forma variable, que protegen al culmo y a sus yemas durante el crecimiento inicial. Son llamadas también vainas y son características en las diferentes especies de bambú, y son modificadas para la protección antes que para la fotosíntesis, pudiendo ser verdes cuando jóvenes y posiblemente fotosintéticas, pero posteriormente cumplen función de protección al daño mecánico y contra plagas de los nudos suaves. Está constituido por una hoja caulinar, que consiste de una hoja expandida, una hoja caulinar, puede estar sellada a la superficie externa de otra hoja, para soporte extra.

Entre las especies de bambú leñosos del continente americano, las hojas caulinares pueden ser elementos de diagnóstico de los géneros y en algunos casos son críticos para la identificación de las especies. Las mejores y más representativas hojas caulinares se encuentran en los nudos del medio de los culmos. A nivel genérico es importante la posición del limbo (erecto o doblado), y la presencia de aurículas y/o cerdas.

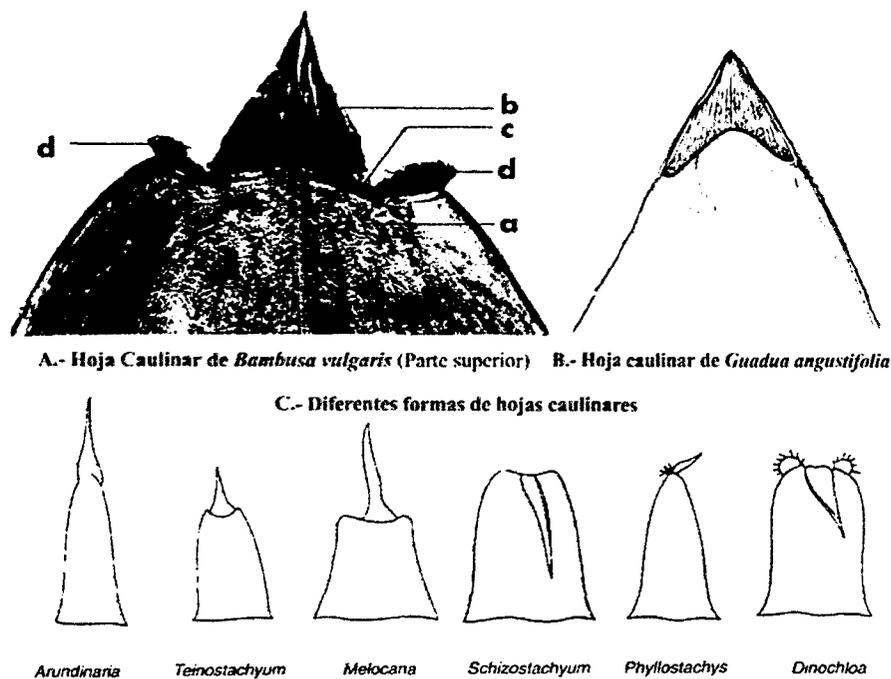


Figura 7. Partes de las hojas culinares (Hidalgo, 2003): (a) hoja caulinar propiamente dicha, (b) Vaina de la hoja caulinar, (c) Ligula, (d) Aurículas; y ejemplos de las hojas caulinares de algunas especies de bambú.

La coloración, depósitos de cera, y ceras finas se encuentran en varias especies de los géneros *Chusquea* y *Merostachys*; en tanto el color marrón oscuro de las hojas caulinares, típicas de la *Guadua angustifolia*, y algunas otras especies del

género se deben a la presencia de una gran cantidad de pelos irritantes, que también se encuentran en algunas especies de los Arthrostylidiinae, pero en menor densidad que en Guadua.

1.2.3.6. Follaje. Es la estructura básica en el proceso de fotosíntesis, está constituido por vaina, lámina y ápices.

1.2.4. Partes principales de la Guadua y su utilización

	DESCRIPCIÓN		UTILIZACIÓN
COPA	Parte apical de la guadua con una longitud de 1,20 a 2,00 m.	20 m.	Se replica en el suelo del guadua como aporte de materia orgánica.
VARILLON	Sección de menor diámetro. Su longitud tiene aproximadamente 3 metros.	18 m.	Se utiliza en la construcción como correa de techos con tejas de barro o de paja. Se emplea como tutor en cultivos transitorios.
SOBREBASA	Es un tramo de guadua con buen comercio debido a su diámetro, que permite un uso variado. Posee una longitud aproximada de 4 metros.	15 m.	Utilizada como elemento de soporte en estructuras de concreto de edificios en construcción. También se emplea como viguetas para formaletear planchas y como postes de espalderas en cultivos.
BASA	Parte de la guadua que mayores usos tiene, debido a su diámetro intermedio. Es la sección más comercial de la guadua. La longitud es de 8 metros aproximadamente.	11 m.	De esta sección se elabora generalmente la esterilla, la cual tiene múltiples usos: en construcción de paredes, casetones y formaletas de planchas. Esta parte se utiliza como vigas y columnas en construcciones nuevas de guadua.
CEPA	Sección basal del culmo de mayor diámetro, debido a sus entrenudos más cortos proporciona una mayor resistencia y tiene una longitud de 3 metros.	3 m.	Se utiliza como columnas en construcción y para cercos.
RIZOMA	Es un tallo modificado, subterráneo, que se conoce popularmente como "caimán"	0 m.	En decoración, muebles y juegos infantiles.

Figura 8. Partes de una Guadua (Fuente UTP Ecuador 2004)

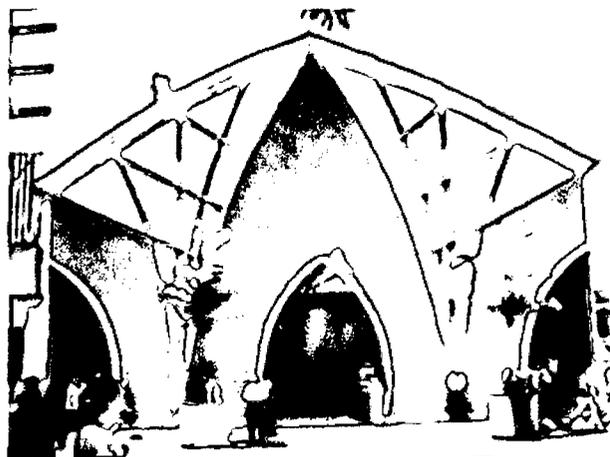


Figura 9. Catedral de Guadua, Pereira

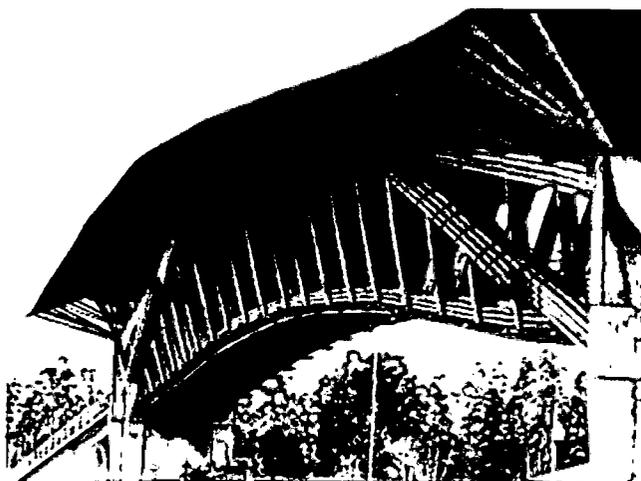


Figura 10. Puente Jenny Garzón, Colombia

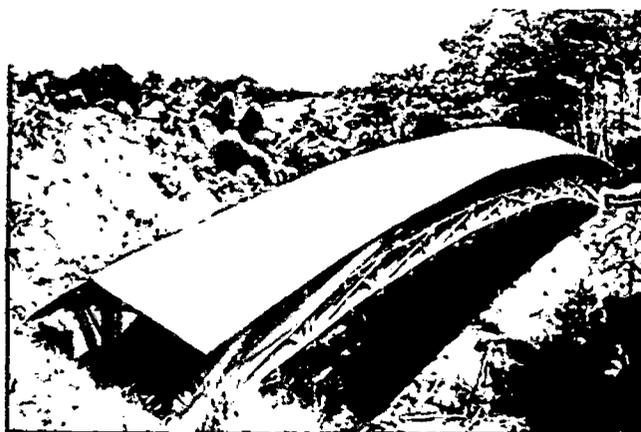


Figura 11. Puente Carder, Armenia



Figura 12. MINCABAMBU: Mini Centro Artesanal de Bambú (Aramango – Bagua – Amazonas)

1.2.5. Inflorescencia

La inflorescencia en los bambúes, tiene como unidad básica estructural la espiguilla. La guadua tiene inflorescencia indeterminada que se prolonga indefinidamente mediante producción progresiva de ramas.

Además tiene floración esporádica que es cuando todos los miembros de una generación determinada, con un origen común, entran gradualmente a la etapa reproductiva en diferentes tiempos o intervalos regulares. Luego de esto, la planta se amarilla ligeramente pero emite nuevos brotes; la planta no muere.



Figura 13. Inflorescencia en Guadua Angustifolia.

1.2.6. Fases de desarrollo de la Guadua.

La guadua por ser una monocotiledónea carece de tejido de cambium, es decir que no incrementa su diámetro con el paso del tiempo, emerge del suelo con su diámetro establecido. Es una especie de crecimiento muy rápido que logra

incrementos en altura de hasta 11 centímetros al día y alcanza su altura definitiva (18 a 30 metros) en los primeros seis meses después de emerger del suelo en su condición de renuevo y su madurez llega después de los 4 a 5 años.

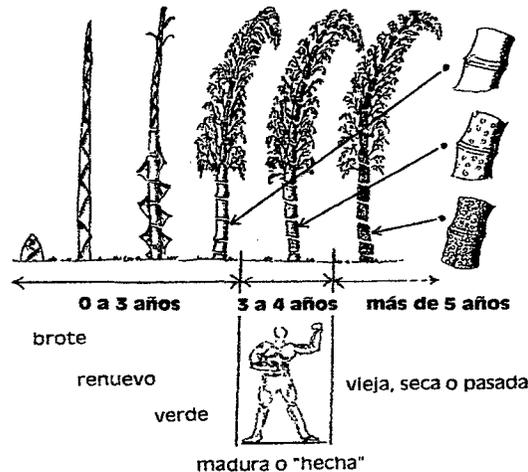


Figura 14. Edad de la Caña Guadua

Se diferencian cuatro fases de desarrollo de la planta desde que brota del suelo hasta que muere.

1.2.6.1. Brote, Renuevo o Borracho. Entre los 0 – 6 meses de edad. Se considera como el primer individuo de la fase de desarrollo. Durante los primeros 30 días el crecimiento alcanza ratas de 4 – 6 cm en 24 horas, y el 60 % de éste se realiza en horas nocturnas, condición que obedece a la presencia de auxinas. Después de 90 cm el renuevo se estabiliza en un promedio de 9 – 11 cm de crecimiento en 24 horas; se encuentra revestido completamente de hojas caulinares que varían según el sitio y las condiciones climáticas donde se desarrolla el renuevo. En los primeros 30 días de su crecimiento, se puede usar como alimento humano y también se puede aprovechar este tiempo para formaletearla con el fin de inducirle formas distintas a su sección con fines decorativos.



Figura 15. Rebrote Guadua Angustifolia

1.2.6.2. Caña Tierna Verde o Biche. Entre los 6 meses – 3 años de edad. Esta fase se inicia cuando las hojas caulinares de la parte apical del culmo comienzan a desprenderse, dando paso primarias y consecutivamente a las secundarias. Se usa en esta edad, debido a la poca dureza que posee por carecer de lignificación completa; se limita a la hechura de canastas, paneles tejidos y esterilla. Se reconoce puesto que posee un color verde intenso y lustroso, su superficie es limpia de musgo y nudos con bandas nodales de color blanquecino, donde además se encuentran las yemas.

En este estado las guaduas se caracterizan por su color verde intenso y lustroso, inicialmente posee ramas, conserva algunas hojas caulinares en su parte inferior y se aprecian con claridad las bandas blancas en los nudos.



Figura 16. Guadua Angustifolia Tierna o Verde

1.2.6.3. Caña Madura, Hecha o Gecha. Entre los 3 y 6 años de edad, en esta fase la Guadua alcanza su mayor resistencia y dureza; este es punto ideal para su uso en la construcción, también se hacen baldosas laminadas y tablillas para entrepiso laminado. Se caracteriza por la desaparición en el tallo del lustre en el entre nudo, color verde oscuro y la aparición de manchas de hongos color gris – claro, de forma redondeada a oblonga, con diámetros de hasta 3 cm sobre la superficie. Una guadua madura presenta manchas blanquecinas en forma de plaquetas, las mismas que cubren gran parte del culmo. En los nudos se presenta líquenes oscuros y la guadua progresivamente cambia a un color verde oscuro.



Figura 17. Guadua Angustifolia Madura

1.2.6.4. Sobremadura, Vieja o Seca. De los 6 años en adelante, esta es una Guadua que no fue aprovechada en su momento, deja de ser productiva y tiende a rajarse muy fácilmente, no resiste ni siquiera los clavos, ni golpes muy fuertes con el martillo, se reconoce porque pierde el color verde oscuro de la Guadua madura y en cambio toma un color naranja y no hay presencia de follaje lo cual indica fisiológicamente que es inactiva.

Si la caña guadua no se cosecha en estado hecho, pierde su resistencia, se torna los tallos de color amarillento a rojizo, se seca el follaje y por disminución de la actividad fisiológica termina el ciclo de vida de ese individuo. Normalmente cuando las manchas o rodales de guadua no son aprovechados se observa gran cantidad de individuos en estado seco que impiden la aparición de brotes por falta de espacio, luz, agua y nutrientes además de no estimularse los rizomas.



Figura 18. Guadua Angustifolia Seca

Liese y Weiner 1996; Murphy y Alvin 1997, determinaron que durante los primeros años el tallo sufre un proceso de maduración. Se cambian algunas estructuras, por ende, las propiedades y los fines para el que son empleados. El tallo de un año de edad (inmaduro), tiene paredes celulares delgadas de fibras y parénquima, con el más bajo volumen de lignina. Las células no contienen almidón. Durante los años siguientes, se ve que las fibras y las células de

parénquima aumentan su espesor a través de la de posición de laminillas adicionales y una lignificación consecutiva como se muestra en la siguiente figura:

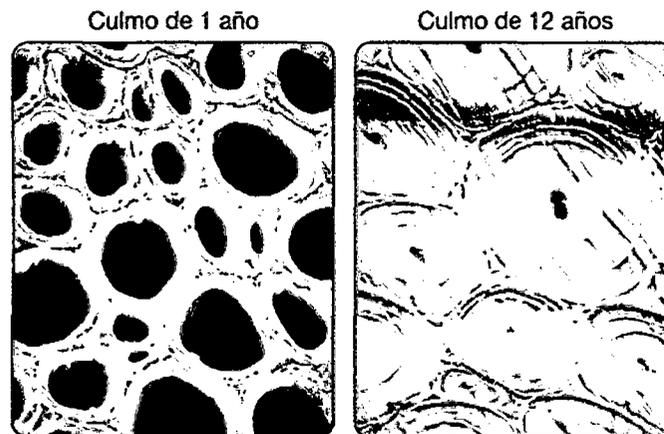


Figura 19. Lignificación de las fibras de un culmo de Guadua

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

1.2.7. Corte

Para llevar a cabo el corte en un guadua, es indispensable tener pleno y certero conocimiento de la edad del mismo ya que, de acuerdo con la edad de la guadua, sus características y propiedades tanto físicas como mecánicas cambian, incidiendo en forma decisiva y evidente en la resistencia y utilización que se pueda realizar de la misma.

La edad adecuada para efectuar el corte, con objetivos de una futura utilización para la construcción, se encuentra entre los 3 y 5 años. "Un tallo de edad entre los 3 y 5 años se reconoce porque tiene ausencia de hoja caulinar, hay presencia de follaje y sobre el tallo hay presencia de manchas de algas en buena cantidad".

El corte en el tallo de la guadua debe realizarse después del primer canuto (tabique) completo que sale de tierra, aproximadamente a una altura entre 15 y 30 centímetros sobre el nivel del suelo, con la precaución de que quede sobre un nudo (donde termina el nudo), con el objetivo de evitar que el agua se empoce, lo cual generaría posteriormente que comience a pudrirse el tallo, afectando consecuentemente al rizoma. El corte debe procurar hacerse lo más limpio posible para lo cual se usa machete o una sierra.

1.2.8. Curado y Secado

El bambú una vez cortado y en particular si el tallo es joven o menor de tres años, es atacado interiormente por insectos xilófagos como el *Dinoderus minutus*, que atraído por el almidón que se deposita en la pared del tallo, construye largas galerías a lo largo de la misma dejándolo inservible.

Con el fin de que los tallos de la guadua sean más duraderos y menos propensos al ataque de los insectos y hongos, el bambú después de cortado, debe someterse a un tratamiento de curado, que tiene como fin reducir o descomponer el contenido de almidón y humedad de los tallos, o a un tratamiento con preservativos químicos contra los insectos y hongos.

Este procedimiento de curado, se puede llevar a cabo mediante la aplicación de varios métodos:

1.2.8.1. Curado en el Guadual o en la Mata. Es el procedimiento más utilizado y recomendado por su bajo o ningún costo ya que es un proceso natural y no mancha los tallos. Este método consiste en cortar el tallo (se deja con ramas y hojas) e inmediatamente dejarlo apoyado a otros bambúes vivos lo más vertical posible, y sobre una piedra, plástico o sobre la punta de otro rizoma que lo separe del suelo, para evitar que absorba la humedad del suelo y para que las hojas sigan transpirando, haciendo que el secado sea gradual y de adentro hacia fuera. En esta posición el tallo cortado se deja por un tiempo no menor de 4 semanas, luego se cortan sus ramas y hojas y se deja secar dentro de un área cubierta bien ventilada. Este método ha sido hasta ahora el más recomendable, pues los tallos no se manchan, conservan su color, no se rajan y no son atacados por insectos y hongos.

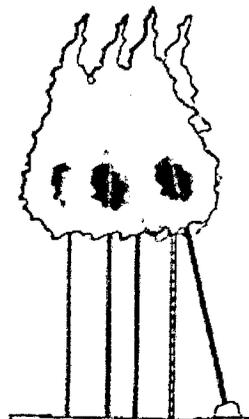


Figura 20. Curado en la mata

1.2.8.2. Curado por inmersión en agua. Este método consiste básicamente en sumergir los tallos recién cortados en agua, ya sea en un tanque o en un río y se dejan allí por un periodo no superior a cuatro semanas, posteriormente se sacan y se dejan secar por algún tiempo. Este método a pesar de ser muy utilizado es poco efectivo, además los tallos se manchan y si permanecen mayor tiempo del requerido en el agua pierden resistencia y se vuelven quebradizos.

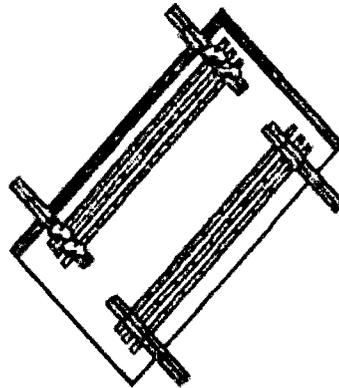


Figura 21. Curado por inmersión en agua

1.2.8.3. Curado con calor. Se realiza colocando horizontalmente los tallos de guadua sobre brasas a una distancia apropiada para que las llamas no las quemen, girándolas constantemente. Este tratamiento se hace por lo general a campo abierto. Es un proceso efectivo, pero de mucho cuidado con la distribución del calor, ya que se pueden producir esfuerzos diferenciales del interior al exterior lo cual causa agrietamientos y fisuras en el tallo, además se puede quemar. Las brasas se deben colocar en una pequeña excavación de unos 30cm o 40cm.

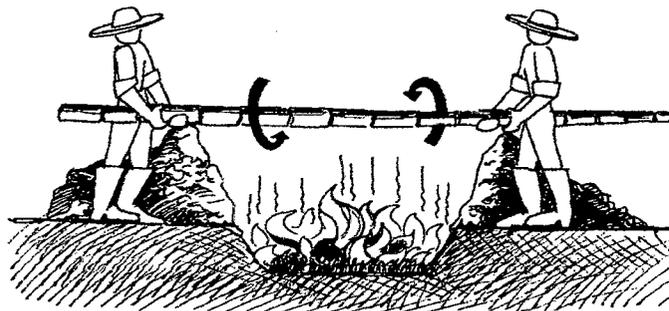


Figura 22. Curado con calor

1.2.8.4. Curado con humo. El método consiste en ahumar los tallos de guadua con la ayuda de una hoguera, se colocan horizontalmente en el interior de una cámara sobre un fogón u hoguera, hasta que queden cubiertas exteriormente de hollín, con el objetivo de que alcancen una humedad del 10%. Se afirma que el humo produce la cristalización de la lignina, trayendo como consecuencia una mayor resistencia al ataque de insectos, impermeabilidad y mejores propiedades mecánicas.

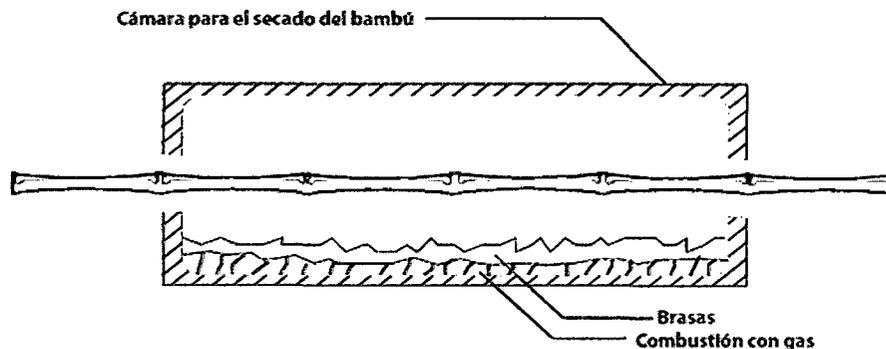


Figura 23. Curado con humo.

1.2.9. Preservación química de la Guadua.

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

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

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

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

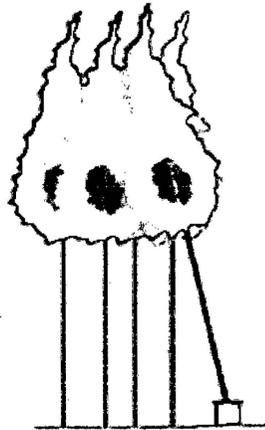


Figura 24. Método de transpiración de las hojas

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

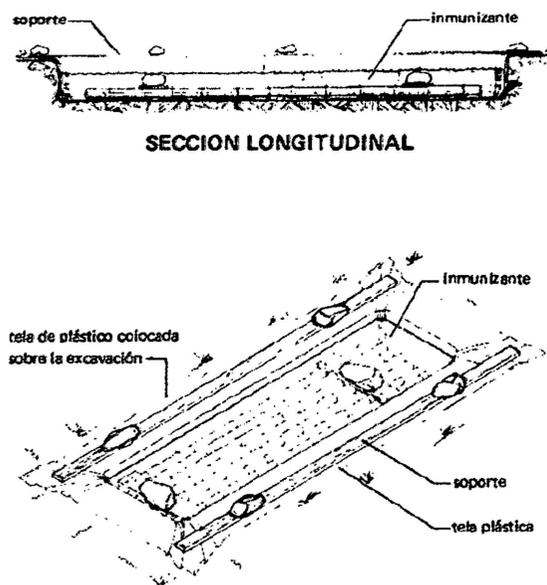


Figura 25. Método de inmersión

1.2.9.3. Método Boucherie simple (por gravedad). Consiste en llenar el entrenudo superior con preservante, dejando el tallo en posición vertical hasta que el químico baje a lo largo de las paredes, ya que por acción de la gravedad empuja y desplaza la sabia ocupando su lugar. También uno de los extremos puede conectarse a un tubo de caucho que conduce el preservativo de un tanque ubicado a una altura mayor, hacia el tallo de la guadua. Es un método que puede demorarse varios días de acuerdo con las dimensiones del tallo, por lo cual es poco usado a escala comercial.

METODO BOUCHERIE (Por gravedad)

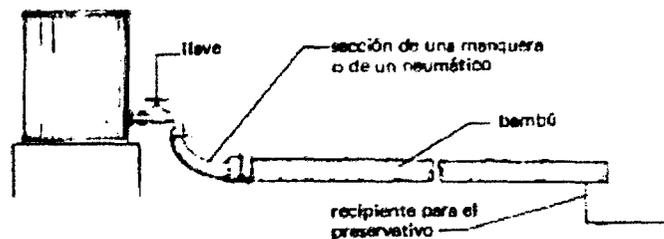
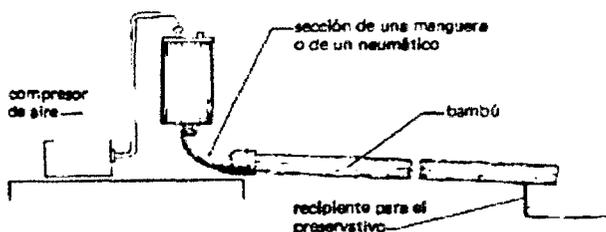


Figura 26. Método Boucherie por gravedad

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

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

METODO BOUCHERIE MODIFICADO (Por presión) 1



METODO BOUCHERIE (Por presión) 2

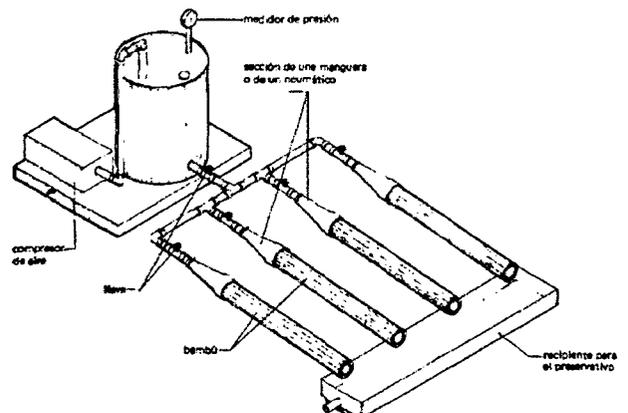


Figura 27. Método Boucherie modificado

1.2.10. Propiedades Físicas y Mecánicas.

1.2.10.1. Propiedades Físicas. Según se ha estudiado, la guadua es un material cuyas propiedades mecánicas dependen de la especie botánica, la edad de corte, la sección del culmo que se utilice y de las propiedades físicas.

Los parámetros tenidos en cuenta fueron: Contenido de humedad, densidad básica y contracción.

1.2.10.1.1. Contenido de humedad (C.H. %). El contenido de humedad (CH) es un valor importante que debe ser conocido al momento de utilizar el bambú como un elemento estructural de una edificación. En relación con el contenido de humedad en el bambú es importante mencionar:

1. El bambú es un material higroscópico, el contenido de humedad depende del ambiente al que esté expuesto.
2. Entre menos contacto tenga el bambú con el agua, o esté expuesto en un ambiente húmedo, el contenido de humedad se estabiliza con un porcentaje entre 10 y 25 %, lo cual dependerá de la humedad relativa y la temperatura del ambiente. Este valor del contenido de humedad es mucho menor que cuando el bambú ha sido cortado. El secado natural producto de la temperatura atmosférica, disminuye el contenido de humedad que el bambú retiene.
3. Las variaciones en el contenido de humedad permiten que el bambú se contraiga o se expanda.
4. Normalmente el bambú debe ser secado para facilitar su manejo y su transporte. Además un contenido de humedad alto, facilita que el bambú sufra un proceso de deterioro producto del ataque de hongos o insectos.

Una característica de la guadua, es que contiene una gran cantidad de agua, distribuida tanto en las cavidades celulares, como en la parte constitutiva de las células.

El contenido de humedad (CH) es el porcentaje en peso, que tiene el agua libre más el agua higroscópica con respecto al peso del bambú anhidro.

El contenido de humedad es la cantidad de agua en una porción del material, y se determina según las recomendaciones de la norma ISO 22157-1:2004 y la norma ISO 22157-2:2004; mediante la siguiente formula:

$$CH(\%) = \frac{P_1 - P_2}{P_2} * 100 \quad \text{Fórmula 1}$$

Donde:

P₁: Peso de la muestra en estado natural

P₂: Peso de la muestra seca al horno

1.2.10.1.2. Densidad Básica (DB). La densidad es conocida como la relación que existe entre la masa y el volumen que ocupa un cuerpo. El peso del material es la suma del peso de la parte sólida y el peso del agua contenida en sus cavidades internas.

La densidad básica es la más usada comúnmente ya que las condiciones en las que se basa (peso seco al horno y volumen verde) son estables en una especie determinada. La densidad de la parte sólida tiene un valor aproximado de 1.56 g/cm³ con pequeñas variaciones entre especies. Para el bambú guadua, se ha encontrado que la densidad básica varía desde 0.5 g/cm² a 0.9 g/cm³, desde la cepa hasta la sobrebasa, respectivamente.

Se define como la relación entre el peso seco al horno y el volumen verde de la muestra, se determina según las recomendaciones de la norma ISO 22157-1:2004 y la norma ISO 22157-2:2004; mediante la siguiente formula:

$$\rho = \left(\frac{m}{V} \right) * 10^6 \quad \text{Fórmula 2}$$

Donde:

ρ : Densidad básica, en Kg/m³

m: Masa de la pieza, en gr

V: Volumen pieza, en mm³

10⁶: Factor de corrección de unidades.

1.2.10.1.3. Contracción. La contracción de una sección de entrenado de bambú, se determina midiendo el diámetro externo, grosor de la pared y longitud (altura), antes y después de secar el espécimen.

La contracción en el bambú se determina según las recomendaciones de la norma ISO 22157-1:2004 y la norma ISO 22157-2:2004; mediante la siguiente formula:

$$\frac{I - F}{I} * 100$$

Fórmula 3

Donde:

I: Lectura Inicial

F: Lectura Final

1.2.10.2. Propiedades Mecánicas y Elásticas. Las propiedades mecánicas describen como se comporta un material cuando se les aplican fuerzas externas. Muchos materiales se comportan elásticamente (linealmente) en las primeras etapas de carga, lo que es de gran importancia en ingeniería, ya que mediante el diseño de estructuras que funcionen en esa región se evita que tengan deformaciones permanentes debido al flujo plástico.

1.2.10.2.2. Propiedades Mecánicas y Elásticas. Las propiedades mecánicas y elásticas del bambú determinan la capacidad o aptitud para resistir fuerzas externas. El conocimiento de las propiedades mecánicas y elásticas del bambú se obtiene a través de la experimentación, mediante ensayos que se aplican al material, y que determinan los diferentes valores de esfuerzos a los que puede estar sometida.

El esfuerzo que soporta un cuerpo por unidad de superficie es la llamada esfuerzo unitario o tensión unitaria. Cuando la carga aplicada a un cuerpo aumenta, se produce una deformación que se incrementa paulatinamente. Esta relación entre la carga aplicada y la deformación que sufre un cuerpo se puede representar gráficamente por una recta (Figura 28), hasta el punto donde termina el límite elástico del material ensayado. Si se sigue aumentando la carga, se logra la rotura del material.

El límite elástico se define como el esfuerzo por unidad de superficie, en que la deformación comienza a aumentar en mayor proporción que la carga que se aplica.

El esfuerzo necesario para que un material llegue hasta el límite elástico, determina "El Esfuerzo al Límite Proporcional Elástico" o también conocido como tensión en el límite de proporcionalidad, que es la carga máxima a que se puede someter sin que se produzcan deformaciones permanentes.

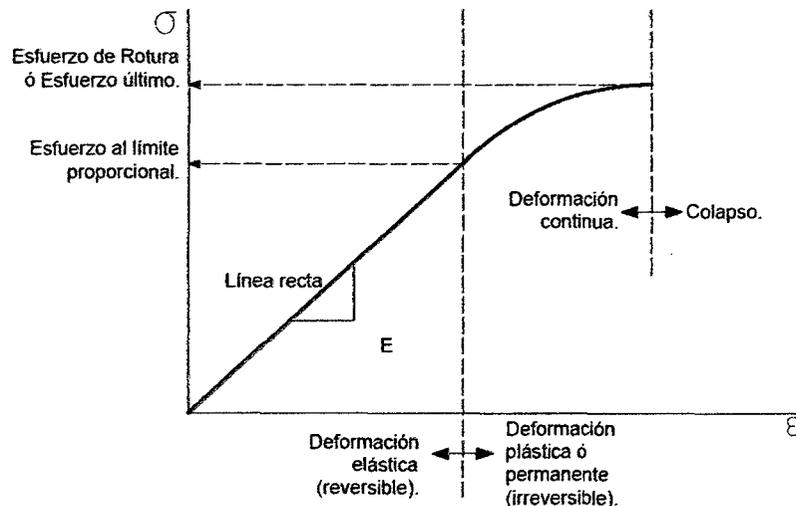


Figura 28. Diagrama Esfuerzo VS Deformación Unitaria.

La rigidez de un cuerpo se define como la propiedad que tiene para resistir la deformación al ser solicitado por fuerzas externas. La medida de rigidez de la madera se conoce como "Módulo de Elasticidad" o coeficiente de elasticidad, calculado por la razón entre esfuerzo por unidad de superficie y deformación por unidad de longitud o deformación unitaria (manual Corma). Complementando lo anterior, la Ley de Hooke se define como la relación lineal entre el esfuerzo y la deformación lineal en una barra sometida a tracción o compresión simple.

$$\sigma = E\varepsilon \quad (\text{Ley de Hooke})$$

Donde σ es el esfuerzo normal, ε es la deformación lineal y E es una **constante de proporcionalidad llamada módulo de elasticidad del material**. El módulo de elasticidad es la pendiente del diagrama esfuerzo deformación en la región elástica lineal y como la deformación es adimensional, las unidades del módulo de elasticidad son las mismas que las unidades del esfuerzo. En consecuencia de lo anterior tenemos:

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (\text{de la Ley de Hooke})$$

Cuando la carga resulta mayor a la del límite elástico, la pieza continúa deformándose hasta llegar a colapsar, obteniendo “El Esfuerzo de Rotura”, esfuerzo último o tensión de rotura de la pieza de madera.

BASES PARA EL ANÁLISIS DE RESULTADOS PARA ENSAYOS DE CARÁCTER MECÁNICO.

El Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino, en su Sección III “Diseño Estructural” establece que el diseño de los elementos de madera debe hacerse para cargas de servicio o METODO DE ESFUERZOS ADMISIBLES, donde se debe de cumplir con los siguientes requisitos:

a. Requisitos de Resistencia.

$$\text{ESFUERZOS APLICADOS} < \text{ESFUERZOS ADMISIBLES}$$

b. Requisitos de Rigidez.

$$\text{DEFORMACIONES} < \text{DEFORMACIONES ADMISIBLES}$$

En virtud de lo anterior el Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino ha elaborado varias tablas aplicables exclusivamente a madera estructural que cumpla en su totalidad con la norma de clasificación visual, en las cuales se establecen los valores de los esfuerzos admisibles para maderas de cada grupo estructural.

El mismo manual en su sección 1.5.1 (Módulo de Elasticidad MOE), establece que se tomará el valor del módulo de elasticidad relativo a Flexión Estática como el genérico de la especie, por ser las deflexiones en elementos a flexión el criterio básico en su dimensionamiento. Así mismo el Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino al igual que para el caso de esfuerzos admisibles, también ha elaborado varias tablas en las cuáles se establecen los valores promedio y mínimo del módulo de elasticidad para maderas de cada grupo estructural; aplicable a elementos en flexión, tracción o compresión en la dirección paralela a las fibras.

Por las razones expuestas anteriormente, en nuestra investigación, para las propiedades mecánicas se incidirá en el análisis de los valores mínimos y promedios relativo al Esfuerzo Admisible y al Módulo de elasticidad MOE (módulo de Young E).

Cuando la madera se encuentra en servicio se ve afectada por una serie de factores los cuales influyen directamente en sus propiedades de resistencia, por lo cual para efectos de diseño y seguridad se modifican las resistencias últimas mínimas de la madera “afectándolas con factores de reducción”; a ésta resistencia

modificada se le denomina "Esfuerzo Admisible o de Trabajo o de Diseño", cuya fórmula general según el PADT- REFORT es como se muestra a continuación:

$$\sigma_{ADM} = \frac{(F.C.) \times (F.T.)}{(F.S.) \times (F.D.C.)} \times \sigma_{ult} \quad \text{Fórmula 4}$$

Donde

σ_{ult} = Esfuerzo último.

F.C = Factor de reducción por calidad.

F.T. = Factor de reducción por tamaño.

F.S. = Factor de servicio y seguridad.

F.D.C.= Factor de duración de carga.

Así mismo el PADT-REFORT de manera experimental ha obtenido los siguientes valores para los diferentes coeficientes de seguridad:

Tabla 2. Factores de seguridad para esfuerzos admisibles

	Tracción	Flexión	Compresión Paralela	Corte Paralelo	Compresión Perpendicular
F.C.	0.80	0.80	-	-	-
F.T.	0.90	0.90	-	-	-
F.S.	2.00	2.00	1.60	4.00*	1.60
F.D.C	1.15	1.15	1.25	-	-

* Incluye factor por concentración de esfuerzos = 2

Fuente: Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino

Los ensayos para determinar las propiedades mecánicas y elásticas del Bambú (*Guadua Angustifolia*), tomados en cuenta para la presente tesis son:

1.2.10.2.2.1 Compresión Paralela a la Fibra. De acuerdo a la norma internacional norma ISO 22157-1:2004 y la norma ISO 22157-2:2004, las muestras deben ser tomadas de la parte baja, media y alta de cada tronco de bambú.

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

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

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

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

$$\sigma_{ult} = \frac{F_{ult}}{A} \quad \text{Fórmula 5}$$

Donde:

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

F_{ult} = Carga máxima en N

A = Área promedio transversal en mm²

1.2.10.2.2 Flexión Estática. De acuerdo a la norma internacional norma ISO 22157-1:2004 y la norma ISO 22157-2:2004, la prueba debe ser una prueba de flexión de 4 puntos dos de aplicación de las cargas y dos de los apoyos. La carga debe ser dividida en mitades por medio de una viga apropiada, para evitar la ruptura del tronco de bambú en los puntos de aplicación de la carga y en las reacciones en los apoyos deben ser aplicadas en los nudos con ayuda de dispositivos que permitan rotar libremente.

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

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

$$I = \left(\frac{\pi}{64}\right) * (D^4 - (D - 2t)^4) \quad \text{Fórmula 6}$$

Donde: I = Momento de inercia en mm⁴

$\pi = 3.1416$

D = Diámetro externo de la guadúa

d = Diámetro interno de la guadúa

t = Espesor de la guadúa D-d

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

$$\sigma_{ult} = \frac{M_{ult} * c}{I} \quad \text{Fórmula 7}$$

Donde:

σ_{ult} = Esfuerzo máximo de flexión en MPa

c = Centro de gravedad que está a $D/2$ en mm

I = Momento de inercia en mm^4

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

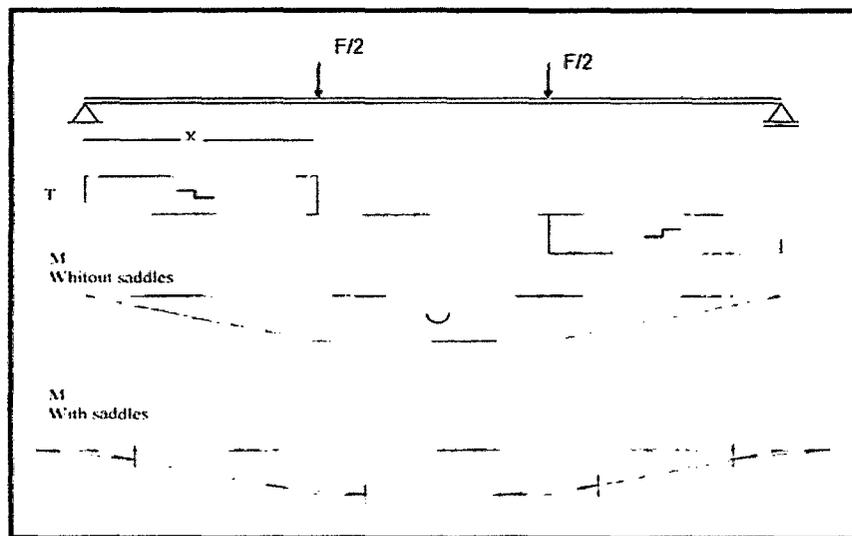


Figura 29. Modelo matemático del ensayo de flexión

$$M_{ult} = 0.5 * F_{ult} * x \quad \text{Fórmula 8}$$

Donde:

x = Distancia del apoyo a la primera carga en mm

F_{ult} = Fuerza ultima aplicada en N

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

$$\delta_{max} = \frac{0.5 * F * x}{24EI} * (3L^2 - 4x^2) \quad \text{Fórmula 9}$$

Fórmula de la deflexión máxima en el centro de la viga. Despejando:

$$E = \frac{0.5 * F * x * (3L^2 - 4x^2)}{24 * I * \delta_{max}}$$

Fórmula 10

Donde:

E = Módulo de elasticidad en MPa

F = Fuerza máxima en N

x = Distancia a la primera carga en mm

L = Distancia libre entre apoyos en mm

I = Momento de inercia en mm⁴

δ_{max} = Deformación máxima en mm

CAPÍTULO II. MATERIALES Y MÉTODO

2.1. Materiales

2.1.1. Material Experimental.

Culmos de bambú (*Guadua Angustifolia*) provenientes del Distrito de Aramango localidad de "El Muyo", provincia de Bagua, departamento de Amazonas; con edades entre 3 a 4 años de edad, que es cuando la guadua presenta su mayor resistencia.

Las muestras proceden de rodales de bambú ubicados en el CP. El Muyo, a estas plantaciones se accede desde Bagua por carretera asfaltada en aprox. 58 Km. En un tiempo aprox. de 1.0 hora. Las parcelas de muestreo pertenecen al Sr. Daniel Reaño Ramírez, propietario de una plantación de bambú de 10 has. en terrenos vecinos a la carretera.

Las características locales consideradas son las siguientes:

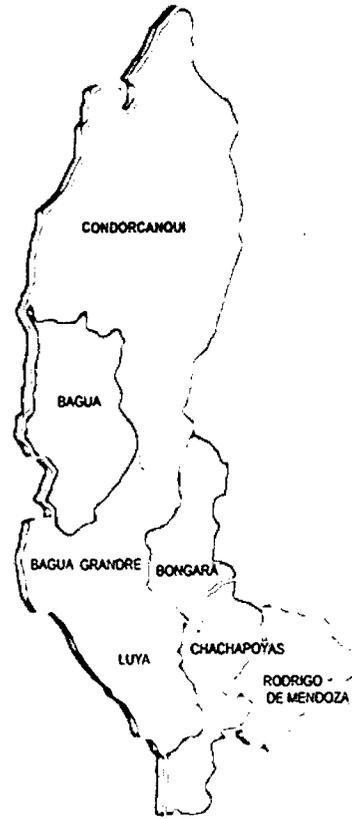
- Coordenadas Norte UTM: 9401614 m S
- Coordenadas Este UTM: 782316 m E
- Altitud promedio: 420 m.s.n.m.
- Temperatura promedio: 25.1 °C.
- Precipitación media anual: 800 mm.
- Topografía: Ondulada.

El proceso de habilitación de probetas (especímenes) se lo realizó en la localidad de El Muyo; los ensayos en el Laboratorio de Ensayo de Materiales de la UNC y el trabajo de gabinete en la ciudad de Cajamarca.

Para la realización de esta investigación, se tuvo en cuenta que, la *Guadua Angustifolia* es la más utilizadas en la zona para las construcciones que se han llevado a cabo con este material, ya que presenta características y propiedades más adecuadas desde el punto de vista estructural.



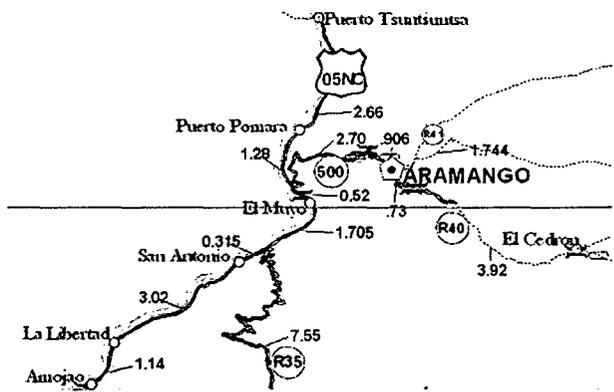
Amazonas en el Perú



Departamento de Amazonas



Provincia de Bagua



C.P. El Muyo

Figura 30. Mapa de ubicación.

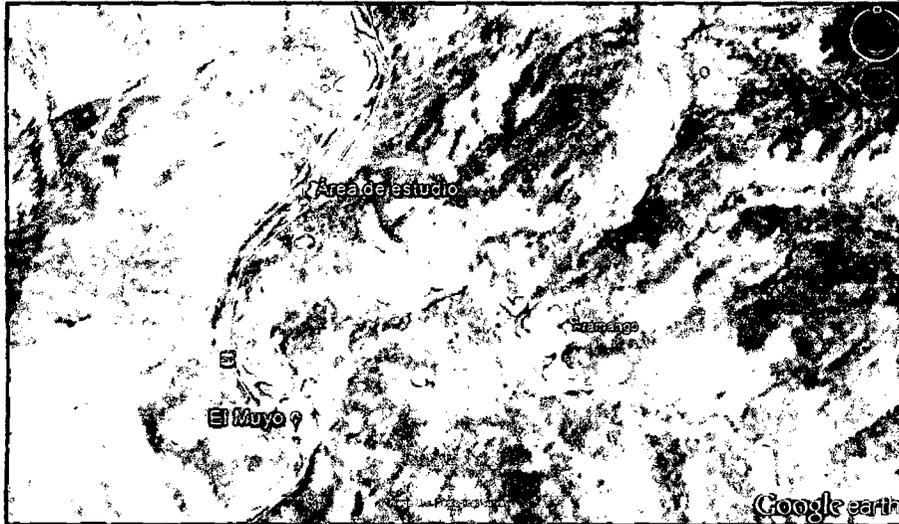


Figura 31. Ubicación área de estudio

Fuente: Google Earth 2013

2.1.2. Otros materiales y equipos.

Equipos e instrumentos de campo:

- Equipos de protección personal (casco, guantes, lentes).
- Cámara Fotográfica.
- Motosierra.
- Sogas.
- Movilidad.

Equipos de taller:

- Aserradero, instrumentos diversos.

Equipos de laboratorio:

Ambientes, equipos e instrumentos del Laboratorio de Ensayo de Materiales y Gabinete de Topografía de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca.

- Máquina Universal Hidráulica.
- Máquina Universal con Hidropeyser
- Marco de Acero de Ensayos de Elementos a Escala Natural.
- Deformímetro con aproximación 0.01 mm.
- Nivel de Ingeniero.
- Balanza Electrónica de precisión
- Estufa.
- Picnómetros.
- Vernier, con aproximación de 0,02 mm.

Equipo de gabinete:

- Computadora portátil.
- Impresora.
- Scanner.
- Material Bibliográfico.

2.2. Planteamiento metodológico**2.2.1. Planteamiento del Problema.**

El uso del bambú en la construcción, es importante no sólo porque permite dar soluciones óptimas a proyectos arquitectónicos e ingenieriles, sino porque permite plantear una solución inminente al problema de escasos recursos económicos y de presupuesto que se presenta en el área rural y suburbana, considerándolo como el más amigable ecológicamente.

Sin embargo, la información sobre sus propiedades físico-mecánicas es totalmente insuficiente para iniciar un programa de aprovechamiento sostenible; por ser la guadua un material ampliamente utilizado en estructuras tanto a nivel rural como urbano, se han generado intereses por analizar el comportamiento de estos elementos cuando son sometidos a diferentes esfuerzos dadas las características propias del material.

En este sentido, la presente investigación pretende evaluar las propiedades físico-mecánicas del bambú para que este, se pueda utilizar como material estructural previamente determinando sus esfuerzos básicos y luego sus esfuerzos admisibles.

2.2.2. Alcances y Limitaciones**Alcances:**

- ❖ La presente tesis tiene como fin principal evaluar las propiedades físico - mecánicas del bambú proveniente de las plantaciones ubicadas en el distrito de Bagua – departamento de Amazonas.

Limitaciones:

- ❖ La principal limitante en el uso de este material es que sus dimensiones como propiedades físicas y mecánicas son inherente a su naturaleza, es decir ya vienen prefijadas y no se pueden alterar.
- ❖ Las características físico - mecánicas del bambú son afectadas por el clima, suelo, ubicación, edad, tiempo de cosecha, humedad, etc. También se presentan diferencias que se distribuyen sobre la longitud principal (cepa, basa y sobrebasa) y la sección transversal. La densidad de las fibras es muy variable en el espesor del bambú.
- ❖ También depende de la forma de aplicación de las cargas, en forma paralela o perpendicular a la fibra.

2.2.3. Hipótesis

Las propiedades físico mecánicas del bambú proveniente de Bagua-Amazonas, son menores a las señaladas en la Norma E-100 y consecuentemente su uso como material estructural no es recomendable.

2.2.4. Variables**Variable Independiente**

- El contenido de humedad
- La densidad básica
- Edad del culmo de bambú.
- Diámetro y Espesor espécimen de bambú.
- Dirección de aplicación de la Carga.

Variables dependientes

- Esfuerzo a Compresión.
- Esfuerzo a Flexión.
- Módulo de Elasticidad

2.2.5. Objetivos

Objetivo General

- ❖ Evaluar las propiedades físico - mecánicas del bambú proveniente de las plantaciones de Bagua – Amazonas, para su uso en la construcción.

Objetivos específicos

- ❖ Determinar las propiedades físicas del bambú: Contenido de Humedad, Densidad y Contracción, según Norma ISO/22157-1:2004 Bambú – Determinación de las propiedades físicas y mecánicas del bambú - Part1: Requisitos, y la Norma ISO/22157-2:2004 Bambú – Determinación de las propiedades físicas y mecánicas del bambú – Part 2: Manual de laboratorio.
- ❖ Determinar la resistencia a compresión (paralela a la fibra) del Bambú, según Norma ISO/22157-1:2004 Bambú – Determinación de las propiedades físicas y mecánicas del bambú - Part1: Requisitos, y la Norma ISO/22157-2:2004 Bambú – Determinación de las propiedades físicas y mecánicas del bambú – Part 2: Manual de laboratorio.
- ❖ Determinar la resistencia a flexión (ensayo de flexión estática) del Bambú, según Norma ISO/22157-1:2004 Bambú – Determinación de las propiedades físicas y mecánicas del bambú - Part1: Requisitos, y la Norma ISO/22157-2:2004 Bambú – Determinación de las propiedades físicas y mecánicas del bambú – Part 2: Manual de laboratorio.
- ❖ Determinar el Módulo de Elasticidad del material, según Norma ISO/22157-1:2004 Bambú – Determinación de las propiedades físicas y mecánicas del bambú - Part1: Requisitos, y la Norma ISO/22157-2:2004 Bambú – Determinación de las propiedades físicas y mecánicas del bambú – Part 2: Manual de laboratorio.

2.3. Metodología

Tipo de Investigación. Teniendo en cuenta el propósito de la investigación y de acuerdo a lo que se ha analizado, este estudio corresponde a una investigación Descriptiva y Pre experimental.

- ❖ Descriptiva: Por cuanto se describe el procedimiento y los pasos a seguirse en el estudio propuesto y se analizan los datos obtenidos.
- ❖ Pre experimental: Por cuanto su grado de control es mínimo. Consiste en administrar un estímulo o tratamiento a un grupo y después aplicar

una medición de una o más variables para observar cual es el nivel del grupo en estas variables.

Tipo de Análisis. De acuerdo a la naturaleza de los datos, se ha realizado un **análisis Cuantitativo**, puesto que, se ha recogido, procesado y analizado datos cuantitativos o numéricos sobre variables previamente determinadas. Esto le da una connotación que va más allá de un mero listado de datos organizados como resultado; pues estos datos están en total consonancia con las variables que se declararon desde el principio y los resultados obtenidos van a brindar una realidad específica a la que estos están sujetos.

En el presente trabajo se ha utilizado el método analítico-deductivo-reflexivo por cuanto al todo se lo ha separado en partes para conocer y analizar sus resultados.

Para poder realizar un trabajo de investigación, previamente se tiene que conocer los lineamientos básicos referentes a la ejecución y procedimientos de los procesos inherentes a este tipo de trabajo.

Este proceso comienza con la idea matriz o hipótesis a demostrar.

Una vez definida, conceptualizada y estructurada la hipótesis, se analiza su factibilidad de ejecución, teniendo en cuenta los recursos materiales y humanos, y luego se procede a diseñar un programa a seguir.

En el presente trabajo se han considerado las siguientes etapas:

Primera Etapa: Revisión bibliográfica, recopilación de datos o búsqueda de información, de todo lo referente al tema de investigación; que en el presente trabajo fueron libros de la especialidad, trabajos anteriores afines realizados en la Facultad de Ingeniería y páginas Web especializadas.

Segunda Etapa: Obtención y habilitación de probetas de ensayo; la cual contempla el análisis de la población así como la delimitación del espacio muestral y la determinación del número de muestras.

Tercera Etapa: Experimentación, la cual consiste en la ejecución de todas las pruebas físicas y mecánicas consideradas en la presente tesis; las cuales nos arrojarán los datos necesarios para poder conocer el comportamiento del bambú.

Cuarta Etapa: Tratamiento de datos, el cual se refiere a todos los procedimientos necesarios para depurar los datos arrojados en la etapa de experimentación.

Quinta Etapa: Procesamiento y análisis de resultados, como su nombre lo indica consiste en procesar y analizar los resultados obtenidos en la etapa anterior, para determinar los resultados finales que se obtiene en la investigación.

Sexta Etapa: Discusión y Conclusiones, que es la etapa final de la investigación en la cual se define con precisión los resultados (deviene de la etapa anterior).

2.3.1. Técnicas.

Se realizara a través de la aplicación de tablas, proporciones y procedimientos establecidos en la Norma ISO/22157-1:2004 Bambú – Determinación de las propiedades físicas y mecánicas del bambú - Part 1: Requisitos, y la Norma ISO/22157-2:2004 Bambú – Determinación de las propiedades físicas y mecánicas del bambú – Part 2: Manual de laboratorio. Para los casos en los que se crea necesario se tendrá como respaldo la Norma NTP 251.

Luego se trasladará las muestras al laboratorio con la finalidad de realizar los diferentes ensayos físico- mecánicos, para obtener los datos y compararlos. El registro de datos se realizara en protocolos de ensayos para cada uno de los especímenes ensayados.

Para el tratamiento de datos se ha utilizado el método de mínimos cuadrados y modelamiento matemático. (Véase desde la pág. 45 hasta la pág. 52).

2.3.2. Población y muestra.

2.3.2.1. Población. Rodal de Bambú en el Centro Poblado El Muyo. Plantaciones conducidas en forma empírica por sus propietarios, quienes manejan un negocio de venta de tallos en estado adulto.

2.3.2.2. Muestra. De acuerdo a la norma ISO/22157-1:2004, a la precisión requerida para el presente trabajo, y teniendo en cuenta las posibilidades, recursos y criterios del investigador, el número de especímenes en cada prueba no será menor de 12 (doce), el procedimiento de selección y colección de muestras se basa en el sistema de selección al azar, de modo que cada una de las unidades, tenga la misma probabilidad de ser elegida.

En virtud de lo anterior, se determinó que para ésta investigación eran necesarias un total de 116 muestras (probetas o especímenes).

Los ensayos de laboratorio y el número de probetas necesarias, se expresan en el siguiente cuadro:

Tabla 3. Número de probetas a utilizar en la Investigación.

TIPO DE ENSAYO	N°	MODALIDAD DE ENSAYO	N° DE PRUEBAS
FISICOS	1	Contenido de Humedad.	24*
	2	Masa por Volumen.	24*
	3	Contracción.	24*
MECANICOS	4	Compresión Paralela a la Fibra.	24
	5	Flexión Estática.	20
	TOTAL		116

(*)Los ensayos de propiedades físicas: Contenido de Humedad, Densidad Básica y Contracción; se realizarán de manera simultánea en una misma probeta, por lo que se ha considerado como uno sólo.

Corte. El corte de la guadua se efectuó según la práctica local y las referencias de la norma ISO/22157-1:2004, según los cuales se realizó el corte de los tallos sobre el segundo o tercer nudo, es decir a una altura aproximada de 1 metro por encima del suelo.

Acondicionamiento de probetas. Se habilitaron de acuerdo a las dimensiones convenidas por la norma ISO/22157-1:2004 y a los criterios adoptados por el Ingeniero asesor y el tesista.

Transporte. Es preciso mencionar que la habilitación de las probetas, se llevó a cabo en la zona de extracción; para el caso de las probetas para los ensayos físicos y de compresión paralela a la fibra. Una vez finalizado el proceso de habilitación de probetas, se las embolsó en cajas de madera, inmersas en aserrín húmedo; para luego ser transportadas al Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Universidad Nacional de Cajamarca y llevar a cabo la realización de los ensayos físicos y mecánicos.

Para los ensayos a flexión estática, los tallos embarcados fueron cortados en tramos de 2 metros para facilitar el transporte hasta ciudad de Cajamarca. Posteriormente fueron transportados y almacenados en el patio del Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca, protegiéndolas de la intemperie.

Se codificó cada una de las probetas, ésta codificación tiene la siguiente estructura:

Tabla 4. Clave de codificación de probetas

MODALIDAD DE ENSAYO	N° DE PROBETA
---------------------	---------------

En consecuencia y luego de realizar una clasificación visual de defectos, se codificó todas las probetas necesarias en las viguetas obtenidas; teniendo en cuenta las consideraciones de criterio descritas líneas arriba, siendo esta codificación la que se muestra en el siguiente cuadro:

Tabla 5. Codificación de probetas

TIPO DE ENSAYO	N°	MODALIDAD DE ENSAYO	CÓDIGO PROBETA
FÍSICOS	1	Contenido de Humedad	EF1, EF2, EF3, EF4, EF5, EF6 EF7, EF8, EF9, EF10, EF11, EF12
	2	Densidad	EF13, EF14, EF15, EF16, EF17, EF18
	3	Contracción	EF19, EF20, EF21, EF22, EF23, EF24
MECÁNICOS	4	Compresión Paralela a la Fibra	C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8, C9 C10, C11, C12, C13, C14, C15, C16 C17, C18, C19, C20, C21, C22, C23, C24
	5	Flexión Estática	FE1, FE2, FE3, FE4, FE5, FE6, FE7 FE8, FE9, FE10, FE11, FE12, FE13, FE14 FE15, FE16, FE17, FE18, FE19, FE20

Donde:

EF Ensayos Físicos

C Ensayo Compresión

FE Ensayo Flexión Estática

2.3.3. Forma de tratamiento de los datos.

El tema de investigación en materia de "Propiedades Físico-mecánicas del Bambú" no es nuevo, pues ya ha sido desarrollado por otros autores, los cuales han establecido ciertos "lineamientos" a tener en cuenta para el tratamiento de datos.

Dichos lineamientos hacen incidencia en las gráficas de comportamiento "Esfuerzo-Deformación Unitaria" de los ensayos de carácter mecánico, los cuales son los siguientes:

1. A un esfuerzo nulo le corresponde una deformación total nula de la probeta de ensayo.
2. Siendo la madera un material elastoplástico, se ha establecido que la geometría de las curvas "Esfuerzo-Deformación Unitaria", presentan dos tramos bien diferenciados: El tramo Elástico y el Tramo Plástico.

3. El tramo elástico, es el primer tramo cuyo comportamiento se ajusta a una línea recta inclinada (Función Lineal) que parte desde cero (0,0) y asciende hasta el punto de "Esfuerzo en el Límite proporcional Elástico".
4. El tramo plástico, es el segundo tramo cuyo comportamiento se ajusta a una parábola (Función Cuadrática); que parte desde el punto de "Esfuerzo en el Límite proporcional Elástico" hasta el punto de "Esfuerzo de Rotura o colapso" (ver: Figura 28).
5. La exactitud geométrica de las probetas, la destreza del operador y la calibración de las máquinas; inciden directamente en la calidad de los resultados de cada ensayo.

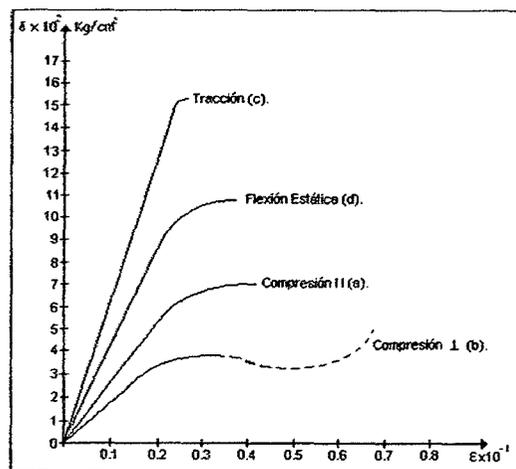


Figura 32. Curvas Típicas de Comportamiento Esfuerzo-Deformación Unitaria para maderas. Tomado de la Junta del Acuerdo de Cartagena.

2.3.4. Forma de análisis de las informaciones

Luego de ejecutar los ensayos en laboratorio y de contar con los datos arrojados por éstos, se procedió a de la siguiente manera:

1. **Tratamiento inicial de datos.** Consiste en reemplazar los datos obtenidos de los ensayos en las fórmulas respectivas, arrojando resultados; los cuales de acuerdo a la naturaleza del ensayo fueron aceptados como "Resultados Iniciales" o fueron sometidos a otros tratamientos para aceptarlos como tales. Este procedimiento lo hemos realizado con la ayuda de un procesador.
2. **Construcción de dispersogramas.** En algunos ensayos de acuerdo a su naturaleza y como la metodología lo exige se tienen que construir dispersogramas. "Esfuerzo - Deformación Unitaria", esta operación como

su nombre lo indica consistió en la construcción de dichos dispersogramas para su posterior "ajuste".

3. **Ajuste de curvas.** La unión consecutiva de los puntos correlativos que conforman el dispersograma "Esfuerzo – Deformación Unitaria", forman la curva de comportamiento mecánico del bambú ante fuerzas externas para cada ensayo; a esta curva resultante se la tiene que "ajustar" en sus diferentes tramos, mediante tratamientos estadísticos, a fin de lograr las configuraciones establecidas por los esquemas que la bibliografía sugiere para los comportamientos de cada ensayo; con el objetivo de predecir matemáticamente el comportamiento ante las diferentes sollicitaciones externas a las que puede ser expuesto el bambú.

En consecuencia el ajuste de curvas consiste en la selección del modelo matemático que mejor se adapte a los datos del experimento. En nuestro caso hemos buscado que el coeficiente de correlación de cada modelo, se ajuste lo máximo posible a la unidad. Esta operación lo hemos realizado con la ayuda de un procesador.

4. **Diagnóstico y análisis de curvas resultantes.** Luego de realizado el "Ajuste De Curvas", se procedió a realizar un análisis de los modelamientos obtenidos para cada experimento:

Diagnóstico. Luego de ajustar las curvas Esfuerzo – Deformación Unitaria a los modelamiento matemáticos resultantes; se define lo siguiente:

- Los modelamientos matemáticos que mejor se adaptan a los diferentes experimentos son congruentes a los establecidos por la bibliografía existente.
- Para el caso, las curvas pertenecientes a los ensayos de Compresión Paralela a la Fibra y Flexión Estática; el tramo elástico se ajusta a una función lineal y el tramo plástico se ajusta a la función cuadrática.
- En consecuencia de lo anterior la forma de las funciones que dominan el comportamiento de las curvas de los diferentes ensayos son:

$$* \text{Función Lineal} = Y = aX + b; a, b \in \mathbf{R}; a \neq 0$$

$$* \text{Función Cuadrática} = Y = cX^2 + dX + e; c, d, e \in \mathbf{R}; c \neq 0$$

- En las gráficas ajustadas se observa que la proyección de la línea de tendencia correspondiente al tramo elástico no intercepta al sistema de coordenadas "Esfuerzo (Y) – Deformación Unitaria (X)" en el punto (0,0).

Análisis. Partiremos de la premisa que el comportamiento esfuerzo-deformación unitaria debe de partir del punto (0,0) ya que para un esfuerzo nulo, le debe corresponder una deformación nula, lo cual no se refleja en las gráficas anteriores, ya que observamos que al proyectar la línea correspondiente a la función lineal (tramo elástico) intercepta al eje "X" (deformación unitaria) en algún punto diferente de cero (0) y este efecto es explicable ya que al iniciar la pruebas existen ciertos factores que producen estos desfases y pueden ser:

- Que el deformímetro no esté calibrado exactamente en cero.
- Que las caras de las probetas prismáticas no estén perfectamente paralelas, lo cual arroja deformaciones anómalas hasta que la máquina la "acomode".
- Que la máquina universal las produzca debido a las compresiones del aceite del sistema hidráulico.
- Que sea producto de un error humano ya que es muy difícil que el operador de la máquina universal o el lector de las deformaciones logren una precisión absoluta en sus operaciones u apreciaciones.
- Que los produzca el redondeo de los resultados de los cálculos relativos al "Tratamiento Inicial de Datos".

Dadas estas suposiciones explicativas de lo que habría podido suceder, afirmamos que el comportamiento Esfuerzo-Deformación Unitaria es como se expresa en las "Curvas Ajustadas", a las cuales se las tienen que "desplazar horizontalmente" hasta hacerlas coincidir con el origen valiéndonos de criterios matemáticos relativos a funciones.

Además de los análisis previos se visualiza que el punto del límite de proporcionalidad elástica, es el correspondiente a la intersección de la función lineal con la función cuadrática o cúbica según sea el caso; y el punto de esfuerzo máximo es el correspondiente al vértice de la función cuadrática.

5. **Corrección de errores.** Como hemos deducido líneas arriba, los modelamientos matemáticos de los datos de los experimentos realizados son los correctos; en consecuencia solamente bastaría con desplazar dichas curvas horizontalmente a través del eje de las "X" (deformación unitaria) hasta hacerlas coincidir con el origen del sistema cartesiano Esfuerzo – Deformación Unitaria, para aceptar dicho comportamiento como verdadero.

- **Determinación de la distancia a desplazar.** La distancia "k" que se debe desplazar horizontalmente a los modelamientos matemáticos de comportamiento Esfuerzo–Deformación Unitaria; es la correspondiente a la posición de "X" cuando "Y=0" en la función lineal.

Entonces reemplazando y despejando tenemos:

$$\begin{aligned} \text{Sea: } & Y = f(X) = aX + b; (a, b) \in \mathbb{R} \wedge a \neq 0 \\ \therefore \text{ Si } & Y = 0 \Rightarrow 0 = aX + b \\ & \Rightarrow aX = -b \\ & \Rightarrow X = -\frac{b}{a} \\ \therefore \Rightarrow K & = -\frac{b}{a} \quad \text{-----} \rightarrow 1. \end{aligned}$$

Para el caso que "b" sea negativo y "a" siempre positivo; entonces la expresión "K= -b/a" queda definida por "k=-(-b)/a" y siempre es positiva, la función se desplaza a la izquierda. En consecuencia el valor de "k" queda definida por:

$$K = \frac{b}{a} \quad \text{-----} \rightarrow 2.$$

- **Construcción de la función lineal desplazada.** Líneas arriba hemos determinado la distancia "K" que se tiene que desplazar horizontalmente al tramo elástico (función lineal) para hacerla coincidir con el punto (0,0) del eje del sistema cartesiano Esfuerzo-Deformación Unitaria sin alterar su comportamiento, por lo tanto:

Para $b > 0$:

$$\begin{aligned} \text{sea: } & Y = f(X) \wedge F(X) = f(X + K) \\ \Rightarrow \text{ Si: } & Y = aX + b \Rightarrow Y = f(X) = aX + b \\ \Rightarrow & F(X) = f(X + K) = a(X + K) + b = aX + aK + b \\ \Rightarrow & f(X + K) = aX + aK + b \quad \text{-----} \rightarrow 3. \end{aligned}$$

Reemplazando (1) en (3)

$$\begin{aligned} \therefore \text{Si} \quad f(X + K) &= aX + aK + b \\ &\Rightarrow f(X + K) = aX - a\frac{b}{a} + b \\ &\Rightarrow f(X + K) = aX - b + b \\ &\Rightarrow f(X + K) = aX - \text{-----} \rightarrow 4. \end{aligned}$$

La función lineal desplazada horizontalmente, correspondiente al tramo elástico, quedaría definida por:

$$Y = aX \quad \text{-----} \rightarrow \text{Fórmula 11}$$

Donde:

Y: Función lineal que domina el tramo elástico (Valor del Esfuerzo para la deformación unitaria "X").

a: Coeficiente de la variable del modelamiento matemático inicial de la "curva ajustada" en su tramo elástico.

X: Variable del modelamiento matemático (Deformación Unitaria).

Para $b < 0$:

$$\begin{aligned} \text{sea: } Y &= f(X) \wedge F(X) = f(X - K) \\ \Rightarrow \text{Si: } Y &= aX + b \Rightarrow Y = f(X) = aX + b \\ \Rightarrow F(X) &= f(X - K) = a(X - K) + b = aX - aK + b \\ \Rightarrow f(X - K) &= aX - aK + b \text{-----} \rightarrow 5. \end{aligned}$$

Reemplazando (2) en (5)

$$\begin{aligned} \therefore \text{Si} \quad f(X - K) &= aX - aK + b \\ &\Rightarrow f(X - K) = aX - a\frac{b}{a} + b \\ &\Rightarrow f(X - K) = aX - b + b \\ &\Rightarrow f(X - K) = aX - \text{-----} \rightarrow 6. \end{aligned}$$

La función lineal desplazada horizontalmente, correspondiente al tramo elástico, queda definida por:

$$Y = aX \quad \text{-----} \rightarrow \text{Fórmula 12}$$

Donde:

Y: Función lineal que domina el tramo elástico (Valor del Esfuerzo para la deformación unitaria "X").

a: Coeficiente de la variable del modelamiento matemático inicial de la "curva ajustada" en su tramo elástico.

X: Variable del modelamiento matemático (Deformación Unitaria).

- **Construcción de la función cuadrática desplazada.** El criterio adoptado para desplazar horizontalmente la función cuadrática correspondiente al tramo plástico de la curva Esfuerzo-Deformación Unitaria es el siguiente: "Si al tramo elástico (función lineal) de la curva esfuerzo-deformación unitaria se lo desplaza "K" unidades horizontalmente; entonces el tramo plástico (función cuadrática) también tiene que ser desplazado las mismas "K" unidades horizontalmente para que la gráfica esfuerzo deformación unitaria no se desconfigure", por lo tanto:

$$\text{Si: } f(X) = Y = cX^2 + dX + e$$

∴ Desplazando la función en "K" unidades tenemos :

$$\Rightarrow \text{Si: } f(X) = cX^2 + dX + e$$

$$\Rightarrow f(X + K) = c(X + K)^2 + d(X + K) + e$$

$$\Rightarrow f(X + K) = cX^2 + X(2cK + d) + cK^2 + dK + e$$

Reemplazando el valor de "K" en (5) tenemos :

Para b > 0: Desplazamiento horizontal a la derecha.

$$\Rightarrow f(X + K) = c\left(X - \frac{b}{a}\right)^2 + d\left(X - \frac{b}{a}\right) + e$$

$$\Rightarrow f(X + K) = cX^2 + \left(\frac{ad - 2bc}{a}\right)X + \frac{bd}{a} + \frac{b^2c}{a^2} + e \text{-----} \rightarrow \text{Fórmula 13}$$

Para b < 0: Desplazamiento horizontal a la izquierda.

$$\Rightarrow f(X + K) = c\left(X + \frac{b}{a}\right)^2 + d\left(X + \frac{b}{a}\right) + e$$

$$\Rightarrow f(X + K) = cX^2 + \left(\frac{2bc}{a} + d\right)X + \frac{bd}{a} + \frac{b^2c}{a^2} + e \text{-----} \rightarrow \text{Fórmula 14}$$

Donde:

- Y:** Función Cuadrática que domina el tramo plástico (Valor del Esfuerzo para una deformación unitaria "X").
- a:** Coeficiente de la variable del modelamiento matemático inicial de la "curva ajustada" en su tramo elástico.
- b:** Coeficiente independiente del modelamiento matemático inicial de la "curva ajustada" en su tramo elástico.
- c:** Coeficiente de la variable de segundo grado del modelamiento matemático inicial de la "curva ajustada" en su tramo plástico.
- d:** Coeficiente de la variable de primer grado del modelamiento matemático inicial de la "curva ajustada" en su tramo plástico.
- e:** Coeficiente independiente del modelamiento matemático inicial de la "curva ajustada" en su tramo plástico.
- X²:** Variable de segundo grado del modelamiento matemático (Deformación Unitaria elevada al cuadrado, del correspondiente Esfuerzo).
- X:** Variable de primer grado del modelamiento matemático (Deformación Unitaria, del correspondiente Esfuerzo).

6. Formulación de funciones y construcción de curvas de comportamiento. Una vez corregidos los errores y valiéndonos de las fórmulas 11, 12, 13 y 14 deducidas en el numeral anterior, con ayuda del programa **Derive 6** determinamos de manera rápida y precisa las funciones que dominen los correspondientes comportamientos "ideales" en los diferentes tramos de las curvas Esfuerzo-Deformación Unitaria de los ensayos mecánicos realizados para nuestra investigación (ver Anexos).

Este programa, aparte de deducir dichas funciones también tienen la propiedad de determinar el punto exacto de intersección entre la función relativa al tramo elástico y la función relativa al tramo plástico (Límite de proporcionalidad elástica); y para el caso de la función cuadrática del tramo plástico, el programa respectivo tiene la propiedad de calcular el vértice de la parábola (Punto de Rotura relativo al Esfuerzo de Rotura).

Asimismo se procedió a realizar la tabulación respectiva y por ende la construcción de las "Curvas de Comportamiento" para los diferentes ensayos, que constituyen los "Resultados Iniciales" de los ensayos mecánicos especificados anteriormente.

CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Ensayo de propiedades físicas

3.1.1. Contenido de humedad.

Para obtener las propiedades físicas del bambú se tomó como referencia la norma ISO/22157-1:2004 y la norma ISO/22157-2:2004; se procedió a tomar muestras de las probetas luego de ensayadas, se obtuvo el peso de la muestra obtenida y luego se sometió a secado utilizando para este fin un horno eléctrico a una temperatura de 110 grados centígrados. El secado se realizó por 24 horas y luego se procedió a medir el peso de las mismas con una precisión 0.01 gr. Utilizando una balanza digital de alta precisión. (Ver Anexos)

Los resultados obtenidos para los ensayos de contenido de humedad se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 6. Ensayo físico: Contenido de Humedad

N°	CÓDIGO PROBETA	CONTENIDO DE HUMEDAD (C.H%)	N°	CÓDIGO PROBETA	CONTENIDO DE HUMEDAD (C.H%)
1	EF1	120.57	15	EF15	66.15
2	EF2	120.23	16	EF16	57.22
3	EF3	61.61	17	EF17	44.11
4	EF4	96.98	18	EF18	43.66
5	EF5	93.01	19	EF19	94.83
6	EF6	103.69	20	EF20	94.35
7	EF7	130.39	21	EF21	59.91
8	EF8	94.60	22	EF22	73.33
9	EF9	85.02	23	EF23	74.15
10	EF10	81.47	24	EF24	48.27
11	EF11	73.36		M(X)	81.24
12	EF12	66.77		S.D	23.74
13	EF13	91.10		CV%	29.23
14	EF14	74.94			

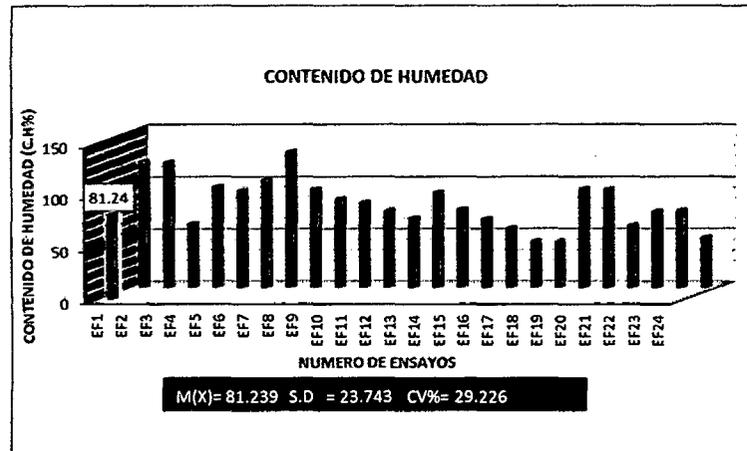


Figura 33. Ensayo Físico - Distribución Contenido de Humedad

Tabla 7. Ensayo mecánico – Compresión paralela - Contenido de Humedad

N°	CÓDIGO PROBETA	CONTENIDO DE HUMEDAD (C.H%)
1	C1	133.446
2	C2	84.637
3	C3	59.653
4	C4	72.285
5	C5	77.129
6	C6	74.885
7	C7	118.503
8	C8	74.813
9	C9	85.945
10	C10	69.508
11	C11	65.728
12	C12	50.301
13	C13	101.696
14	C14	62.439

N°	CÓDIGO PROBETA	CONTENIDO DE HUMEDAD (C.H%)
15	C15	44.644
16	C16	41.156
17	C17	42.918
18	C18	38.235
19	C19	70.531
20	C20	81.164
21	C21	44.454
22	C22	58.100
23	C23	52.163
24	C24	40.135
M(X)		68.520
S.D		24.512
CV%		35.773

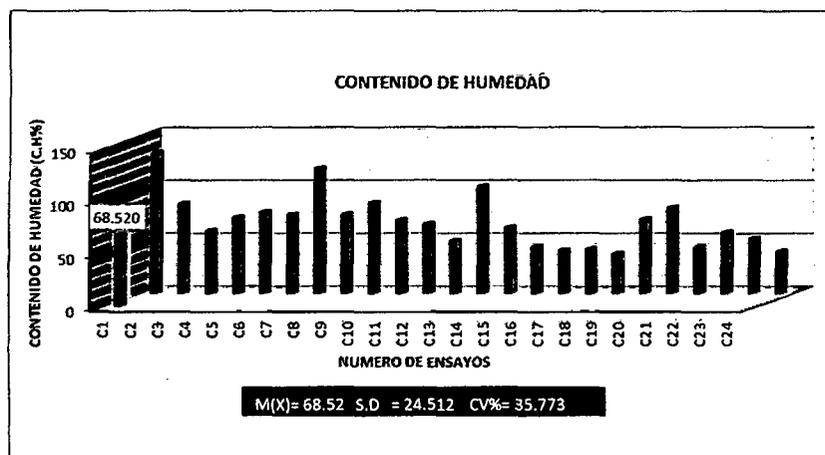


Figura 34. Ensayo mecánico – Ensayo compresión paralela - Distribución Contenido de Humedad

Tabla 8. Ensayo mecánico – Flexión estática - Contenido de Humedad

N°	CÓDIGO PROBETA	CONTENIDO DE HUMEDAD (C.H%)
1	EF-1	72.84
2	EF-2	76.91
3	EF-3	61.44
4	EF-4	69.70
5	EF-5	83.47
6	EF-6	71.13
7	EF-7	52.22
8	EF-8	87.39
9	EF-9	61.30
10	EF-10	67.19
11	EF-11	73.99
12	EF-12	68.28

N°	CÓDIGO PROBETA	CONTENIDO DE HUMEDAD (C.H%)
13	EF-13	65.07
14	EF-14	64.23
15	EF-15	62.76
16	EF-16	75.64
17	EF-17	57.73
18	EF-18	67.00
19	EF-19	77.13
20	EF-20	68.31
	M(X)	69.19
	S.D	8.51
	CV%	12.29

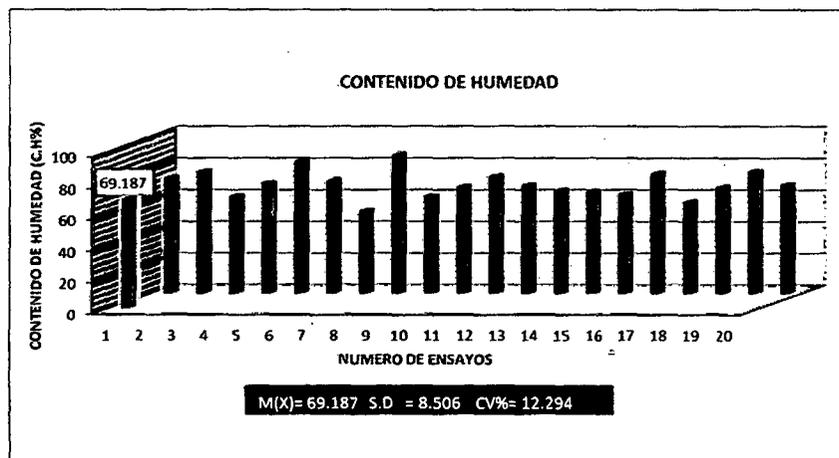


Figura 35. Ensayo mecánico – Ensayo flexión estática - Distribución Contenido de Humedad

3.1.2. Densidad Básica.

Para la prueba de densidad se tomó como referencia la norma ISO/22157-1:2004 y la norma ISO/22157-2:2004, se calculó el volumen geoméricamente y se calculó el peso con una precisión de 0.01 gr. (ver Anexos)

Los resultados obtenidos en los ensayos de densidad se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 9. Ensayo físico: Densidad Básica

N°	CÓDIGO PROBETA	DENSIDAD BÁSICA (gr./cm ³)	N°	CÓDIGO PROBETA	DENSIDAD BÁSICA (gr./cm ³)
1	EF1	0.461	15	EF15	0.650
2	EF2	0.477	16	EF16	0.681
3	EF3	0.682	17	EF17	0.737
4	EF4	0.528	18	EF18	0.724
5	EF5	0.539	19	EF19	0.573
6	EF6	0.495	20	EF20	0.567
7	EF7	0.465	21	EF21	0.676
8	EF8	0.548	22	EF22	0.625
9	EF9	0.564	23	EF23	0.634
10	EF10	0.576	24	EF24	0.716
11	EF11	0.600	M(X)		0.597
12	EF12	0.614	S.D		0.081
13	EF13	0.569	CV%		13.600
14	EF14	0.623			

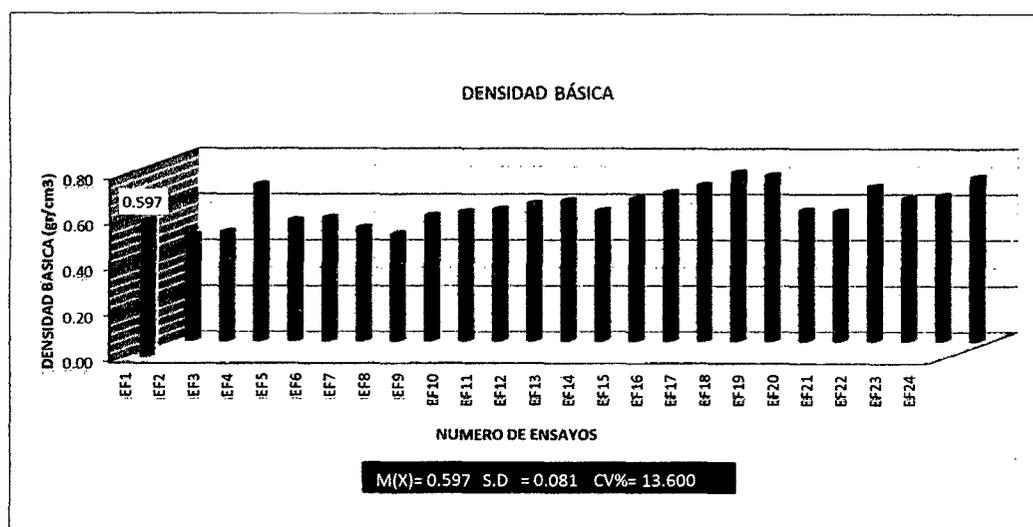


Figura 36. Ensayo Físico - Distribución Densidad

3.1.3. Contracción.

Para la prueba de contracción se tomó como referencia la norma ISO/22157-1:2004 y la norma ISO/22157-2:2004; se registró la contracción en el diámetro exterior "D", en la pared "e" y contracción longitudinal. (ver Anexos)

Los resultados obtenidos en los ensayos de densidad se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 10. Ensayo físico: Contracción Diámetro

N°	COD. PROB.	φ Dprom (mm.)		CONTR. DIAM. (%)
		T. Amb.	110 °C	
1	EF1	119.58	110.08	7.94
2	EF2	114.83	105.25	8.34
3	EF3	74.83	69.63	6.95
4	EF4	83.55	78.20	6.40
5	EF5	55.83	50.65	9.27
6	EF6	58.65	53.50	8.78
7	EF7	111.50	101.15	9.28
8	EF8	107.85	97.83	9.30
9	EF9	86.83	78.98	9.04
10	EF10	87.98	80.40	8.61
11	EF11	72.98	67.85	7.02
12	EF12	54.60	50.03	8.38
13	EF13	118.58	107.48	9.36
14	EF14	100.70	93.03	7.62

N°	COD. PROB.	φ Dprom (mm.)		CONTR. DIAM. (%)
		T. Amb.	110 °C	
15	EF15	90.53	80.03	11.60
16	EF16	77.53	71.30	8.03
17	EF17	69.55	64.98	6.58
18	EF18	68.13	63.13	7.34
19	EF19	109.85	95.98	12.63
20	EF20	107.78	98.45	8.65
21	EF21	78.68	71.05	9.69
22	EF22	86.83	77.25	11.03
23	EF23	75.55	67.90	10.13
24	EF24	71.28	66.00	7.40
M(X)				8.724
S.D				1.553
CV%				17.802

Tabla 11. Ensayo físico: Contracción Espesor Pared

N°	COD. PROB.	e prom (mm.)		CONTR. ESPES. (%)
		T. Amb.	110 °C	
1	EF1	11.78	9.93	15.71
2	EF2	11.08	9.35	15.58
3	EF3	6.83	6.18	9.52
4	EF4	8.35	7.63	8.68
5	EF5	6.85	6.05	11.68
6	EF6	7.25	6.15	15.17
7	EF7	15.33	12.70	17.13
8	EF8	8.33	7.00	15.92
9	EF9	7.45	6.40	14.09
10	EF10	7.00	6.28	10.36
11	EF11	6.53	5.85	10.34
12	EF12	6.45	5.43	15.89
13	EF13	15.10	13.08	13.41
14	EF14	8.03	6.63	17.45

N°	COD. PROB.	e prom (mm.)		CONTR. ESPES. (%)
		T. Amb.	110 °C	
15	EF15	7.75	7.13	8.06
16	EF16	7.20	6.70	6.94
17	EF17	6.90	6.38	7.61
18	EF18	6.70	6.30	5.97
19	EF19	14.18	11.38	19.75
20	EF20	18.13	15.55	14.21
21	EF21	6.90	6.28	9.06
22	EF22	7.45	6.55	12.08
23	EF23	7.45	6.25	16.11
24	EF24	7.25	6.83	5.86
M(X)				12.358
S.D				4.032
CV%				32.627

Tabla 12. Ensayo físico: Contracción Longitudinal

N°	COD. PROB.	L prom (mm.)		CONTR. LONG. (%)	N°	COD. PROB.	L prom (mm.)		CONTR. LONG. (%)
		T. Amb.	110 °C				T. Amb.	110 °C	
1	EF1	124.90	124.55	0.28	15	EF15	96.70	96.65	0.05
2	EF2	117.75	117.60	0.13	16	EF16	83.75	83.50	0.30
3	EF3	80.50	80.40	0.12	17	EF17	72.25	72.15	0.14
4	EF4	97.75	97.70	0.05	18	EF18	71.20	71.15	0.07
5	EF5	62.40	62.30	0.16	19	EF19	112.25	111.90	0.31
6	EF6	68.25	68.15	0.15	20	EF20	114.30	112.80	1.31
7	EF7	116.65	116.25	0.34	21	EF21	83.30	83.10	0.24
8	EF8	114.95	114.90	0.04	22	EF22	95.70	95.30	0.42
9	EF9	98.80	98.75	0.05	23	EF23	72.60	72.40	0.28
10	EF10	96.30	96.05	0.26	24	EF24	75.95	75.90	0.07
11	EF11	74.05	73.90	0.20			M(X)		0.260
12	EF12	52.10	51.95	0.29			S.D		0.294
13	EF13	121.85	121.80	0.04			CV%		112.971
14	EF14	106.30	105.30	0.94					

3.2. Ensayo de propiedades mecánicas

3.2.1. Ensayo de compresión.

Para el ensayo de compresión se tomó como referencia la norma internacional ISO/22157-1:2004 y la norma ISO/22157-2:2004, las probetas cilíndricas consideradas tuvieron una longitud igual al diámetro exterior de las mismas (sin nudo), el proceso de preparación de las probetas incluyó el corte y lijado de los extremos para procurar el paralelismo de ambos extremos. (ver Anexos)

La falla común que se presentó fue de Aplastamiento de la sección transversal (columna corta), sin presentarse astillamiento en los extremos de los cilindros u otro tipo de falla.

Los ensayos realizados arrojaron los siguientes resultados:

Tabla 13. Ensayo Mecánico: Compresión paralela a la fibra

CÓDIGO PROBETA	ESFUEZO MÁXIMO (Kg/cm ²)	ESFUEZO MÁXIMO (MPa)	CÓDIGO PROBETA	ESFUEZO MÁXIMO (Kg/cm ²)	ESFUEZO MÁXIMO (MPa)
C1	277.052	27.1690	C15	267.256	26.2089
C2	314.280	30.8203	C16	335.744	32.9252
C3	305.716	29.9805	C17	264.571	25.9456
C4	290.184	28.4573	C18	272.652	26.7380
C5	316.319	31.0203	C19	255.838	25.0891
C6	349.375	34.2620	C20	336.151	32.9652
C7	329.896	32.3517	C21	370.386	36.3225
C8	359.140	35.2196	C22	408.997	40.1089
C9	267.088	26.1924	C23	327.396	32.1066
C10	308.864	30.2892	C24	340.924	33.4332
C11	252.530	24.7647	Esfuerzo máx. Prom	30.9557	
C12	279.842	27.4431			
C13	306.616	30.0688			
C14	439.031	43.0542			

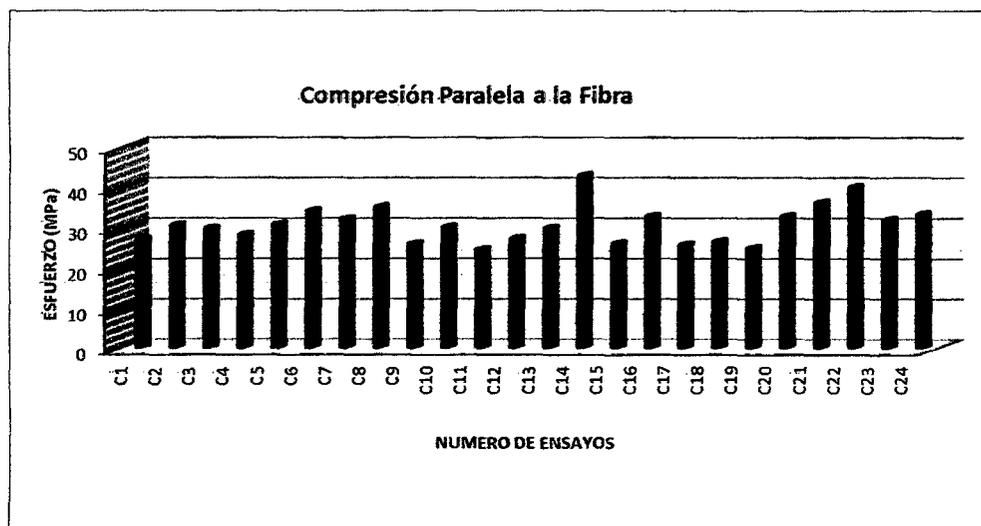


Figura 37. Ensayo Mecánico - Distribución Compresión paralela a la fibra

3.2.2. Ensayo de flexión.

Para el ensayo de flexión se tomó como referencia la norma internacional ISO/22157-1:2004 y la norma ISO/22157-2:2004, las probetas consideradas tuvieron una longitud no menor a 1.50 metros para prevenir el aplastamiento, esto quiere decir debido a que en probetas cortas, no se alcanza la flexión pura, ni mayores a 2.5 metros y además debían tener un número mayor a cuatro nudos para que los dos de los extremos en los apoyos y los dos centrales.

La prueba debe ser una prueba de flexión de 4 puntos dos de aplicación de las cargas y dos de los apoyos. La carga debe ser dividida en mitades por medio de una viga apropiada, para evitar la ruptura del tronco de bambú en los puntos de aplicación de la carga y en las reacciones en los apoyos deben ser aplicadas en los nudos con ayuda de dispositivos que permitan rotar libremente.

Los parámetros de diseño para las probetas fueron el no utilizar probetas de menos de 1,5 metros, para prevenir el aplastamiento esto quiere decir debido a que en probetas cortas, no se alcanza la flexión pura, ni mayores a 2.5 metros y además debían tener un número mayor a cuatro nudos. (Ver Anexos)

Los resultados obtenidos se pueden ver en el siguiente cuadro:

Tabla 14. Ensayo Mecánico: Flexión estática

Código Probeta	Esfuerzo Máximo (MPa)	Módulo Elasticidad (MPa)	Código Probeta	Esfuerzo Máximo (MPa)	Módulo Elasticidad (MPa)
EF-1	41.263	16747.020	FE-12	29.341	5159.620
EF-2	42.583	9913.830	FE-13	37.314	9603.370
EF-3	38.387	9486.040	FE-14	28.877	6263.540
EF-4	39.358	6064.970	FE-15	31.220	7891.690
EF-5	30.883	6394.830	FE-16	29.293	4648.520
EF-6	35.349	10581.320	FE-17	31.351	595.540
EF-7	44.292	14339.570	FE-18	42.406	1909.220
EF-8	39.479	12748.580	FE-19	37.466	1105.660
EF-9	35.271	8339.700	FE-20	35.393	893.950
EF-10	40.228	12373.080	Esfuerzo max. Prom	36.756	7592.367
EF-11	45.371	6787.290			

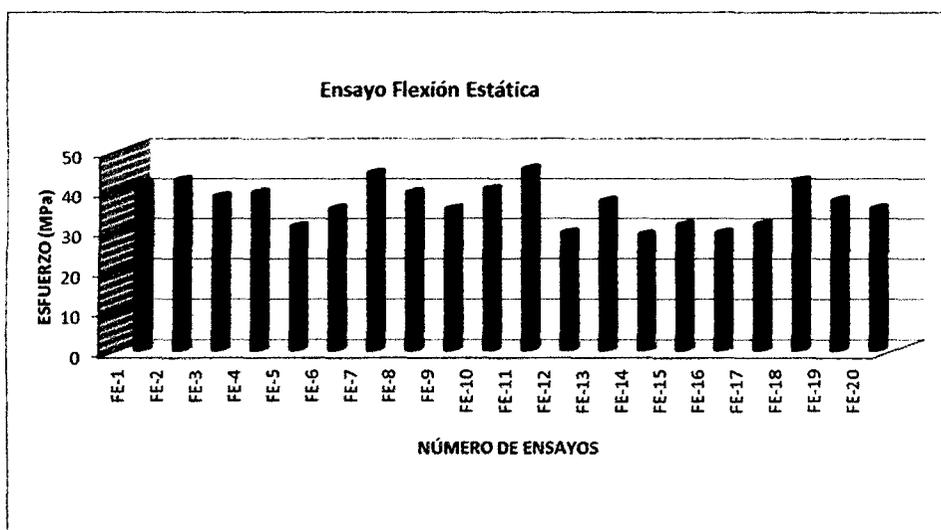


Figura 38. Ensayo Mecánico - Distribución Flexión Estática

3.3. Esfuerzos admisibles para diseño

Con base en los resultados obtenidos en el laboratorio en las propiedades mecánicas de la guadúa se recomienda los siguientes esfuerzos admisibles que son aplicables a estructuras que son analizadas por procedimientos convencionales de análisis lineal y elástico. La determinación de los efectos de las cargas (deformaciones, fuerzas, momentos, etc.) en los elementos de las estructuras debe analizarse con hipótesis consistentes y con los métodos aceptados en la ingeniería.

3.3.1. Esfuerzos admisibles a compresión paralela a la fibra.

El esfuerzo resistente en condiciones últimas es el que corresponde al límite de exclusión del 5%, es decir se espera que de toda la población de la guadúa existente solamente el 5% tenga una resistencia menor. Aunque en algunos países se toman límites más bajos, como el 2.5% y hasta el 1%, el 5% es el valor más utilizado en investigaciones recientes.

El valor que define el límite de exclusión del 5% es el ensayo número $0,05 \cdot n$ donde n es el número de muestras ensayadas, que en nuestro caso son 24.

$$\text{Límite de exclusión} = 0,05 \cdot 24 = 1.2 = 1$$

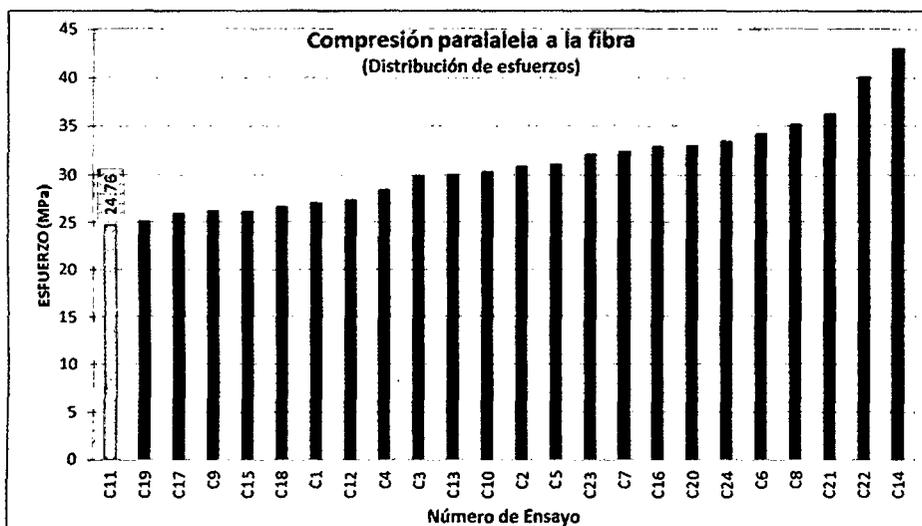


Figura 39. Distribución de esfuerzos a compresión paralela a la fibra

El esfuerzo último corresponde al valor más bajo registrado en los ensayos como se muestra la figura 39.

$$\sigma_{ult} = 24.7647 \text{ MPa}$$

Para determinar el esfuerzo admisible se debe reducir el esfuerzo último con varios factores de seguridad; en este caso para la compresión se utilizaron dos:

1. **FS** Factor de servicio y seguridad, mediante el cual se busca exigir el material por debajo del límite de proporcionalidad, FS = 1.6 tomado de la tabla 3 (Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino).
2. **FDC** Factor de Duración de la Carga, FDC = 1.25 tomado de la tabla 3. (Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino).

$$\sigma_{adm} = \frac{1}{FS * FDC} * \sigma_{ult}$$

Donde:

σ_{adm} = Esfuerzo admisible por compresión en MPa

FS = Factor de servicio y seguridad

FDC = Factor de duración de la carga

σ_{ult} =Esfuerzo último de compresión MPa al 5%

Cálculo

$$\sigma_{adm} = \frac{1}{1.6 * 1.25} * 24.7647$$

$$\sigma_{adm} = 12.38MPa \quad \sigma_{adm} = 126.24 Kg/cm^2$$

Este valor de esfuerzo admisible a compresión aplicable a probetas de altura igual al diámetro externo como se realizó en el laboratorio.

3.3.2. Esfuerzo admisible a esfuerzo de flexión.

Utilizando el mismo criterio anterior que para el valor de diseño a compresión, en el cual, el esfuerzo resistente en condiciones ultimas es el que corresponde al límite de exclusión del 5%.

$$\text{Límite de exclusión} = 0,05 * 20 = 1$$

Es decir, el esfuerzo último corresponde al valor más bajo registrado en los ensayos. $\sigma_{ult} = 28.877 MPa$. (Ver Figura 40.)

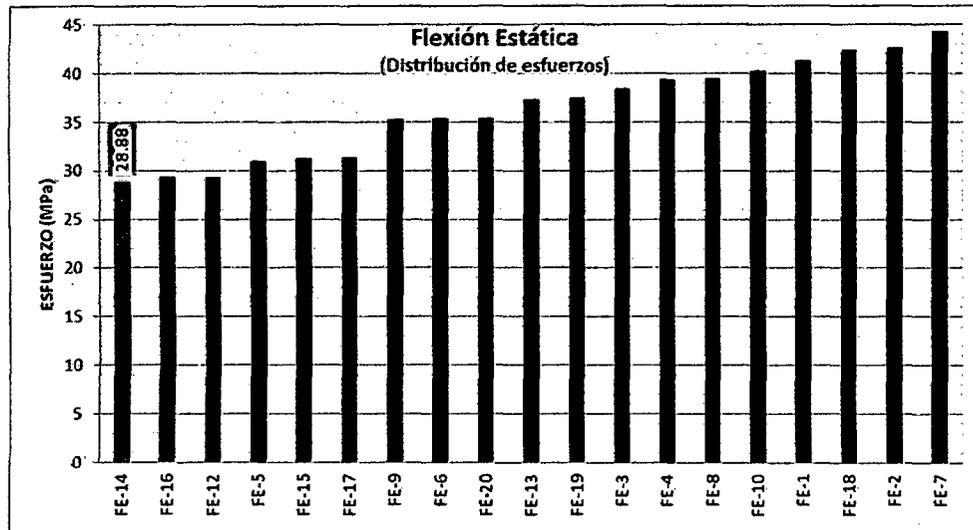


Figura 40. Distribución de esfuerzos – flexión estática

Para determinar el esfuerzo admisible se debe reducir el esfuerzo último con varios factores de seguridad; para esta investigación se ha tomado un FS de 2 y un FDC de 1.15 como se indica en el Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino.

$$\sigma_{adm} = \frac{1}{FS * FDC} * \sigma_{ult}$$

Donde:

σ_{adm} = Esfuerzo admisible por flexión en MPa

FS = Factor de servicio y seguridad

FDC = Factor de duración de la carga

σ_{ult} = Esfuerzo último de flexión menor registrado MPa al 5%

Cálculo

$$\sigma_{adm} = \frac{1}{2 * 1.15} * 28.877$$

$$\sigma_{adm} = 12.56 \text{ MPa} \quad \sigma_{adm} = 128.03 \text{ Kg/cm}^2$$

3.4. Análisis de resultados

3.4.1. Análisis de resultados de los ensayos físicos.

Contenido de Humedad

El contenido de humedad obtenido estuvo en el rango de 68 a 82% para las pruebas de densidad, compresión paralela y flexión estática.

Como se aprecia en las figuras 33, 34 y 35, los valores promedio del contenido de humedad de las probetas para los ensayos físicos es de 81.24%, para el ensayo de compresión paralela a la fibra es 68.5% y para el ensayo de flexión estática es 69.19% respectivamente, es decir estos resultados superan con creces el 30%, lo que indica que las probetas se encontraban por encima del punto de saturación de la Fibra, en sus condiciones más desfavorables de servicio.

El porcentaje en peso, que tiene el agua libre más el agua higroscópica con respecto al peso de la madera anhidra es alto debido a que las probetas fueron habilitadas y ensayadas en estado verde.

Densidad

La densidad es una medida de la cantidad de material sólido que posee el bambú; la densidad básica es la que se usa con ventaja ya que las condiciones en las que se basa (peso seco al horno y volumen verde) son estables en una especie determinada.

El resultado promedio de la Densidad Básica encontrada en esta investigación es de 0.597 gr/cm³.

Por ser el bambú un material con características semejantes a la madera; de acuerdo con lo establecido en el Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino, el bambú (*Guadua Angustifolia*) ensayado, puede considerarse como una madera blanda, consideradas así a las especies relativamente poco densas o livianas comprendidas entre densidades de 0.4 gr/cm³ a 0.72 gr/cm³. Son las maderas denominadas de utilidad general, pues pueden ser utilizados como pisos (entablados, parquería, machinbrado, etc), laminados para enchape, también como madera de carpintería, mueblería, decorativa, etc.

Contracción

Las variaciones en el contenido de humedad producen algunos fenómenos entre los que se destacan los cambios dimensionales del material. Estos cambios se deben principalmente a la pérdida del agua higroscópica en la pared celular del material.

El agua libre de las cavidades celulares no tiene ninguna influencia en la variación de las dimensiones, es decir que los cambios dimensionales solo se producen cuando el contenido de humedad varía por debajo del punto de saturación de la fibra (PSF).

De acuerdo a los resultados obtenidos en las tablas 11, 12 y 13, la contracción con respecto al diámetro exterior y el espesor de pared son los principales responsables del cambio dimensional en el bambú, siendo estos en promedio, en el orden del 8.72% y 12.36% respectivamente frente a un 0.26% del cambio dimensional longitudinal.

3.4.2. Análisis de resultados de los ensayos mecánicos.

Para el bambú en estado natural los valores obtenidos fueron:

Valor promedio de la resistencia a la compresión fue de: 30.96 MPa

Valor promedio de la resistencia a flexión fue de: 36.76 MPa

Valor esfuerzo admisible a compresión paralela fue de: 12.38 MPa

Valor esfuerzo admisible a flexión estática fue de: 12.56 MPa

A continuación mostramos un resumen y comparación con otros estudios realizados, es notable la diferencia entre los resultados obtenidos por cada investigador, sin embargo es necesario recordar que estamos estudiando un material natural y anisotrópico.

Tabla 15. Resumen resultados de las propiedades físico - mecánicas obtenidas

PROPIEDADES FÍSICAS		
Contenido de Humedad	81.24%	
Densidad	0.597 gr/cm ³	
Contracción	Diámetro	8.72%
	Espesor de Pared	12.36%
	Longitudinal	0.26%
PROPIEDADES ELÁSTICO - MECÁNICOS		
Esfuerzo admisible compresión	12.38 MPa	
	126.24 Kg/cm ²	
Esfuerzo admisible flexión	12.56 MPa	
	128.03 Kg/cm ²	
Eprom	7592.36 MPa	
Emín	6263.54 MPa	

Según los resultados obtenidos en maderas tropicales el MOE en compresión paralela es mayor que el MOE en flexión estática, no obstante, usualmente se toma el segundo como genérico de la especie, por ser las deflexiones en elementos a flexión criterio básico en su dimensionamiento.

Tabla 16. Símil con investigaciones anteriores – Ensayos

Estudios realizados: Ensayo a Compresión (esfuerzo promedio)

Investigador	Kg/cm ²	% variación respecto a esta investigación	Especie
Camacho y Paez (2002)	280.00	-11.30	Angustifolia
Uribe y Duran (2002)	504.37	59.78	Angustifolia
Prada y Zambrano (2003)	418.56	32.60	Angustifolia
Gutiérrez Aliaga, SC. 2010	467.08	47.97	Angustifolia
Investigación actual	315.66	-	Angustifolia

Estudios realizados: Ensayo a Compresión (esfuerzo admisible)

Investigador	Mpa	% variación respecto a	Especie
Cobos Fisher, JA; León Rodríguez, XA. 2007	13.00	5.01	Angustifolia
Investigación actual	12.38	-	Angustifolia

Estudios realizados: Ensayo a flexión (esfuerzo admisible)

Investigador	Mpa	% variación respecto a	Especie
Cobos Fisher, JA; León Rodríguez, XA. 2007	11.00	-12.42	Angustifolia
Investigación actual	12.56	-	Angustifolia

La variabilidad de la resistencia mecánica de la guadua, pueden ser debidas a los parámetros de operación del ensayo y a las características intrínsecas del material, ya que el material vegetal puede variar anatómicamente y estructuralmente dependiendo de la región en la cual se encuentre cultivado.

Además, dependiendo de la zona del culmo donde se hayan tomado las muestras y del contenido de humedad de las mismas, ya que la resistencia de los elementos varía de manera inversamente proporcional de la cepa hacia la parte basal en el culmo.

3.4.3. Esfuerzos admisibles en la Guadua Angustifolia Kunth.

Comparación de esfuerzos admisibles con los grupos de madera

Tabla 17. Esfuerzos admisibles guadúa angustifolia en comparación con los grupos de madera

Esfuerzos Admisibles (MPa)		
Grupo	Compresión paralela	Flexión
A	14.50	21.00
B	11.00	15.00
C	8.00	10.00
Guadua Angustifolia Kunth (Investigación actual)	12.38	12.56

Tabla 18. Módulos de elasticidad comparados con los grupos de madera

MODULOS DE ELASTICIDAD (MPa)		
GRUPO	E mín	E prom
A	9316.00	12748.00
B	7355.00	9806.00
C	5394.00	8826.00
Guadúa Angustifolia Kunth (Investigación actual)	6263.54	7592.37

Comparación con los valores señalados en la Norma Técnica E.100: BAMBÚ

Tabla 19. Esfuerzos Admisibles

ESFUERZOS ADMISIBLES				
FLEXION (f_m)	TRACCION PARALELA (f_t)	COMPRESION PARALELA (f_c)	CORTE (f_v)	COMPRESION PERPENDICULAR ($f_{c\perp}$)
5 Mpa (50 Kg/cm ²)	16 Mpa (160 Kg/cm ²)	13 Mpa (130 Kg/cm ²)	1 Mpa (10 Kg/cm ²)	1.3 Mpa (13 g/cm ²)

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones Titulo III.2.Estructuras.Norma Técnica E.100: BAMBÚ

Tabla 20. Módulo de Elasticidad

MÓDULO DE ELASTICIDAD (E)	
E _{PROM}	E _{MIN}
9500 Mpa (95000Kg/cm ²)	7300 Mpa (73000 Kg/cm ²)

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones Titulo III.2.Estructuras.Norma Técnica E.100: BAMBÚ

Tabla 21. Comparación de esfuerzo admisible a compresión paralela

	Mpa	% variación respecto a esta investigación	Especie
Norma E. 100	13.00	5.01	Angustifolia
Investigación actual	12.38	-	Angustifolia

Tabla 22. Comparación de esfuerzo admisible a flexión

	Mpa	% variación respecto a esta investigación	Especie
Norma E. 100	5.00	-60.19	Angustifolia
Investigación actual	12.56	-	Angustifolia

Al desarrollar la comparación de valores de las tablas 21 y 22, se puede apreciar que los resultados obtenidos para la especie Guadua Angustifolia en esta investigación, el esfuerzo admisible a compresión paralela a la fibra varía en un 5.01% del valor señalado en la Norma E.100 y el valores obtenidos del esfuerzo admisible a flexión varía en 60.19% de lo señalado en la Norma E.100.

Tabla 23. Comparación Módulo de elasticidad

Módulo de Elasticidad (MPa)			
	E prom	% variación respecto a esta investigación	Especie
Norma E. 100	9500	25.13	Angustifolia
Investigación actual	7592.36		
E mín			
Norma E. 100	7300	16.55	Angustifolia
Investigación actual	6263.54		

Así mismo, de acuerdo a la tabla 23 los valores para el módulo de elasticidad obtenido, son menores a los señalados en la Norma E.100, con una variación del 25.13% del E_{prom} y un 16.55% para el E_{mín}. puesto que se ha registrado un mayor valor del límite de proporcionalidad y una mayor deformación unitaria. (Ver anexo pág. 156).

CONCLUSIONES

1. Respecto a las propiedades físicas, se destacó el contenido de humedad del material, puesto que este influye directamente en la contracción dimensional y en las propiedades mecánicas del bambú. Es preciso señalar que la contracción con respecto al diámetro exterior y el espesor de pared son los principales responsables del cambio dimensional en el bambú, registrándose valores promedio, en el orden del 8.72% y 12.36% respectivamente frente a un 0.26% del cambio dimensional longitudinal.
2. La guadua se comporta como un material elastoplástico, las curvas esfuerzo – deformación presentan dos zonas con diferentes comportamientos. Una zona elástica donde las deformaciones son proporcionales a los esfuerzos y otra plástica, en donde las deformaciones no son proporcionales a los esfuerzos. Con lo cual se puede decir que la guadua angustifolia tiene un comportamiento similar al de la madera.
3. Con los esfuerzos obtenidos en el laboratorio y en base al Acuerdo de Cartagena se ha calculado los esfuerzos admisibles para el diseño, reportando valores esfuerzo admisible de 12.38 MPa en compresión paralela a la fibra, 12.56 MPa a flexión con un módulo de elasticidad promedio de 7592.36 MPa y un mínimo de 6263.54 MPa.
4. Los esfuerzos admisibles y los módulos de elasticidad fueron obtenidos en bambú húmedo (estado verde) y pueden ser usados para bambú en estado seco, basándose en la hipótesis que el bambú seco tiene igual o mayor resistencia que el húmedo
5. Los resultados obtenidos de la determinación de las propiedades físicas y mecánicas de la especie de bambú (*Guadua Angustifolia*) provenientes del Distrito de Aramango localidad de "El Muyo", provincia de Bagua, departamento de Amazonas, son muy satisfactorios, los valores de propiedades mecánicas de esfuerzo admisible a compresión son ligeramente inferior en un 5.10% respecto a lo señalado en la Norma E.100, el valor de esfuerzo admisible a flexión es superior en un 60.19%, respecto a lo señalado en la Norma E.100.

6. Los resultados de las propiedades físicas y mecánicas obtenidas en el presente estudio, dada la calidad y rigor técnico de los ensayos, permiten indicar que al momento de diseñar y calcular una edificación con el bambú (*Guadua Angustifolia*) en Perú, los valores obtenidos de esfuerzos de diseño pueden ser tomados en consideración, de forma segura, para el cálculo de un sistema estructural de una edificación o en el diseño de un nuevo producto forestal con calidad estructural.

RECOMENDACIONES

1. Es recomendable que para utilizar el bambú como material estructural, al momento del corte, se busque la época en que la guadua posea el menor contenido de humedad posible y darle un tratamiento de curado y secado apropiado
2. Buscar convenios con instituciones o entidades dedicadas al estudio de la guadúa como material de construcción, incrementar la investigación en este campo.
3. En vista de la poca experiencia tecnológica que se tiene en el país sobre el bambú (*Guadua Angustifolia*), se recomienda estudiar el comportamiento de dicha especie, al aserrado, al labrado mecanizado, la realización de pruebas sobre combustibilidad, así como también estudios en productos encolados con diferentes adhesivos, ensayos de uniones con pernos y amarres.
4. Durante la realización del presente estudio, se apreció la susceptibilidad de la especie *Guadua Angustifolia* al ataque de insectos, razón por la cual se recomienda desarrollar una línea de investigación para Estudio de las Propiedades Físicas y Mecánicas del Bambú (*Guadua Angustifolia*), a la preservación y conservación a fin de garantizar una mayor vida útil de esta materia prima.

REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

- Gutiérrez Aliaga, SC, 2010. Uniones Estructurales con Bambú (Guadua Angustifolia). Tesis Ing. Civil, Lima, PE. UNI.
- León Rodríguez, XA; Cobos Fischer, JA. 2007. Propiedades Físicas-Mecánicas de la Guadua Angustifolia Kunth y Aplicación al Diseño De Baterías Sanitarias del IASA II. Tesis Ing. Civil. Sangolquí, EC. Escuela Politécnica Del Ejército.
- Medina Morí, GE; Vigo Saldaña, SM; Rodríguez Sánchez, DO. 1988. Estudio Experimental de un Módulo de Quincha de Caña Guayaquil, sometida a Fuerza Horizontal. Tesis Ing. Civil. Cajamarca, PE. UNC.
- Norma ISO/22157-1:2004 Bamboo – Determination of physical and mechanical properties - Part 1: Requirements.
- Norma ISO/22157-2:2004 Bamboo – Determination of physical and mechanical properties – Part 2: Laboratory manual.
- PADT REFORT: JUNTA DEL ACUERDO DE CARTAGENA. 1984. Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino. 4ª edición. Colombia. Editorial Carvajal S.A.
- Reglamento Nacional de Edificaciones Título III.2.Estructuras.Norma Técnica E.100: BAMBÚ.
- Takahashi, J. 2006. Bambú en el Perú (diapositivas). Guayaquil, CO. 40 diapositivas, color.
- Universidad Nacional Agraria La Molina. 2006. Agroecología de los Cultivos: El Bambú y la Guadua en el Perú. Madre Tierra. no. 2: 6-8
- Uribe Vallejo, M; Durán Contreras, A, 2002. Estudio de Elementos Solicitados a Compresión Armados por tres Guaduas. Tesis Ing. Civil, Bogotá D.C, CO. Universidad Nacional de Colombia.

ANEXOS

1. Panel Fotográfico



Distrito de Aramango localidad de "El Muyo", provincia de Bagua, departamento de Amazonas (Exploración).



Rodales de bambú ubicados centro poblado El Muyo (Exploración).



CP. El Muyo: Muestreo y selección de especímenes de bambú.



CP. El Muyo: muestras extraídas para la investigación.



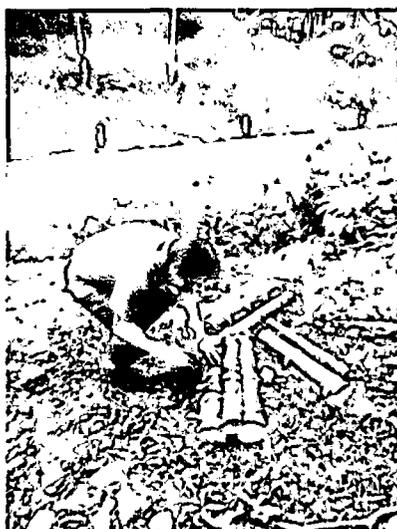
CP. El Muyo: Trozado de especímenes de bambú.



CP. El Muyo: Toma de medidas de trozas de bambú.



CP. El Muyo: Trozado de especímenes de bambú.



CP. El Muyo: Codificación de muestras de bambú.



Aserrado de nuestras de bambú.



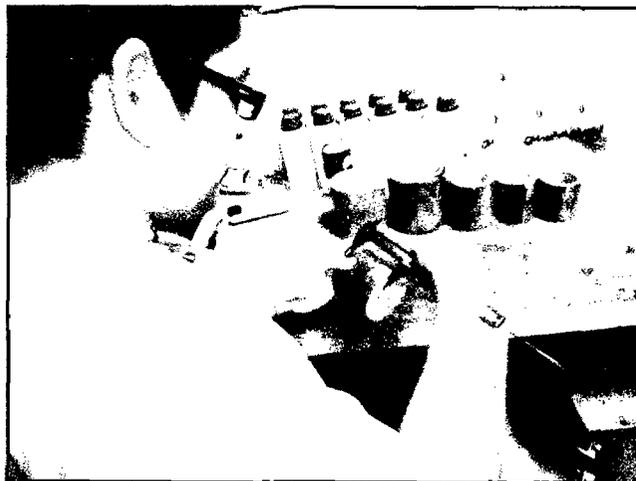
Lab. Mat. CP. Alenya - Distrito de Copallín – Prov. Bagua (Consortio Alto Marañón): Ensayos de Propiedades Físicas.



Probetas habilitadas para los ensayos de Propiedades Físicas.



Toma de dimensiones – Ensayos de Propiedades Físicas



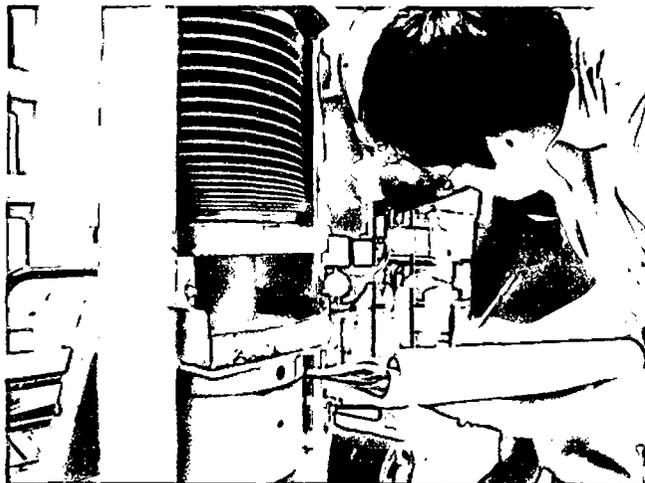
Control dimensional – Ensayos de Propiedades Físicas



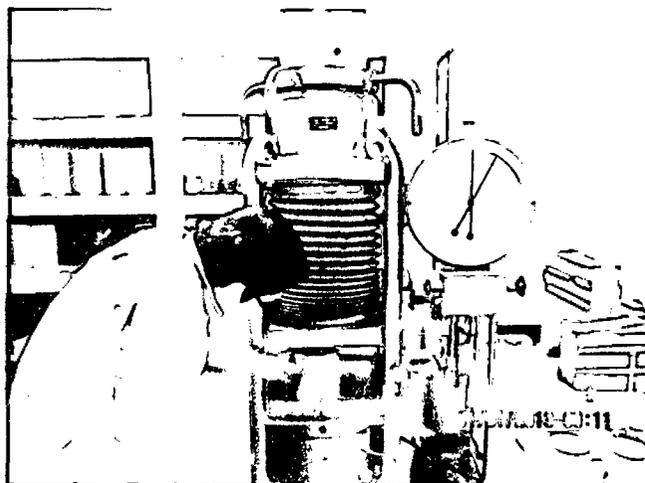
Registro de pesos - Ensayos para Propiedades Físicas



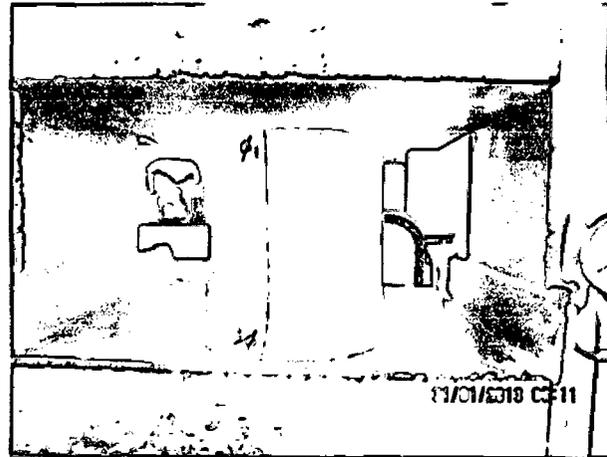
Lab. Mat. UNC: Registro de datos preliminares – Ensayo Comp. Par. Fibra.



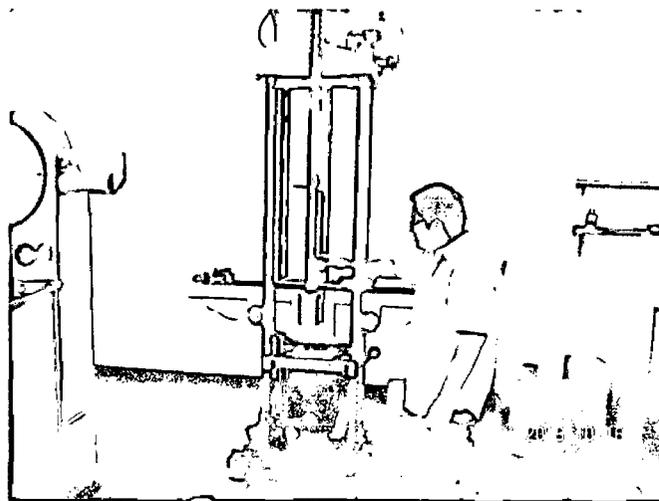
Lab. Mat. UNC: Ensayo de Compresión Paralela a la Fibra.



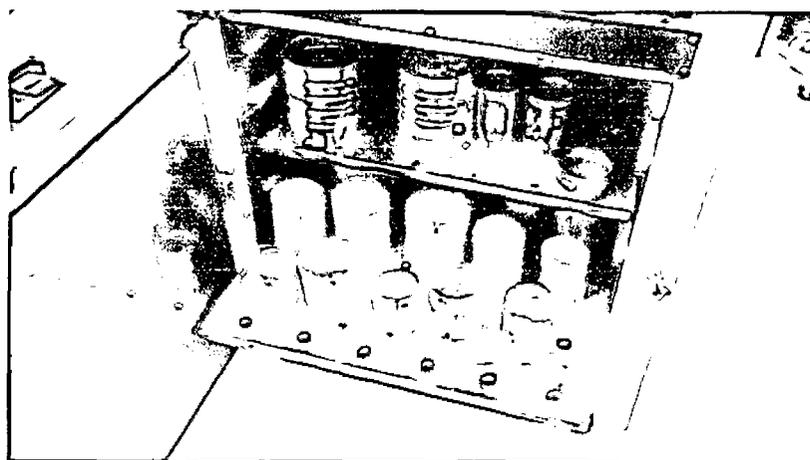
Lab. Mat. UNC: Ensayo de Comp. Par. Fibra (Maquina Universal con Hidropeyser).



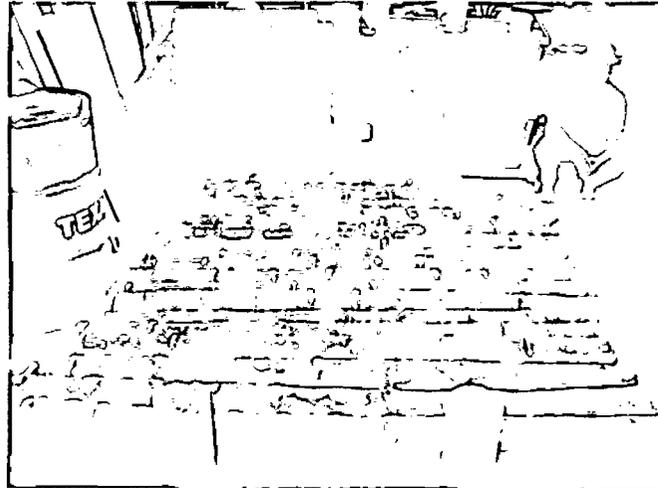
La falla por aplastamiento de la sección transversal (columna corta), presentado en los ensayos de compresión paralela a la fibra.



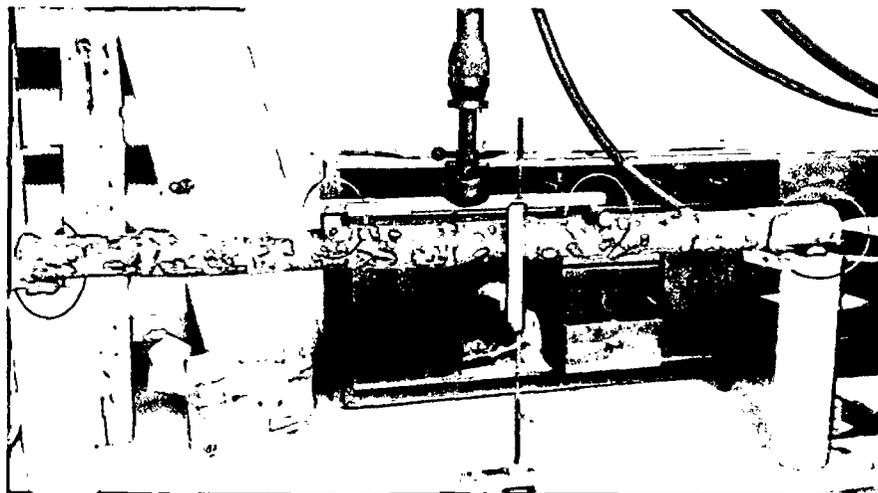
Lab. Mat. UNC: Ensayo Comp. Par. Fibra (Máquina Universal Hidráulica).



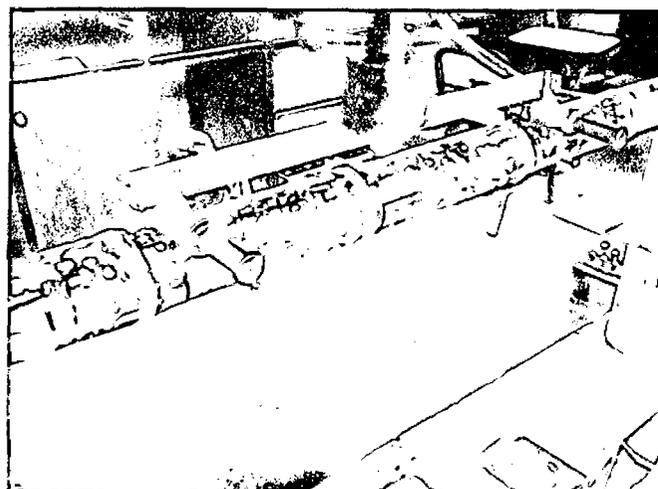
Lab. Mat. UNC: Ensayo de contenido de humedad (Probetas Ensayo a Comp. Par. Fibra).



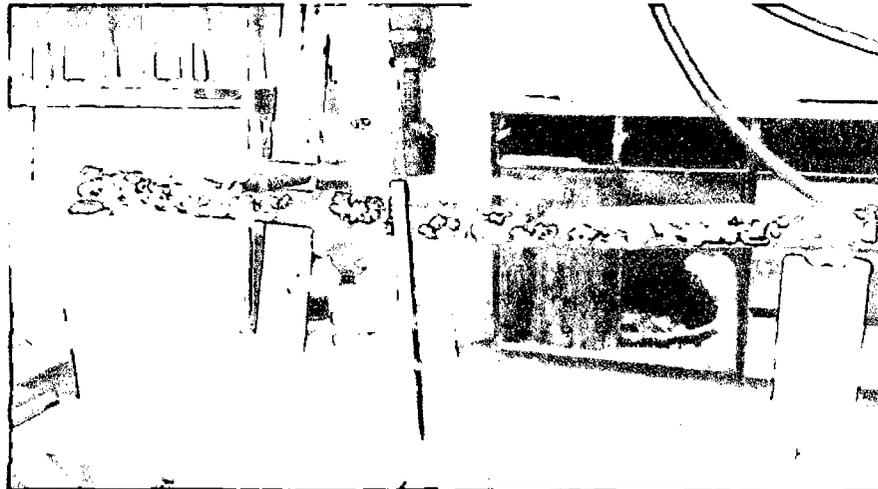
Lab. Mat. UNC: Probetas Ensayo de Flexión Estática.



Lab. Mat. UNC: Habilitación de probeta de bambú en Marco de Acero de Ensayos a Escala Natural (Ensayo de Flexión Estática de cuatro puntos).



Lab. Mat. UNC: Dispositivos para dividir la carga aplicada en dos puntos (Ensayo Flexión Estática)



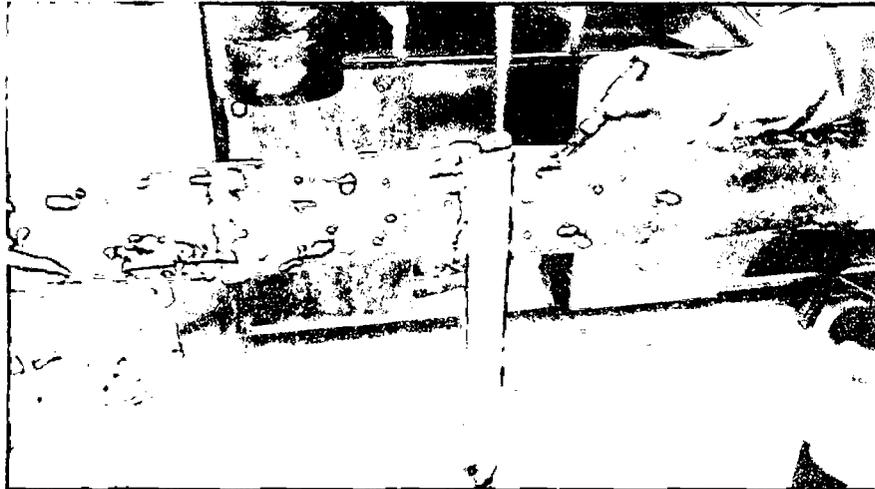
Lab. Mat. UNC: Inicio: Ensayo a flexión estática.



Lab. Mat. UNC: Mitad - Ensayo de Flexión Estática.



Lab. Mat. UNC: Final - Ensayo de Flexión Estática.



Lab. Mat. UNC: Reconocimiento de fallas en ensayo Flexión Estática.



Lab. Mat. UNC: Ensayo Flexión Estática - Falla por aplastamiento en uno de los puntos de carga, luego de alcanzar la deflexión máxima del material.



Lab. Mat. UNC: Det. de Contenido de Humedad y Densidad; Prob. Flexión Estática.

2. Cuadros y figuras de tratamiento de datos por tipo de ensayo

2.1. Contenido de Humedad.

N°	CÓDIGO PROBETA	PESO VERDE (gr.)	PESO ANHIDRO (gr.)	CONTENIDO DE HUMEDAD (C.H%)
1	EF1	522.300	236.800	120.566
2	EF2	446.400	202.700	120.227
3	EF3	130.100	80.500	61.615
4	EF4	195.600	99.300	96.979
5	EF5	71.800	37.200	93.011
6	EF6	82.700	40.600	103.695
7	EF7	582.200	252.700	130.392
8	EF8	349.500	179.600	94.599
9	EF9	195.200	105.500	85.024
10	EF10	187.100	103.100	81.474
11	EF11	111.300	64.200	73.364
12	EF12	52.200	31.300	66.773
13	EF13	639.800	334.800	91.099
14	EF14	275.700	157.600	74.937
15	EF15	205.200	123.500	66.154
16	EF16	137.100	87.200	57.225
17	EF17	96.700	67.100	44.113
18	EF18	89.500	62.300	43.660
19	EF19	531.300	272.700	94.829
20	EF20	622.100	320.100	94.346
21	EF21	137.200	85.800	59.907
22	EF22	191.700	110.600	73.327
23	EF23	122.600	70.400	74.148
24	EF24	107.200	72.300	48.271

2.2. Densidad.

N°	CÓDIGO PROBETA	VOLÚMEN PROBETA (Método de Inmersión en Agua)					PESO ANHIDRO (gr.)	DESNIDAD BÁSICA (gr./cm ³)
		Peso: Tara+Agua (Kg.)	Peso: Tara+Agua+Prob. (Kg.)	Peso Prob.		Volúmen Prob. (cm ³)		
				(Kg.)	(gr.)			
1	EF1	3.787	4.301	0.514	514.00	514.00	236.80	0.461
2	EF2	3.778	4.203	0.425	425.00	425.00	202.70	0.477
3	EF3	3.770	3.888	0.118	118.00	118.00	80.50	0.682
4	EF4	3.766	3.954	0.188	188.00	188.00	99.30	0.528
5	EF5	3.761	3.830	0.069	69.00	69.00	37.20	0.539
6	EF6	3.754	3.836	0.082	82.00	82.00	40.60	0.495
7	EF7	3.750	4.293	0.543	543.00	543.00	252.70	0.465
8	EF8	3.739	4.067	0.328	328.00	328.00	179.60	0.548
9	EF9	3.728	3.915	0.187	187.00	187.00	105.50	0.564
10	EF10	3.722	3.901	0.179	179.00	179.00	103.10	0.576
11	EF11	3.715	3.822	0.107	107.00	107.00	64.20	0.600
12	EF12	3.711	3.762	0.051	51.00	51.00	31.30	0.614
13	EF13	3.702	4.290	0.588	588.00	588.00	334.80	0.569
14	EF14	3.709	3.962	0.253	253.00	253.00	157.60	0.623
15	EF15	3.690	3.880	0.190	190.00	190.00	123.50	0.650
16	EF16	3.684	3.812	0.128	128.00	128.00	87.20	0.681
17	EF17	3.680	3.771	0.091	91.00	91.00	67.10	0.737
18	EF18	3.674	3.760	0.086	86.00	86.00	62.30	0.724
19	EF19	3.670	4.146	0.476	476.00	476.00	272.70	0.573
20	EF20	3.662	4.227	0.565	565.00	565.00	320.10	0.567
21	EF21	3.653	3.780	0.127	127.00	127.00	85.80	0.676
22	EF22	3.649	3.826	0.177	177.00	177.00	110.60	0.625
23	EF23	3.643	3.754	0.111	111.00	111.00	70.40	0.634
24	EF24	3.639	3.740	0.101	101.00	101.00	72.30	0.716

2.3. Contracción.

N°	COD. PROB.	CONDICIÓN	T. Amb.	107 °C
1	EF1	ΦD1 (mm.)	117.70	105.80
		φD2 (mm.)	117.10	109.40
		φD3 (mm.)	121.60	115.10
		φD4 (mm.)	121.90	110.00
		φ Dprom (mm.)	119.58	110.08
		e1 (mm.)	11.00	9.20
		e2 (mm.)	9.40	8.10
		e3 (mm.)	14.50	12.50
		e4 (mm.)	12.20	9.90
		e prom (mm.)	11.78	9.93
		L1 (mm.)	120.90	120.50
		L2 (mm.)	128.90	128.60
		L prom (mm.)	124.90	124.55
2	EF2	ΦD1 (mm.)	114.90	107.10
		φD2 (mm.)	111.10	105.40
		φD3 (mm.)	115.40	104.00
		φD4 (mm.)	117.90	104.50
		φ Dprom (mm.)	114.83	105.25
		e1 (mm.)	9.80	8.90
		e2 (mm.)	9.40	8.90
		e3 (mm.)	12.90	9.90
		e4 (mm.)	12.20	9.70
		e prom (mm.)	11.08	9.35
		L1 (mm.)	117.60	117.50
		L2 (mm.)	117.90	117.70
		L prom (mm.)	117.75	117.60
3	EF3	ΦD1 (mm.)	73.90	70.00
		φD2 (mm.)	76.10	69.50
		φD3 (mm.)	75.90	69.70
		φD4 (mm.)	73.40	69.30
		φ Dprom (mm.)	74.83	69.63
		e1 (mm.)	6.80	6.10
		e2 (mm.)	6.00	5.30
		e3 (mm.)	7.00	6.50
		e4 (mm.)	7.50	6.80
		e prom (mm.)	6.83	6.18
		L1 (mm.)	79.70	79.70
		L2 (mm.)	81.30	81.10
		L prom (mm.)	80.50	80.40
4	EF4	ΦD1 (mm.)	82.70	77.50
		φD2 (mm.)	82.20	77.00
		φD3 (mm.)	84.30	77.90
		φD4 (mm.)	85.00	80.40
		φ Dprom (mm.)	83.55	78.20
		e1 (mm.)	8.40	8.00
		e2 (mm.)	6.70	6.10
		e3 (mm.)	9.00	7.90
		e4 (mm.)	9.30	8.50
		e prom (mm.)	8.35	7.63
		L1 (mm.)	98.60	98.60
		L2 (mm.)	96.90	96.80
		L prom (mm.)	97.75	97.70

N°	COD. PROB.	CONDICIÓN	T. Amb.	107 °C
5	EF5	ΦD1 (mm.)	57.40	54.10
		φD2 (mm.)	54.90	51.50
		φD3 (mm.)	52.60	45.20
		φD4 (mm.)	58.40	51.80
		φ Dprom (mm.)	55.83	50.65
		e1 (mm.)	5.90	5.60
		e2 (mm.)	6.50	6.20
		e3 (mm.)	7.80	6.60
		e4 (mm.)	7.20	5.80
		e prom (mm.)	6.85	6.05
		L1 (mm.)	63.50	63.40
		L2 (mm.)	61.30	61.20
		L prom (mm.)	62.40	62.30
6	EF6	ΦD1 (mm.)	58.80	54.40
		φD2 (mm.)	57.70	52.40
		φD3 (mm.)	59.00	53.10
		φD4 (mm.)	59.10	54.10
		φ Dprom (mm.)	58.65	53.50
		e1 (mm.)	6.30	5.40
		e2 (mm.)	7.20	6.30
		e3 (mm.)	8.00	6.90
		e4 (mm.)	7.50	6.00
		e prom (mm.)	7.25	6.15
		L1 (mm.)	68.60	68.50
		L2 (mm.)	67.90	67.80
		L prom (mm.)	68.25	68.15
7	EF7	ΦD1 (mm.)	111.30	100.20
		φD2 (mm.)	110.60	105.40
		φD3 (mm.)	112.60	101.70
		φD4 (mm.)	111.50	97.30
		φ Dprom (mm.)	111.50	101.15
		e1 (mm.)	15.50	13.60
		e2 (mm.)	15.70	13.30
		e3 (mm.)	15.20	12.10
		e4 (mm.)	14.90	11.80
		e prom (mm.)	15.33	12.70
		L1 (mm.)	116.50	116.20
		L2 (mm.)	116.80	116.30
		L prom (mm.)	116.65	116.25
8	EF8	ΦD1 (mm.)	107.80	98.40
		φD2 (mm.)	107.30	98.10
		φD3 (mm.)	107.90	96.20
		φD4 (mm.)	108.40	98.60
		φ Dprom (mm.)	107.85	97.83
		e1 (mm.)	8.10	7.20
		e2 (mm.)	7.90	6.80
		e3 (mm.)	8.40	6.90
		e4 (mm.)	8.90	7.10
		e prom (mm.)	8.33	7.00
		L1 (mm.)	116.50	116.50
		L2 (mm.)	113.40	113.30
		L prom (mm.)	114.95	114.90

N°	COD. PROB.	CONDICIÓN	T. Amb.	107 °C
9	EF9	ΦD1 (mm.)	87.20	81.50
		φD2 (mm.)	85.50	76.90
		φD3 (mm.)	87.70	79.90
		φD4 (mm.)	86.90	77.60
		φ Dprom (mm.)	86.83	78.98
		e1 (mm.)	7.80	7.10
		e2 (mm.)	7.20	6.70
		e3 (mm.)	7.70	5.90
		e4 (mm.)	7.10	5.90
		e prom (mm.)	7.45	6.40
		L1 (mm.)	98.90	98.90
		L2 (mm.)	98.70	98.60
		L prom (mm.)	98.80	98.75
10	EF10	ΦD1 (mm.)	91.00	79.90
		φD2 (mm.)	86.80	81.40
		φD3 (mm.)	86.20	78.50
		φD4 (mm.)	87.90	81.80
		φ Dprom (mm.)	87.98	80.40
		e1 (mm.)	6.90	6.50
		e2 (mm.)	6.60	6.20
		e3 (mm.)	7.40	6.40
		e4 (mm.)	7.10	6.00
		e prom (mm.)	7.00	6.28
		L1 (mm.)	97.50	97.10
		L2 (mm.)	95.10	95.00
		L prom (mm.)	96.30	96.05
11	EF11	ΦD1 (mm.)	72.00	67.30
		φD2 (mm.)	73.70	68.70
		φD3 (mm.)	72.00	66.20
		φD4 (mm.)	74.20	69.20
		φ Dprom (mm.)	72.98	67.85
		e1 (mm.)	6.20	5.90
		e2 (mm.)	6.50	6.10
		e3 (mm.)	6.60	5.60
		e4 (mm.)	6.80	5.80
		e prom (mm.)	6.53	5.85
		L1 (mm.)	73.10	72.90
		L2 (mm.)	75.00	74.90
		L prom (mm.)	74.05	73.90
12	EF12	ΦD1 (mm.)	55.30	51.90
		φD2 (mm.)	52.60	48.50
		φD3 (mm.)	56.70	52.00
		φD4 (mm.)	53.80	47.70
		φ Dprom (mm.)	54.60	50.03
		e1 (mm.)	6.40	5.70
		e2 (mm.)	5.40	4.90
		e3 (mm.)	7.10	5.70
		e4 (mm.)	6.90	5.40
		e prom (mm.)	6.45	5.43
		L1 (mm.)	51.50	51.40
		L2 (mm.)	52.70	52.50
		L prom (mm.)	52.10	51.95

N°	COD. PROB.	CONDICIÓN	T. Amb.	107 °C
13	EF13	ΦD1 (mm.)	119.40	106.90
		φD2 (mm.)	118.10	109.80
		φD3 (mm.)	119.50	105.10
		φD4 (mm.)	117.30	108.10
		φ Dprom (mm.)	118.58	107.48
		e1 (mm.)	13.10	12.20
		e2 (mm.)	15.10	13.90
		e3 (mm.)	16.20	13.30
		e4 (mm.)	16.00	12.90
		e prom (mm.)	15.10	13.08
		L1 (mm.)	123.20	123.20
		L2 (mm.)	120.50	120.40
L prom (mm.)	121.85	121.80		
14	EF14	ΦD1 (mm.)	102.90	98.70
		φD2 (mm.)	97.80	88.40
		φD3 (mm.)	98.50	87.50
		φD4 (mm.)	103.60	97.50
		φ Dprom (mm.)	100.70	93.03
		e1 (mm.)	8.10	7.20
		e2 (mm.)	7.80	5.80
		e3 (mm.)	8.30	7.10
		e4 (mm.)	7.90	6.40
		e prom (mm.)	8.03	6.63
		L1 (mm.)	106.10	104.80
		L2 (mm.)	106.50	105.80
L prom (mm.)	106.30	105.30		
15	EF15	ΦD1 (mm.)	90.10	80.00
		φD2 (mm.)	91.00	78.40
		φD3 (mm.)	91.70	81.20
		φD4 (mm.)	89.30	80.50
		φ Dprom (mm.)	90.53	80.03
		e1 (mm.)	7.80	7.40
		e2 (mm.)	7.90	7.20
		e3 (mm.)	7.10	6.40
		e4 (mm.)	8.20	7.50
		e prom (mm.)	7.75	7.13
		L1 (mm.)	95.80	95.80
		L2 (mm.)	97.60	97.50
L prom (mm.)	96.70	96.65		
16	EF16	ΦD1 (mm.)	77.30	70.30
		φD2 (mm.)	77.90	73.10
		φD3 (mm.)	77.80	71.90
		φD4 (mm.)	77.10	69.90
		φ Dprom (mm.)	77.53	71.30
		e1 (mm.)	7.20	6.70
		e2 (mm.)	6.90	6.50
		e3 (mm.)	6.90	6.10
		e4 (mm.)	7.80	7.50
		e prom (mm.)	7.20	6.70
		L1 (mm.)	84.90	84.70
		L2 (mm.)	82.60	82.30
L prom (mm.)	83.75	83.50		

N°	COD. PROB.	CONDICIÓN	T. Amb.	107 °C
17	EF17	ΦD1 (mm.)	68.90	64.50
		φD2 (mm.)	69.80	64.70
		φD3 (mm.)	69.50	65.60
		φD4 (mm.)	70.00	65.10
		φ Dprom (mm.)	69.55	64.98
		e1 (mm.)	6.10	5.60
		e2 (mm.)	7.10	6.50
		e3 (mm.)	6.90	6.40
		e4 (mm.)	7.50	7.00
		e prom (mm.)	6.90	6.38
		L1 (mm.)	72.70	72.60
		L2 (mm.)	71.80	71.70
		L prom (mm.)	72.25	72.15
18	EF18	ΦD1 (mm.)	67.40	62.20
		φD2 (mm.)	68.70	63.60
		φD3 (mm.)	67.50	62.90
		φD4 (mm.)	68.90	63.80
		φ Dprom (mm.)	68.13	63.13
		e1 (mm.)	6.30	5.90
		e2 (mm.)	6.90	6.50
		e3 (mm.)	6.90	6.60
		e4 (mm.)	6.70	6.20
		e prom (mm.)	6.70	6.30
		L1 (mm.)	71.50	71.50
		L2 (mm.)	70.90	70.80
		L prom (mm.)	71.20	71.15
19	EF19	ΦD1 (mm.)	107.40	97.40
		φD2 (mm.)	110.90	97.20
		φD3 (mm.)	109.20	94.80
		φD4 (mm.)	111.90	94.50
		φ Dprom (mm.)	109.85	95.98
		e1 (mm.)	12.20	10.30
		e2 (mm.)	13.40	11.00
		e3 (mm.)	16.20	12.50
		e4 (mm.)	14.90	11.70
		e prom (mm.)	14.18	11.38
		L1 (mm.)	112.60	112.50
		L2 (mm.)	111.90	111.30
		L prom (mm.)	112.25	111.90
20	EF20	ΦD1 (mm.)	106.10	99.70
		φD2 (mm.)	110.50	96.50
		φD3 (mm.)	105.60	100.90
		φD4 (mm.)	108.90	96.70
		φ Dprom (mm.)	107.78	98.45
		e1 (mm.)	17.10	14.30
		e2 (mm.)	17.80	15.00
		e3 (mm.)	18.90	16.30
		e4 (mm.)	18.70	16.60
		e prom (mm.)	18.13	15.55
		L1 (mm.)	114.40	112.90
		L2 (mm.)	114.20	112.70
		L prom (mm.)	114.30	112.80

N°	COD. PROB.	CONDICIÓN	T. Amb.	107 °C
21	EF21	ΦD1 (mm.)	79.30	70.40
		φD2 (mm.)	77.90	70.40
		φD3 (mm.)	78.60	70.30
		φD4 (mm.)	78.90	73.10
		φ Dprom (mm.)	78.68	71.05
		e1 (mm.)	6.80	6.10
		e2 (mm.)	6.20	5.70
		e3 (mm.)	7.50	6.90
		e4 (mm.)	7.10	6.40
		e prom (mm.)	6.90	6.28
		L1 (mm.)	83.40	83.40
		L2 (mm.)	83.20	82.80
		L prom (mm.)	83.30	83.10
22	EF22	ΦD1 (mm.)	87.70	80.50
		φD2 (mm.)	84.80	77.70
		φD3 (mm.)	88.10	76.30
		φD4 (mm.)	86.70	74.50
		φ Dprom (mm.)	86.83	77.25
		e1 (mm.)	7.40	7.20
		e2 (mm.)	7.20	6.90
		e3 (mm.)	6.90	5.50
		e4 (mm.)	8.30	6.60
		e prom (mm.)	7.45	6.55
		L1 (mm.)	96.60	96.50
		L2 (mm.)	94.80	94.10
		L prom (mm.)	95.70	95.30
23	EF23	ΦD1 (mm.)	74.90	67.90
		φD2 (mm.)	75.50	67.70
		φD3 (mm.)	75.40	69.20
		φD4 (mm.)	76.40	66.80
		φ Dprom (mm.)	75.55	67.90
		e1 (mm.)	7.30	6.40
		e2 (mm.)	7.30	6.10
		e3 (mm.)	8.10	6.40
		e4 (mm.)	7.10	6.10
		e prom (mm.)	7.45	6.25
		L1 (mm.)	72.70	72.50
		L2 (mm.)	72.50	72.30
		L prom (mm.)	72.60	72.40
24	EF24	ΦD1 (mm.)	72.30	67.10
		φD2 (mm.)	71.20	65.90
		φD3 (mm.)	71.70	68.10
		φD4 (mm.)	69.90	62.90
		φ Dprom (mm.)	71.28	66.00
		e1 (mm.)	7.10	6.40
		e2 (mm.)	7.70	7.60
		e3 (mm.)	6.80	6.20
		e4 (mm.)	7.40	7.10
		e prom (mm.)	7.25	6.83
		L1 (mm.)	75.40	75.30
		L2 (mm.)	76.50	76.50
		L prom (mm.)	75.95	75.90

2.4. Compresión Paralela a la fibra

2.4.1. Áreas y volúmenes para ensayo a compresión.

N°	CÓDIGO PROBETA	LONGITUD. (L) (mm.)		DIAMETRO EXTERIOR (mm.)		ESPESOR DE PARED (mm.)		ÁREA (mm ²)	VOLUMEN (mm ³)
1	C1	L1	136.90	ΦD1	122.70	e1	15.80	5307.62	723428.49
		L2	135.70	ΦD2	123.40	e2	15.40		
		---		ΦD3	123.30	e3	15.50		
		---		ΦD4	125.90	e4	15.30		
		---		---	---	e5	15.70		
		---		---	---	e6	15.50		
		---		---	---	e7	15.80		
		---		---	---	e8	15.90		
		Lprom	136.30	Φ Dprom	123.83	e prom	15.61		
2	C2	L1	115.90	ΦD1	111.50	e1	9.40	3507.92	405690.72
		L2	115.40	ΦD2	113.20	e2	9.90		
		---		ΦD3	118.60	e3	9.70		
		---		ΦD4	117.80	e4	9.90		
		---		---	---	e5	11.30		
		---		---	---	e6	12.30		
		---		---	---	e7	11.50		
		---		---	---	e8	11.40		
		Lprom	115.65	Φ Dprom	115.28	e prom	10.68		
3	C3	L1	85.60	ΦD1	81.40	e1	8.00	1657.85	141166.29
		L2	84.70	ΦD2	80.60	e2	7.20		
		---		ΦD3	79.40	e3	7.30		
		---		ΦD4	78.30	e4	7.90		
		---		---	---	e5	7.90		
		---		---	---	e6	6.30		
		---		---	---	e7	6.40		
		---		---	---	e8	7.10		
		Lprom	85.15	Φ Dprom	79.93	e prom	7.26		
4	C4	L1	97.70	ΦD1	89.30	e1	9.50	2037.91	198594.13
		L2	97.20	ΦD2	87.80	e2	7.90		
		---		ΦD3	87.50	e3	8.20		
		---		ΦD4	85.50	e4	8.50		
		---		---	---	e5	8.80		
		---		---	---	e6	7.60		
		---		---	---	e7	7.10		
		---		---	---	e8	7.80		
		Lprom	97.45	Φ Dprom	87.53	e prom	8.18		
5	C5	L1	67.40	ΦD1	57.70	e1	6.60	1200.16	80770.54
		L2	67.20	ΦD2	57.20	e2	7.30		
		---		ΦD3	59.40	e3	6.10		
		---		ΦD4	61.50	e4	6.70		
		---		---	---	e5	7.60		
		---		---	---	e6	8.10		
		---		---	---	e7	7.50		
		---		---	---	e8	9.40		
		Lprom	67.30	Φ Dprom	58.95	e prom	7.41		
6	C6	L1	61.50	ΦD1	67.60	e1	7.50	1343.72	82235.79
		L2	60.90	ΦD2	62.90	e2	7.20		
		---		ΦD3	65.50	e3	7.40		
		---		ΦD4	64.80	e4	6.90		
		---		---	---	e5	7.80		
		---		---	---	e6	6.50		
		---		---	---	e7	8.30		
		---		---	---	e8	7.60		
		Lprom	61.20	Φ Dprom	65.20	e prom	7.40		

N°	CÓDIGO PROBETA	LONGITUD. (L)		DIAMETRO EXTERIOR		ESESOR DE PARED		ÁREA (mm ²)	VOLUMEN (mm ³)
		(mm.)	(mm.)	(mm.)	(mm.)	(mm.)	(mm.)		
7	C7	L1	121.10	ΦD1	106.40	e1	12.70	3797.05	459253.75
		L2	120.80	ΦD2	107.50	e2	12.60		
		---		ΦD3	106.30	e3	13.10		
		---		ΦD4	108.70	e4	13.20		
		---		---	---	e5	12.70		
		---		---	---	e6	12.40		
		---		---	---	e7	12.30		
		---		---	---	e8	13.40		
		Lprom	120.95	φ Dprom	107.23	e prom	12.80		
8	C8	L1	115.40	ΦD1	111.70	e1	9.10	2772.66	319272.22
		L2	114.90	ΦD2	105.80	e2	8.90		
		---		ΦD3	109.90	e3	8.90		
		---		ΦD4	106.90	e4	8.10		
		---		---	---	e5	8.90		
		---		---	---	e6	9.00		
		---		---	---	e7	8.80		
		---		---	---	e8	9.10		
		Lprom	115.15	φ Dprom	108.58	e prom	8.85		
9	C9	L1	91.50	ΦD1	86.10	e1	6.70	1706.53	155806.08
		L2	91.10	ΦD2	86.30	e2	6.80		
		---		ΦD3	85.80	e3	6.80		
		---		ΦD4	86.40	e4	6.90		
		---		---	---	e5	6.80		
		---		---	---	e6	7.20		
		---		---	---	e7	7.10		
		---		---	---	e8	6.50		
		Lprom	91.30	φ Dprom	86.15	e prom	6.85		
10	C10	L1	97.70	ΦD1	83.50	e1	7.30	1677.96	163600.91
		L2	97.30	ΦD2	83.30	e2	6.90		
		---		ΦD3	83.20	e3	7.30		
		---		ΦD4	84.20	e4	6.80		
		---		---	---	e5	6.90		
		---		---	---	e6	6.60		
		---		---	---	e7	7.20		
		---		---	---	e8	6.80		
		Lprom	97.50	φ Dprom	83.55	e prom	6.98		
11	C11	L1	75.30	ΦD1	69.90	e1	7.50	1331.11	99899.58
		L2	74.80	ΦD2	71.40	e2	6.90		
		---		ΦD3	68.40	e3	6.30		
		---		ΦD4	68.80	e4	7.70		
		---		---	---	e5	6.40		
		---		---	---	e6	6.50		
		---		---	---	e7	6.20		
		---		---	---	e8	6.40		
		Lprom	75.05	φ Dprom	69.63	e prom	6.74		
12	C12	L1	58.40	ΦD1	52.90	e1	6.60	954.32	55493.57
		L2	57.90	ΦD2	55.60	e2	6.90		
		---		ΦD3	52.50	e3	6.50		
		---		ΦD4	55.10	e4	6.80		
		---		---	---	e5	6.50		
		---		---	---	e6	6.40		
		---		---	---	e7	5.00		
		---		---	---	e8	6.30		
		Lprom	58.15	φ Dprom	54.03	e prom	6.38		

N°	CÓDIGO PROBETA	LONGITUD. (L)		DIAMETRO EXTERIOR		ESPESOR DE PARED		ÁREA (mm ²)	VOLUMEN (mm ³)
			(mm.)		(mm.)		(mm.)		
13	C13	L1	118.50	φD1	107.90	e1	11.80	3441.99	406671.27
		L2	117.80	φD2	107.30	e2	11.50		
		---		φD3	107.10	e3	11.60		
		---		φD4	108.10	e4	11.50		
		---		---	---	e5	11.10		
		---		---	---	e6	11.30		
		---		---	---	e7	11.30		
		---		---	---	e8	11.00		
		Lprom	118.15	φ Dprom	107.60	e prom	11.39		
14	C14	L1	109.30	φD1	103.00	e1	8.30	2339.86	255278.53
		L2	108.90	φD2	99.60	e2	8.50		
		---		φD3	102.90	e3	7.80		
		---		φD4	98.90	e4	8.40		
		---		---	---	e5	8.00		
		---		---	---	e6	7.80		
		---		---	---	e7	7.20		
		---		---	---	e8	8.00		
		Lprom	109.10	φ Dprom	101.10	e prom	8.00		
15	C15	L1	91.10	φD1	90.40	e1	9.50	2283.33	207668.79
		L2	90.80	φD2	93.80	e2	8.70		
		---		φD3	89.00	e3	8.80		
		---		φD4	90.70	e4	9.10		
		---		---	---	e5	8.70		
		---		---	---	e6	8.60		
		---		---	---	e7	9.20		
		---		---	---	e8	8.20		
		Lprom	90.95	φ Dprom	90.98	e prom	8.85		
16	C16	L1	82.40	φD1	78.10	e1	6.30	1523.95	125192.11
		L2	81.90	φD2	78.20	e2	7.60		
		---		φD3	77.40	e3	6.90		
		---		φD4	77.90	e4	6.90		
		---		---	---	e5	6.30		
		---		---	---	e6	7.00		
		---		---	---	e7	6.80		
		---		---	---	e8	6.80		
		Lprom	82.15	φ Dprom	77.90	e prom	6.83		
17	C17	L1	73.60	φD1	73.90	e1	7.30	1527.29	112790.45
		L2	74.10	φD2	72.10	e2	7.40		
		---		φD3	73.70	e3	7.10		
		---		φD4	71.90	e4	7.00		
		---		---	---	e5	7.80		
		---		---	---	e6	7.70		
		---		---	---	e7	7.90		
		---		---	---	e8	7.20		
		Lprom	73.85	φ Dprom	72.90	e prom	7.43		
18	C18	L1	72.00	φD1	69.20	e1	6.70	1299.98	93858.50
		L2	72.40	φD2	68.20	e2	6.20		
		---		φD3	69.40	e3	6.60		
		---		φD4	68.70	e4	6.90		
		---		---	---	e5	6.90		
		---		---	---	e6	7.40		
		---		---	---	e7	6.30		
		---		---	---	e8	6.20		
		Lprom	72.20	φ Dprom	68.88	e prom	6.65		

N°	CÓDIGO PROBETA	LONGITUD. (L)		DIAMETRO EXTERIOR		ESPESOR DE PARED		ÁREA (mm ²)	VOLUMEN (mm ³)
		(mm.)	(mm.)	(mm.)	(mm.)	(mm.)	(mm.)		
19	C19	L1	113.10	ΦD1	107.70	e1	13.20	4148.93	470073.45
		L2	113.50	φD2	108.90	e2	14.30		
		---		φD3	106.70	e3	14.60		
		---		φD4	108.60	e4	13.10		
		---		---	---	e5	13.70		
		---		---	---	e6	13.30		
		---		---	---	e7	15.10		
		---		---	---	e8	15.20		
		Lprom	113.30	φ Dprom	107.98	e prom	14.06		
20	C20	L1	114.50	ΦD1	106.10	e1	12.30	3836.32	439833.98
		L2	114.80	φD2	107.60	e2	12.20		
		---		φD3	106.20	e3	12.10		
		---		φD4	109.40	e4	12.60		
		---		---	---	e5	14.40		
		---		---	---	e6	14.50		
		---		---	---	e7	12.90		
		---		---	---	e8	12.50		
		Lprom	114.65	φ Dprom	107.33	e prom	12.94		
21	C21	L1	89.80	ΦD1	91.60	e1	10.20	2312.43	207309.19
		L2	89.50	φD2	90.10	e2	11.60		
		---		φD3	87.80	e3	10.30		
		---		φD4	85.80	e4	12.50		
		---		---	---	e5	6.80		
		---		---	---	e6	7.90		
		---		---	---	e7	7.60		
		---		---	---	e8	7.10		
		Lprom	89.65	φ Dprom	88.83	e prom	9.25		
22	C22	L1	93.10	ΦD1	87.30	e1	8.60	1908.15	177362.35
		L2	92.80	φD2	87.80	e2	8.30		
		---		φD3	86.20	e3	7.10		
		---		φD4	88.30	e4	7.50		
		---		---	---	e5	8.20		
		---		---	---	e6	6.70		
		---		---	---	e7	6.60		
		---		---	---	e8	7.90		
		Lprom	92.95	φ Dprom	87.40	e prom	7.61		
23	C23	L1	80.60	ΦD1	80.10	e1	8.40	1785.76	143664.18
		L2	80.30	φD2	78.50	e2	7.80		
		---		φD3	79.30	e3	7.90		
		---		φD4	80.30	e4	8.20		
		---		---	---	e5	8.30		
		---		---	---	e6	7.90		
		---		---	---	e7	7.40		
		---		---	---	e8	7.60		
		Lprom	80.45	φ Dprom	79.55	e prom	7.94		
24	C24	L1	74.70	ΦD1	70.90	e1	7.10	1377.31	102578.72
		L2	74.40	φD2	72.10	e2	7.30		
		---		φD3	71.30	e3	6.50		
		---		φD4	72.50	e4	6.20		
		---		---	---	e5	6.90		
		---		---	---	e6	6.70		
		---		---	---	e7	6.80		
		---		---	---	e8	6.50		
		Lprom	74.55	φ Dprom	71.70	e prom	6.75		

2.4.2. Contenido de Humedad para ensayo a compresión.

N°	CÓDIGO PROBETA	PESO VERDE (gr.)	PESO ANHIDRO (gr.)	CONTENIDO DE HUMEDAD (C.H%)
1	C1	899.700	385.400	133.446
2	C2	389.400	210.900	84.637
3	C3	129.000	80.800	59.653
4	C4	184.000	106.800	72.285
5	C5	72.800	41.100	77.129
6	C6	75.900	43.400	74.885
7	C7	569.200	260.500	118.503
8	C8	327.600	187.400	74.813
9	C9	183.900	98.900	85.945
10	C10	179.000	105.600	69.508
11	C11	100.100	60.400	65.728
12	C12	49.900	33.200	50.301
13	C13	523.200	259.400	101.696
14	C14	265.100	163.200	62.439
15	C15	185.000	127.900	44.644
16	C16	124.500	88.200	41.156
17	C17	99.900	69.900	42.918
18	C18	89.300	64.600	38.235
19	C19	510.400	299.300	70.531
20	C20	529.000	292.000	81.164
21	C21	169.300	117.200	44.454
22	C22	186.400	117.900	58.100
23	C23	123.100	80.900	52.163
24	C24	103.700	74.000	40.135

2.4.3. Datos Ensayo a compresión paralela a la fibra

TIPO DE ENSAYO: **COMPRESIÓN PARALELA A LA FIBRA.**

EJECUTOR: Bach. Ing. Dimas Gustavo Estacio Castañeda

CÓDIGO DE PROBETA:

C1

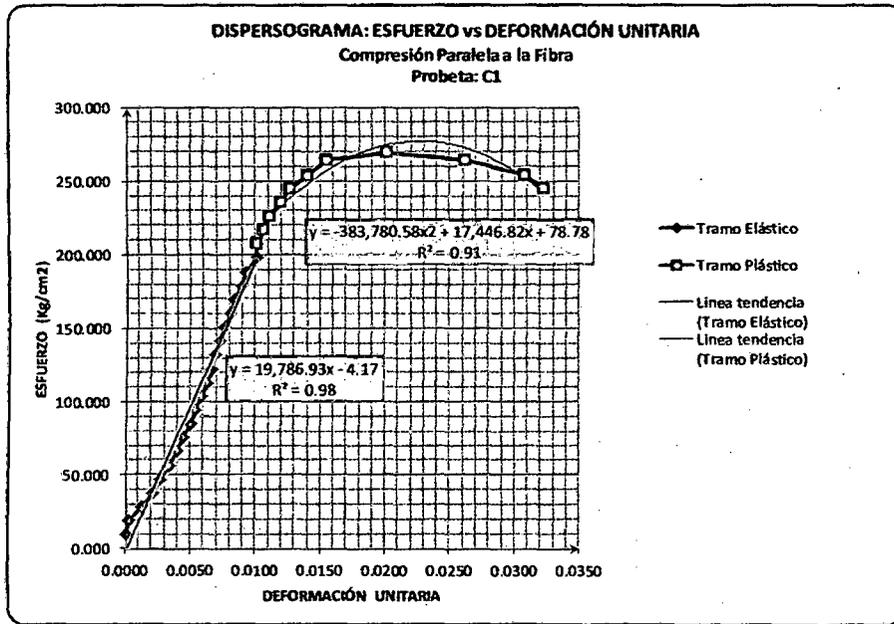
FECHA: 31/01/2013

ALTURA. (H) (mm.)	DIAMETRO EXTERIOR (mm.)		ESPESOR DE PARED (mm.)		ÁREA (cm ²)	VOLUMEN (cm ³)
H1	136.90	φD1	122.70	e1	15.80	53.076
H2	135.70	φD2	123.40	e2	15.40	
---	0	φD3	123.30	e3	15.50	
---	0	φD4	125.90	e4	15.30	
---	0	---	---	e5	15.70	
---	0	---	---	e6	15.50	
---	0	---	---	e7	15.80	
---	0	---	---	e8	15.90	
Hprom	136.30	φ Dprom	123.83	e prom	15.61	

CONTENIDO DE HUMEDAD (C.H%)	133.446
-----------------------------	---------

DENSIDAD BÁSICA (gr/cm ³)	PESO ANHIDRO (gr.)	385.400	0.533
	VOLUMEN PROB. (cm ³)	723.428	

N°	CARGA (Kg.)	DEFORMACIÓN TOTAL (mm.)	ESFUERZO $\sigma = \frac{P}{A} \left(\frac{Kg}{cm^2} \right)$	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = \frac{DT}{H} \left(\frac{mm}{mm} \right)$
1	500	0.020	9.420	0.0001
2	1000	0.040	18.841	0.0003
3	1500	0.170	28.261	0.0012
4	2000	0.290	37.682	0.0021
5	2500	0.380	47.102	0.0028
6	3000	0.470	56.523	0.0034
7	3500	0.550	65.943	0.0040
8	4000	0.610	75.363	0.0045
9	4500	0.700	84.784	0.0051
10	5000	0.740	94.204	0.0054
11	5500	0.800	103.625	0.0059
12	6000	0.870	113.045	0.0064
13	6500	0.900	122.465	0.0066
14	7000	0.950	131.886	0.0070
15	7500	1.000	141.306	0.0073
16	8000	1.040	150.727	0.0076
17	8500	1.110	160.147	0.0081
18	9000	1.150	169.568	0.0084
19	9500	1.220	178.988	0.0090
20	10000	1.270	188.408	0.0093
21	10500	1.380	197.829	0.0101
22	11000	1.390	207.249	0.0102
23	11500	1.450	216.670	0.0106
24	12000	1.520	226.090	0.0112
25	12500	1.630	235.510	0.0120
26	13000	1.730	244.931	0.0127
27	13500	1.920	254.351	0.0141
28	14000	2.120	263.772	0.0156
29	14300	2.750	269.424	0.0202
30	14000	3.570	263.772	0.0262
31	13500	4.200	254.351	0.0308
32	13000	4.400	244.931	0.0323

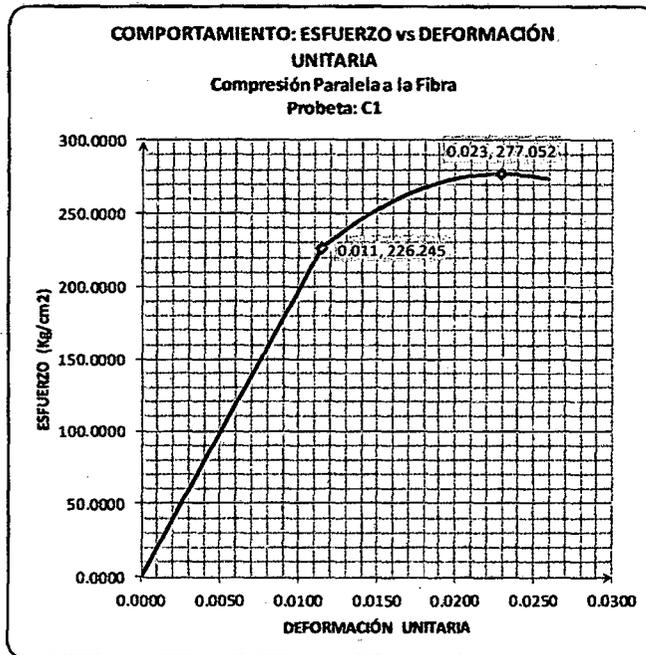


Cont. Humedad (C.H%) = 133.446

Densidad (gr/cm³) 0.533

TABULACIÓN

N°	x	y
1	0.0000	0.0000
2	0.0010	19.7869
3	0.0020	39.5739
4	0.0030	59.3608
5	0.0040	79.1477
6	0.0050	98.9347
7	0.0060	118.7216
8	0.0070	138.5085
9	0.0080	158.2954
10	0.0090	178.0824
11	0.0100	197.8693
12	0.0110	217.6562
13	0.0114	226.2454
14	0.0120	231.1177
15	0.0130	239.1312
16	0.0140	246.3771
17	0.0150	252.8555
18	0.0160	258.5663
19	0.0170	263.5096
20	0.0180	267.6853
21	0.0190	271.0934
22	0.0200	273.7340
23	0.0210	275.6070
24	0.0220	276.7125
25	0.0229	277.0518
26	0.0230	277.0504
27	0.0239	276.6681
28	0.0240	276.6207
29	0.0249	275.5170
30	0.0250	275.4235
31	0.0259	273.5983



Función Ajustada:

Comportamiento Elástico

$$y = 19786.93 * x$$

Comportamiento Plástico

$$y = -3.8378 * 10^5 * x^2 + 1.7608 * 10^4 * x + 75.086$$

Esfuerzo Máximo (σ_{max}): 277.052 Kg/cm²

Módulo de Elasticidad (E): 19786.93 Kg/cm²

TIPO DE ENSAYO: **COMPRESIÓN PARALELA A LA FIBRA.**

EJECUTOR: Bach. Ing. Dimas Gustavo Estacio Castañeda

CÓDIGO DE PROBETA:

C2

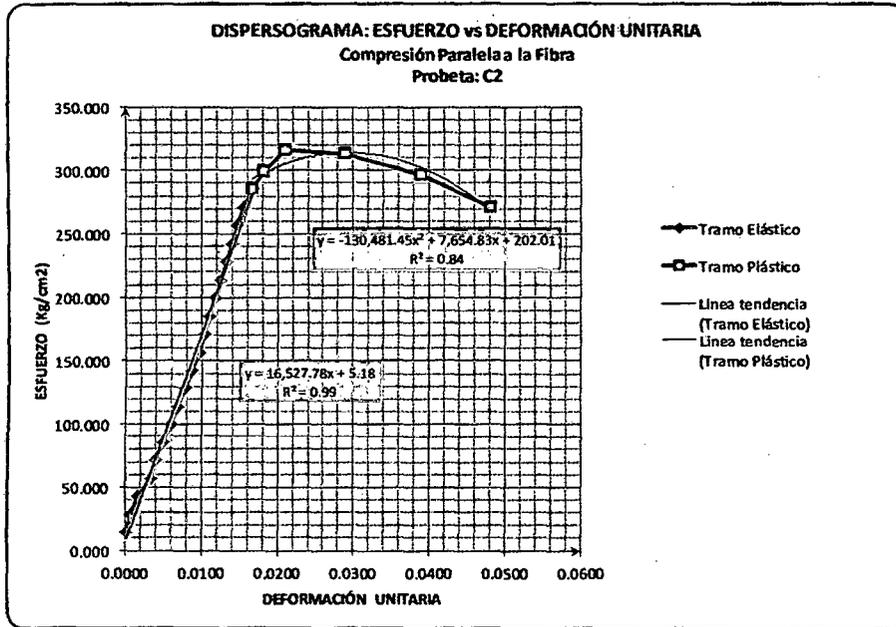
FECHA: 31/01/2013

ALTURA. (H) (mm.)		DIAMETRO EXTERIOR (mm.)		ESPESOR DE PARED (mm.)		ÁREA (cm ²)	VOLUMEN (cm ³)
H1	115.90	φD1	111.50	e1	9.40	35.079	405.691
H2	115.40	φD2	113.20	e2	9.90		
---		φD3	118.60	e3	9.70		
---		φD4	117.80	e4	9.90		
---		---	---	e5	11.30		
---		---	---	e6	12.30		
---		---	---	e7	11.50		
---		---	---	e8	11.40		
Hprom	115.65	φ Dprom	115.28	e prom	10.68		

CONTENIDO DE HUMEDAD (C.H%)	84.637
-----------------------------	--------

DENSIDAD BÁSICA (gr/cm ³)	PESO ANHIDRO (gr.)	210.900	0.520
	VOLUMEN PROB. (cm ³)	405.691	

N° DE LECTURA	CARGA (Kg.)	DEFORMACIÓN TOTAL (mm.)	ESFUERZO $\sigma = \frac{P}{A} \left(\frac{Kg}{cm^2} \right)$	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = \frac{DT}{H} \left(\frac{mm}{mm} \right)$
1	500	0.030	14.253	0.0003
2	1000	0.080	28.507	0.0007
3	1500	0.200	42.760	0.0017
4	2000	0.390	57.014	0.0034
5	2500	0.470	71.267	0.0041
6	3000	0.580	85.521	0.0050
7	3500	0.700	99.774	0.0061
8	4000	0.790	114.028	0.0068
9	4500	0.920	128.281	0.0080
10	5000	1.010	142.535	0.0087
11	5500	1.120	156.788	0.0097
12	6000	1.200	171.042	0.0104
13	6500	1.280	185.295	0.0111
14	7000	1.380	199.549	0.0119
15	7500	1.460	213.802	0.0126
16	8000	1.550	228.055	0.0134
17	8500	1.620	242.309	0.0140
18	9000	1.710	256.562	0.0148
19	9500	1.800	270.816	0.0156
20	10000	1.930	285.069	0.0167
21	10500	2.110	299.323	0.0182
22	11100	2.440	316.427	0.0211
23	11000	3.350	313.576	0.0290
24	10400	4.500	296.472	0.0389
25	9500	5.570	270.816	0.0482

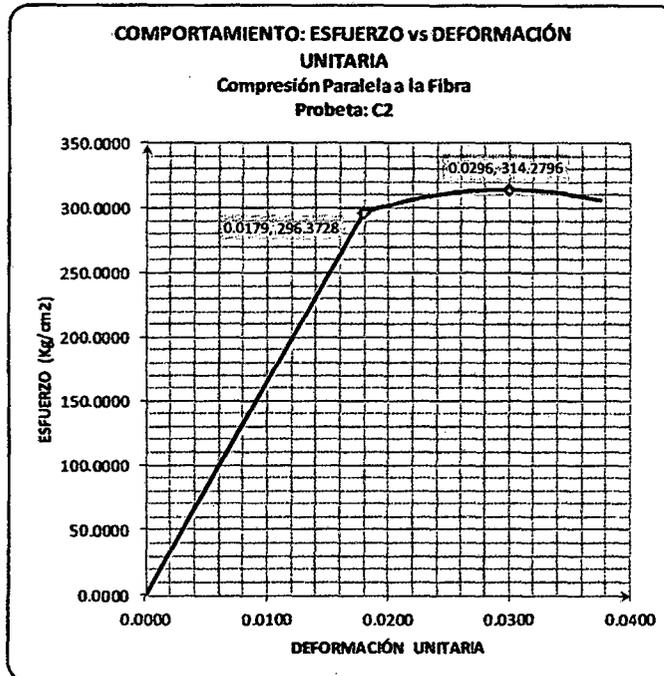


Cont. Humedad (C.H%) = 84.637

Densidad (gr/cm3) = 0.520

TABULACIÓN

N°	x	y
1	0.0000	0.0000
2	0.0025	41.3195
3	0.0050	82.6389
4	0.0075	123.9584
5	0.0100	165.2778
6	0.0125	206.5973
7	0.0150	247.9167
8	0.0175	289.2362
9	0.0179	296.3728
10	0.0200	302.1379
11	0.0225	307.6157
12	0.0250	311.4626
13	0.0275	313.6785
14	0.0296	314.2796
15	0.0300	314.2633
16	0.0325	313.2171
17	0.0350	310.5399
18	0.0375	306.2317



Función Ajustada:

Comportamiento Elástico

$y = 16527.78 \cdot x$

Comportamiento Plástico

$y = -1.3048145 \cdot 10^5 \cdot x^2 + 7736.6188 \cdot x + 199.59806$

Esfuerzo Máximo (σ_{max}): 314.280 Kg/cm²

Módulo de Elasticidad (E): 16527.78 Kg/cm²

TIPO DE ENSAYO: **COMPRESIÓN PARALELA A LA FIBRA.**

EJECUTOR: Bach. Ing. Dimas Gustavo Estacio Castañeda

CÓDIGO DE PROBETA:

C3

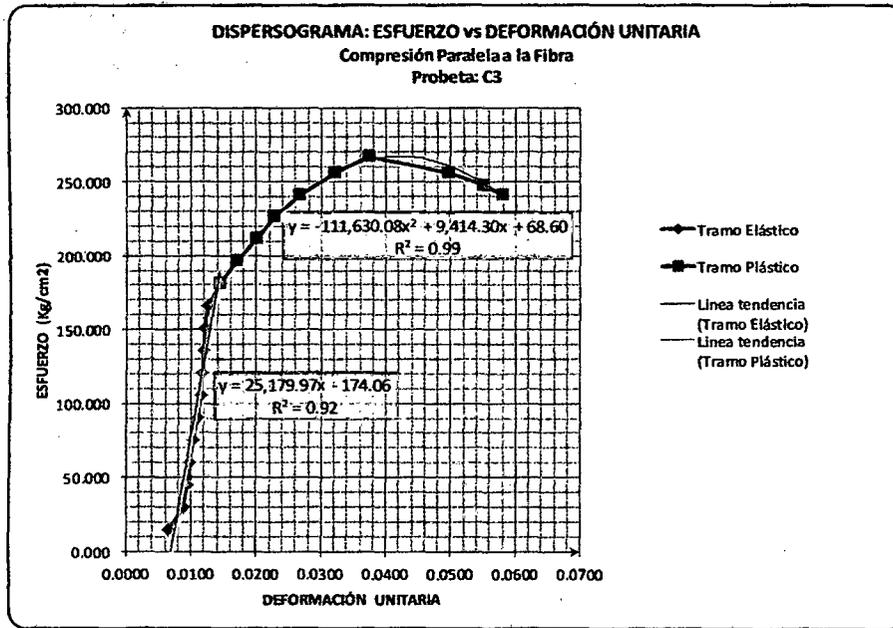
FECHA: 31/01/2013

ALTURA. (H) (mm.)		DIAMETRO EXTERIOR (mm.)		ESPESOR DE PARED (mm.)		ÁREA (cm ²)	VOLUMEN (cm ³)
H1	85.60	φD1	81.40	e1	8.00	16.579	141.664
H2	85.30	φD2	80.60	e2	7.20		
---		φD3	79.40	e3	7.30		
---		φD4	78.30	e4	7.90		
---		---	---	e5	7.90		
---		---	---	e6	6.30		
---		---	---	e7	6.40		
---		---	---	e8	7.10		
Hprom	85.45	φ Dprom	79.93	e prom	7.26		

CONTENIDO DE HUMEDAD (C.H%)	59.653
-----------------------------	--------

DENSIDAD BÁSICA (gr/cm ³)	PESO ANHIDRO (gr.)	80.800	0.570
	VOLUMEN PROB. (cm ³)	141.664	

N° DE LECTURA	CARGA (Kg.)	DEFORMACIÓN TOTAL (mm.)	ESFUERZO $\sigma = \frac{P}{A} \left(\frac{Kg}{cm^2} \right)$	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = \frac{DT}{H} \left(\frac{mm}{mm} \right)$
1	250	0.550	15.080	0.0064
2	500	0.750	30.159	0.0088
3	750	0.800	45.239	0.0094
4	1000	0.830	60.319	0.0097
5	1250	0.880	75.399	0.0103
6	1500	0.930	90.478	0.0109
7	1750	0.980	105.558	0.0115
8	2000	1.000	120.638	0.0117
9	2250	1.020	135.718	0.0119
10	2500	1.040	150.797	0.0122
11	2750	1.070	165.877	0.0125
12	3000	1.230	180.957	0.0144
13	3250	1.450	196.037	0.0170
14	3500	1.720	211.116	0.0201
15	3750	1.950	226.196	0.0228
16	4000	2.280	241.276	0.0267
17	4250	2.750	256.355	0.0322
18	4420	3.200	266.610	0.0374
19	4250	4.250	256.355	0.0497
20	4100	4.720	247.308	0.0552
21	4000	4.970	241.276	0.0582

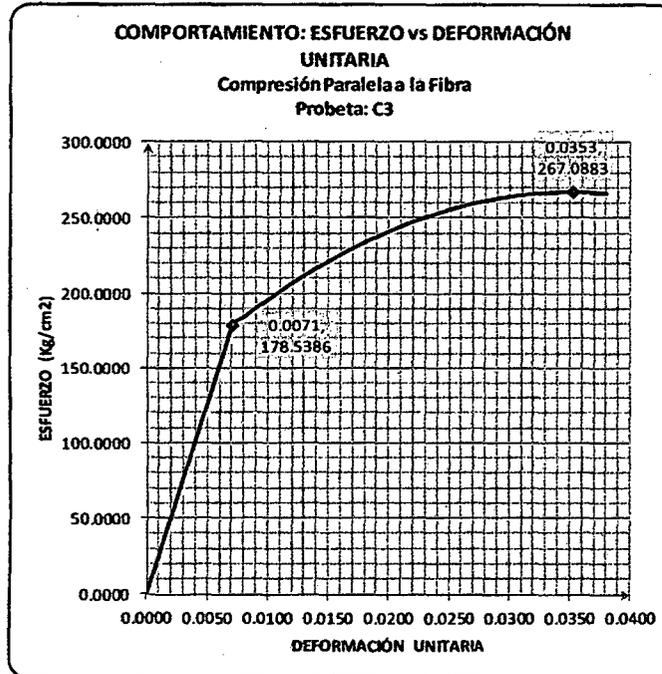


Cont. Humedad (C.H%) = 59.653

Densidad (gr/cm3) = 0.570

TABULACIÓN

N°	x	y
1	0.0000	0.0000
2	0.0020	50.3599
3	0.0040	100.7199
4	0.0060	151.0798
5	0.0071	178.5386
6	0.0080	184.1670
7	0.0100	195.8903
8	0.0120	206.7205
9	0.0140	216.6577
10	0.0160	225.7019
11	0.0180	233.8530
12	0.0200	241.1111
13	0.0220	247.4761
14	0.0240	252.9481
15	0.0260	257.5271
16	0.0280	261.2130
17	0.0300	264.0059
18	0.0320	265.9057
19	0.0340	266.9125
20	0.0353	267.0883
21	0.0360	267.0263
22	0.0380	266.2470



Función Ajustada:

Comportamiento Elástico

$$y = 25179.97 \cdot x$$

Comportamiento Plástico

$$y = -1.116300833 \cdot 10^5 \cdot x^2 + 7870.9833 \cdot x + 128.34345$$

Esfuerzo Máximo (σ_{max}): 267.088 Kg/cm²

Módulo de Elasticidad (E): 25179.97 Kg/cm²

TIPO DE ENSAYO: **COMPRESIÓN PARALELA A LA FIBRA.**

EJECUTOR: Bach. Ing. Dimas Gustavo Estacio Castañeda

CÓDIGO DE PROBETA:

C4

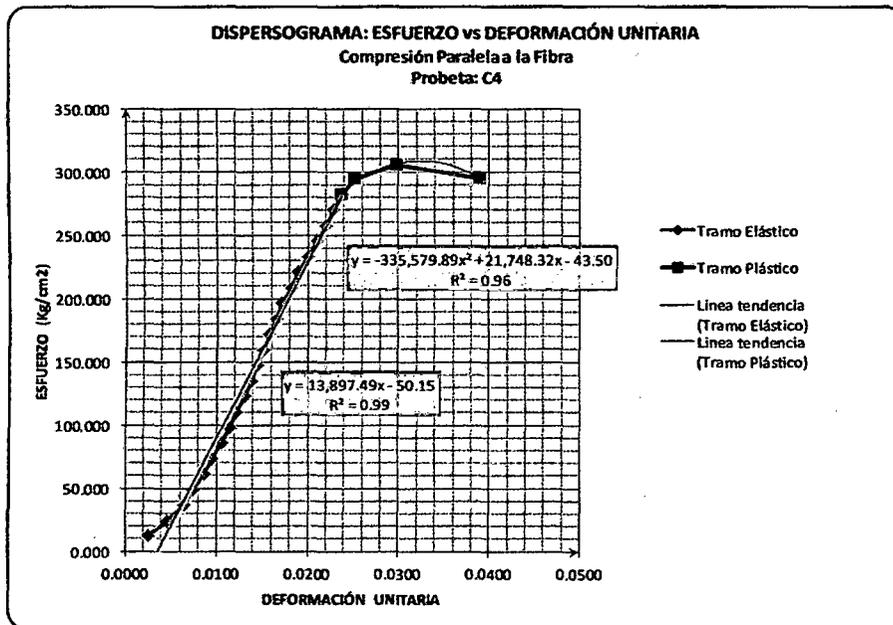
FECHA: 31/01/2013

ALTURA. (H) (mm.)		DIAMETRO EXTERIOR (mm.)		ESPESOR DE PARED (mm.)		ÁREA (cm ²)	VOLUMEN (cm ³)
H1	97.70	φD1	89.30	e1	9.50	20.379	198.594
H2	97.20	φD2	87.80	e2	7.90		
---		φD3	87.50	e3	8.20		
---		φD4	85.50	e4	8.50		
---		---	---	e5	8.80		
---		---	---	e6	7.60		
---		---	---	e7	7.10		
---		---	---	e8	7.80		
Hprom	97.45	φ Dprom	87.53	e prom	8.18		

CONTENIDO DE HUMEDAD (C.H%)	72.285
-----------------------------	--------

DENSIDAD BÁSICA (gr/cm ³)	PESO ANHIDRO (gr.)	106.800	0.538
	VOLUMEN PROB. (cm ³)	198.594	

N° DE LECTURA	CARGA (Kg.)	DEFORMACIÓN TOTAL (mm.)	ESFUERZO $\sigma = \frac{P}{A} \left(\frac{Kg}{cm^2} \right)$	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = \frac{DT}{H} \left(\frac{mm}{mm} \right)$
1	250	0.250	12.267	0.0026
2	500	0.450	24.535	0.0046
3	750	0.630	36.802	0.0065
4	1000	0.720	49.070	0.0074
5	1250	0.840	61.337	0.0086
6	1500	0.930	73.605	0.0095
7	1750	1.040	85.872	0.0107
8	2000	1.110	98.140	0.0114
9	2250	1.180	110.407	0.0121
10	2500	1.280	122.675	0.0131
11	2750	1.340	134.942	0.0138
12	3000	1.420	147.210	0.0146
13	3250	1.480	159.477	0.0152
14	3500	1.540	171.745	0.0158
15	3750	1.620	184.012	0.0166
16	4000	1.670	196.280	0.0171
17	4250	1.780	208.547	0.0183
18	4500	1.850	220.815	0.0190
19	4750	1.950	233.082	0.0200
20	5000	2.050	245.350	0.0210
21	5250	2.150	257.617	0.0221
22	5500	2.230	269.885	0.0229
23	5750	2.320	282.152	0.0238
24	6000	2.460	294.420	0.0252
25	6230	2.910	305.706	0.0299
26	6000	3.800	294.420	0.0390
27	5750	5.000	282.152	0.0513

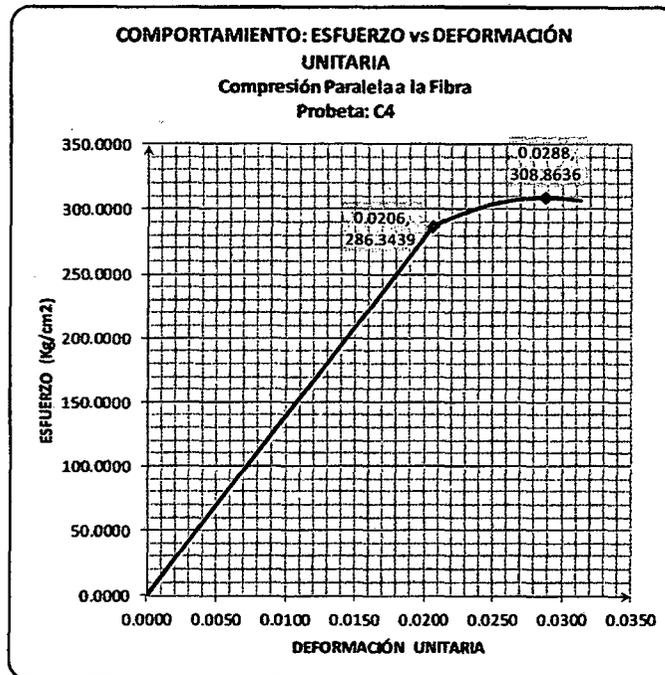


Cont. Humedad (C.H%) = 72.285

Densidad (gr/cm3) = 0.538

TABULACIÓN

N°	x	y
1	0.0000	0.0000
2	0.0025	34.7437
3	0.0050	69.4875
4	0.0075	104.2312
5	0.0100	138.9749
6	0.0125	173.7186
7	0.0150	208.4624
8	0.0175	243.2061
9	0.0200	277.9498
10	0.0206	286.3439
11	0.0225	295.5627
12	0.0250	304.0288
13	0.0275	308.3002
14	0.0288	308.8636
15	0.0300	308.3770
16	0.0313	306.7676



Función Ajustada:

Comportamiento Elástico

$y = 25179.97 \cdot x$

Comportamiento Plástico

$y = -3.3557 \cdot 10^5 \cdot x^2 + 1.9326 \cdot 10^4 \cdot x + 30.61$

Esfuerzo Máximo (σ_{max}): 308.864 Kg/cm2

Módulo de Elasticidad (E): 25179.97 Kg/cm2

TIPO DE ENSAYO: **COMPRESIÓN PARALELA A LA FIBRA.**EJECUTOR: **Bach. Ing. Dimas Gustavo Estacio Castañeda**

CÓDIGO DE PROBETA:

C5

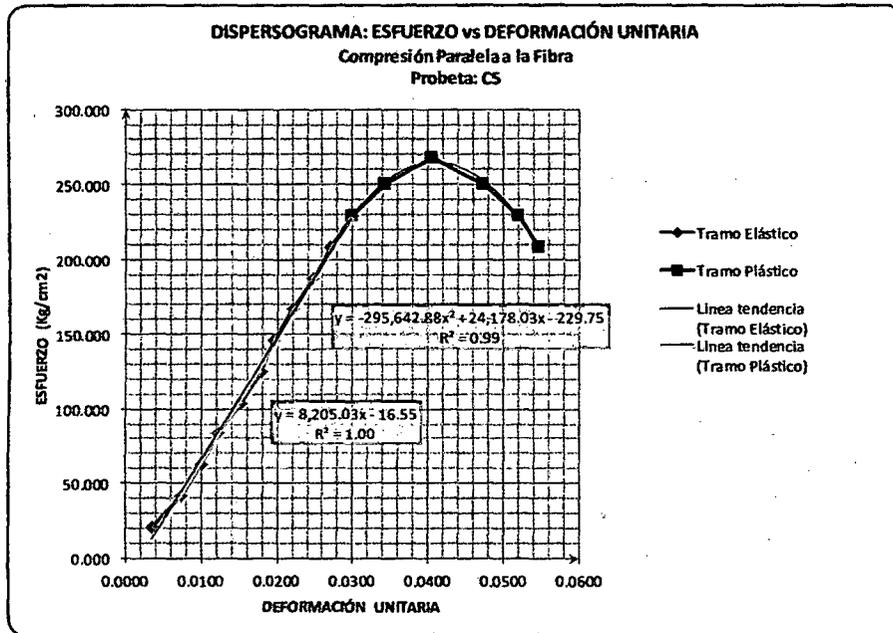
FECHA: 31/01/2013

ALTURA. (H) (mm.)		DIAMETRO EXTERIOR (mm.)		ESPESOR DE PARED (mm.)		ÁREA (cm ²)	VOLUMEN (cm ³)
H1	67.40	φD1	57.70	e1	6.60	12.002	80.771
H2	67.20	φD2	57.20	e2	7.30		
---		φD3	59.40	e3	6.10		
---		φD4	61.50	e4	6.70		
---		---	---	e5	7.60		
---		---	---	e6	8.10		
---		---	---	e7	7.50		
---		---	---	e8	9.40		
Hprom	67.30	φ Dprom	58.95	e prom	7.41		

CONTENIDO DE HUMEDAD (C.H%)	77.129
-----------------------------	--------

DENSIDAD BÁSICA (gr/cm ³)	PESO ANHIDRO (gr.)	41.100	0.509
	VOLUMEN PROB. (cm ³)	80.771	

N° DE LECTURA	CARGA (Kg.)	DEFORMACIÓN TOTAL (mm.)	ESFUERZO $\sigma = \frac{P}{A} \left(\frac{Kg}{cm^2} \right)$	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = \frac{DT}{H} \left(\frac{mm}{mm} \right)$
1	250	0.240	20.831	0.0036
2	500	0.500	41.661	0.0074
3	750	0.680	62.492	0.0101
4	1000	0.820	83.322	0.0122
5	1250	1.020	104.153	0.0152
6	1500	1.200	124.984	0.0178
7	1750	1.320	145.814	0.0196
8	2000	1.490	166.645	0.0221
9	2250	1.670	187.476	0.0248
10	2500	1.820	208.306	0.0270
11	2750	2.010	229.137	0.0299
12	3000	2.310	249.967	0.0343
13	3210	2.720	267.465	0.0404
14	3000	3.180	249.967	0.0473
15	2750	3.500	229.137	0.0520
16	2500	3.680	208.306	0.0547

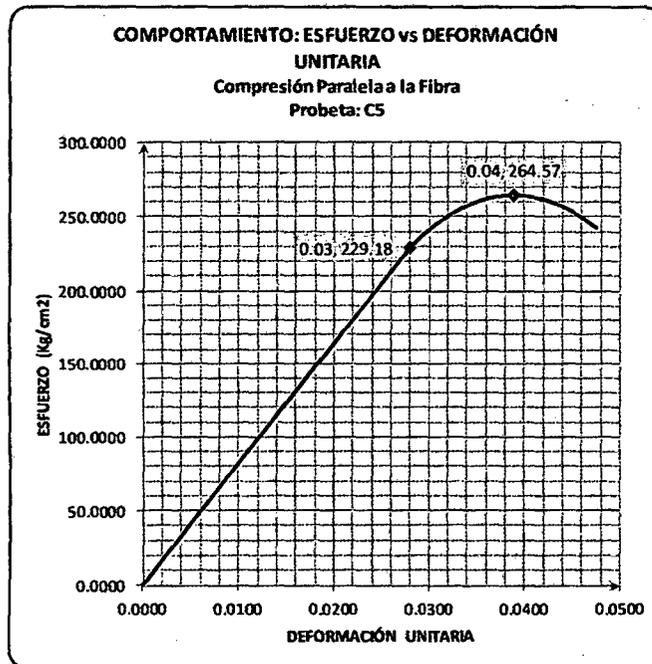


Cont. Humedad (C.H%) = 77.129

Densidad (gr/cm³) = 0.509

TABULACIÓN

N°	x	y
1	0.0000	0.0000
2	0.0025	20.5126
3	0.0050	41.0252
4	0.0075	61.5377
5	0.0100	82.0503
6	0.0125	102.5629
7	0.0150	123.0755
8	0.0175	143.5880
9	0.0200	164.1006
10	0.0225	184.6132
11	0.0250	205.1258
12	0.0275	225.6383
13	0.0279	229.1829
14	0.0300	241.2940
15	0.0325	252.5628
16	0.0350	260.1360
17	0.0375	264.0138
18	0.0389	264.5713
19	0.0400	264.1960
20	0.0425	260.6828
21	0.0450	253.4740
22	0.0475	242.5698



Función Ajustada:

Comportamiento Elástico

$y = 8205.03 * x$

Comportamiento Plástico

$y = -2.9564 * 10^5 * x^2 + 2.2985 * 10^4 * x - 182.18$

Esfuerzo Máximo (σ_{max}): 264.571 Kg/cm²

Módulo de Elasticidad (E): 8205.03 Kg/cm²

TIPO DE ENSAYO: **COMPRESIÓN PARALELA A LA FIBRA.**EJECUTOR: **Bach. Ing. Dimas Gustavo Estacio Castañeda**

CÓDIGO DE PROBETA:

C6

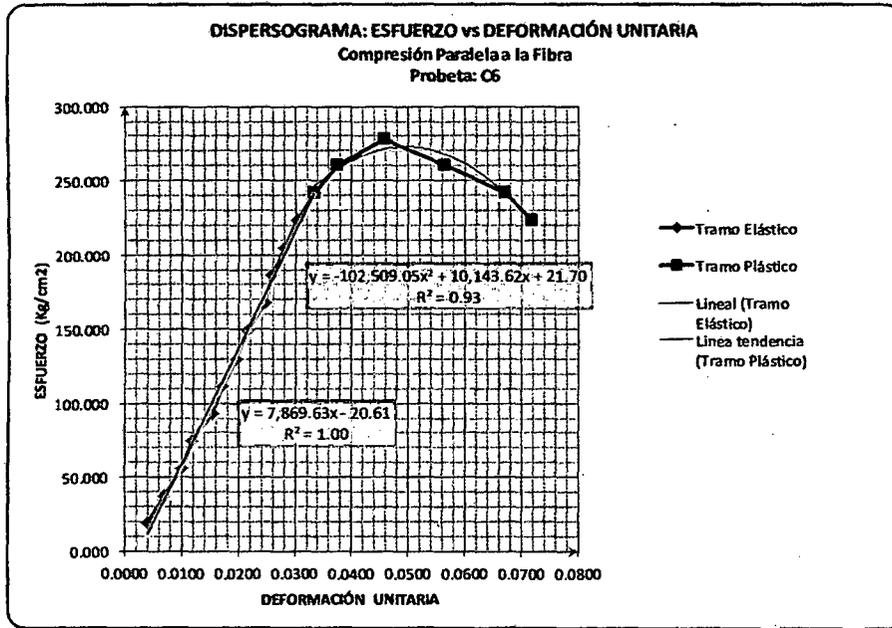
FECHA: 31/01/2013

ALTURA. (H) (mm.)		DIAMETRO EXTERIOR (mm.)		ESPESOR DE PARED (mm.)		ÁREA (cm ²)	VOLUMEN (cm ³)
H1	61.50	ΦD1	67.60	e1	7.50	13.44	82.236
H2	60.90	φD2	62.90	e2	7.20		
---		φD3	65.50	e3	7.40		
---		φD4	64.80	e4	6.90		
---		---	---	e5	7.80		
---		---	---	e6	6.50		
---		---	---	e7	8.30		
---		---	---	e8	7.60		
Hprom	61.20	φ Dprom	65.20	e prom	7.40		

CONTENIDO DE HUMEDAD (C.H%)	74.885
------------------------------------	---------------

DENSIDAD BÁSICA (gr/cm³)	PESO ANHIDRO (gr.)	43.400	0.528
	VOLUMEN PROB. (cm³)	82.236	

N° DE LECTURA	CARGA (Kg.)	DEFORMACIÓN TOTAL (mm.)	ESFUERZO $\sigma = \frac{P}{A} \left(\frac{Kg}{cm^2} \right)$	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = \frac{DT}{H} \left(\frac{mm}{mm} \right)$
1	250	0.250	18.605	0.0041
2	500	0.430	37.210	0.0070
3	750	0.620	55.815	0.0101
4	1000	0.720	74.420	0.0118
5	1250	0.950	93.025	0.0155
6	1500	1.050	111.630	0.0172
7	1750	1.200	130.235	0.0196
8	2000	1.330	148.840	0.0217
9	2250	1.510	167.445	0.0247
10	2500	1.580	186.050	0.0258
11	2750	1.720	204.655	0.0281
12	3000	1.850	223.260	0.0302
13	3250	2.040	241.866	0.0333
14	3500	2.290	260.471	0.0374
15	3730	2.790	277.587	0.0456
16	3500	3.450	260.471	0.0564
17	3250	4.100	241.866	0.0670
18	3000	4.390	223.260	0.0717

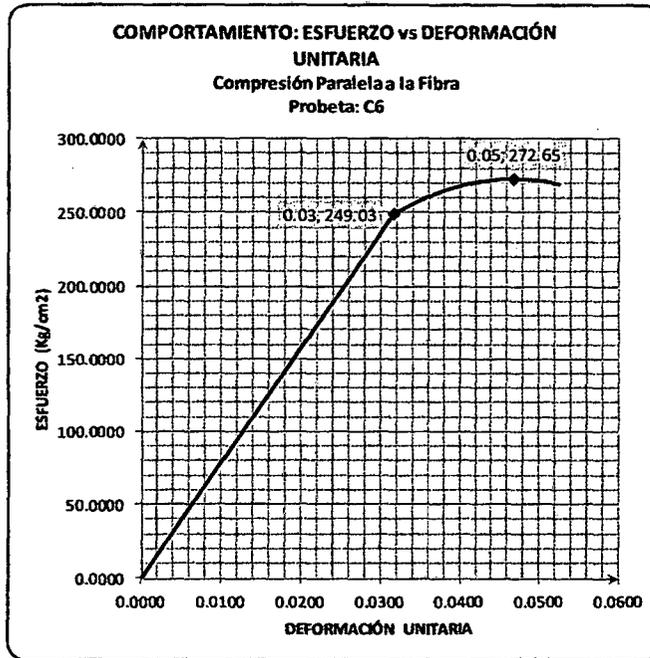


Cont. Humedad (C.H%) = 74.885

Densidad (gr/cm3) = 0.528

TABULACIÓN

N°	x	y
1	0.0000	0.0000
2	0.0025	19.6741
3	0.0050	39.3482
4	0.0075	59.0222
5	0.0100	78.6963
6	0.0125	98.3704
7	0.0150	118.0445
8	0.0175	137.7185
9	0.0200	157.3926
10	0.0225	177.0667
11	0.0250	196.7408
12	0.0275	216.4148
13	0.0300	236.0889
14	0.0316	249.0266
15	0.0325	251.6234
16	0.0350	258.3235
17	0.0375	263.7424
18	0.0400	267.8800
19	0.0425	270.7364
20	0.0450	272.3115
21	0.0468	272.6523
22	0.0475	272.6054
23	0.0500	271.6180
24	0.0525	269.3494



Función Ajustada:

Comportamiento Elástico

$$y = 7869.63 * x$$

Comportamiento Plástico

$$y = -1.025 * 10^5 * x^2 + 9598.8 * x + 47.928$$

Esfuerzo Máximo (σ_{max}): **272.652** Kg/cm2

Módulo de Elasticidad (E): **7869.63** Kg/cm2

TIPO DE ENSAYO: **COMPRESIÓN PARALELA A LA FIBRA.**EJECUTOR: **Bach. Ing. Dimas Gustavo Estacio Castañeda**

CÓDIGO DE PROBETA:

C7

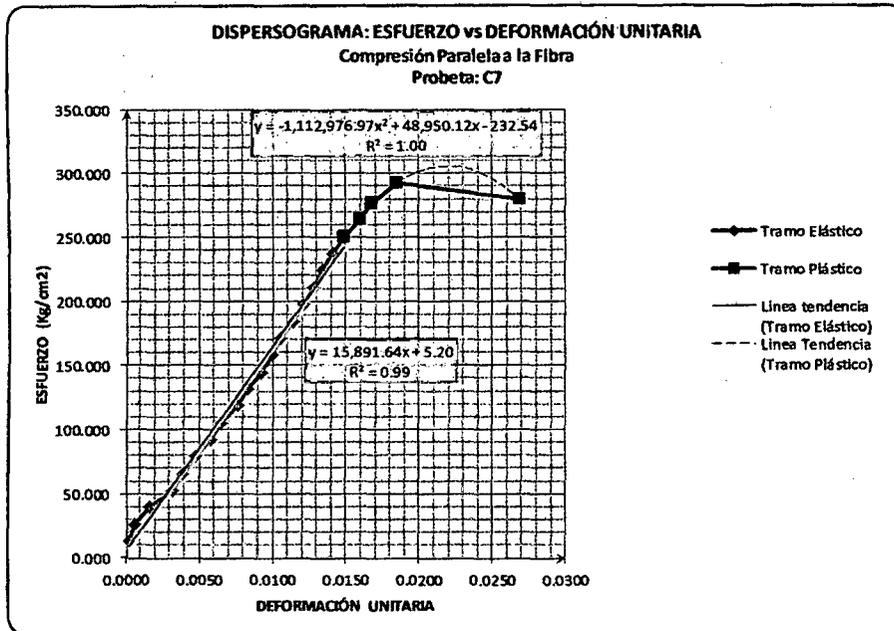
FECHA: 31/01/2013

ALTURA. (H) (mm.)		DIAMETRO EXTERIOR (mm.)		ESPESOR DE PARED (mm.)		ÁREA (cm ²)	VOLUMEN (cm ³)
H1	121.10	ΦD1	106.40	e1	12.70	37.971	459.254
H2	120.80	φD2	107.50	e2	12.60		
---		φD3	106.30	e3	13.10		
---		φD4	108.70	e4	13.20		
---		---	---	e5	12.70		
---		---	---	e6	12.40		
---		---	---	e7	12.30		
---		---	---	e8	13.40		
Hprom	120.95	φ Dprom	107.23	e prom	12.80		

CONTENIDO DE HUMEDAD (C.H%)	118.503
-----------------------------	---------

DENSIDAD BÁSICA (gr/cm ³)	PESO ANHIDRO (gr.)	260.500	0.567
	VOLUMEN PROB. (cm ³)	459.254	

N° DE LECTURA	CARGA (Kg.)	DEFORMACIÓN TOTAL (mm.)	ESFUERZO $\sigma = \frac{P}{A} \left(\frac{Kg}{cm^2} \right)$	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = \frac{DT}{H} \left(\frac{mm}{mm} \right)$
1	500	0.030	13.168	0.0002
2	1000	0.080	26.336	0.0007
3	1500	0.200	39.504	0.0017
4	2000	0.390	52.672	0.0032
5	2500	0.470	65.841	0.0039
6	3000	0.580	79.009	0.0048
7	3500	0.700	92.177	0.0058
8	4000	0.790	105.345	0.0065
9	4500	0.920	118.513	0.0076
10	5000	1.010	131.681	0.0084
11	5500	1.120	144.849	0.0093
12	6000	1.200	158.017	0.0099
13	6500	1.280	171.185	0.0106
14	7000	1.380	184.353	0.0114
15	7500	1.460	197.522	0.0121
16	8000	1.550	210.690	0.0128
17	8500	1.620	223.858	0.0134
18	9000	1.710	237.026	0.0141
19	9500	1.800	250.194	0.0149
20	10000	1.930	263.362	0.0160
21	10500	2.030	276.530	0.0168
22	11100	2.240	292.332	0.0185
23	10600	3.250	279.164	0.0269

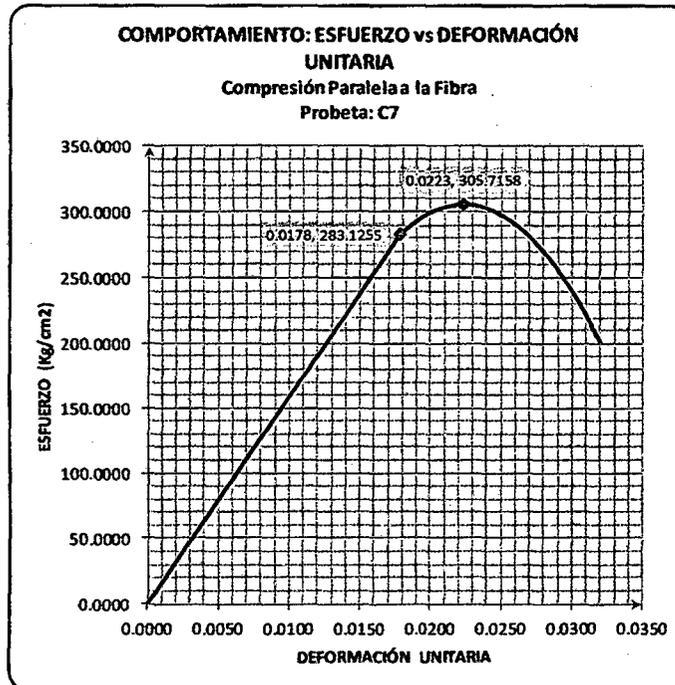


Cont. Humedad (C.H%) = 118.503

Densidad (gr/cm3) = 0.567

TABULACIÓN

N°	x	y
1	0.0000	0.0000
2	0.0020	31.7833
3	0.0040	63.5666
4	0.0060	95.3498
5	0.0080	127.1331
6	0.0100	158.9164
7	0.0120	190.6997
8	0.0140	222.4830
9	0.0160	254.2662
10	0.0178	283.1255
11	0.0180	284.9544
12	0.0200	299.7300
13	0.0220	305.6024
14	0.0223	305.7158
15	0.0240	302.5716
16	0.0260	290.6376
17	0.0280	269.8004
18	0.0300	240.0600
19	0.0320	201.4164



Función Ajustada:

Comportamiento Elástico

$y = 15891.64 \cdot x$

Comportamiento Plástico

$y = -1.1129 \cdot 10^6 \cdot x^2 + 4.9678 \cdot 10^4 \cdot x - 248.67$

Esfuerzo Máximo (σ_{max}): 305.716 Kg/cm²

Módulo de Elasticidad (E): 15891.64 Kg/cm²

TIPO DE ENSAYO: **COMPRESIÓN PARALELA A LA FIBRA.**

EJECUTOR: Bach. Ing. Dimas Gustavo Estacio Castañeda

CÓDIGO DE PROBETA:

C8

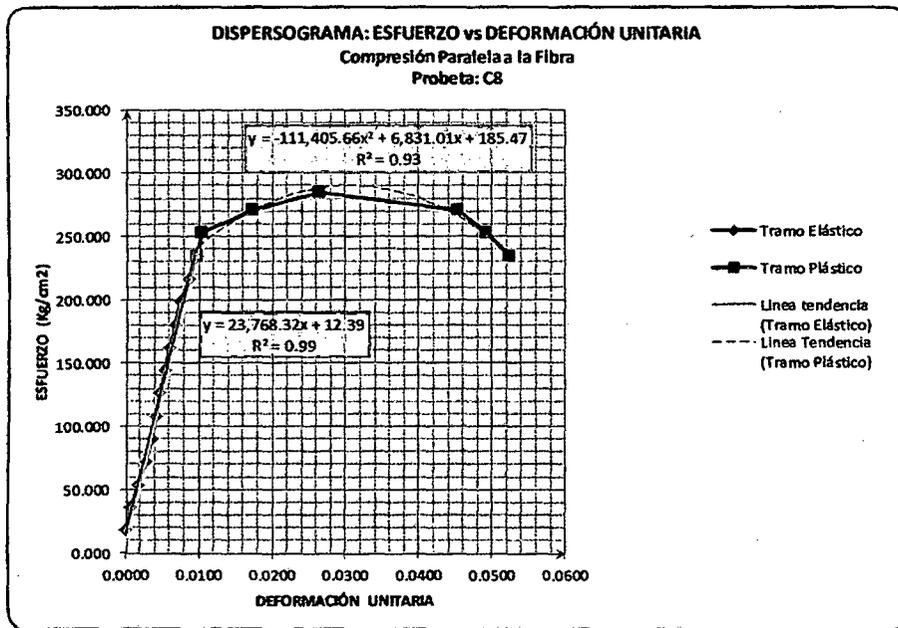
FECHA: 31/01/2013

ALTURA. (H) (mm.)		DIAMETRO EXTERIOR (mm.)		ESESOR DE PARED (mm.)		ÁREA (cm ²)	VOLUMEN (cm ³)
H1	115.40	φD1	111.70	e1	9.10	27.727	319.272
H2	114.9	φD2	105.80	e2	8.90		
---		φD3	109.90	e3	8.90		
---		φD4	106.90	e4	8.10		
---		---	---	e5	8.90		
---		---	---	e6	9.00		
---		---	---	e7	8.80		
---		---	---	e8	9.10		
Hprom	115.15	φ Dprom	108.58	e prom	8.85		

CONTENIDO DE HUMEDAD (C.H%)	74.813
------------------------------------	---------------

DENSIDAD BÁSICA (gr/cm³)	PESO ANHIDRO (gr.)	187.400	0.587
	VOLUMEN PROB. (cm ³)	319.272	

N° DE LECTURA	CARGA (Kg.)	DEFORMACIÓN TOTAL (mm.)	ESFUERZO $\sigma = \frac{P}{A} \left(\frac{Kg}{cm^2} \right)$	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = \frac{DT}{H} \left(\frac{mm}{mm} \right)$
1	500	0.010	18.033	0.0001
2	1000	0.090	36.066	0.0008
3	1500	0.210	54.100	0.0018
4	2000	0.330	72.133	0.0029
5	2500	0.420	90.166	0.0036
6	3000	0.480	108.199	0.0042
7	3500	0.550	126.232	0.0048
8	4000	0.630	144.266	0.0055
9	4500	0.700	162.299	0.0061
10	5000	0.780	180.332	0.0068
11	5500	0.870	198.365	0.0076
12	6000	0.990	216.398	0.0086
13	6500	1.110	234.432	0.0096
14	7000	1.200	252.465	0.0104
15	7500	2.000	270.498	0.0174
16	7900	3.040	284.925	0.0264
17	7500	5.210	270.498	0.0452
18	7000	5.680	252.465	0.0493
19	6500	6.030	234.432	0.0524

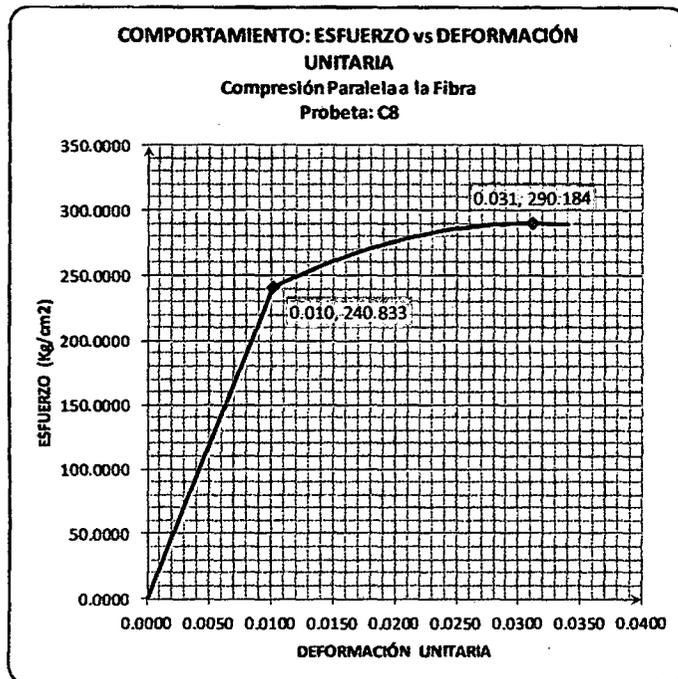


Cont. Humedad (C.H%) = 74.813

Densidad (gr/cm3) = 0.587

TABULACIÓN

N°	x	y
1	0.0000	0.0000
2	0.0020	47.5366
3	0.0040	95.0733
4	0.0060	142.6099
5	0.0080	190.1466
6	0.0100	237.6832
7	0.0101	240.8325
8	0.0120	249.2024
9	0.0140	257.3037
10	0.0160	264.5137
11	0.0180	270.8325
12	0.0200	276.2600
13	0.0220	280.7963
14	0.0240	284.4414
15	0.0260	287.1952
16	0.0280	289.0577
17	0.0300	290.0291
18	0.0312	290.1841
19	0.0320	290.1092
20	0.0340	289.2980



Función Ajustada:

Comportamiento Elástico

$$y = 23768.32 \cdot x$$

Comportamiento Plástico

$$y = -1.11405 \cdot 10^5 \cdot x^2 + 6947.157894 \cdot x + 181.8788$$

Esfuerzo Máximo (σ_{max}): 290.184 Kg/cm²

Módulo de Elasticidad (E): 23768.32 Kg/cm²

TIPO DE ENSAYO: **COMPRESIÓN PARALELA A LA FIBRA.**EJECUTOR: **Bach. Ing. Dimas Gustavo Estacio Castañeda**

CÓDIGO DE PROBETA:

C9

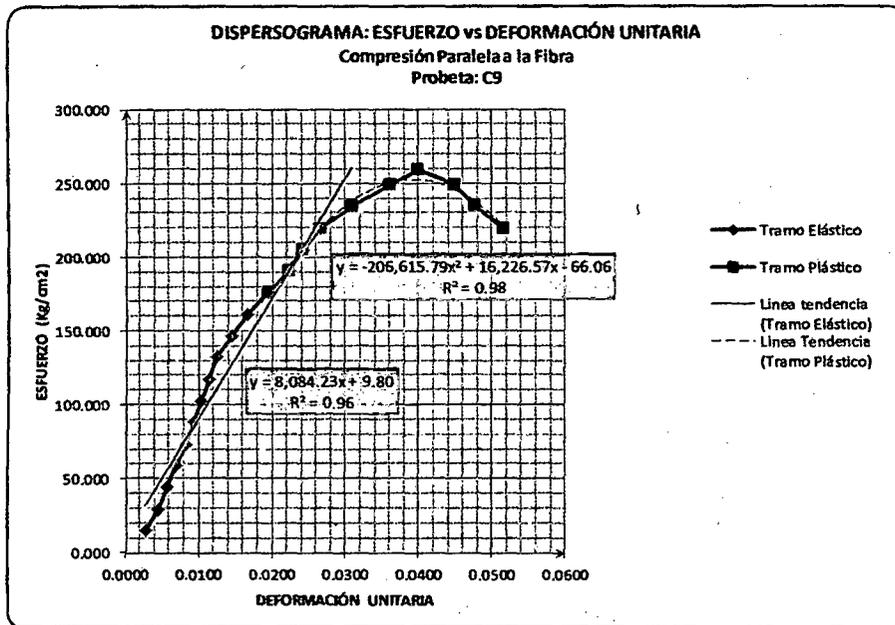
FECHA: 31/01/2013

ALTURA. (H) (mm.)		DIAMETRO EXTERIOR (mm.)		ESPESOR DE PARED (mm.)		ÁREA (cm ²)	VOLUMEN (cm ³)
H1	91.50	ΦD1	86.10	e1	6.70	17.065	155.806
H2	91.10	ΦD2	86.30	e2	6.80		
---	0	ΦD3	85.80	e3	6.80		
---	0	ΦD4	86.40	e4	6.90		
---	0	---	---	e5	6.80		
---	0	---	---	e6	7.20		
---	0	---	---	e7	7.10		
---	0	---	---	e8	6.50		
Hprom	91.30	φ Dprom	86.15	e prom	6.85		

CONTENIDO DE HUMEDAD (C.H%)	85.945
-----------------------------	--------

DENSIDAD BÁSICA (gr/cm ³)	PESO ANHIDRO (gr.)	98.900	0.635
	VOLUMEN PROB. (cm ³)	155.806	

N° DE LECTURA	CARGA (Kg.)	DEFORMACIÓN TOTAL (mm.)	ESFUERZO $\sigma = \frac{P}{A} \left(\frac{Kg}{cm^2} \right)$	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = \frac{DT}{H} \left(\frac{mm}{mm} \right)$
1	250	0.250	14.650	0.0027
2	500	0.410	29.299	0.0045
3	750	0.520	43.949	0.0057
4	1000	0.640	58.598	0.0070
5	1250	0.760	73.248	0.0083
6	1500	0.860	87.898	0.0094
7	1750	0.950	102.547	0.0104
8	2000	1.050	117.197	0.0115
9	2250	1.140	131.847	0.0125
10	2500	1.330	146.496	0.0146
11	2750	1.520	161.146	0.0166
12	3000	1.780	175.795	0.0195
13	3250	2.040	190.445	0.0223
14	3500	2.210	205.095	0.0242
15	3750	2.440	219.744	0.0267
16	4000	2.830	234.394	0.0310
17	4250	3.300	249.044	0.0361
18	4420	3.650	259.005	0.0400
19	4250	4.100	249.044	0.0449
20	4000	4.350	234.394	0.0476
21	3750	4.720	219.744	0.0517

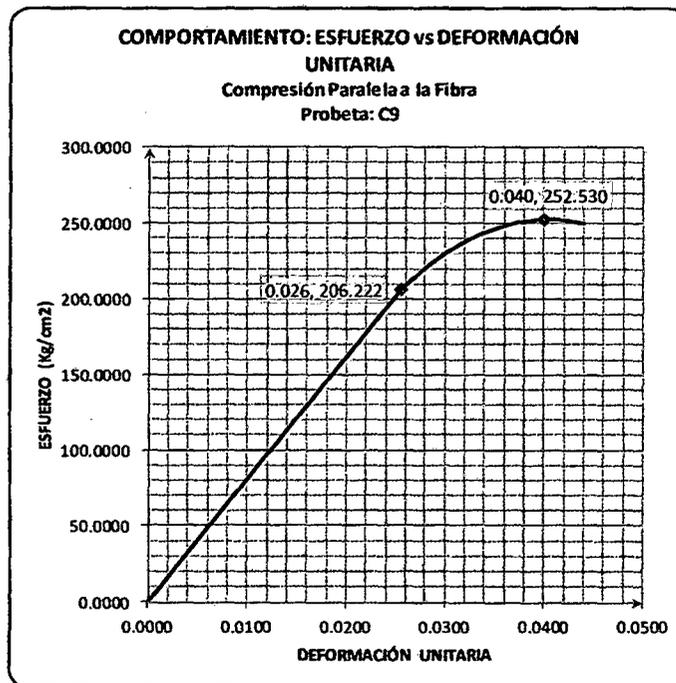


Cont. Humedad (C.H%) = 85.945

Densidad (gr/cm³) = 0.635

TABULACIÓN

N°	x	y
1	0.0000	0.0000
2	0.0020	16.1685
3	0.0040	32.3369
4	0.0060	48.5054
5	0.0080	64.6738
6	0.0100	80.8423
7	0.0120	97.0108
8	0.0140	113.1792
9	0.0160	129.3477
10	0.0180	145.5161
11	0.0200	161.6846
12	0.0220	177.8531
13	0.0240	194.0215
14	0.0255	206.2222
15	0.0260	209.2093
16	0.0280	220.3498
17	0.0300	229.8375
18	0.0320	237.6722
19	0.0340	243.8541
20	0.0360	248.3830
20	0.0380	251.2589
20	0.0400	252.4820
20	0.0405	252.5296
20	0.0420	252.0521
20	0.0440	249.9694



Función Ajustada:

Comportamiento Elástico

$$y = 8084.23 * x$$

Comportamiento Plástico

$$y = -2.06615 * 10^5 * x^2 + 1.67275 * 10^4 * x - 86.034$$

Esfuerzo Máximo (σ_{max}): 252.530 Kg/cm²

Módulo de Elasticidad (E): 8084.23 Kg/cm²

TIPO DE ENSAYO: **COMPRESIÓN PARALELA A LA FIBRA.**

EJECUTOR: Bach. Ing. Dimas Gustavo Estacio Castañeda

CÓDIGO DE PROBETA:

C10

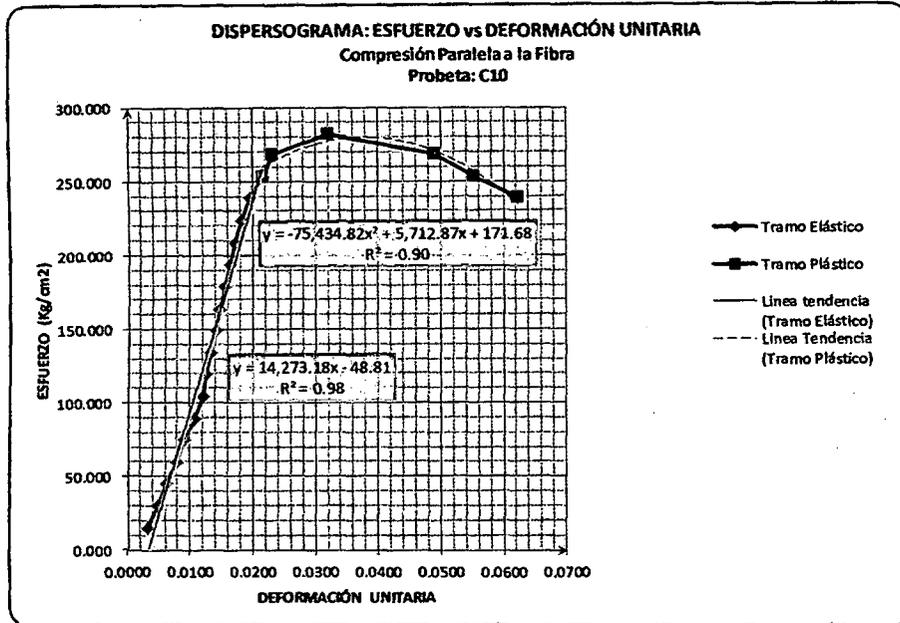
FECHA: 31/01/2013

ALTURA. (H) (mm.)		DIAMETRO EXTERIOR (mm.)		ESPESOR DE PARED (mm.)		ÁREA (cm ²)	VOLUMEN (cm ³)
H1	97.70	φD1	83.50	e1	7.30	16.780	163.601
H2	97.3	φD2	83.30	e2	6.9		
---		φD3	83.20	e3	7.3		
---		φD4	84.20	e4	6.8		
---		---	---	e5	6.9		
---		---	---	e6	6.6		
---		---	---	e7	7.2		
---		---	---	e8	6.8		
Hprom	97.50	φ Dprom	83.55	e prom	6.98		

CONTENIDO DE HUMEDAD (C.H%)	69.508
-----------------------------	--------

DENSIDAD BÁSICA (gr/cm ³)	PESO ANHIDRO (gr.)	105.600	0.645
	VOLUMEN PROB. (cm ³)	163.601	

N° DE LECTURA	CARGA (Kg.)	DEFORMACIÓN TOTAL (mm.)	ESFUERZO $\sigma = \frac{P}{A} \left(\frac{Kg}{cm^2} \right)$	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = \frac{DT}{H} \left(\frac{mm}{mm} \right)$
1	250	0.320	14.899	0.0033
2	500	0.480	29.798	0.0049
3	750	0.620	44.697	0.0064
4	1000	0.770	59.596	0.0079
5	1250	0.880	74.495	0.0090
6	1500	1.040	89.394	0.0107
7	1750	1.180	104.293	0.0121
8	2000	1.230	119.192	0.0126
9	2250	1.310	134.092	0.0134
10	2500	1.390	148.991	0.0143
11	2750	1.440	163.890	0.0148
12	3000	1.520	178.789	0.0156
13	3250	1.600	193.688	0.0164
14	3500	1.670	208.587	0.0171
15	3750	1.770	223.486	0.0182
16	4000	1.920	238.385	0.0197
17	4250	2.100	253.284	0.0215
18	4500	2.260	268.183	0.0232
19	4730	3.120	281.890	0.0320
20	4500	4.780	268.183	0.0490
21	4250	5.380	253.284	0.0552
22	4000	6.070	238.385	0.0623

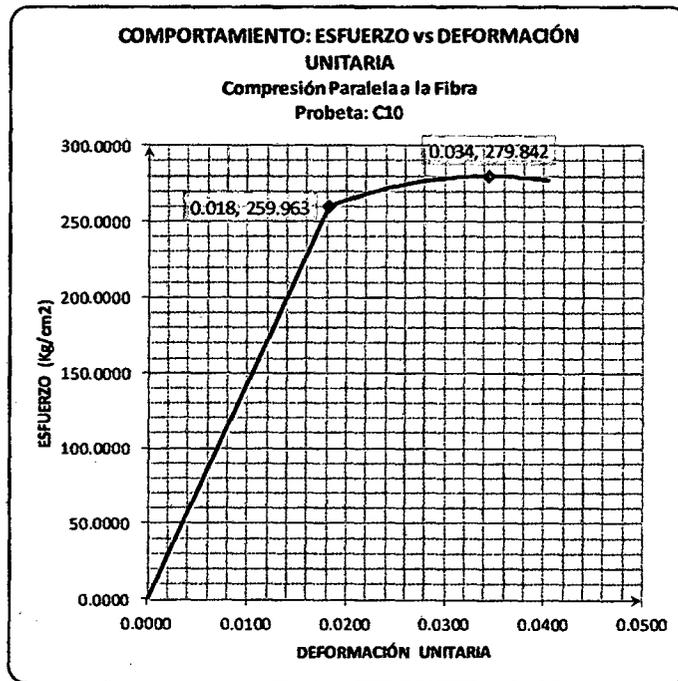


Cont. Humedad (C.H%) = 69.508

Densidad (gr/cm3) = 0.645

TABULACIÓN

N°	x	y
1	0.0000	0.0000
2	0.0020	28.5464
3	0.0040	57.0927
4	0.0060	85.6391
5	0.0080	114.1854
6	0.0100	142.7318
7	0.0120	171.2782
8	0.0140	199.8245
9	0.0160	228.3709
10	0.0180	256.9172
11	0.0182	259.9631
12	0.0202	264.5604
13	0.0222	268.5533
14	0.0242	271.9428
15	0.0262	274.7288
16	0.0282	276.9113
17	0.0302	278.4903
18	0.0322	279.4659
19	0.0344	279.8420
20	0.0364	279.5403
21	0.0384	278.6351
22	0.0404	277.1264



Función Ajustada:

Comportamiento Elástico

$y = 14273.18 \cdot x$

Comportamiento Plástico

$y = -7.54348 \cdot 10^4 \cdot x^2 + 5196.93 \cdot x + 190.334$

Esfuerzo Máximo (σ_{max}): 279.842 Kg/cm2

Módulo de Elasticidad (E): 14273.18 Kg/cm2

CUADRO DE TRATAMIENTO DE DATOS POR TIPO DE ENSAYOTIPO DE ENSAYO: **COMPRESIÓN PARALELA A LA FIBRA.**EJECUTOR: **Bach. Ing. Dimas Gustavo Estacio Castañeda**

CÓDIGO DE PROBETA:

C11

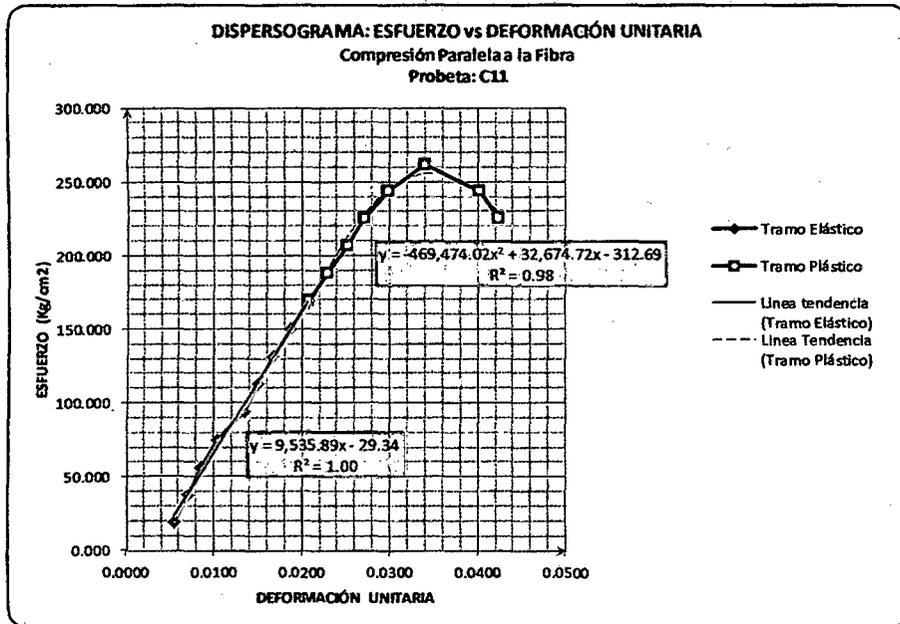
FECHA: 31/01/2013

ALTURA. (H) (mm.)		DIAMETRO EXTERIOR (mm.)		ESESOR DE PARED (mm.)		ÁREA (cm ²)	VOLUMEN (cm ³)
H1	75.30	φD1	69.90	e1	7.50	13.311	99.900
H2	74.8	φD2	71.4	e2	6.9		
---		φD3	68.4	e3	6.3		
---		φD4	68.8	e4	7.7		
---		---	---	e5	6.4		
---		---	---	e6	6.5		
---		---	---	e7	6.2		
---		---	---	e8	6.4		
Hprom	75.05	φ Dprom	69.63	e prom	6.74		

CONTENIDO DE HUMEDAD (C.H%)	65.728
-----------------------------	--------

DENSIDAD BÁSICA (gr/cm ³)	PESO ANHIDRO (gr.)	60.400	0.605
	VOLUMEN PROB. (cm ³)	99.900	

N° DE LECTURA	CARGA (Kg.)	DEFORMACIÓN TOTAL (mm.)	ESFUERZO $\sigma = \frac{P}{A} \left(\frac{Kg}{cm^2} \right)$	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = \frac{DT}{H} \left(\frac{mm}{mm} \right)$
1	250	0.410	18.781	0.0055
2	500	0.530	37.563	0.0071
3	750	0.640	56.344	0.0085
4	1000	0.780	75.125	0.0104
5	1250	1.010	93.907	0.0135
6	1500	1.130	112.688	0.0151
7	1750	1.260	131.470	0.0168
8	2000	1.410	150.251	0.0188
9	2250	1.560	169.032	0.0208
10	2500	1.720	187.814	0.0229
11	2750	1.890	206.595	0.0252
12	3000	2.030	225.376	0.0270
13	3250	2.240	244.158	0.0298
14	3480	2.550	261.437	0.0340
15	3250	3.020	244.158	0.0402
16	3000	3.180	225.376	0.0424

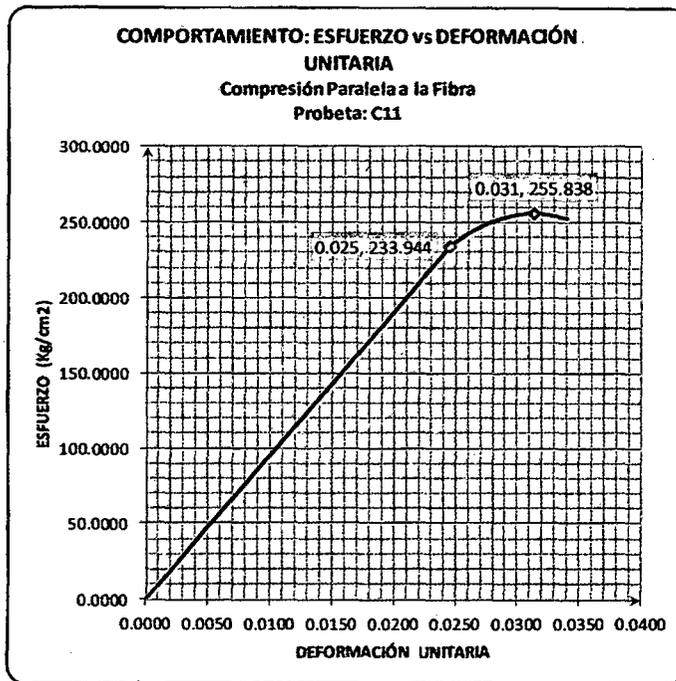


Cont. Humedad (C.H%) = 65.728

Densidad (gr/cm3) = 0.605

TABULACIÓN

N°	x	y
1	0.0000	0.0000
2	0.0020	19.0718
3	0.0040	38.1436
4	0.0060	57.2153
5	0.0080	76.2871
6	0.0100	95.3589
7	0.0120	114.4307
8	0.0140	133.5025
9	0.0160	152.5742
10	0.0180	171.6460
11	0.0200	190.7178
12	0.0220	209.7896
13	0.0240	228.8614
14	0.0245	233.9440
15	0.0260	242.3404
16	0.0280	250.5318
17	0.0300	254.9674
18	0.0314	255.8383
19	0.0320	255.6472
20	0.0340	252.5713



Función Ajustada:

Comportamiento Elástico

$$y = 9535.89 * x$$

Comportamiento Plástico

$$y = -4.69474 * 10^5 * x^2 + 2.94473 * 10^4 * x - 205.925$$

Esfuerzo Máximo (σ_{max}): 255.838 Kg/cm²

Módulo de Elasticidad (E): 9535.89 Kg/cm²

CUADRO DE TRATAMIENTO DE DATOS POR TIPO DE ENSAYOTIPO DE ENSAYO: **COMPRESIÓN PARALELA A LA FIBRA.**

EJECUTOR: Bach. Ing. Dimas Gustavo Estacio Castañeda

CÓDIGO DE PROBETA:

C12

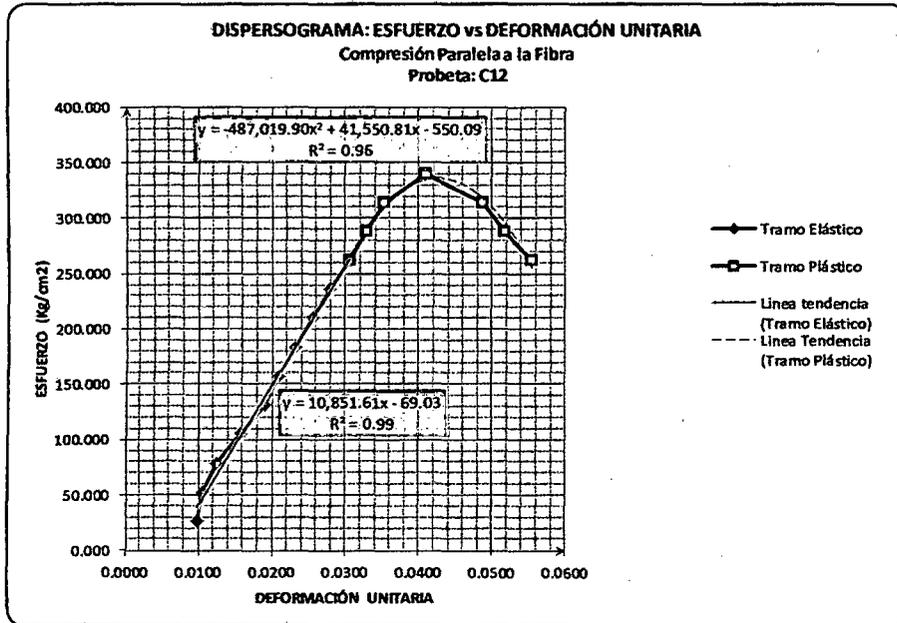
FECHA: 31/01/2013

ALTURA. (H) (mm.)		DIAMETRO EXTERIOR (mm.)		ESPESOR DE PARED (mm.)		ÁREA (cm ²)	VOLUMEN (cm ³)
H1	58.40	ΦD1	52.90	e1	6.60	9.543	55.494
H2	57.9	φD2	55.6	e2	6.9		
---		φD3	52.5	e3	6.5		
---		φD4	55.1	e4	6.8		
---		---	---	e5	6.5		
---		---	---	e6	6.4		
---		---	---	e7	5		
---		---	---	e8	6.3		
Hprom	58.15	φ Dprom	54.03	e prom	6.38		

CONTENIDO DE HUMEDAD (C.H%)	50.301
-----------------------------	--------

DENSIDAD BÁSICA (gr/cm ³)	PESO ANHIDRO (gr.)	33.200	0.598
	VOLUMEN PROB. (cm ³)	55.494	

N° DE LECTURA	CARGA (Kg.)	DEFORMACIÓN TOTAL (mm.)	ESFUERZO $\sigma = \frac{P}{A} \left(\frac{Kg}{cm^2} \right)$	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = \frac{DT}{H} \left(\frac{mm}{mm} \right)$
1	250	0.580	26.197	0.0100
2	500	0.620	52.393	0.0107
3	750	0.730	78.590	0.0126
4	1000	0.920	104.787	0.0158
5	1250	1.110	130.984	0.0191
6	1500	1.220	157.180	0.0210
7	1750	1.350	183.377	0.0232
8	2000	1.490	209.574	0.0256
9	2250	1.620	235.771	0.0279
10	2500	1.780	261.967	0.0306
11	2750	1.910	288.164	0.0328
12	3000	2.050	314.361	0.0353
13	3240	2.380	339.510	0.0409
14	3000	2.830	314.361	0.0487
15	2750	3.010	288.164	0.0518
16	2500	3.230	261.967	0.0555

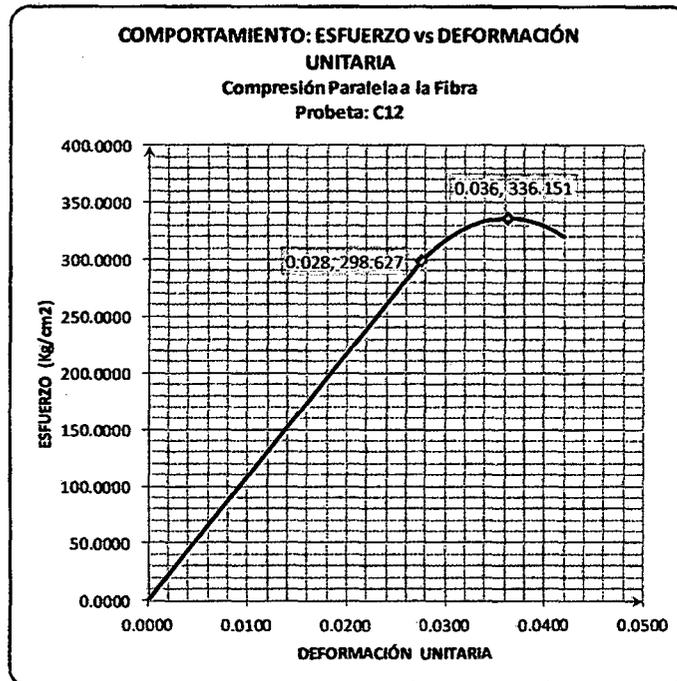


Cont. Humedad (C.H%) = 50.301

Densidad (gr/cm3) = 0.598

TABULACIÓN

N°	x	y
1	0.0000	0.0000
2	0.0020	21.7032
3	0.0040	43.4064
4	0.0060	65.1097
5	0.0080	86.8129
6	0.0100	108.5161
7	0.0120	130.2193
8	0.0140	151.9225
9	0.0160	173.6258
10	0.0180	195.3290
11	0.0200	217.0322
12	0.0220	238.7354
13	0.0240	260.4386
14	0.0260	282.1419
15	0.0275	298.6265
16	0.0280	302.6249
17	0.0300	316.8399
18	0.0320	327.1587
19	0.0340	333.5814
20	0.0360	336.1080
21	0.0363	336.1509
22	0.0380	334.7384
23	0.0400	329.4726
24	0.0420	320.3107



Función Ajustada:

Comportamiento Elástico

$$y = 10851.61 \cdot x$$

Comportamiento Plástico

$$y = -4.87019 \cdot 10^5 \cdot x^2 + 3.53546 \cdot 10^4 \cdot x - 305.481$$

Esfuerzo Máximo (σ_{max}): **336.151** Kg/cm2

Módulo de Elasticidad (E): **10851.61** Kg/cm2

TIPO DE ENSAYO: **COMPRESIÓN PARALELA A LA FIBRA.**

EJECUTOR: Bach. Ing. Dimas Gustavo Estacio Castañeda

CÓDIGO DE PROBETA:

C13

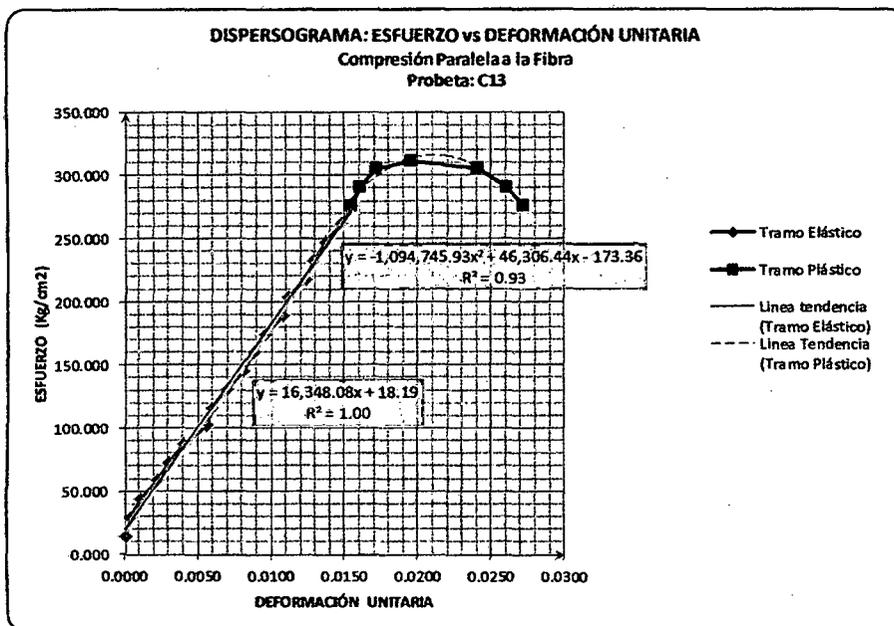
FECHA: 31/01/2013

ALTURA. (H) (mm.)		DIAMETRO EXTERIOR (mm.)		ESPESOR DE PARED (mm.)		ÁREA (cm ²)	VOLUMEN (cm ³)
H1	118.50	ΦD1	107.90	e1	11.80	34.420	406.671
H2	117.80	ΦD2	107.30	e2	11.50		
---		ΦD3	107.10	e3	11.60		
---		ΦD4	108.10	e4	11.50		
---		---	---	e5	11.10		
---		---	---	e6	11.30		
---		---	---	e7	11.30		
---		---	---	e8	11.00		
Hprom	118.15	Φ Dprom	107.60	e prom	11.39		

CONTENIDO DE HUMEDAD (C.H%)	101.696
-----------------------------	---------

DENSIDAD BÁSICA (gr/cm ³)	PESO ANHIDRO (gr.)	259.400	0.638
	VOLUMEN PROB. (cm ³)	406.671	

N° DE LECTURA	CARGA (Kg.)	DEFORMACIÓN TOTAL (mm.)	ESFUERZO $\sigma = \frac{P}{A} \left(\frac{Kg}{cm^2} \right)$	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = \frac{DT}{H} \left(\frac{mm}{mm} \right)$
1	500	0.010	14.526	0.0001
2	1000	0.050	29.053	0.0004
3	1500	0.140	43.579	0.0012
4	2000	0.270	58.106	0.0023
5	2500	0.360	72.632	0.0030
6	3000	0.480	87.159	0.0041
7	3500	0.670	101.685	0.0057
8	4000	0.710	116.212	0.0060
9	4500	0.830	130.738	0.0070
10	5000	0.960	145.265	0.0081
11	5500	1.040	159.791	0.0088
12	6000	1.140	174.318	0.0096
13	6500	1.280	188.844	0.0108
14	7000	1.320	203.371	0.0112
15	7500	1.460	217.897	0.0124
16	8000	1.520	232.424	0.0129
17	8500	1.630	246.950	0.0138
18	9000	1.750	261.477	0.0148
19	9500	1.830	276.003	0.0155
20	10000	1.900	290.530	0.0161
21	10500	2.030	305.056	0.0172
22	10700	2.310	310.867	0.0196
23	10500	2.850	305.056	0.0241
24	10000	3.080	290.530	0.0261
25	9500	3.220	276.003	0.0273

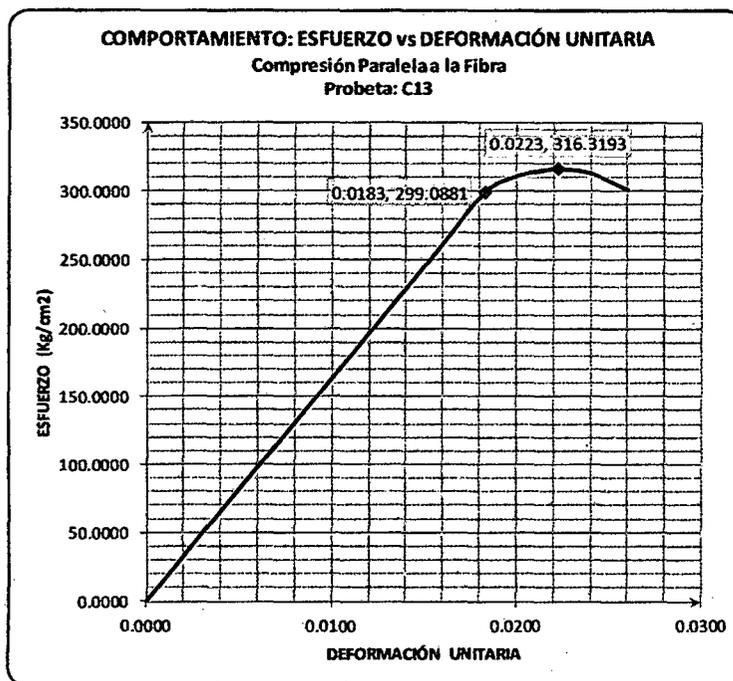


Cont. Humedad (C.H%) = 101.696

Densidad (gr/cm3) = 0.638

TABULACIÓN

N°	x	y
1	0.0000	0.0000
2	0.0020	32.6962
3	0.0040	65.3923
4	0.0060	98.0885
5	0.0080	130.7846
6	0.0100	163.4808
7	0.0120	196.1770
8	0.0140	228.8731
9	0.0160	261.5693
10	0.0183	299.0881
11	0.0200	310.7170
12	0.0220	316.2440
13	0.0223	316.3193
14	0.0240	313.0132
15	0.0260	301.0244



Función Ajustada:

Comportamiento Elástico

$$y = 16348.08 \cdot x$$

Comportamiento Plástico

$$y = -1.09474 \cdot 10^6 \cdot x^2 + 4.874 \cdot 10^4 \cdot x - 226.239$$

Esfuerzo Máximo (σ_{max}): **316.319** Kg/cm2

Módulo de Elasticidad (E): **16348.08** Kg/cm2

TIPO DE ENSAYO: **COMPRESIÓN PARALELA A LA FIBRA.**

EJECUTOR: Bach. Ing. Dimas Gustavo Estacio Castañeda

CÓDIGO DE PROBETA:

C14

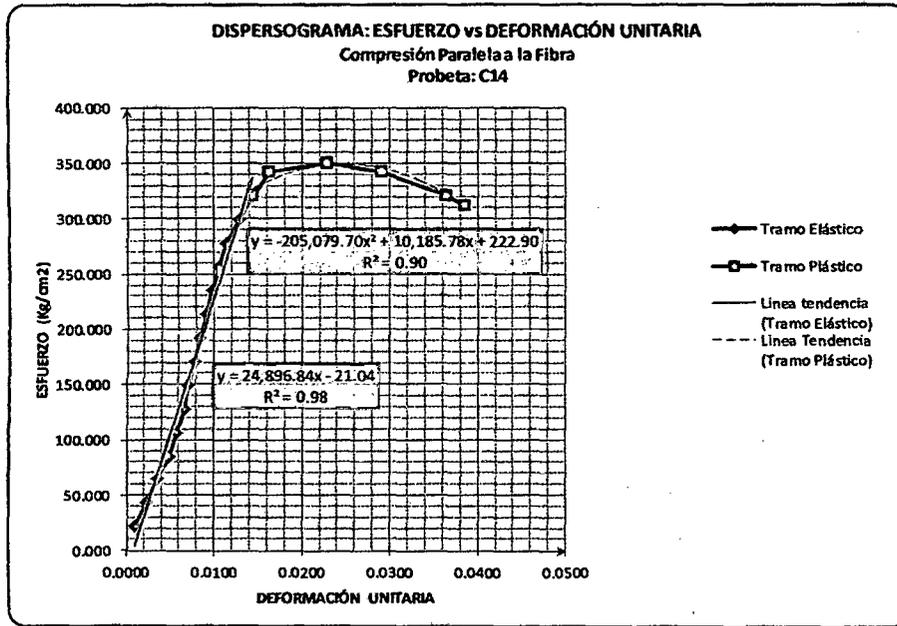
FECHA: 31/01/2013

ALTURA. (H) (mm.)		DIAMETRO EXTERIOR (mm.)		ESPESOR DE PARED (mm.)		ÁREA (cm ²)	VOLUMEN (cm ³)
H1	109.30	φD1	103.00	e1	8.30	23.399	255.279
H2	108.9	φD2	99.60	e2	8.50		
---		φD3	102.90	e3	7.80		
---		φD4	98.90	e4	8.40		
---		---	---	e5	8.00		
---		---	---	e6	7.80		
---		---	---	e7	7.20		
---		---	---	e8	8.00		
Hprom	109.10	φ Dprom	101.10	e prom	8.00		

CONTENIDO DE HUMEDAD (C.H%)	62.439
-----------------------------	--------

DENSIDAD BÁSICA (gr/cm ³)	PESO ANHIDRO (gr.)	163.200	0.639
	VOLUMEN PROB. (cm ³)	255.279	

N° DE LECTURA	CARGA (Kg.)	DEFORMACIÓN TOTAL (mm.)	ESFUERZO $\sigma = \frac{P}{A} \left(\frac{Kg}{cm^2} \right)$	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = \frac{DT}{H} \left(\frac{mm}{mm} \right)$
1	500	0.110	21.369	0.0010
2	1000	0.260	42.738	0.0024
3	1500	0.390	64.106	0.0036
4	2000	0.540	85.475	0.0049
5	2500	0.630	106.844	0.0058
6	3000	0.720	128.213	0.0066
7	3500	0.780	149.582	0.0071
8	4000	0.850	170.951	0.0078
9	4500	0.910	192.319	0.0083
10	5000	0.990	213.688	0.0091
11	5500	1.070	235.057	0.0098
12	6000	1.150	256.426	0.0105
13	6500	1.250	277.795	0.0115
14	7000	1.400	299.163	0.0128
15	7500	1.570	320.532	0.0144
16	8000	1.780	341.901	0.0163
17	8200	2.500	350.449	0.0229
18	8000	3.180	341.901	0.0291
19	7500	3.980	320.532	0.0365
20	7300	4.220	311.985	0.0387

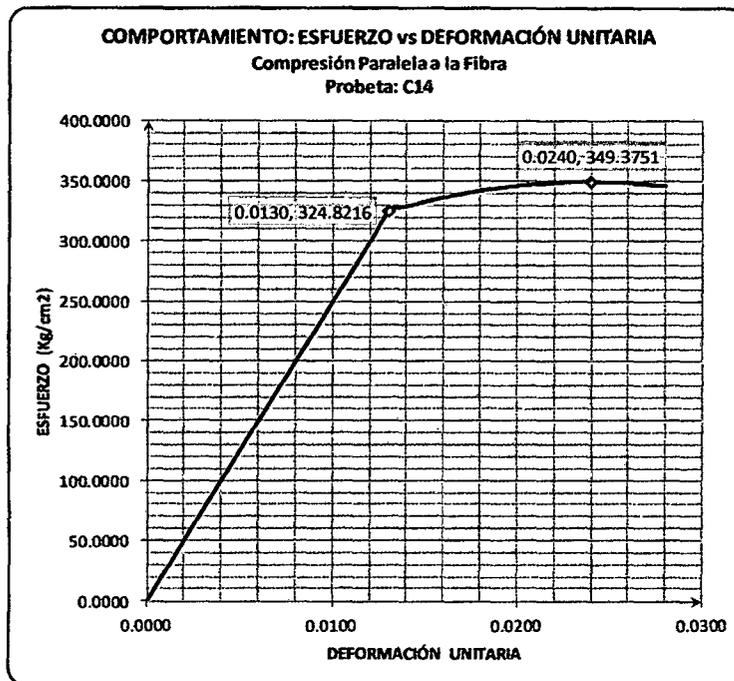


Cont. Humedad (C.H%) = 62.439

Densidad (gr/cm3) = 0.639

TABULACIÓN

N°	x	y
1	0.0000	0.0000
2	0.0020	49.7937
3	0.0040	99.5874
4	0.0060	149.3810
5	0.0080	199.1747
6	0.0100	248.9684
7	0.0120	298.7621
8	0.0130	324.8216
9	0.0140	328.9136
10	0.0160	336.2872
11	0.0180	342.0201
12	0.0200	346.1124
13	0.0220	348.5641
14	0.0240	349.3751
15	0.0260	348.5549
16	0.0280	346.0940



Función Ajustada:

Comportamiento Elástico

$$y = 24896.84 * x$$

Comportamiento Plástico

$$y = -2.05079 * 10^5 * x^2 + 9839.15 * x + 231.361$$

Esfuerzo Máximo (σ_{max}): 349.375 Kg/cm²

Módulo de Elasticidad (E): 24896.84 Kg/cm²

TIPO DE ENSAYO: **COMPRESIÓN PARALELA A LA FIBRA.**

EJECUTOR: Bach. Ing. Dimas Gustavo Estacio Castañeda

CÓDIGO DE PROBETA:

C15

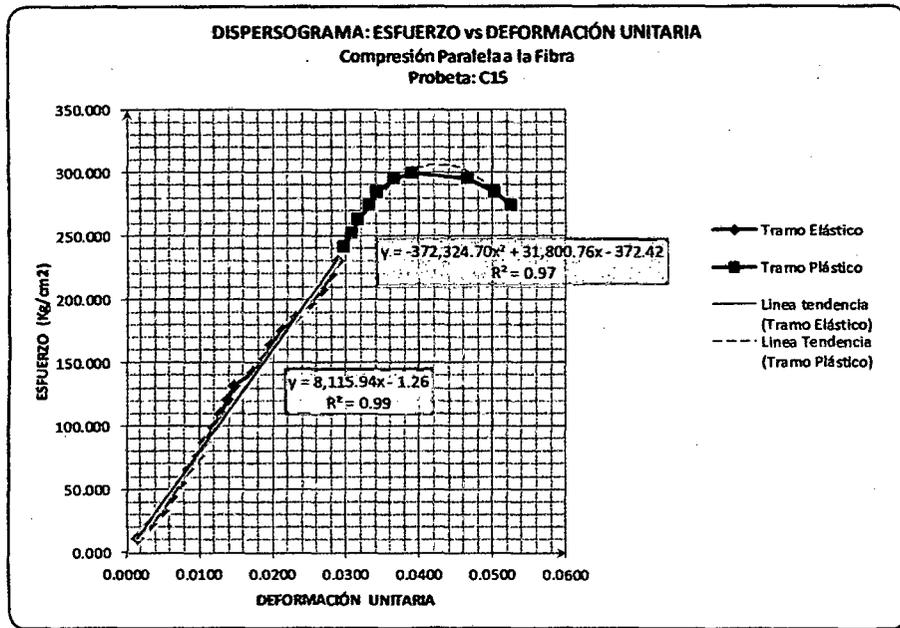
FECHA: 31/01/2013

ALTURA. (H) (mm.)		DIAMETRO EXTERIOR (mm.)		ESPESOR DE PARED (mm.)		ÁREA (cm ²)	VOLUMEN (cm ³)
H1	91.10	ΦD1	90.40	e1	9.50	22.833	207.669
H2	90.8	φD2	93.80	e2	8.70		
---		φD3	89.00	e3	8.80		
---		φD4	90.70	e4	9.10		
---		---	---	e5	8.70		
---		---	---	e6	8.60		
---		---	---	e7	9.20		
---		---	---	e8	8.20		
Hprom	90.95	φ Dprom	90.98	e prom	8.85		

CONTENIDO DE HUMEDAD (C.H%)	44.644
-----------------------------	--------

DENSIDAD BÁSICA (gr/cm ³)	PESO ANHIDRO (gr.)	98.900	0.476
	VOLUMEN PROB. (cm ³)	207.669	

N° DE LECTURA	CARGA (Kg.)	DEFORMACIÓN TOTAL (mm.)	ESFUERZO $\sigma = \frac{P}{A} \left(\frac{Kg}{cm^2} \right)$	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = \frac{DT}{H} \left(\frac{mm}{mm} \right)$
1	250	0.140	10.949	0.0015
2	500	0.310	21.898	0.0034
3	750	0.460	32.847	0.0051
4	1000	0.570	43.796	0.0063
5	1250	0.680	54.745	0.0075
6	1500	0.770	65.694	0.0085
7	1750	0.900	76.642	0.0099
8	2000	0.980	87.591	0.0108
9	2250	1.090	98.540	0.0120
10	2500	1.160	109.489	0.0128
11	2750	1.260	120.438	0.0139
12	3000	1.340	131.387	0.0147
13	3250	1.570	142.336	0.0173
14	3500	1.710	153.285	0.0188
15	3750	1.790	164.234	0.0197
16	4000	1.940	175.183	0.0213
17	4250	2.110	186.132	0.0232
18	4500	2.280	197.081	0.0251
19	4750	2.430	208.030	0.0267
20	5000	2.530	218.979	0.0278
21	5250	2.620	229.927	0.0288
22	5500	2.710	240.876	0.0298
23	5750	2.800	251.825	0.0308
24	6000	2.880	262.774	0.0317
25	6250	3.020	273.723	0.0332
26	6500	3.110	284.672	0.0342
27	6750	3.330	295.621	0.0366
28	6840	3.550	299.563	0.0390
29	6750	4.250	295.621	0.0467
30	6500	4.570	284.672	0.0502
31	6250	4.780	273.723	0.0526

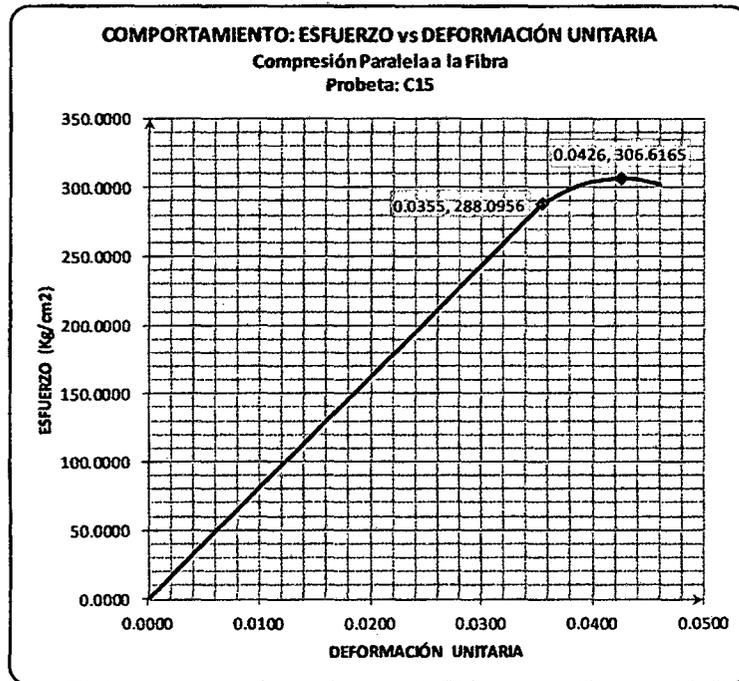


Cont. Humedad (C.H%) = 44.644

Densidad (gr/cm3) = 0.476

TABULACIÓN

N°	x	y
1	0.0000	0.0000
2	0.0020	16.2319
3	0.0040	32.4638
4	0.0060	48.6956
5	0.0080	64.9275
6	0.0100	81.1594
7	0.0120	97.3913
8	0.0140	113.6232
9	0.0160	129.8550
10	0.0180	146.0869
11	0.0200	162.3188
12	0.0220	178.5507
13	0.0240	194.7826
14	0.0260	211.0144
15	0.0280	227.2463
16	0.0300	243.4782
17	0.0320	259.7101
18	0.0340	275.9420
19	0.0355	288.0956
20	0.0360	290.6407
21	0.0380	298.9069
22	0.0400	304.1946
23	0.0420	306.5037
24	0.0426	306.6165
25	0.0440	305.8341
26	0.0460	302.1860



Función Ajustada:

Comportamiento Elástico

$$y = 8115.94 * x$$

Comportamiento Plástico

$$y = -3.72324 * 10^5 * x^2 + 3.16851 * 10^4 * x - 367.491$$

Esfuerzo Máximo (σ_{max}): 306.616 Kg/cm²

Módulo de Elasticidad (E): 8115.94 Kg/cm²

TIPO DE ENSAYO: **COMPRESIÓN PARALELA A LA FIBRA.**

EJECUTOR: Bach. Ing. Dimas Gustavo Estacio Castañeda

CÓDIGO DE PROBETA:

C16

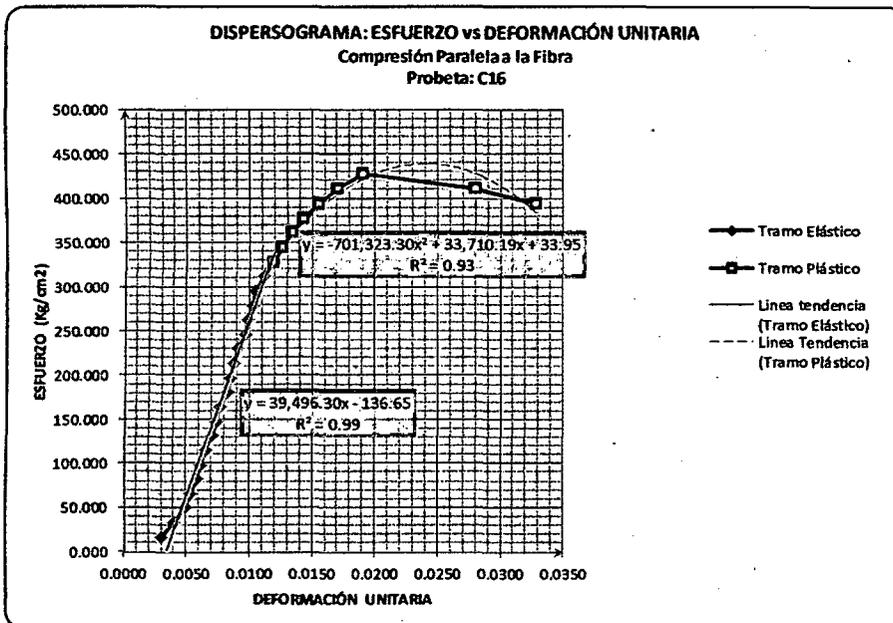
FECHA: 31/01/2013

ALTURA. (H) (mm.)		DIAMETRO EXTERIOR (mm.)		ESPESOR DE PARED (mm.)		ÁREA (cm ²)	VOLUMEN (cm ³)
H1	82.40	ΦD1	78.10	e1	6.30		
H2	81.90	ΦD2	78.20	e2	7.60		
---		ΦD3	77.40	e3	6.90		
---		ΦD4	77.90	e4	6.90		
---		---	---	e5	6.30		
---		---	---	e6	7.00		
---		---	---	e7	6.80		
---		---	---	e8	6.80		
Hprom	82.15	φ Dprom	77.90	e prom	6.83		

CONTENIDO DE HUMEDAD (C.H%)	41.156
-----------------------------	--------

DENSIDAD BÁSICA (gr/cm ³)	PESO ANHIDRO (gr.)	88.200	0.705
	VOLUMEN PROB. (cm ³)	125.192	

N° DE LECTURA	CARGA (Kg.)	DEFORMACIÓN TOTAL (mm.)	ESFUERZO $\sigma = \frac{P}{A} \left(\frac{Kg}{cm^2} \right)$	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = \frac{DT}{H} \left(\frac{mm}{mm} \right)$
1	250	0.250	16.405	0.0030
2	500	0.330	32.810	0.0040
3	750	0.410	49.214	0.0050
4	1000	0.440	65.619	0.0054
5	1250	0.480	82.024	0.0058
6	1500	0.510	98.429	0.0062
7	1750	0.540	114.834	0.0066
8	2000	0.580	131.238	0.0071
9	2250	0.610	147.643	0.0074
10	2500	0.630	164.048	0.0077
11	2750	0.680	180.453	0.0083
12	3000	0.700	196.857	0.0085
13	3250	0.720	213.262	0.0088
14	3500	0.750	229.667	0.0091
15	3750	0.800	246.072	0.0097
16	4000	0.810	262.477	0.0099
17	4250	0.850	278.881	0.0103
18	4500	0.860	295.286	0.0105
19	4750	0.920	311.691	0.0112
20	5000	0.980	328.096	0.0119
21	5250	1.040	344.501	0.0127
22	5500	1.100	360.905	0.0134
23	5750	1.180	377.310	0.0144
24	6000	1.280	393.715	0.0156
25	6250	1.400	410.120	0.0170
26	6510	1.570	427.181	0.0191
27	6250	2.300	410.120	0.0280
28	6000	2.700	393.715	0.0329

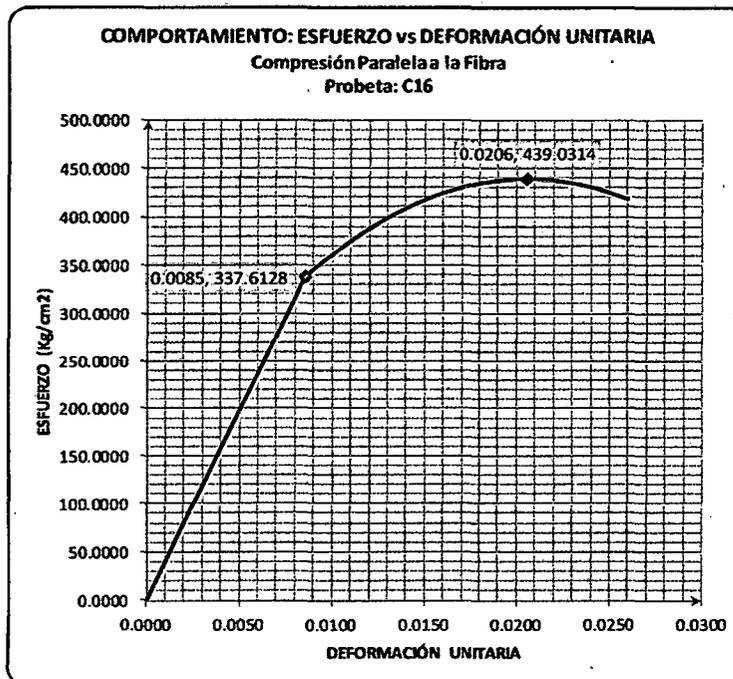


Cont. Humedad (C.H%) = 41.156

Densidad (gr/cm3) = 0.705

TABULACIÓN

N°	x	y
1	0.0000	0.0000
2	0.0020	78.9926
3	0.0040	157.9852
4	0.0060	236.9778
5	0.0080	315.9704
6	0.0085	337.6128
7	0.0100	360.6257
8	0.0120	387.4819
9	0.0140	408.7275
10	0.0160	424.3625
11	0.0180	434.3869
12	0.0200	438.8008
13	0.0206	439.0314
14	0.0220	437.6041
15	0.0240	430.7968
16	0.0260	418.3789



Función Ajustada:

Comportamiento Elástico

$$y = 39496.3 * x$$

Comportamiento Plástico

$$y = -7.01323 * 10^5 * x^2 + 2.88572 * 10^4 * x + 142.186$$

Esfuerzo Máximo (σ_{max}): 439.031 Kg/cm²

Módulo de Elasticidad (E): 39496.30 Kg/cm²

TIPO DE ENSAYO: **COMPRESIÓN PARALELA A LA FIBRA.**

EJECUTOR: Bach. Ing. Dimas Gustavo Estacio Castañeda

CÓDIGO DE PROBETA:

C17

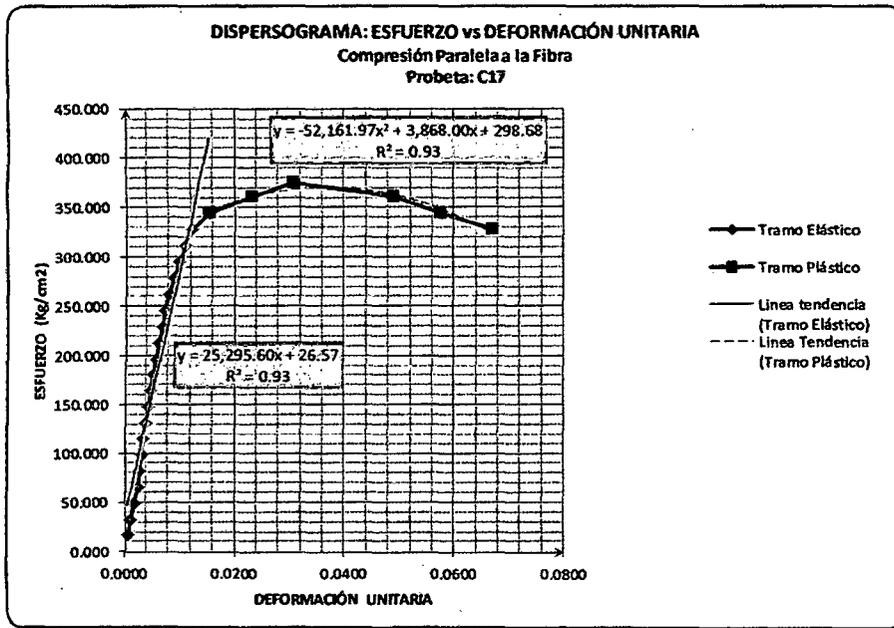
FECHA: 31/01/2013

ALTURA. (H) (mm.)		DIAMETRO EXTERIOR (mm.)		ESPESOR DE PARED (mm.)		ÁREA (cm ²)	VOLUMEN (cm ³)
H1	73.60	ΦD1	73.90	e1	7.30	15.273	112.790
H2	74.10	ΦD2	72.10	e2	7.40		
---		ΦD3	73.70	e3	7.10		
---		ΦD4	71.90	e4	7.00		
---		---	---	e5	7.80		
---		---	---	e6	7.70		
---		---	---	e7	7.90		
---		---	---	e8	7.20		
Hprom	73.85	Φ Dprom	72.90	e prom	7.43		

CONTENIDO DE HUMEDAD (C.H%)	42.918
-----------------------------	---------------

DENSIDAD BÁSICA (gr/cm ³)	PESO ANHIDRO (gr.)	69.900	0.620
	VOLUMEN PROB. (cm ³)	112.790	

N° DE LECTURA	CARGA (Kg.)	DEFORMACIÓN TOTAL (mm.)	ESFUERZO $\sigma = \frac{P}{A} \left(\frac{Kg}{cm^2} \right)$	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = \frac{DT}{H} \left(\frac{mm}{mm} \right)$
1	250	0.060	16.369	0.0008
2	500	0.090	32.738	0.0012
3	750	0.140	49.107	0.0019
4	1000	0.190	65.475	0.0026
5	1250	0.210	81.844	0.0028
6	1500	0.240	98.213	0.0032
7	1750	0.260	114.582	0.0035
8	2000	0.300	130.951	0.0041
9	2250	0.320	147.320	0.0043
10	2500	0.360	163.689	0.0049
11	2750	0.400	180.057	0.0054
12	3000	0.430	196.426	0.0058
13	3250	0.470	212.795	0.0064
14	3500	0.510	229.164	0.0069
15	3750	0.550	245.533	0.0074
16	4000	0.600	261.902	0.0081
17	4250	0.670	278.270	0.0091
18	4500	0.730	294.639	0.0099
19	4750	0.820	311.008	0.0111
20	5000	0.910	327.377	0.0123
21	5250	1.150	343.746	0.0156
22	5500	1.720	360.115	0.0233
23	5730	2.290	375.174	0.0310
24	5500	3.620	360.115	0.0490
25	5250	4.250	343.746	0.0575
26	5000	4.950	327.377	0.0670

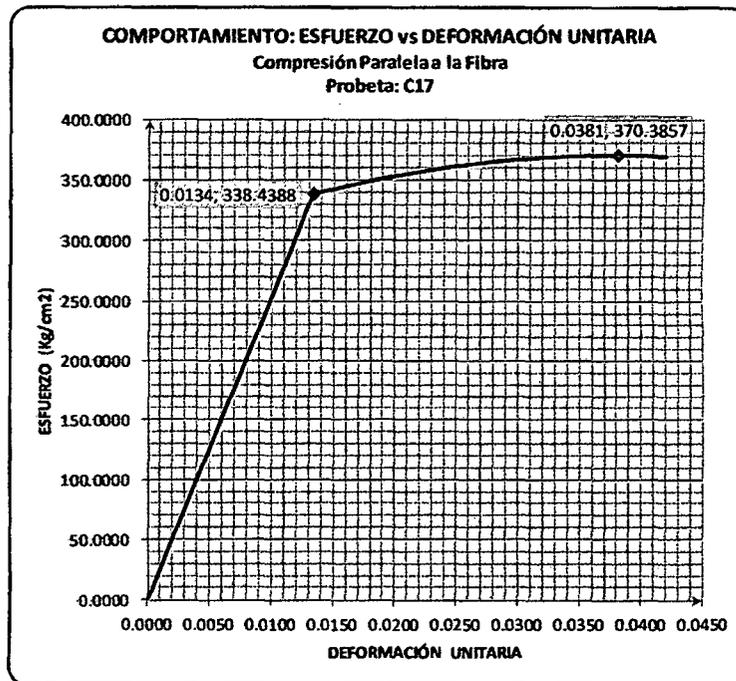


Cont. Humedad (C.H%) = 42.918

Densidad (gr/cm3) = 0.620

TABULACIÓN

N°	x	y
1	0.0000	0.0000
2	0.0020	50.5912
3	0.0040	101.1824
4	0.0060	151.7736
5	0.0080	202.3648
6	0.0100	252.9560
7	0.0120	303.5472
8	0.0134	338.4388
9	0.0140	340.0212
10	0.0160	344.8467
11	0.0180	349.2548
12	0.0200	353.2456
13	0.0220	356.8192
14	0.0240	359.9754
15	0.0260	362.7144
16	0.0280	365.0360
17	0.0300	366.9404
18	0.0320	368.4275
19	0.0340	369.4972
20	0.0360	370.1497
21	0.0381	370.3857
22	0.0400	370.2028
23	0.0420	369.6033



Función Ajustada:

Comportamiento Elástico

$$y = 25295.6 * x$$

Comportamiento Plástico

$$y = -5.21619 * 10^4 * x^2 + 3977.57 * x + 294.559$$

Esfuerzo Máximo (σ_{max}): 370.386 Kg/cm2

Módulo de Elasticidad (E): 25295.60 Kg/cm2

TIPO DE ENSAYO: **COMPRESIÓN PARALELA A LA FIBRA.**

EJECUTOR: Bach. Ing. Dimas Gustavo Estacio Castañeda

CÓDIGO DE PROBETA:

C18

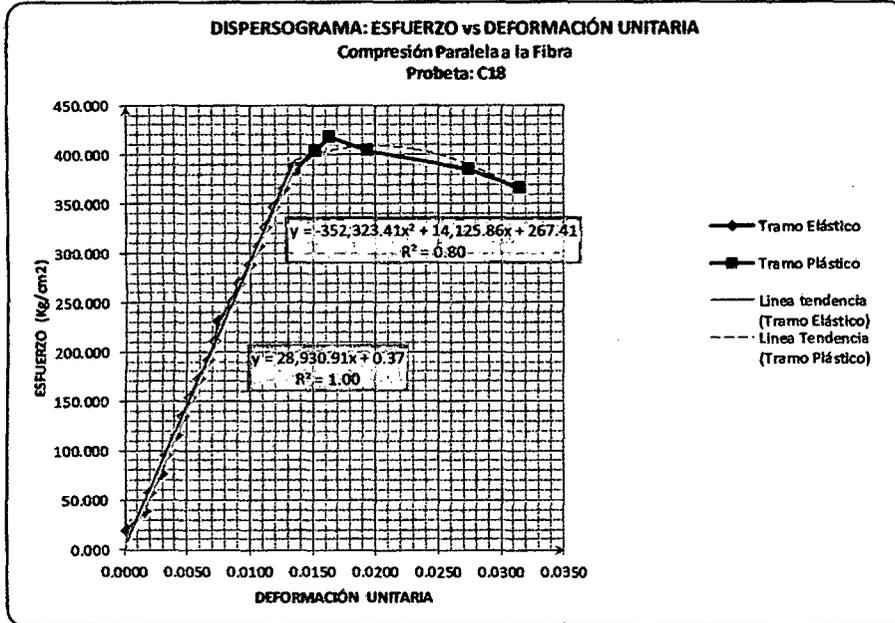
FECHA: 31/01/2013

ALTURA. (H) (mm.)		DIAMETRO EXTERIOR (mm.)		ESPESOR DE PARED (mm.)		ÁREA (cm ²)	VOLUMEN (cm ³)
H1	72.00	φD1	69.20	e1	6.70	13.000	93.859
H2	72.40	φD2	68.20	e2	6.20		
---		φD3	69.40	e3	6.60		
---		φD4	68.70	e4	6.90		
---		---	---	e5	6.90		
---		---	---	e6	7.40		
---		---	---	e7	6.30		
---		---	---	e8	6.20		
Hprom	72.20	φ Dprom	68.88	e prom	6.65		

CONTENIDO DE HUMEDAD (C.H%)	38.235
-----------------------------	--------

DENSIDAD BÁSICA (gr/cm ³)	PESO ANHIDRO (gr.)	64.600	0.688
	VOLUMEN PROB. (cm ³)	93.859	

N° DE LECTURA	CARGA (Kg.)	DEFORMACIÓN TOTAL (mm.)	ESFUERZO $\sigma = \frac{P}{A} \left(\frac{Kg}{cm^2} \right)$	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = \frac{DT}{H} \left(\frac{mm}{mm} \right)$
1	250	0.020	19.231	0.0003
2	500	0.120	38.462	0.0017
3	750	0.150	57.693	0.0021
4	1000	0.210	76.924	0.0029
5	1250	0.240	96.155	0.0033
6	1500	0.300	115.386	0.0042
7	1750	0.340	134.618	0.0047
8	2000	0.380	153.849	0.0053
9	2250	0.430	173.080	0.0060
10	2500	0.480	192.311	0.0066
11	2750	0.520	211.542	0.0072
12	3000	0.540	230.773	0.0075
13	3250	0.610	250.004	0.0084
14	3500	0.660	269.235	0.0091
15	3750	0.720	288.466	0.0100
16	4000	0.770	307.697	0.0107
17	4250	0.810	326.928	0.0112
18	4500	0.860	346.159	0.0119
19	4750	0.920	365.390	0.0127
20	5000	0.980	384.622	0.0136
21	5250	1.100	403.853	0.0152
22	5430	1.180	417.699	0.0163
23	5250	1.400	403.853	0.0194
24	5000	1.980	384.622	0.0274
25	4750	2.280	365.390	0.0316

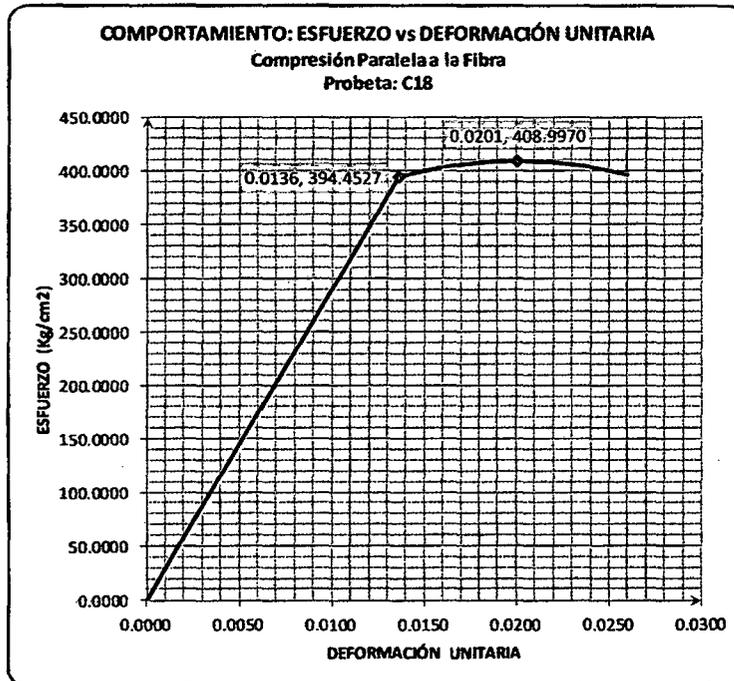


Cont. Humedad (C.H%) = 38.235

Densidad (gr/cm³) = 0.688

TABULACIÓN

N°	x	y
1	0.0000	0.0000
2	0.0020	57.8618
3	0.0040	115.7236
4	0.0060	173.5855
5	0.0080	231.4473
6	0.0100	289.3091
7	0.0120	347.1709
8	0.0136	394.4527
9	0.0140	396.0609
10	0.0160	403.1911
11	0.0180	407.5027
12	0.0201	408.9970
13	0.0220	407.6703
14	0.0240	403.5262
15	0.0260	396.5635



Función Ajustada:

Comportamiento Elástico

$$y = 28930.91 \cdot x$$

Comportamiento Plástico

$$y = -3.52323 \cdot 10^5 \cdot x^2 + 1.41348 \cdot 10^4 \cdot x + 267.229$$

Esfuerzo Máximo (σ_{max}): **408,997** Kg/cm²

Módulo de Elasticidad (E): **28930.91** Kg/cm²

TIPO DE ENSAYO: **COMPRESIÓN PARALELA A LA FIBRA.**

EJECUTOR: Bach. Ing. Dimas Gustavo Estacio Castañeda

CÓDIGO DE PROBETA:

C19

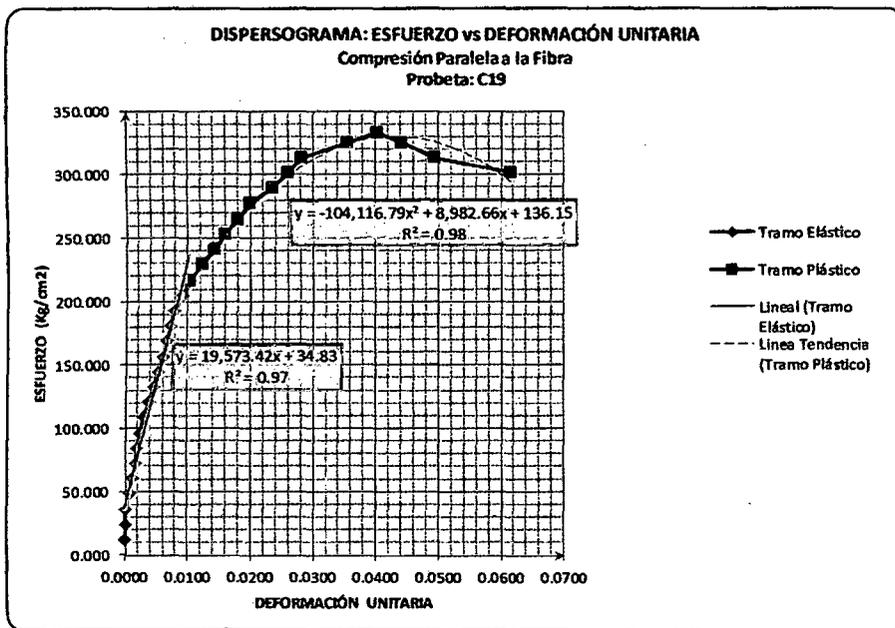
FECHA: 31/01/2013

ALTURA. (H) (mm.)		DIAMETRO EXTERIOR (mm.)		ESPESOR DE PARED (mm.)		ÁREA (cm ²)	VOLUMEN (cm ³)
H1	113.10	φD1	107.70	e1	13.20	41.489	470.073
H2	113.50	φD2	108.90	e2	14.30		
---		φD3	106.70	e3	14.60		
---		φD4	108.60	e4	13.10		
---		---	---	e5	13.70		
---		---	---	e6	13.30		
---		---	---	e7	15.10		
---		---	---	e8	15.20		
Hprom	113.30	φ Dprom	107.98	e prom	14.06		

CONTENIDO DE HUMEDAD (C.H%)	70.531
-----------------------------	--------

DENSIDAD BÁSICA (gr/cm ³)	PESO ANHIDRO (gr.)	299.300	0.637
	VOLUMEN PROB. (cm ³)	470.073	

N° DE LECTURA	CARGA (Kg.)	DEFORMACIÓN TOTAL (mm.)	ESFUERZO $\sigma = \frac{P}{A} \left(\frac{Kg}{cm^2} \right)$	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = \frac{DT}{H} \left(\frac{mm}{mm} \right)$
1	500	0.010	12.051	0.0001
2	1000	0.020	24.103	0.0002
3	1500	0.040	36.154	0.0004
4	2000	0.090	48.205	0.0008
5	2500	0.150	60.257	0.0013
6	3000	0.210	72.308	0.0019
7	3500	0.230	84.359	0.0020
8	4000	0.280	96.410	0.0025
9	4500	0.340	108.462	0.0030
10	5000	0.440	120.513	0.0039
11	5500	0.530	132.564	0.0047
12	6000	0.600	144.616	0.0053
13	6500	0.680	156.667	0.0060
14	7000	0.750	168.718	0.0066
15	7500	0.820	180.770	0.0072
16	8000	0.900	192.821	0.0079
17	8500	1.040	204.872	0.0092
18	9000	1.170	216.924	0.0103
19	9500	1.400	228.975	0.0124
20	10000	1.630	241.026	0.0144
21	10500	1.820	253.077	0.0161
22	11000	2.040	265.129	0.0180
23	11500	2.270	277.180	0.0200
24	12000	2.670	289.231	0.0236
25	12500	2.940	301.283	0.0259
26	13000	3.200	313.334	0.0282
27	13500	4.030	325.385	0.0356
28	13800	4.580	332.616	0.0404
29	13500	5.000	325.385	0.0441
30	13000	5.600	313.334	0.0494
31	12500	6.970	301.283	0.0615

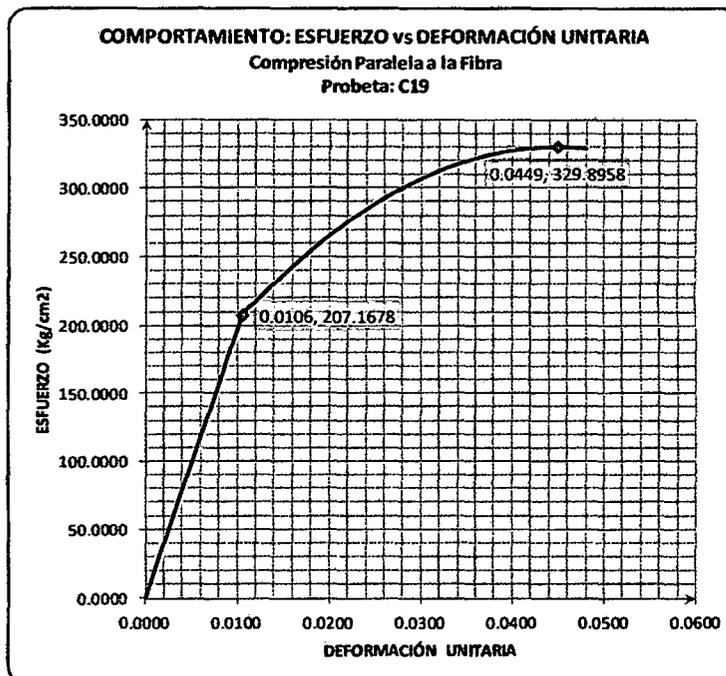


Cont. Humedad (C.H%) = 70.531

Densidad (gr/cm3) = 0.637

TABULACIÓN

N°	x	y
1	0.0000	0.0000
2	0.0020	39.1468
3	0.0040	78.2937
4	0.0060	117.4405
5	0.0080	156.5874
6	0.0106	207.1678
7	0.0120	217.0817
8	0.0140	230.3741
9	0.0160	242.8335
10	0.0180	254.4600
11	0.0200	265.2536
12	0.0220	275.2143
13	0.0240	284.3420
14	0.0260	292.6368
15	0.0280	300.0987
16	0.0300	306.7276
17	0.0320	312.5236
18	0.0340	317.4867
19	0.0360	321.6169
20	0.0380	324.9141
21	0.0400	327.3784
22	0.0420	329.0098
23	0.0440	329.8082
24	0.0449	329.8958
25	0.0460	329.7737
26	0.0480	328.9063



Función Ajustada:

Comportamiento Elástico

$y = 19573.42 \cdot x$

Comportamiento Plástico

$y = -1.04116 \cdot 10^5 \cdot x^2 + 9353.2 \cdot x + 119.836$

Esfuerzo Máximo (σ_{max}): 329.895 Kg/cm2

Módulo de Elasticidad (E): 19573.42 Kg/cm2

TIPO DE ENSAYO: **COMPRESIÓN PARALELA A LA FIBRA.**

EJECUTOR: Bach. Ing. Dimas Gustavo Estacio Castañeda

CÓDIGO DE PROBETA:

C20

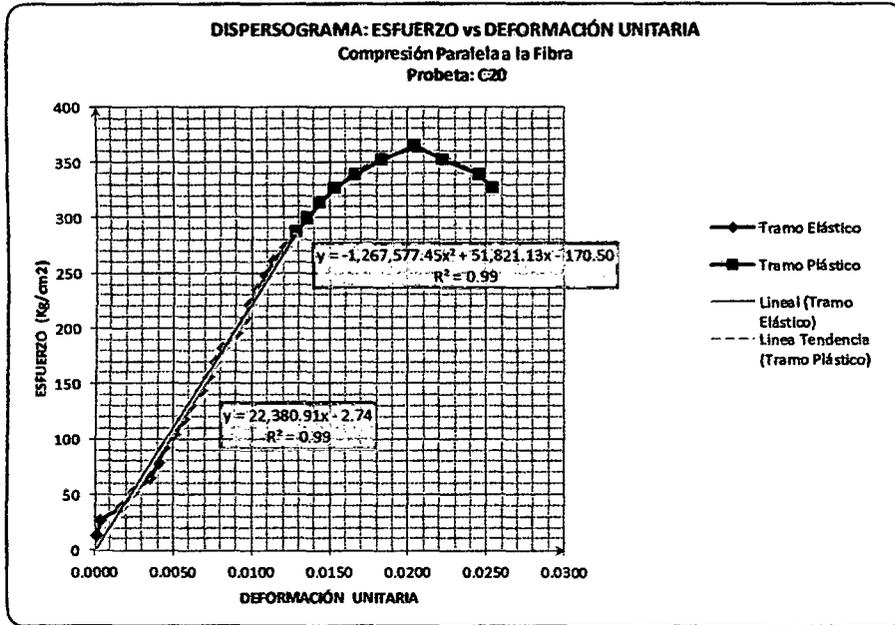
FECHA: 31/01/2013

ALTURA. (H) (mm.)		DIAMETRO EXTERIOR (mm.)		ESPESOR DE PARED (mm.)		ÁREA (cm ²)	VOLUMEN (cm ³)
H1	114.50	φD1	106.10	e1	12.30	38.363	439.834
H2	114.8	φD2	107.60	e2	12.20		
---		φD3	106.20	e3	12.10		
---		φD4	109.40	e4	12.60		
---		---	---	e5	14.40		
---		---	---	e6	14.50		
---		---	---	e7	12.90		
---		---	---	e8	12.50		
Hprom	114.65	φ Dprom	107.33	e prom	12.94		

CONTENIDO DE HUMEDAD (C.H%)	81.164
-----------------------------	---------------

DENSIDAD BÁSICA (gr/cm ³)	PESO ANHIDRO (gr.)	292.000	0.664
	VOLUMEN PROB. (cm ³)	439.834	

N° DE LECTURA	CARGA (Kg.)	DEFORMACIÓN TOTAL (mm.)	ESFUERZO $\sigma = \frac{P}{A} \left(\frac{Kg}{cm^2} \right)$	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = \frac{DT}{H} \left(\frac{mm}{mm} \right)$
1	500	0.020	13.033	0.0002
2	1000	0.050	26.067	0.0004
3	1500	0.200	39.100	0.0017
4	2000	0.290	52.133	0.0025
5	2500	0.410	65.167	0.0036
6	3000	0.470	78.200	0.0041
7	3500	0.510	91.233	0.0044
8	4000	0.580	104.267	0.0051
9	4500	0.650	117.300	0.0057
10	5000	0.700	130.333	0.0061
11	5500	0.780	143.367	0.0068
12	6000	0.830	156.400	0.0072
13	6500	0.880	169.433	0.0077
14	7000	0.940	182.467	0.0082
15	7500	1.040	195.500	0.0091
16	8000	1.100	208.533	0.0096
17	8500	1.130	221.567	0.0099
18	9000	1.190	234.600	0.0104
19	9500	1.250	247.633	0.0109
20	10000	1.310	260.667	0.0114
21	10500	1.400	273.700	0.0122
22	11000	1.470	286.733	0.0128
23	11500	1.560	299.767	0.0136
24	12000	1.650	312.800	0.0144
25	12500	1.760	325.833	0.0154
26	13000	1.910	338.866	0.0167
27	13500	2.100	351.900	0.0183
28	13700	2.340	357.113	0.0204
29	13500	2.550	351.900	0.0222
30	13000	2.820	338.866	0.0246
31	12500	2.920	325.833	0.0255

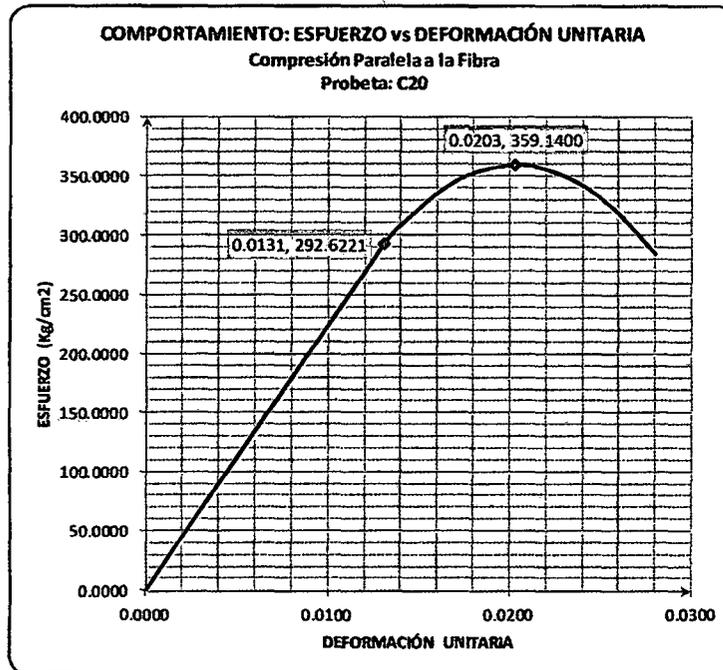


Cont. Humedad (C.H%) = 81.164

Densidad (gr/cm3) = 0.664

TABULACIÓN

N°	x	y
1	0.0000	0.0000
2	0.0020	44.7618
3	0.0040	89.5236
4	0.0060	134.2855
5	0.0080	179.0473
6	0.0100	223.8091
7	0.0120	268.5709
8	0.0131	292.6221
9	0.0140	308.5313
10	0.0160	335.4985
11	0.0180	352.3252
12	0.0203	359.1400
13	0.0220	355.5568
14	0.0240	341.9617
15	0.0260	318.2261
16	0.0280	284.3500



Función Ajustada:

Comportamiento Elástico

$$y = 22380.91 * x$$

Comportamiento Plástico

$$y = -1.26757 * 10^6 * x^2 + 5.15107 * 10^4 * x - 164.1748$$

Esfuerzo Máximo (σ_{max}): 359.140 Kg/cm²

Módulo de Elasticidad (E): 22380.91 Kg/cm²

TIPO DE ENSAYO: **COMPRESIÓN PARALELA A LA FIBRA.**

EJECUTOR: Bach. Ing. Dimas Gustavo Estacio Castañeda

CÓDIGO DE PROBETA:

C21

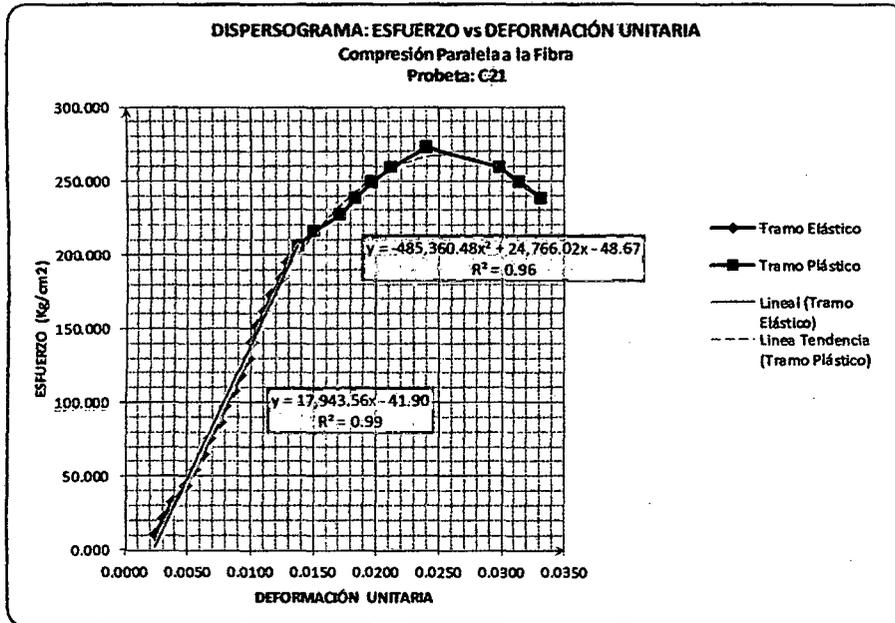
FECHA: 31/01/2013

ALTURA. (H) (mm.)		DIAMETRO EXTERIOR (mm.)		ESPESOR DE PARED (mm.)		ÁREA (cm ²)	VOLUMEN (cm ³)
H1	89.80	φD1	91.60	e1	10.20	23.124	207.309
H2	89.50	φD2	90.10	e2	11.60		
---		φD3	87.80	e3	10.30		
---		φD4	85.80	e4	12.50		
---		---	---	e5	6.80		
---		---	---	e6	7.90		
---		---	---	e7	7.60		
---		---	---	e8	7.10		
Hprom	89.65	φ Dprom	88.83	e prom	9.25		

CONTENIDO DE HUMEDAD (C.H%)	44.454
-----------------------------	--------

DENSIDAD BÁSICA (gr/cm ³)	PESO ANHIDRO (gr.)	117.200	0.565
	VOLUMEN PROB. (cm ³)	207.309	

N° DE LECTURA	CARGA (Kg.)	DEFORMACIÓN TOTAL (mm.)	ESFUERZO $\sigma = \frac{P}{A} \left(\frac{Kg}{cm^2} \right)$	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = \frac{DT}{H} \left(\frac{mm}{mm} \right)$
1	250	0.220	10.811	0.0025
2	500	0.280	21.622	0.0031
3	750	0.350	32.433	0.0039
4	1000	0.440	43.245	0.0049
5	1250	0.500	54.056	0.0056
6	1500	0.560	64.867	0.0062
7	1750	0.610	75.678	0.0068
8	2000	0.680	86.489	0.0076
9	2250	0.720	97.300	0.0080
10	2500	0.780	108.111	0.0087
11	2750	0.820	118.923	0.0091
12	3000	0.880	129.734	0.0098
13	3250	0.910	140.545	0.0102
14	3500	0.940	151.356	0.0105
15	3750	1.000	162.167	0.0112
16	4000	1.040	172.978	0.0116
17	4250	1.110	183.789	0.0124
18	4500	1.160	194.601	0.0129
19	4750	1.240	205.412	0.0138
20	5000	1.350	216.223	0.0151
21	5250	1.540	227.034	0.0172
22	5500	1.650	237.845	0.0184
23	5750	1.760	248.656	0.0196
24	6000	1.900	259.468	0.0212
25	6310	2.150	272.873	0.0240
26	6000	2.680	259.468	0.0299
27	5750	2.820	248.656	0.0315
28	5500	2.970	237.845	0.0331

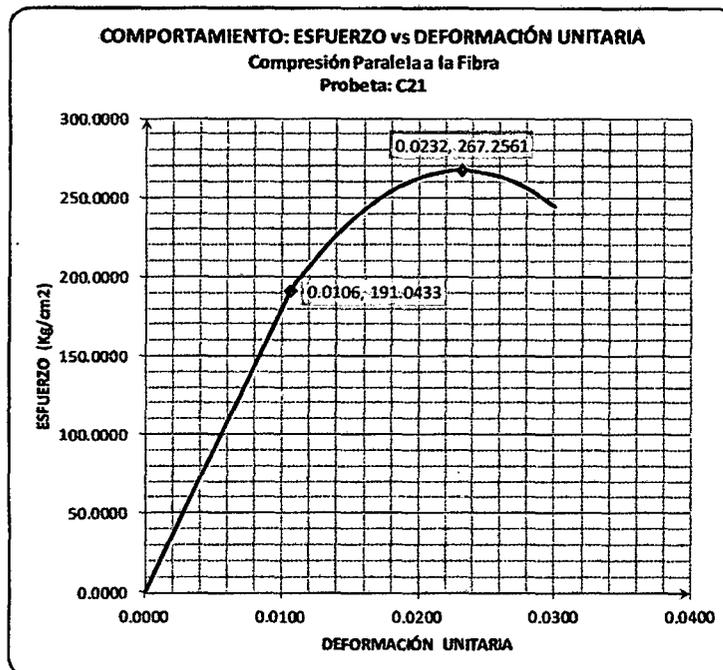


Cont. Humedad (C.H%) = 44.454

Densidad (gr/cm³) = 0.565

TABULACIÓN

N°	x	y
1	0.0000	0.0000
2	0.0020	35.8871
3	0.0040	71.7742
4	0.0060	107.6614
5	0.0080	143.5485
6	0.0106	191.0433
7	0.0120	206.6132
8	0.0140	226.3728
9	0.0160	242.2496
10	0.0180	254.2436
11	0.0200	262.3546
12	0.0220	266.5828
13	0.0232	267.2561
14	0.0240	266.9280
15	0.0260	263.3904
16	0.0280	255.9700
17	0.0300	244.6666



Función Ajustada:

Comportamiento Elástico

$y = 17943.56 \cdot x$

Comportamiento Plástico

$y = -4.8536 \cdot 10^5 \cdot x^2 + 2.24992 \cdot 10^4 \cdot x + 6.5146$

Esfuerzo Máximo (σ_{max}): **267.256** Kg/cm²

Módulo de Elasticidad (E): **17943.56** Kg/cm²

TIPO DE ENSAYO: **COMPRESIÓN PARALELA A LA FIBRA.**EJECUTOR: **Bach. Ing. Dimas Gustavo Estacio Castañeda**

CÓDIGO DE PROBETA:

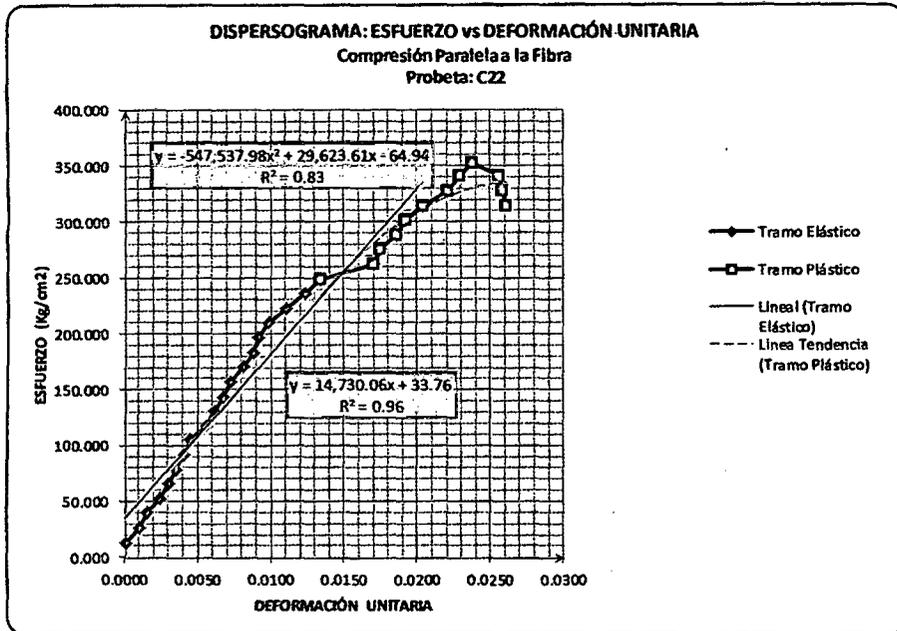
C22FECHA: **31/01/2013**

ALTURA. (H) (mm.)		DIAMETRO EXTERIOR (mm.)		ESPEJOR DE PARED (mm.)		ÁREA (cm ²)	VOLUMEN (cm ³)
H1	93.10	ΦD1	87.30	e1	8.60	19.081	177.362
H2	92.80	ΦD2	87.80	e2	8.30		
---		ΦD3	86.20	e3	7.10		
---		ΦD4	88.30	e4	7.50		
---		---	---	e5	8.20		
---		---	---	e6	6.70		
---		---	---	e7	6.60		
---		---	---	e8	7.90		
Hprom	92.95	Φ Dprom	87.40	e prom	7.61		

CONTENIDO DE HUMEDAD (C.H%)	58.100
-----------------------------	--------

DENSIDAD BÁSICA (gr/cm ³)	PESO ANHIDRO (gr.)	117.900	0.665
	VOLUMEN PROB. (cm ³)	177.362	

N° DE LECTURA	CARGA (Kg.)	DEFORMACIÓN TOTAL (mm.)	ESFUERZO $\sigma = \frac{P}{A} \left(\frac{Kg}{cm^2} \right)$	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = \frac{DT}{H} \left(\frac{mm}{mm} \right)$
1	250	0.010	13.102	0.0001
2	500	0.100	26.203	0.0011
3	750	0.150	39.305	0.0016
4	1000	0.230	52.407	0.0025
5	1250	0.280	65.509	0.0030
6	1500	0.330	78.610	0.0036
7	1750	0.380	91.712	0.0041
8	2000	0.420	104.814	0.0045
9	2250	0.520	117.915	0.0056
10	2500	0.570	131.017	0.0061
11	2750	0.630	144.119	0.0068
12	3000	0.680	157.221	0.0073
13	3250	0.760	170.322	0.0082
14	3500	0.820	183.424	0.0088
15	3750	0.850	196.526	0.0091
16	4000	0.920	209.627	0.0099
17	4250	1.030	222.729	0.0111
18	4500	1.150	235.831	0.0124
19	4750	1.250	248.932	0.0134
20	5000	1.580	262.034	0.0170
21	5250	1.620	275.136	0.0174
22	5500	1.730	288.238	0.0186
23	5750	1.780	301.339	0.0192
24	6000	1.900	314.441	0.0204
25	6250	2.060	327.543	0.0222
26	6500	2.130	340.644	0.0229
27	6730	2.210	352.698	0.0238
28	6500	2.380	340.644	0.0256
29	6250	2.400	327.543	0.0258
30	6000	2.430	314.441	0.0261

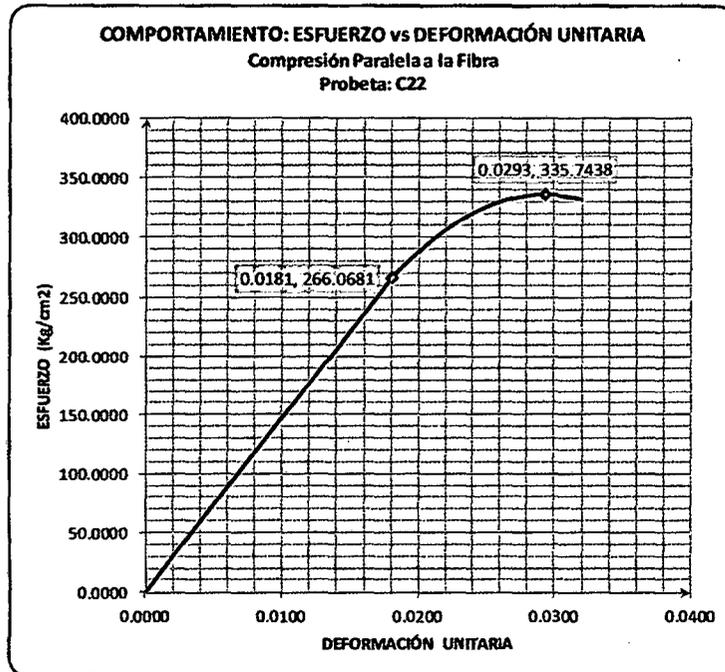


Cont. Humedad (C.H%) = 58.100

Densidad (gr/cm3) = 0.665

TABULACIÓN

N°	x	y
1	0.0000	0.0000
2	0.0020	29.4601
3	0.0040	58.9202
4	0.0060	88.3804
5	0.0080	117.8405
6	0.0100	147.3006
7	0.0120	176.7607
8	0.0140	206.2208
9	0.0160	235.6810
10	0.0181	266.0681
11	0.0200	287.9428
12	0.0220	306.2164
13	0.0240	320.1097
14	0.0260	329.6227
15	0.0280	334.7554
16	0.0293	335.7438
17	0.0300	335.5078
18	0.0320	331.8799



Función Ajustada:

Comportamiento Elástico

$$y = 14730.06 \cdot x$$

Comportamiento Plástico

$$y = -5.47538 \cdot 10^5 \cdot x^2 + 3.21334 \cdot 10^4 \cdot x - 135.71$$

Esfuerzo Máximo (σ_{max}): 335.744 Kg/cm²

Módulo de Elasticidad (E): 14730.06 Kg/cm²

TIPO DE ENSAYO: **COMPRESIÓN PARALELA A LA FIBRA.**EJECUTOR: **Bach. Ing. Dimas Gustavo Estacio Castañeda**

CÓDIGO DE PROBETA:

C23

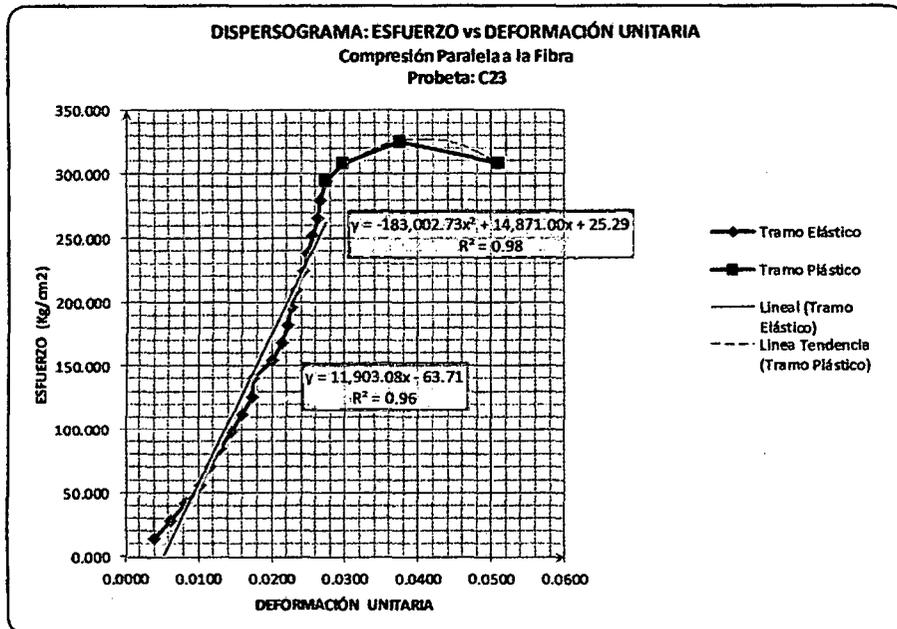
FECHA: 31/01/2013

ALTURA. (H) (mm.)		DIAMETRO EXTERIOR (mm.)		ESPESOR DE PARED (mm.)		ÁREA (cm ²)	VOLUMEN (cm ³)
H1	80.60	ΦD1	80.10	e1	8.40	17.858	143.664
H2	80.30	ΦD2	78.50	e2	7.80		
---		ΦD3	79.30	e3	7.90		
---		ΦD4	80.30	e4	8.20		
---		---	---	e5	8.30		
---		---	---	e6	7.90		
---		---	---	e7	7.40		
---		---	---	e8	7.60		
Hprom	80.45	Φ Dprom	79.55	e prom	7.94		

CONTENIDO DE HUMEDAD (C.H%)	52.163
-----------------------------	---------------

DENSIDAD BÁSICA (gr/cm ³)	PESO ANHIDRO (gr.)	80.900	0.563
	VOLUMEN PROB. (cm ³)	143.664	

N° DE LECTURA	CARGA (Kg.)	DEFORMACIÓN TOTAL (mm.)	ESFUERZO $\sigma = \frac{P}{A} \left(\frac{Kg}{cm^2} \right)$	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = \frac{DT}{H} \left(\frac{mm}{mm} \right)$
1	250	0.330	14.000	0.0041
2	500	0.510	27.999	0.0063
3	750	0.670	41.999	0.0083
4	1000	0.830	55.999	0.0103
5	1250	0.940	69.998	0.0117
6	1500	1.040	83.998	0.0129
7	1750	1.170	97.998	0.0145
8	2000	1.280	111.997	0.0159
9	2250	1.390	125.997	0.0173
10	2500	1.410	139.997	0.0175
11	2750	1.620	153.996	0.0201
12	3000	1.720	167.996	0.0214
13	3250	1.780	181.996	0.0221
14	3500	1.830	195.995	0.0227
15	3750	1.880	209.995	0.0234
16	4000	1.960	223.995	0.0244
17	4250	2.010	237.994	0.0250
18	4500	2.060	251.994	0.0256
19	4750	2.110	265.994	0.0262
20	5000	2.150	279.993	0.0267
21	5250	2.210	293.993	0.0275
22	5500	2.390	307.993	0.0297
23	5800	3.020	324.792	0.0375
24	5500	4.100	307.993	0.0510

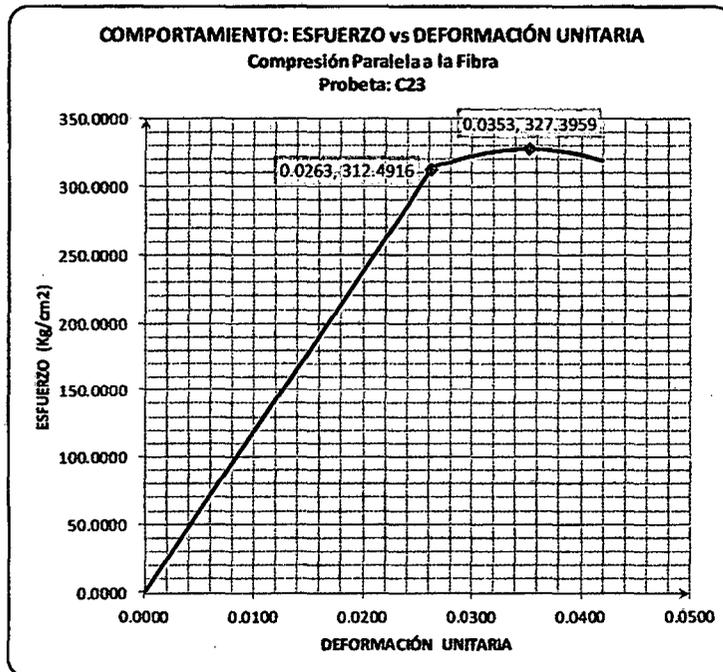


Cont. Humedad (C.H%) = 52.163

Densidad (gr/cm3) = 0.563

TABULACIÓN

N°	x	y
1	0.0000	0.0000
2	0.0020	23.8062
3	0.0040	47.6123
4	0.0060	71.4185
5	0.0080	95.2246
6	0.0100	119.0308
7	0.0120	142.8370
8	0.0140	166.6431
9	0.0160	190.4493
10	0.0180	214.2554
11	0.0200	238.0616
12	0.0220	261.8678
13	0.0240	285.6739
14	0.0263	312.4916
15	0.0280	317.7023
16	0.0300	322.2979
17	0.0320	325.4295
18	0.0340	327.0970
19	0.0353	327.3959
20	0.0380	326.0400
21	0.0400	323.3155
22	0.0420	319.1270



Función Ajustada:

Comportamiento Elástico

$$y = 11903.08 * x$$

Comportamiento Plástico

$$y = -1.83002 * 10^5 * x^2 + 1.29119 * 10^4 * x + 99.6427$$

Esfuerzo Máximo (σ_{max}): 327.396 Kg/cm2

Módulo de Elasticidad (E): 11903.08 Kg/cm2

TIPO DE ENSAYO: **COMPRESIÓN PARALELA A LA FIBRA.**

EJECUTOR: Bach. Ing. Dimas Gustavo Estacio Castañeda

CÓDIGO DE PROBETA:

C24

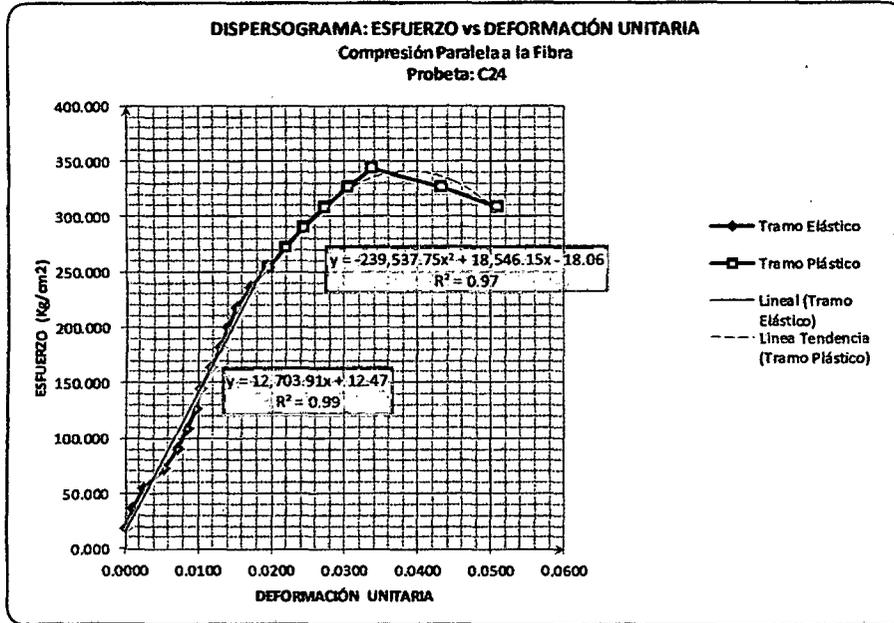
FECHA: 31/01/2013

ALTURA. (H) (mm.)		DIAMETRO EXTERIOR (mm.)		ESPESOR DE PARED (mm.)		ÁREA (cm ²)	VOLUMEN (cm ³)
H1	74.70	ΦD1	70.90	e1	7.10	13.773	102.679
H2	74.40	φD2	72.10	e2	7.30		
---		φD3	71.30	e3	6.50		
---		φD4	72.50	e4	6.20		
---		---	---	e5	6.90		
---		---	---	e6	6.70		
---		---	---	e7	6.80		
---		---	---	e8	6.50		
Hprom	74.55	φ Dprom	71.70	e prom	6.75		

CONTENIDO DE HUMEDAD (C.H%)	40.135
-----------------------------	--------

DENSIDAD BÁSICA (gr/cm ³)	PESO ANHIDRO (gr.)	74.000	0.721
	VOLUMEN PROB. (cm ³)	102.679	

N° DE LECTURA	CARGA (Kg.)	DEFORMACIÓN TOTAL (mm.)	ESFUERZO $\sigma = \frac{P}{A} \left(\frac{Kg}{cm^2} \right)$	DEFORMACIÓN UNITARIA $DU = \frac{DT}{H} \left(\frac{mm}{mm} \right)$
1	250	0.020	18.151	0.0003
2	500	0.080	36.303	0.0011
3	750	0.200	54.454	0.0027
4	1000	0.400	72.605	0.0054
5	1250	0.540	90.756	0.0072
6	1500	0.640	108.908	0.0086
7	1750	0.720	127.059	0.0097
8	2000	0.780	145.210	0.0105
9	2250	0.880	163.362	0.0118
10	2500	0.970	181.513	0.0130
11	2750	1.050	199.664	0.0141
12	3000	1.140	217.815	0.0153
13	3250	1.280	235.967	0.0172
14	3500	1.460	254.118	0.0196
15	3750	1.640	272.269	0.0220
16	4000	1.820	290.420	0.0244
17	4250	2.040	308.572	0.0274
18	4500	2.270	326.723	0.0304
19	4720	2.520	342.696	0.0338
20	4500	3.220	326.723	0.0432
21	4250	3.800	308.572	0.0510

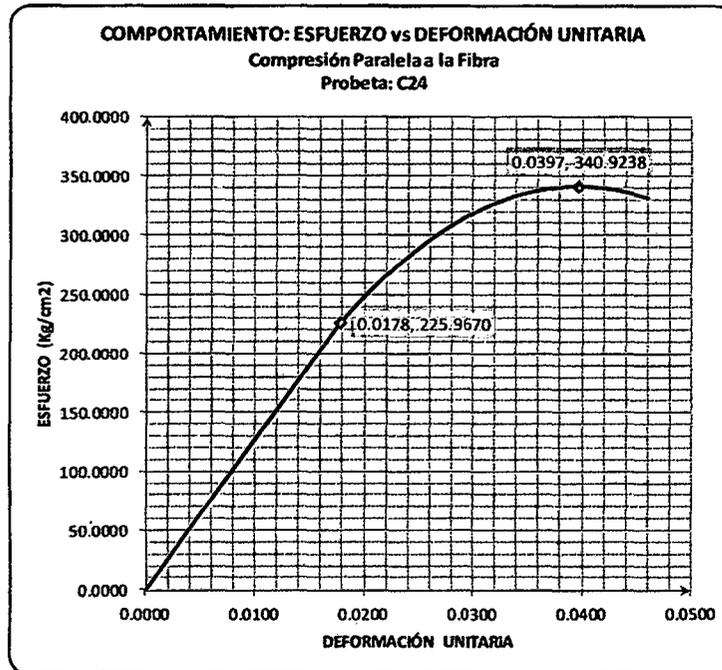


Cont. Humedad (C.H%) = 40.135

Densidad (gr/cm3) = 0.721

TABULACIÓN

N°	x	y
1	0.0000	0.0000
2	0.0020	25.4078
3	0.0040	50.8156
4	0.0060	76.2235
5	0.0080	101.6313
6	0.0100	127.0391
7	0.0120	152.4469
8	0.0140	177.8547
9	0.0160	203.2626
10	0.0178	225.9670
11	0.0200	248.0178
12	0.0220	265.9295
13	0.0240	281.9249
14	0.0260	296.0040
15	0.0280	308.1668
16	0.0300	318.4133
17	0.0320	326.7435
18	0.0340	333.1574
19	0.0360	337.6550
20	0.0380	340.2364
21	0.0397	340.9238
22	0.0420	339.6501
23	0.0440	336.4826
24	0.0460	331.3987



Función Ajustada:

Comportamiento Elástico

$$y = 12703.91 * x$$

Comportamiento Plástico

$$y = -2.39537 * 10^5 * x^2 + 1.90164 * 10^4 * x - 36.4954$$

Esfuerzo Máximo (σ_{max}): 340.924 Kg/cm²

Módulo de Elasticidad (E): 12703.91 Kg/cm²

2.5. Flexión estática.

2.5.1. Contenido de humedad para ensayo a flexión.

N°	CÓDIGO PROBETA	PESO VERDE (gr.)	PESO ANHIDRO (gr.)	CONTENIDO DE HUMEDAD (C.H%)
1	EF-1	164.20	95.00	72.842
2	EF-2	194.60	110.00	76.909
3	EF-3	188.40	116.70	61.440
4	EF-4	136.10	80.20	69.701
5	EF-5	179.80	98.00	83.469
6	EF-6	155.90	91.10	71.131
7	EF-7	143.70	94.40	52.225
8	EF-8	151.60	80.90	87.392
9	EF-9	181.30	112.40	61.299
10	EF-10	190.60	114.00	67.193
11	EF-11	198.00	113.80	73.989
12	EF-12	128.40	76.30	68.283
13	EF-13	99.70	60.40	65.066
14	EF-14	103.30	62.90	64.229
15	EF-15	108.40	66.60	62.763
16	EF-16	116.80	66.50	75.639
17	EF-17	123.50	78.30	57.727
18	EF-18	115.40	69.10	67.004
19	EF-19	110.00	62.10	77.134
20	EF-20	98.80	58.70	68.313

2.5.2. Densidad Básica para ensayo a flexión.

N°	CÓDIGO PROBETA	VOLÚMEN PROB (Método de Inmersión en Agua)				PESO ANHIDRO (gr.)	DENSIDAD BÁSICA (gr./cm ³)
		Peso: Tara+Agua (gr.)	Peso: Tara+Agua+Prob. (gr.)	Peso Prob. (gr.)	Volúmen Prob. (cm ³)		
1	EF-1	3330.80	3482.90	152.10	152.10	95.00	0.625
2	EF-2	3346.70	3523.60	176.90	176.90	110.00	0.622
3	EF-3	3336.70	3506.60	169.90	169.90	116.70	0.687
4	EF-4	2585.60	2712.80	127.20	127.20	80.20	0.631
5	EF-5	3350.90	3512.20	161.30	161.30	98.00	0.608
6	EF-6	3326.80	3468.40	141.60	141.60	91.10	0.643
7	EF-7	2593.80	2736.10	142.30	142.30	94.40	0.663
8	EF-8	3322.30	3467.70	145.40	145.40	80.90	0.556
9	EF-9	3314.70	3478.20	163.50	163.50	112.40	0.687
10	EF-10	3342.30	3517.20	174.90	174.90	114.00	0.652
11	EF-11	2576.60	2781.20	204.60	204.60	113.80	0.556
12	EF-12	2580.30	2697.10	116.80	116.80	76.30	0.653
13	EF-13	2590.90	2681.70	90.80	90.80	60.40	0.665
14	EF-14	3318.30	3416.20	97.90	97.90	62.90	0.642
15	EF-15	2588.60	2687.40	98.80	98.80	66.60	0.674
16	EF-16	3355.40	3467.70	112.30	112.30	66.50	0.592
17	EF-17	3320.10	3451.30	131.20	131.20	78.30	0.597
18	EF-18	3313.40	3415.60	102.20	102.20	69.10	0.676
19	EF-19	3289.10	3383.40	94.30	94.30	62.10	0.659
20	EF-20	2686.30	2773.30	87.00	87.00	58.70	0.675

2.5.3. Datos ensayo a flexión estática.

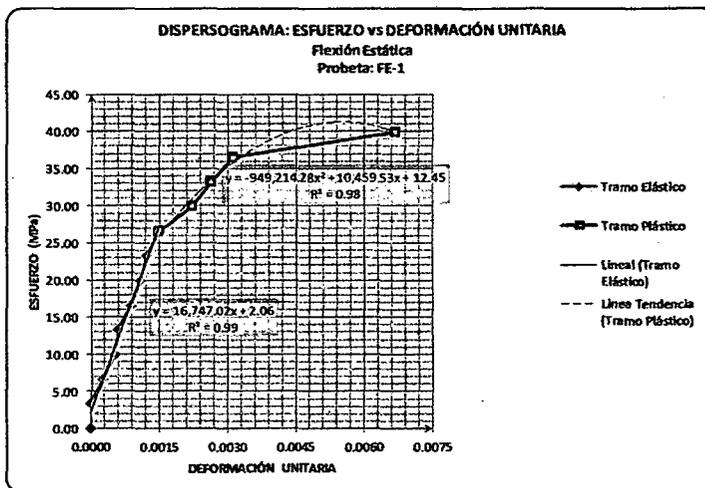
TIPO DE ENSAYO: FLEXIÓN ESTÁTICA

Código Probeta: FE-1

Descripción	Lugar	A		B					
		D1	D2	Dprom	t1	t2	tprom	l	lprom
Diametro exterior (mm)	D1	96.70	94.80						
	D2	96.40	94.60						
	Dprom	96.55	94.70						
Espesor de pared (mm)	t1	10.00	9.40						
	t2	9.60	9.20						
	tprom	9.80	9.30						
I (mm ⁴)	l	2544495.81	2301635.09						
	lprom	2423065.45							

Carga F (Kg)	Carga F (N)	Esfuerzo (MPa)	Deflexión (mm)	Deformación Unitaria
0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000000
50.00	500.00	3.32	0.00	0.0000000
100.00	1000.00	6.64	1.70	0.0002390
150.00	1500.00	9.96	3.70	0.0005203
200.00	2000.00	13.29	4.20	0.0005906
250.00	2500.00	16.61	6.20	0.0008718
300.00	3000.00	19.93	7.70	0.0010827
350.00	3500.00	23.25	8.70	0.0012233
400.00	4000.00	26.57	10.70	0.0015045
450.00	4500.00	29.89	15.70	0.0022076
500.00	5000.00	33.22	18.70	0.0026294
550.00	5500.00	36.54	22.20	0.0031216
600.00	6000.00	39.86	47.70	0.0067072

L (mm)	2020.00
x (mm)	673.33
Mult (N*mm)	2020000
mult (Mpa)	39.86

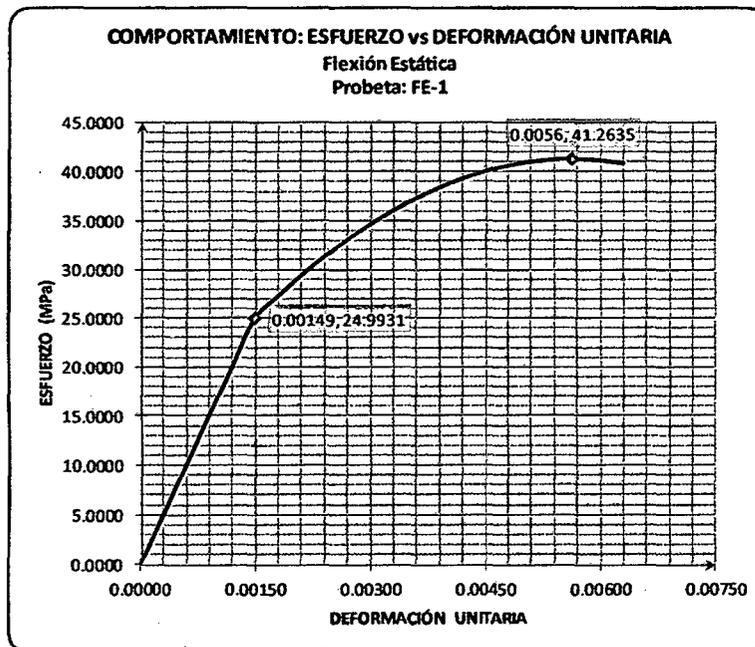


Cont. Humedad (C.H%) = 72.842

Densidad (gr/cm³) = 0.625

TABULACIÓN

N°	X	Y
1	0.00000	0.0000
2	0.00030	5.0241
3	0.00060	10.0482
4	0.00090	15.0723
5	0.00120	20.0964
6	0.00149	24.9931
7	0.00180	27.3209
8	0.00210	29.4183
9	0.00240	31.3447
10	0.00270	33.1003
11	0.00300	34.6851
12	0.00330	36.099
13	0.00360	37.342
14	0.00390	38.4142
15	0.00420	39.3155
16	0.00450	40.0459
17	0.00480	40.6055
18	0.00510	40.9942
19	0.00540	41.2121
20	0.00563	41.2635
21	0.00570	41.2591
22	0.00600	41.1353
23	0.00630	40.8406



Función Ajustada:

Comportamiento Elástico $y = 16747.02 * x$

Comportamiento Plástico $y = -9.49214 * 10^5 * x^2 + 1.0693 * 10^4 * x + 11.149$

Esfuerzo Máximo (σ_{max}): 41.263 MPa

Módulo de Elasticidad (E): 16747.02 MPa

TIPO DE ENSAYO: FLEXIÓN ESTÁTICA

Código Probeta: FE-2

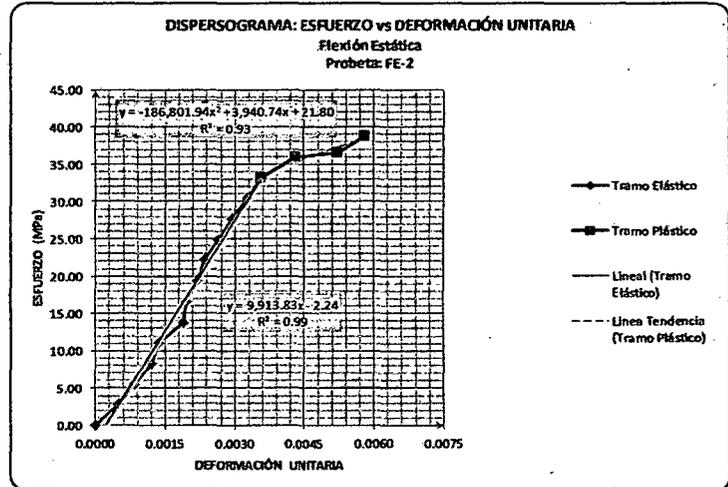
Descripción	Lugar	
	A	B
Diámetro exterior (mm)	D1	104.80
	D2	101.70
	Dprom	103.25
Espesor de pared (mm)	t1	10.40
	t2	10.20
	tprom	10.30
I (mm4)	I	3288104.97
	Iprom	3083235.45

Carga F (Kg)	Carga F (N)	Esfuerzo (MPa)	Deflexión (mm)	Deformación Unitaria
0.00	0.00	0.00	0.00	0.000000
50.00	500.00	2.77	3.30	0.0004994
100.00	1000.00	5.54	5.50	0.0008323
150.00	1500.00	8.30	8.00	0.0012107
200.00	2000.00	11.07	9.00	0.0013620
250.00	2500.00	13.84	12.50	0.0018917
300.00	3000.00	16.61	13.00	0.0019673
350.00	3500.00	19.38	14.50	0.0021943
400.00	4000.00	22.14	15.50	0.0023457
450.00	4500.00	24.91	17.50	0.0026483
500.00	5000.00	27.68	19.50	0.0029510
550.00	5500.00	30.45	21.50	0.0032537
600.00	6000.00	33.21	23.50	0.0035563
650.00	6500.00	35.98	28.50	0.0043130
660.00	6600.00	36.54	34.50	0.0052210
700.00	7000.00	38.75	38.50	0.0058263

L (mm)	2010.00
x (mm)	670.00
Mult (N*mm)	2345000
ult (Mpa)	38.75

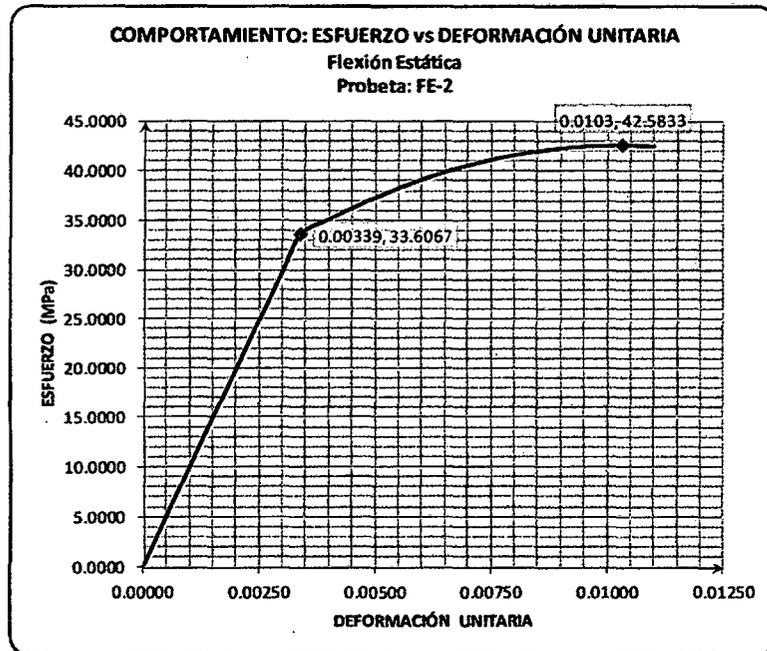
TABULACIÓN

N°	X	Y
1	0.00000	0.0000
2	0.00050	4.9569
3	0.00100	9.9138
4	0.00150	14.8707
5	0.00200	19.8277
6	0.00250	24.7846
7	0.00300	29.7415
8	0.00339	33.6067
9	0.00400	35.1173
10	0.00450	36.2515
11	0.00500	37.2924
12	0.00550	38.2398
13	0.00600	39.0939
14	0.00650	39.8545
15	0.00700	40.5218
16	0.00750	41.0956
17	0.00800	41.5761
18	0.00850	41.9631
19	0.00900	42.2568
20	0.00950	42.457
21	0.01032	42.5833
22	0.01050	42.5773
23	0.01100	42.4974



Cont. Humedad (C.H%) = 76.909

Densidad (gr/cm3) = 0.622



Función Ajustada:

Comportamiento Elástico $y = 9913.83 * x$

Comportamiento Plástico $y = -1.86801 * 10^5 * x^2 + 3856.32 * x + 22.6808$

Esfuerzo Máximo (σ_{max}): 42.583 MPa

Módulo de Elasticidad (E): 9913.83 MPa

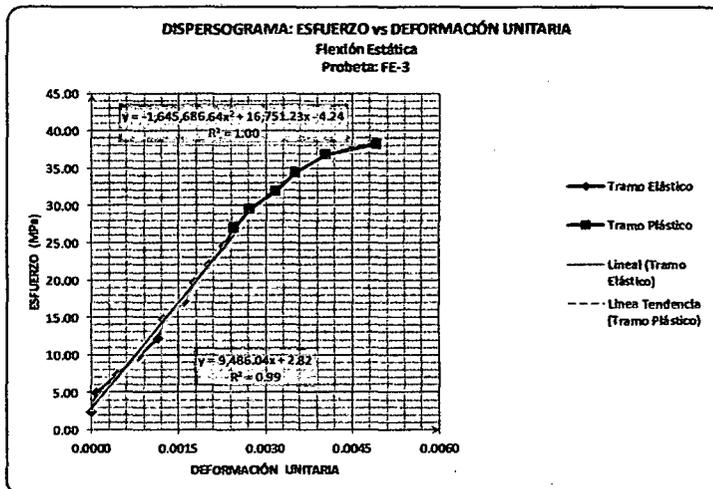
TIPO DE ENSAYO: FLEXIÓN ESTÁTICA

Código Probeta: FE-3

Descripción	Lugar	A	B
		D1	109.90
Diámetro exterior (mm)	D2	108.20	107.30
	Dprom	109.05	107.05
	t1	9.70	8.70
Espesor de pared (mm)	t2	9.50	8.90
	tprom	9.60	8.80
	I (mm ⁴)	3742601.55	3303774.41
	Iprom	3523187.98	

Carga F (Kg)	Carga F (N)	Esfuerzo (MPa)	Deflexión (mm)	Deformación Unitaria
50.00	500.00	2.45	0.00	0.0000000
100.00	1000.00	4.91	0.50	0.0000879
150.00	1500.00	7.36	2.50	0.0004397
200.00	2000.00	9.81	4.50	0.0007914
250.00	2500.00	12.27	6.50	0.0011431
300.00	3000.00	14.72	7.00	0.0012310
350.00	3500.00	17.17	9.00	0.0015828
400.00	4000.00	19.63	10.00	0.0017586
450.00	4500.00	22.08	11.50	0.0020224
500.00	5000.00	24.53	13.00	0.0022862
550.00	5500.00	26.99	14.00	0.0024621
600.00	6000.00	29.44	15.50	0.0027259
650.00	6500.00	31.89	18.00	0.0031655
700.00	7000.00	34.35	20.00	0.0035173
750.00	7500.00	36.80	23.00	0.0040448
780.00	7800.00	38.27	28.00	0.0049242

L (mm)	1920.00
x (mm)	640.00
Mult (N*mm)	2496000
σ (Mpa)	38.27

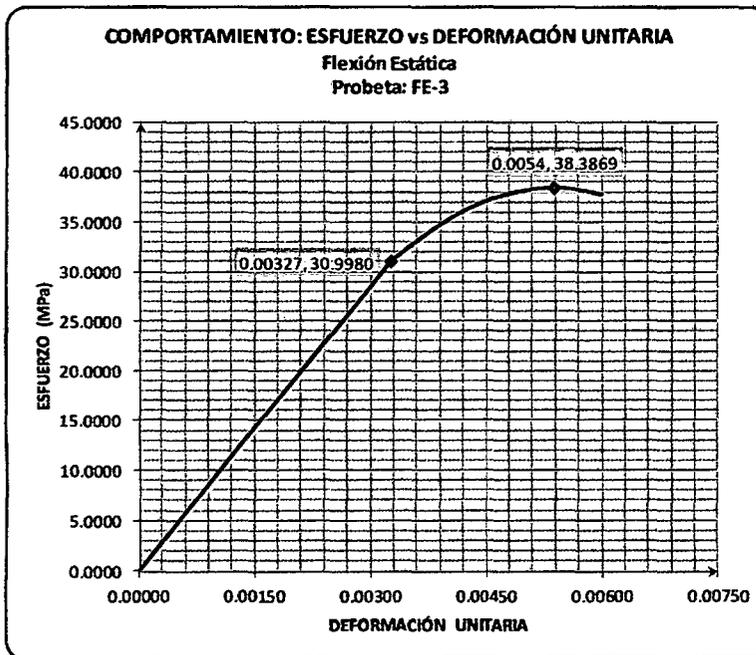


Cont. Humedad (C.H%) = 61.440

Densidad (gr/cm³) = 0.687

TABULACIÓN

N°	X	Y
1	0.00000	0.0000
2	0.00030	2.8458
3	0.00060	5.6916
4	0.00090	8.5374
5	0.00120	11.3832
6	0.00150	14.2291
7	0.00180	17.0749
8	0.00210	19.9207
9	0.00240	22.7665
10	0.00270	25.6123
11	0.00300	28.4581
12	0.00327	30.9980
13	0.00360	33.1333
14	0.00390	34.7494
15	0.00420	36.0693
16	0.00450	37.093
17	0.00480	37.8204
18	0.00510	38.2516
19	0.00539	38.3869
20	0.00570	38.2254
21	0.00600	37.7679



Función Ajustada:

Comportamiento Elástico $y = 9486.04 * x$

Comportamiento Plástico $y = -1.64568 * 10^6 * x^2 + 1.77296 * 10^4 * x - 9.36522$

Esfuerzo Máximo (σ_{max}): 38.387 MPa

Módulo de Elasticidad (E): 9486.04 MPa

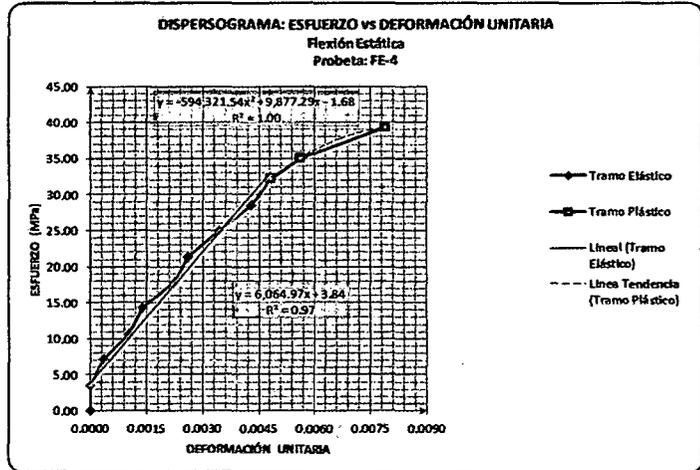
TIPO DE ENSAYO: FLEXIÓN ESTÁTICA

Código Probeta: FE-4

Descripción	Lugar		
	A	B	
Diametro exterior (mm)	D1	94.20	92.10
	D2	94.00	91.70
	Dprom	94.10	91.90
Espesor de pared (mm)	t1	8.50	7.60
	t2	8.70	7.30
	tprom	8.60	7.45
I (mm ⁴)	I	2132202.71	1775750.26
	Iprom	1953976.49	

Carga F (Kg)	Carga F (N)	Esfuerzo (MPa)	Deflexión (mm)	Deformación Unitaria
0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000000
50.00	500.00	3.57	0.00	0.0000000
100.00	1000.00	7.14	2.00	0.0034444
150.00	1500.00	10.71	6.00	0.0103333
200.00	2000.00	14.28	8.00	0.0137778
250.00	2500.00	17.85	13.00	0.0223889
300.00	3000.00	21.42	15.00	0.0258333
350.00	3500.00	24.99	20.00	0.0344444
400.00	4000.00	28.56	25.00	0.0430556
450.00	4500.00	32.13	28.00	0.0482222
490.00	4900.00	34.98	32.50	0.0559722
550.00	5500.00	39.27	46.00	0.0792222

L (mm)	1800.00
x (mm)	600.00
Mult (N*mm)	1650000
σ_{ult} (Mpa)	39.27

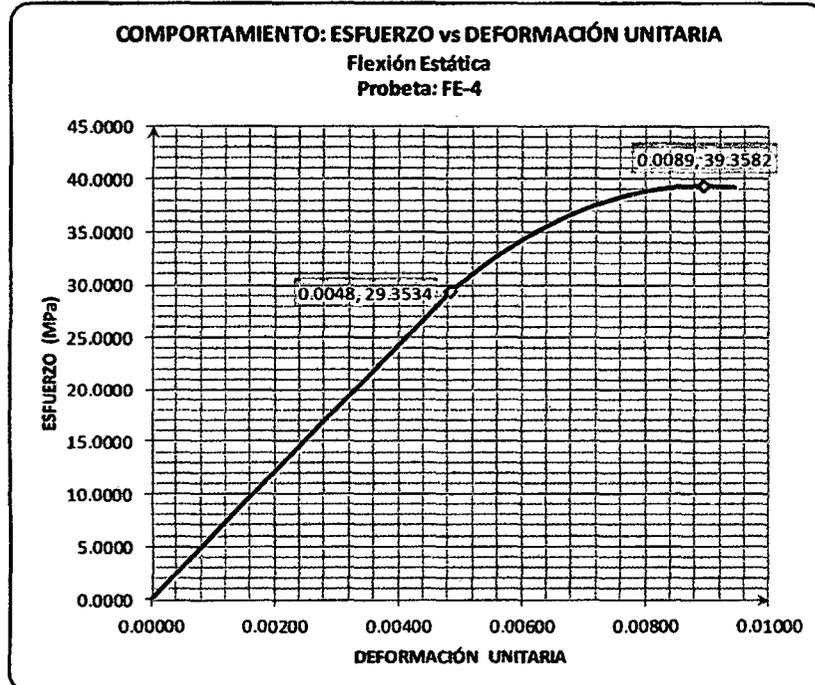


Cont. Humedad (C.H%) = 69.701

Densidad (gr/cm³) = 0.631

TABULACIÓN

N°	X	Y
1	0.00000	0.0000
2	0.00050	3.0325
3	0.00100	6.0650
4	0.00150	9.0975
5	0.00200	12.1299
6	0.00250	15.1624
7	0.00300	18.1949
8	0.00350	21.2274
9	0.00400	24.2599
10	0.00450	27.2924
11	0.00484	29.3534
12	0.00500	30.119
13	0.00550	32.3137
14	0.00600	34.2113
15	0.00650	35.8116
16	0.00700	37.1149
17	0.00750	38.121
18	0.00800	38.8299
19	0.00850	39.2416
20	0.00894	39.3582
21	0.00900	39.3562
22	0.00944	39.2095



Función Ajustada:

Comportamiento Elástico $y = 6064.97 * x$

Comportamiento Plástico $y = -5.94321 * 10^5 * x^2 + 1.06298 * 10^4 * x - 8.17199$

Esfuerzo Máximo (σ_{max}): 39.358 MPa

Módulo de Elasticidad (E): 6064.97 MPa

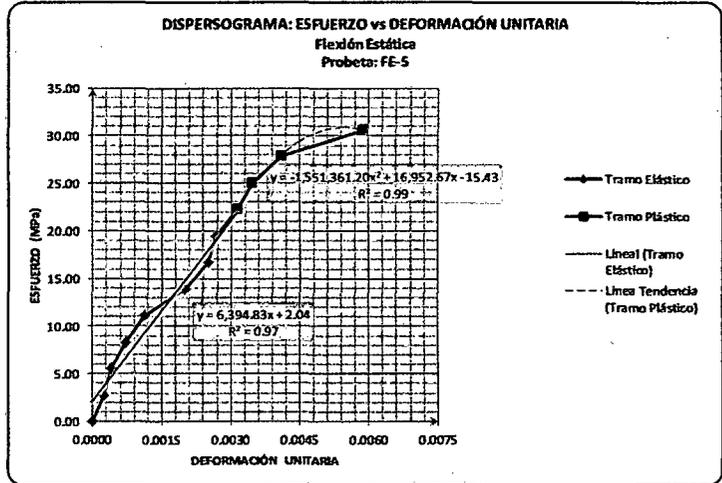
TIPO DE ENSAYO: FLEXIÓN ESTÁTICA

Código Probeta: FE-5

Descripción	Lugar		A	B
	D1	D2		
Diámetro exterior (mm)	D1	D2	102.40	100.10
	Dprom		101.90	99.70
Espesor de pared (mm)	t1		102.15	99.90
	t2		10.00	9.10
	tprom		10.30	9.30
I (mm ⁴)	I		3141547.73	2723422.84
	Iprom		2932485.29	

Carga F (Kg)	Carga F (N)	Esfuerzo (MPa)	Deflexión (mm)	Deformación Unitaria
0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000000
50.00	500.00	2.78	1.50	0.0002416
100.00	1000.00	5.57	2.50	0.0004026
150.00	1500.00	8.35	4.50	0.0007248
200.00	2000.00	11.14	7.00	0.0011274
250.00	2500.00	13.92	12.50	0.0020132
300.00	3000.00	16.71	15.50	0.0024964
350.00	3500.00	19.49	16.50	0.0026574
400.00	4000.00	22.28	19.50	0.0031406
450.00	4500.00	25.06	21.50	0.0034627
500.00	5000.00	27.85	25.50	0.0041069
550.00	5500.00	30.63	36.50	0.0058785

L (mm)	1940.00
x (mm)	646.67
Mult (N*mm)	1778333.333
σ ult (Mpa)	30.63

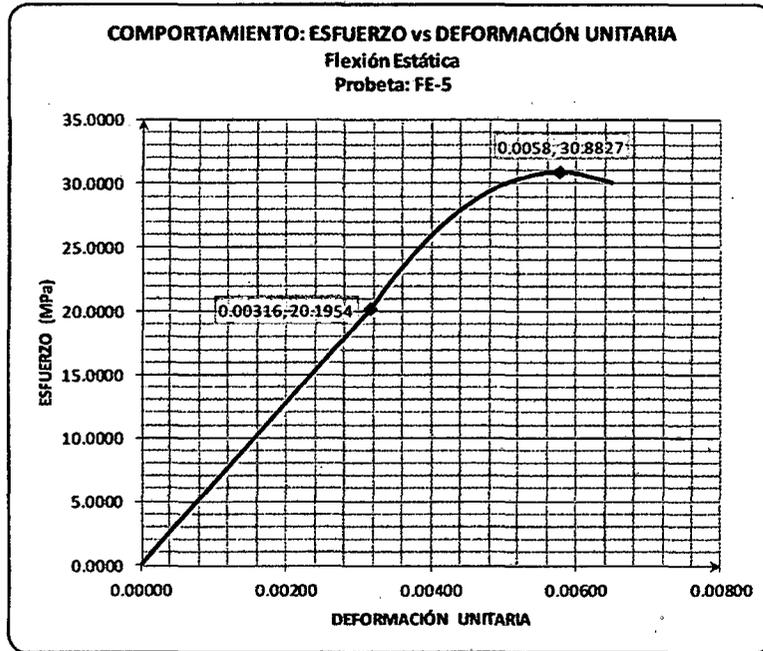


Cont. Humedad (C.H%) = 83.469

Densidad (gr/cm3) = 0.608

TABULACIÓN

N°	X	Y
1	0.00000	0.0000
2	0.00050	3.1974
3	0.00100	6.3948
4	0.00150	9.5922
5	0.00200	12.7897
6	0.00250	15.9871
7	0.00300	19.1845
8	0.00316	20.1954
9	0.00350	22.7983
10	0.00400	25.9519
11	0.00450	28.3299
12	0.00500	29.9321
13	0.00550	30.7587
14	0.00578	30.8827
15	0.00600	30.8095
16	0.00650	30.0847



Función Ajustada:

Comportamiento Elástico $y = 6394.83*x$

Comportamiento Plástico $y = -1.55136*10^6*x^2 + 1.79424*10^4*x - 20.9959$

Esfuerzo Máximo (σ_{max}) : 30.883 MPa

Módulo de Elasticidad (E): 6394.83 MPa

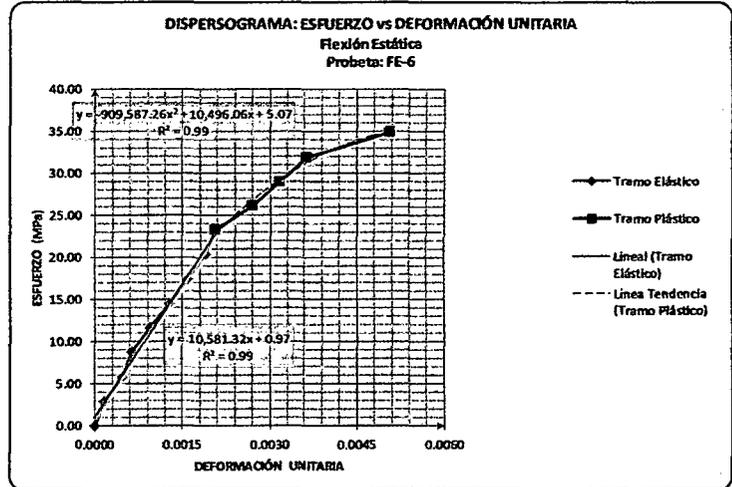
TIPO DE ENSAYO: FLEXIÓN ESTÁTICA

Código Probeta: FE-6

Descripción	Lugar		A	B
	Diametro exterior (mm)	D1		100.90
D2			99.80	98.60
Dprom			100.35	98.55
Espesor de pared (mm)	t1		10.00	9.50
	t2		9.70	9.30
	tprom		9.85	9.40
I (mm ⁴)	I		2901057.35	2644560.30
	Iprom		2772808.83	

Carga F (Kg)	Carga F (N)	Esfuerzo (MPa)	Deflexión (mm)	Deformación Unitaria
0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000000
50.00	500.00	2.90	1.00	0.0001585
100.00	1000.00	5.80	3.00	0.0004756
150.00	1500.00	8.70	4.00	0.0006342
200.00	2000.00	11.60	6.00	0.0009513
250.00	2500.00	14.50	8.00	0.0012684
300.00	3000.00	17.40	10.00	0.0015855
350.00	3500.00	20.29	12.00	0.0019025
400.00	4000.00	23.19	13.00	0.0020611
450.00	4500.00	26.09	17.00	0.0026953
500.00	5000.00	28.99	20.00	0.0031709
550.00	5500.00	31.89	23.00	0.0036465
600.00	6000.00	34.79	32.00	0.0050734

L (mm)	1940.00
x (mm)	646.67
Mult (N*mm)	1940000.00
σ ult (Mpa)	34.79

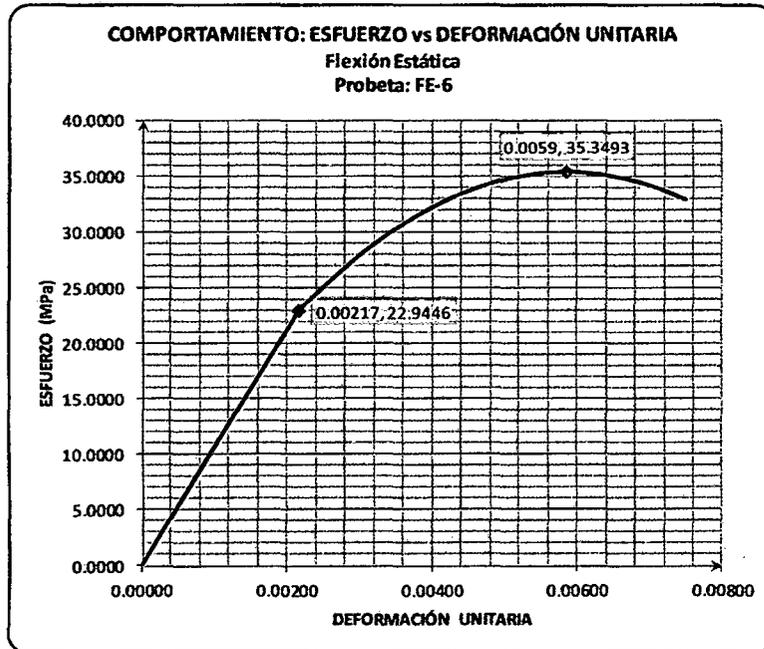


Cont. Humedad (C.H%) = 71.131

Densidad (gr/cm³) = 0.643

TABULACIÓN

N°	X	Y
1	0.00000	0.0000
2	0.00050	5.2907
3	0.00100	10.5813
4	0.00150	15.8720
5	0.00200	21.1626
6	0.00217	22.9446
7	0.00250	25.0723
8	0.00300	27.9023
9	0.00350	30.2775
10	0.00400	32.198
11	0.00450	33.6636
12	0.00500	34.6745
13	0.00550	35.2306
14	0.00586	35.3493
15	0.00600	35.3318
16	0.00650	34.9783
17	0.00700	34.17
18	0.00750	32.9069



Función Ajustada:

Comportamiento Elástico $y = 10581.32 \cdot x$
Comportamiento Plástico $y = -9.09587 \cdot 10^5 \cdot x^2 + 1.06628 \cdot 10^4 \cdot x + 4.10017$

Esfuerzo Máximo (σ_{max}): 35.349 MPa

Módulo de Elasticidad (E): 10581.32 MPa

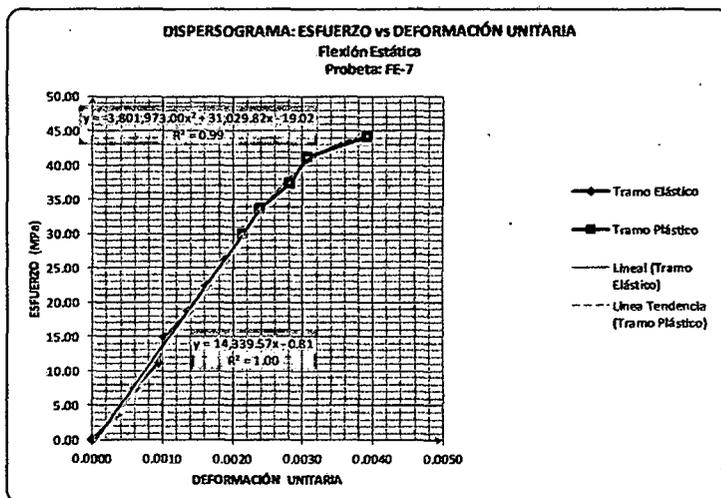
TIPO DE ENSAYO: FLEXIÓN ESTÁTICA

Código Probeta: FE-7

Descripción	Lugar	
	A	B
Diametro exterior (mm)	D1	91.40
	D2	90.90
	Dprom	89.30
Espesor de pared (mm)	t1	8.70
	t2	8.50
	tprom	7.70
	I (mm4)	1920426.60
Iprom	1657566.92	
		1788996.76

Carga F (Kg)	Carga F (N)	Esfuerzo (MPa)	Deflexión (mm)	Deformación Unitaria
0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000000
50.00	500.00	3.74	2.00	0.0003417
100.00	1000.00	7.48	3.50	0.0005980
150.00	1500.00	11.22	5.50	0.0009397
200.00	2000.00	14.96	6.00	0.0010252
250.00	2500.00	18.70	8.00	0.0013669
300.00	3000.00	22.44	9.50	0.0016232
350.00	3500.00	26.18	11.00	0.0018795
400.00	4000.00	29.92	12.50	0.0021357
450.00	4500.00	33.66	14.00	0.0023920
500.00	5000.00	37.40	16.50	0.0028192
550.00	5500.00	41.15	18.00	0.0030755
590.00	5900.00	44.14	23.00	0.0039298

L (mm)	1780.00
x (mm)	593.33
Mult (N*mm)	1750333.333
σ ult (Mpa)	44.14

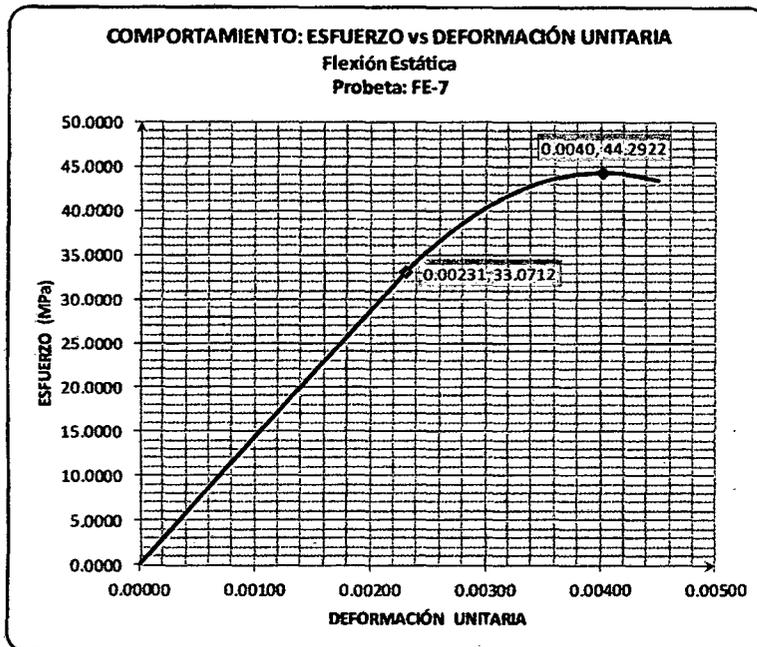


Cont. Humedad (C.H%) = 52.225

Densidad (gr/cm3) = 0.663

TABULACIÓN

N°	X	Y
1	0.00000	0.0000
2	0.00025	3.5849
3	0.00050	7.1698
4	0.00075	10.7547
5	0.00100	14.3396
6	0.00125	17.9245
7	0.00150	21.5094
8	0.00175	25.0942
9	0.00200	28.6791
10	0.00225	32.2640
11	0.00231	33.0712
12	0.00250	35.4589
13	0.00275	38.1189
14	0.00300	40.3036
15	0.00325	42.013
16	0.00350	43.2473
17	0.00375	44.0062
18	0.00402	44.2922
19	0.00425	44.0985
20	0.00450	43.4317



Función Ajustada:

Comportamiento Elástico $y = 14339.57 * x$

Comportamiento Plástico $y = -3.80197 * 10^6 * x^2 + 31.06002 * 10^4 * x - 17.2793$

Esfuerzo Máximo (σmax): 44.292 MPa

Módulo de Elasticidad (E): 14339.57 MPa

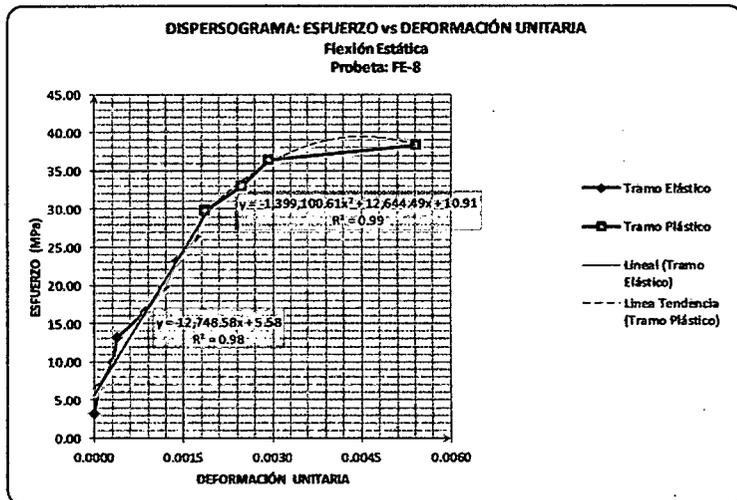
TIPO DE ENSAYO: FLEXIÓN ESTÁTICA

Código Probeta: FE-8

Descripción	Lugar		A	B
	D1	D2		
Diametro exterior (mm)	D1	D2	96.80	94.20
	D2	D2	95.80	95.10
Espesor de pared (mm)	Dprom		96.30	94.65
	t1		9.40	8.40
	t2		9.70	8.60
	tprom		9.55	8.50
I (mm ⁴)	I		2478011.38	2155023.37
	Iprom		2316517.38	

Carga F (Kg)	Carga F (N)	Esfuerzo (MPa)	Deflexión (mm)	Deformación Unitaria
50.00	500.00	3.31	0.00	0.0000000
100.00	1000.00	6.61	0.50	0.0000773
150.00	1500.00	9.92	2.00	0.0003092
200.00	2000.00	13.22	2.50	0.0003865
250.00	2500.00	16.53	5.50	0.0008502
300.00	3000.00	19.83	7.50	0.0011594
350.00	3500.00	23.14	9.00	0.0013913
400.00	4000.00	26.45	11.00	0.0017005
450.00	4500.00	29.75	12.00	0.0018551
500.00	5000.00	33.06	16.00	0.0024734
550.00	5500.00	36.36	19.00	0.0029372
580.00	5800.00	38.35	35.00	0.0054106

L (mm)	1925.00
x (mm)	641.67
Mult (N*mm)	1860833.333
σ ult (Mpa)	38.35

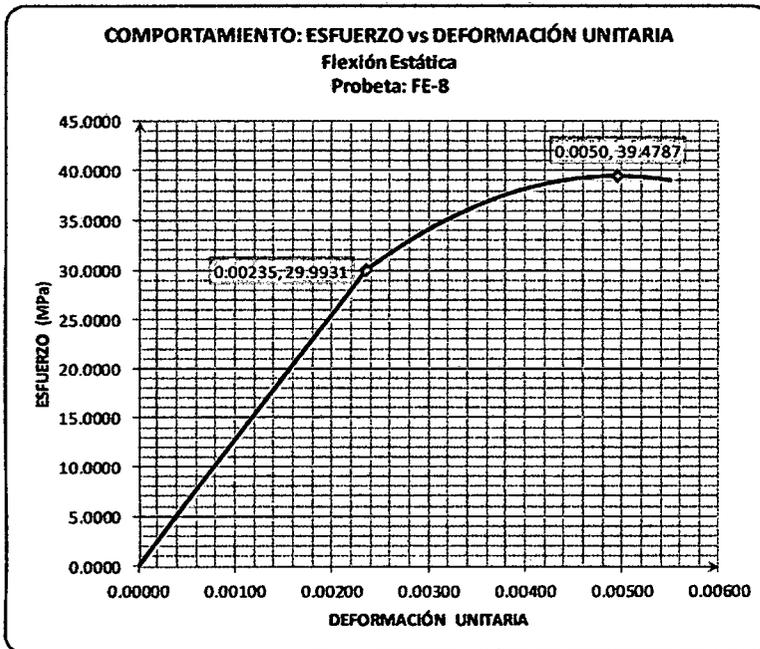


Cont. Humedad (C.H%) = 87.392

Densidad (gr/cm3) = 0.556

TABULACIÓN

N°	X	Y
1	0.00000	0.0000
2	0.00025	3.1871
3	0.00050	6.3743
4	0.00075	9.5614
5	0.00100	12.7486
6	0.00125	15.9357
7	0.00150	19.1229
8	0.00175	22.3100
9	0.00200	25.4972
10	0.00225	28.6843
11	0.00235	29.9931
12	0.00250	31.0361
13	0.00275	32.6671
14	0.00300	34.1232
15	0.00325	35.4044
16	0.00350	36.5107
17	0.00375	37.4422
18	0.00400	38.1987
19	0.00425	38.7804
20	0.00450	39.1871
21	0.00475	39.419
22	0.00496	39.4787
23	0.00525	39.3581
24	0.00550	39.0653



Función Ajustada:

Comportamiento Elástico $y = 12748.58x$

Comportamiento Plástico $y = -1.3991 \cdot 10^6 x^2 + 1.38692 \cdot 10^4 x + 5.10752$

Esfuerzo Máximo (σ_{max}): 39.479 MPa

Módulo de Elasticidad (E): 12748.58 MPa

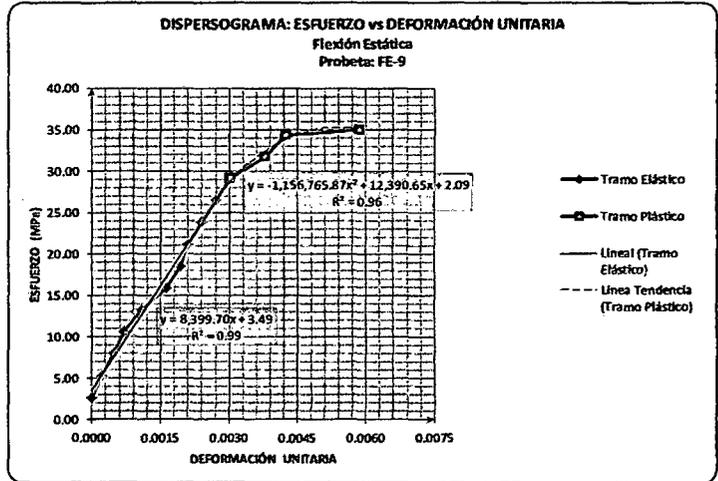
TIPO DE ENSAYO: FLEXIÓN ESTÁTICA

Código Probeta: FE-9

Descripción	Lugar	A	B
		D1	105.00
Diametro exterior (mm)	D2	103.40	102.30
	Dprom	104.20	101.70
Espesor de pared (mm)	t1	10.50	9.80
	t2	10.30	10.30
	tprom	10.40	10.05
I (mm ⁴)	I	3411992.06	3074782.38
	Iprom	3243387.22	

Carga F (Kg)	Carga F (N)	Esfuerzo (MPa)	Deflexión (mm)	Deformación Unitaria
50.00	500.00	2.65	0.00	0.0000000
100.00	1000.00	5.29	1.50	0.0002316
150.00	1500.00	7.94	3.00	0.0004633
200.00	2000.00	10.58	4.50	0.0006949
250.00	2500.00	13.23	7.00	0.0010810
300.00	3000.00	15.87	10.50	0.0016215
350.00	3500.00	18.52	12.50	0.0019303
400.00	4000.00	21.16	13.50	0.0020847
450.00	4500.00	23.81	15.50	0.0023936
500.00	5000.00	26.45	17.50	0.0027024
550.00	5500.00	29.10	19.50	0.0030113
600.00	6000.00	31.74	24.50	0.0037834
650.00	6500.00	34.39	27.50	0.0042467
660.00	6600.00	34.92	28.00	0.0059582

L (mm)	2000.00
x (mm)	666.67
Mult (N*mm)	2200000
σ uit (Mpa)	34.92

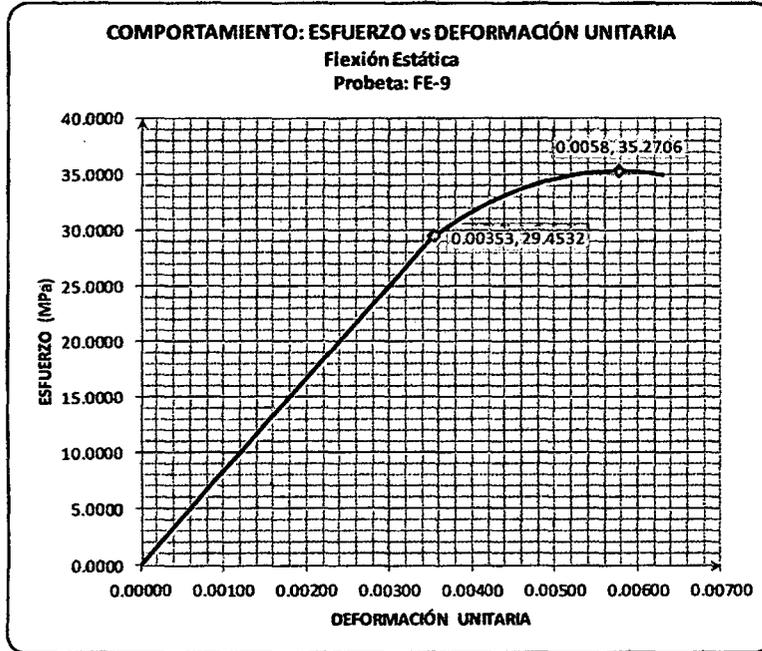


Cont. Humedad (C.H%) = 61.299

Densidad (gr/cm3) = 0.687

TABULACIÓN

N°	X	Y
1	0.00000	0.0000
2	0.00030	2.5019
3	0.00060	5.0038
4	0.00090	7.5057
5	0.00120	10.0076
6	0.00150	12.5096
7	0.00180	15.0115
8	0.00210	17.5134
9	0.00240	20.0153
10	0.00270	22.5172
11	0.00300	25.0191
12	0.00330	27.5210
13	0.00353	29.4532
14	0.00360	29.8023
15	0.00390	31.2072
16	0.00420	32.4039
17	0.00450	33.3924
18	0.00480	34.1727
19	0.00510	34.7447
20	0.00540	35.1086
21	0.00570	35.2642
22	0.00577	35.2706
23	0.00600	35.2116
24	0.00630	34.9508



Función Ajustada:

Comportamiento Elástico $y = 8339.7 * x$
Comportamiento Plástico $y = -1.15676 * 10^6 * x^2 + 1.33588 * 10^4 * x - 3.29782$

Esfuerzo Máximo (σ_{max}): 35.271 MPa

Módulo de Elasticidad (E): 8339.7 MPa

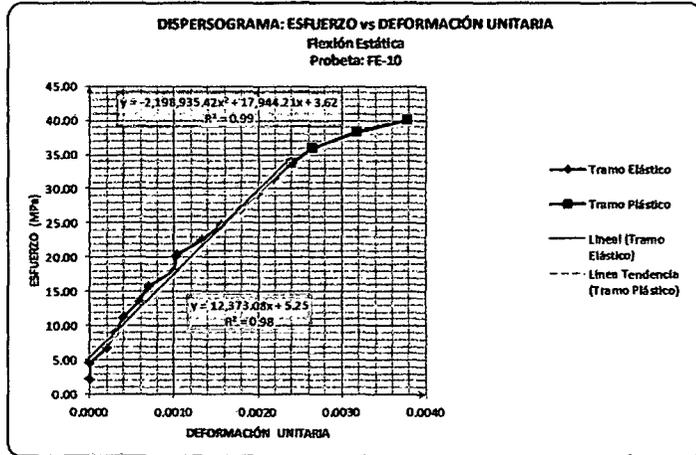
TIPO DE ENSAYO: FLEXIÓN ESTÁTICA

Código Probeta: FE-10

Descripción	Lugar		
		A	B
Diametro exterior (mm)	D1	109.90	107.80
	D2	109.30	108.10
	Dprom	109.60	107.95
Espesor de pared (mm)	t1	9.70	9.10
	t2	9.40	9.20
	tprom	9.55	9.15
I (mm ⁴)	I	3790125.02	3495109.71
	Iprom	3642617.37	

Carga F (Kg)	Carga F (N)	Esfuerzo (MPa)	Deflexión (mm)	Deformación Unitaria
50.00	500.00	2.25	0.00	0.000000
100.00	1000.00	4.50	0.00	0.000000
150.00	1500.00	6.76	1.00	0.0001992
200.00	2000.00	9.01	1.50	0.0002988
250.00	2500.00	11.26	2.00	0.0003984
300.00	3000.00	13.51	3.00	0.0005976
350.00	3500.00	15.76	3.50	0.0006973
400.00	4000.00	18.02	5.00	0.0009961
450.00	4500.00	20.27	5.20	0.0010359
500.00	5000.00	22.52	6.70	0.0013347
550.00	5500.00	24.77	7.80	0.0015539
600.00	6000.00	27.02	9.00	0.0017929
650.00	6500.00	29.28	10.00	0.0019922
700.00	7000.00	31.53	11.00	0.0021914
750.00	7500.00	33.78	12.00	0.0023906
800.00	8000.00	36.03	13.30	0.0026496
850.00	8500.00	38.29	16.00	0.0031874
890.00	8900.00	40.09	19.00	0.0037851

L (mm)	1810.00
x (mm)	603.33
Mult (N*mm)	2684833.333
σ ult (Mpa)	40.09

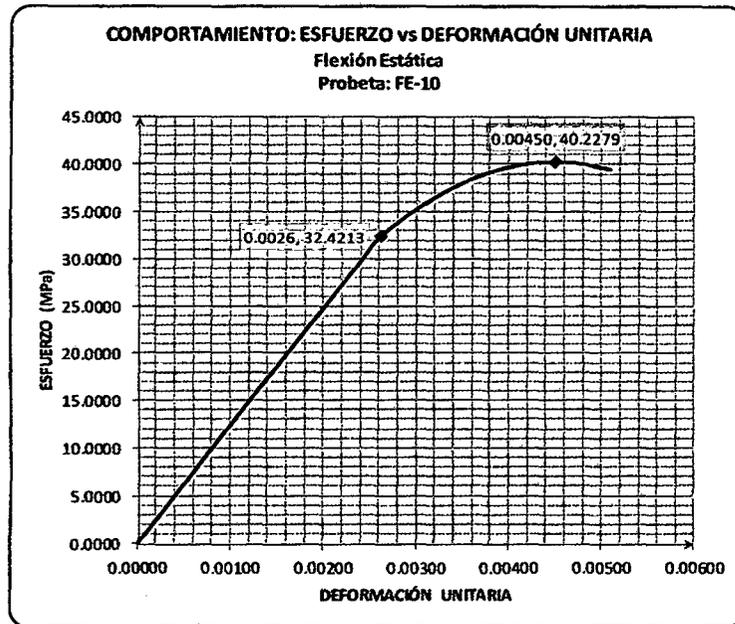


Cont. Humedad (C.H%) = 67.193

Densidad (gr/cm³) = 0.652

TABULACIÓN

N°	X	Y
1	0.00000	0.0000
2	0.00090	3.7119
3	0.00060	7.4238
4	0.00090	11.1358
5	0.00120	14.8477
6	0.00150	18.5596
7	0.00180	22.2715
8	0.00210	25.9835
9	0.00240	29.6954
10	0.00262	32.4213
11	0.00300	35.2505
12	0.00330	37.0376
13	0.00360	38.4288
14	0.00390	39.4243
15	0.00420	40.0240
16	0.00450	40.2279
17	0.00480	40.0359
18	0.00510	39.4481



Función Ajustada:

Comportamiento Elástico $y = 12373.08 \cdot x$
Comportamiento Plástico $y = -2.19893 \cdot 10^6 \cdot x^2 + 1.98102 \cdot 10^4 \cdot x - 4.38976$

Esfuerzo Máximo (σ_{max}): 40.228 MPa

Módulo de Elasticidad (E): 12373.08 MPa

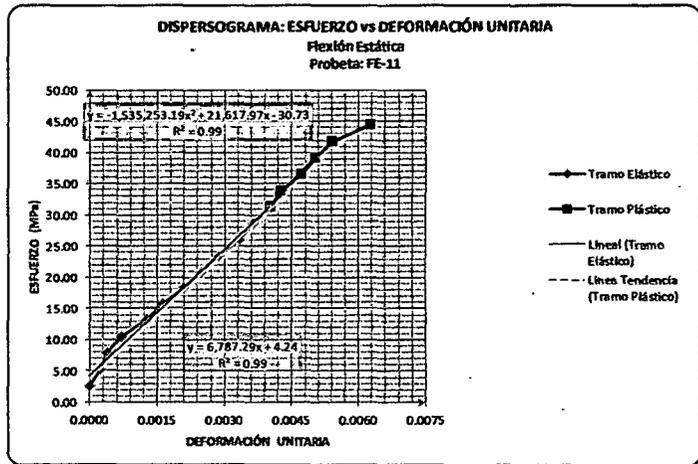
TIPO DE ENSAYO: FLEXIÓN ESTÁTICA

Código Probeta: FE-11

Descripción	Lugar		
		A	B
Diámetro exterior (mm)	D1	94.40	93.70
	D2	95.30	93.30
Espesor de pared (mm)	Dprom	94.85	93.50
	t1	14.10	13.30
t2	t2	13.70	13.20
	tprom	13.90	13.25
I (mm ⁴)	I	2980884.29	2762432.56
	Iprom	2871658.43	

Carga F (Kg)	Carga F (N)	Esfuerzo (MPa)	Deflexión (mm)	Deformación Unitaria
50.00	500.00	2.61	0.00	0.000000
100.00	1000.00	5.22	1.50	0.0002323
150.00	1500.00	7.83	2.50	0.0003872
200.00	2000.00	10.44	4.50	0.0006970
250.00	2500.00	13.05	8.00	0.0012391
300.00	3000.00	15.66	10.50	0.0016263
350.00	3500.00	18.27	13.50	0.0020910
400.00	4000.00	20.88	16.00	0.0024782
450.00	4500.00	23.49	18.50	0.0028654
500.00	5000.00	26.10	21.50	0.0033301
550.00	5500.00	28.71	23.50	0.0036399
600.00	6000.00	31.32	26.00	0.0040271
650.00	6500.00	33.93	27.50	0.0042594
700.00	7000.00	36.54	30.50	0.0047241
750.00	7500.00	39.15	32.50	0.0050339
800.00	8000.00	41.76	35.00	0.0054211
850.00	8500.00	44.37	40.50	0.0062730

L (mm)	1910.00
x (mm)	636.67
Mult (N*mm)	2705833.333
σ ult (Mpa)	44.37

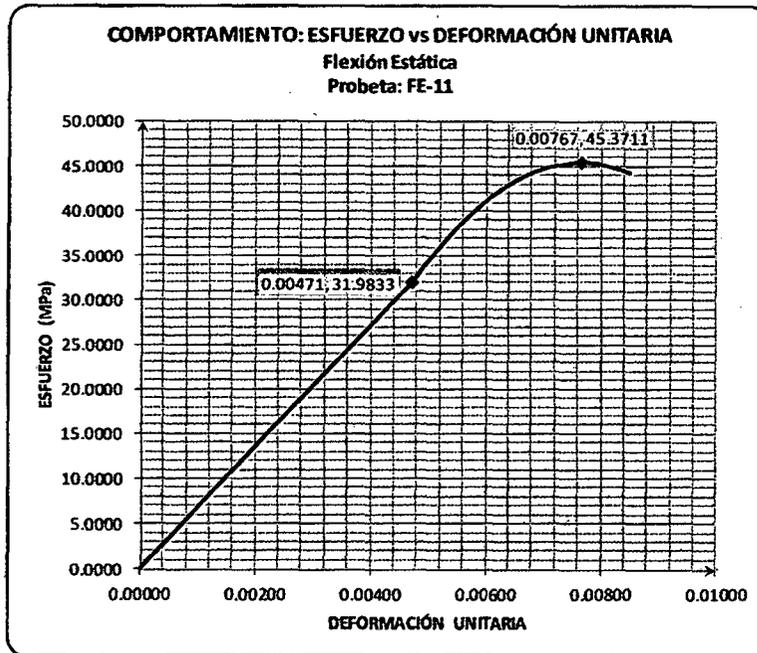


Cont. Humedad (C.H%) = 73.989

Densidad (gr/cm³) = 0.556

TABULACIÓN

N°	X	Y
1	0.00000	0.0000
2	0.00050	3.3936
3	0.00100	6.7873
4	0.00150	10.1809
5	0.00200	13.5746
6	0.00250	16.9682
7	0.00300	20.3619
8	0.00350	23.7555
9	0.00400	27.1492
10	0.00450	30.5428
11	0.00471	31.9833
12	0.00500	34.4655
13	0.00550	38.1734
14	0.00600	41.1138
15	0.00650	43.2865
16	0.00700	44.6917
17	0.00750	45.3291
18	0.00767	45.3711
19	0.00800	45.1990
20	0.00850	44.3012



Función Ajustada:

Comportamiento Elástico $y = 6787.29 * x$

Comportamiento Plástico $y = -1.53525 * 10^6 * x^2 + 2.35361 * 10^4 * x - 44.8338$

Esfuerzo Máximo (σ_{max}): 45.371 MPa

Módulo de Elasticidad (E): 6787.29 MPa

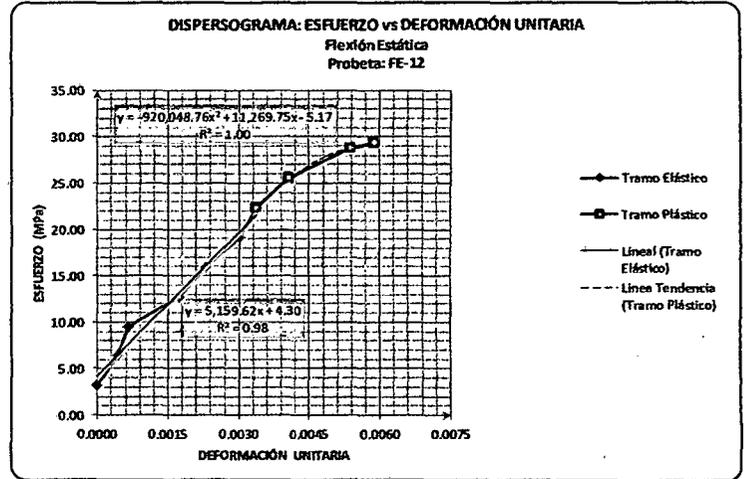
TIPO DE ENSAYO: FLEXIÓN ESTÁTICA

Código Probeta: FE-12

Descripción	Lugar		A	B
	Diametro exterior (mm)	D1		95.20
D2			95.00	94.30
Dprom			95.10	94.45
Espesor de pared (mm)	t1		10.60	10.20
	t2		10.30	9.80
	tprom		10.45	10.00
	I (mm ⁴)		2527118.98	2398314.30
		Iprom	2462716.64	

Carga F (Kg)	Carga F (N)	Esfuerzo (MPa)	Deflexión (mm)	Deformación Unitaria
50.00	500.00	3.19	0.00	0.0000000
100.00	1000.00	6.38	3.00	0.0004308
150.00	1500.00	9.57	4.50	0.0006462
200.00	2000.00	12.76	12.00	0.0017231
250.00	2500.00	15.95	16.00	0.0022975
300.00	3000.00	19.15	21.00	0.0030155
350.00	3500.00	22.34	23.50	0.0033745
400.00	4000.00	25.53	28.30	0.0040637
450.00	4500.00	28.72	37.50	0.0053848
460.00	4600.00	29.36	41.00	0.0058874

L (mm)	1990.00
x (mm)	663.33
Mult (N*mm)	1525666.667
σ ult (Mpa)	29.36

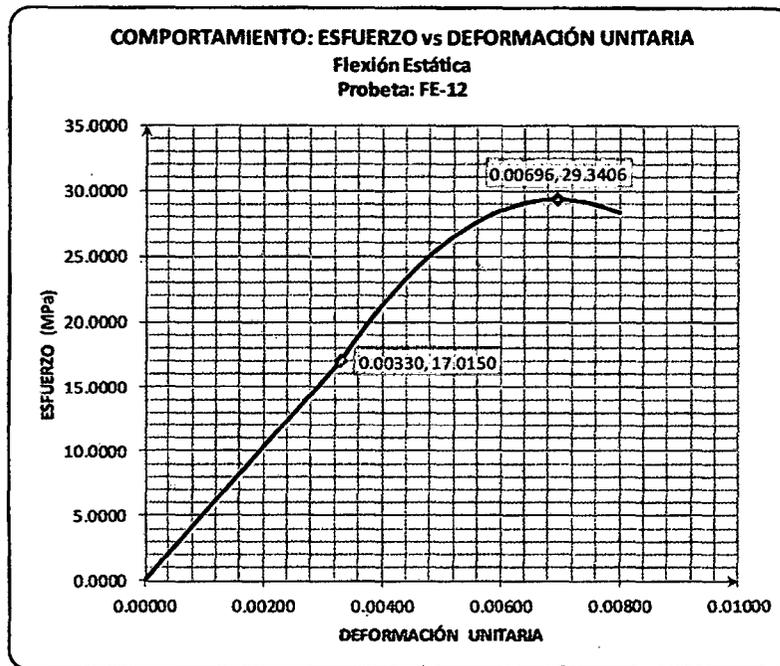


Cont. Humedad (C.H%) = 68.283

Densidad (gr/cm³) = 0.653

TABULACIÓN

N°	X	Y
1	0.00000	0.0000
2	0.00050	2.5798
3	0.00100	5.1596
4	0.00150	7.7394
5	0.00200	10.3192
6	0.00250	12.8991
7	0.00300	15.4789
8	0.00330	17.0150
9	0.00350	18.3395
10	0.00400	21.2909
11	0.00450	23.7823
12	0.00500	25.8137
13	0.00550	27.3850
14	0.00600	28.4964
15	0.00650	29.1477
16	0.00696	29.3406
17	0.00750	29.0702
18	0.00800	28.3414



Función Ajustada:

Comportamiento Elástico $y = 5159.62 * x$

Comportamiento Plástico $y = -9.20048 * 10^5 * x^2 + 11.28032 * 10^4 * x - 15.2011$

Esfuerzo Máximo (σ_{max}): 29.341 MPa

Módulo de Elasticidad (E): 5159.62 MPa

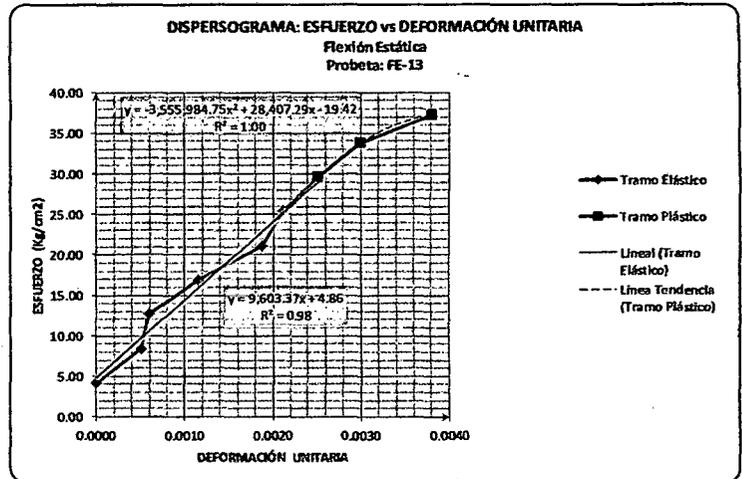
TIPO DE ENSAYO: FLEXIÓN ESTÁTICA

Código Probeta: FE-13

Descripción	Lugar		A	B
	D1	D2		
Diametro exterior (mm)	D1	D2	87.80	86.30
	D2	Dprom	86.50	86.00
	Dprom		87.15	86.15
Espesor de pared (mm)	t1	t2	8.30	7.80
	t2	tprom	8.00	7.70
	tprom		8.15	7.75
I (mm ⁴)	I		1594764.31	1480924.72
	Iprom		1537844.52	

Carga F (Kg)	Carga F (N)	Esfuerzo (MPa)	Deflexión (mm)	Deformación Unitaria
50.00	500.00	4.23	0.00	0.0000000
100.00	1000.00	8.45	3.20	0.0005135
150.00	1500.00	12.68	3.70	0.0005937
200.00	2000.00	16.90	7.20	0.0011553
250.00	2500.00	21.13	11.70	0.0018774
300.00	3000.00	25.36	13.20	0.0021181
350.00	3500.00	29.58	15.70	0.0025193
400.00	4000.00	33.81	18.70	0.0030007
440.00	4400.00	37.19	23.70	0.0038030

L (mm)	1800.00
x (mm)	600.00
Mult (N*mm)	1320000
σ ult (Mpa)	37.19

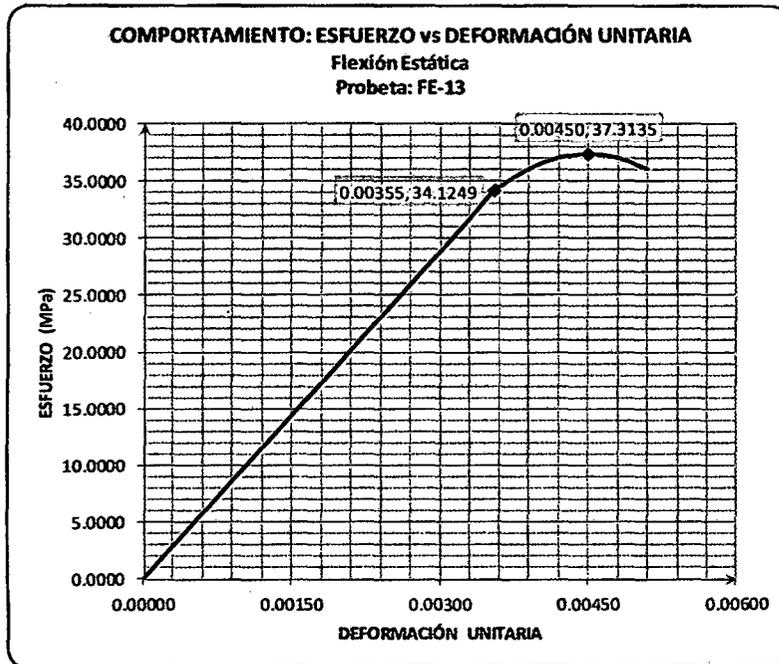


Cont. Humedad (C.H%) = 65.066

Densidad (gr/cm³) = 0.665

TABULACIÓN

N°	X	Y
1	0.00000	0.0000
2	0.00030	2.8810
3	0.00060	5.7620
4	0.00090	8.6430
5	0.00120	11.5240
6	0.00150	14.4051
7	0.00180	17.2861
8	0.00210	20.1671
9	0.00240	23.0481
10	0.00270	25.9291
11	0.00300	28.8101
12	0.00330	31.6911
13	0.00355	34.1249
14	0.00390	36.0318
15	0.00420	36.9927
16	0.00450	37.3135
17	0.00480	36.9943
18	0.00510	36.0349



Función Ajustada:

Comportamiento Elástico $y = 9603.37 * x$

Comportamiento Plástico $y = -3.555984 * 10^6 * x^2 + 3.200646 * 10^4 * x - 34.707$

Esfuerzo Máximo (σ_{max}): 37.314 MPa

Módulo de Elasticidad (E): 9603.37 MPa

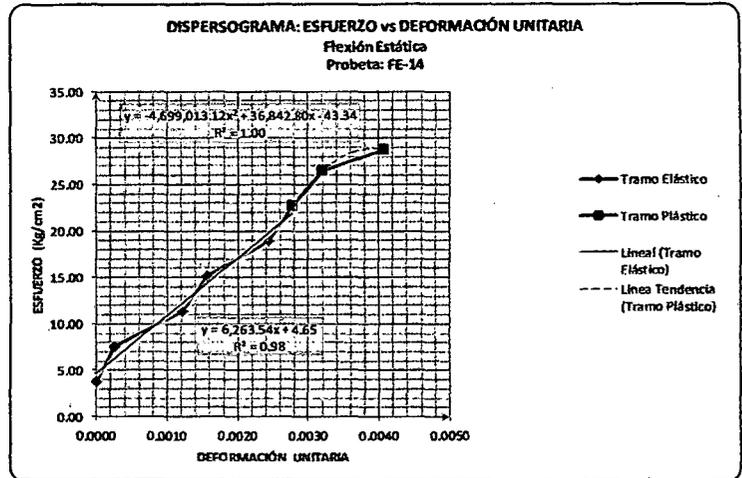
TIPO DE ENSAYO: FLEXIÓN ESTÁTICA

Código Probeta: FE-14

Descripción	Lugar		A	B
	D1	D2		
Diametro exterior (mm)	D1	D2	90.10	88.90
	Dprom		89.95	89.10
Espesor de pared (mm)	t1		8.40	8.10
	t2		8.10	7.80
	tprom		8.25	7.95
I (mm ⁴)	I		1784785.34	1684382.98
	Iprom		1734584.16	

Carga F (Kg)	Carga F (N)	Esfuerzo (MPa)	Deflexión (mm)	Deformación Unitaria
50.00	500.00	3.78	0.00	0.0000000
100.00	1000.00	7.57	1.50	0.0002601
150.00	1500.00	11.35	7.00	0.0012139
200.00	2000.00	15.14	9.00	0.0015607
250.00	2500.00	18.92	14.00	0.0024277
300.00	3000.00	22.71	16.00	0.0027745
350.00	3500.00	26.49	18.50	0.0032081
380.00	3800.00	28.76	23.50	0.0040751

t (mm)	1760.00
x (mm)	586.67
Mult (N*mm)	1114666.667
σ ult (Mpa)	28.76

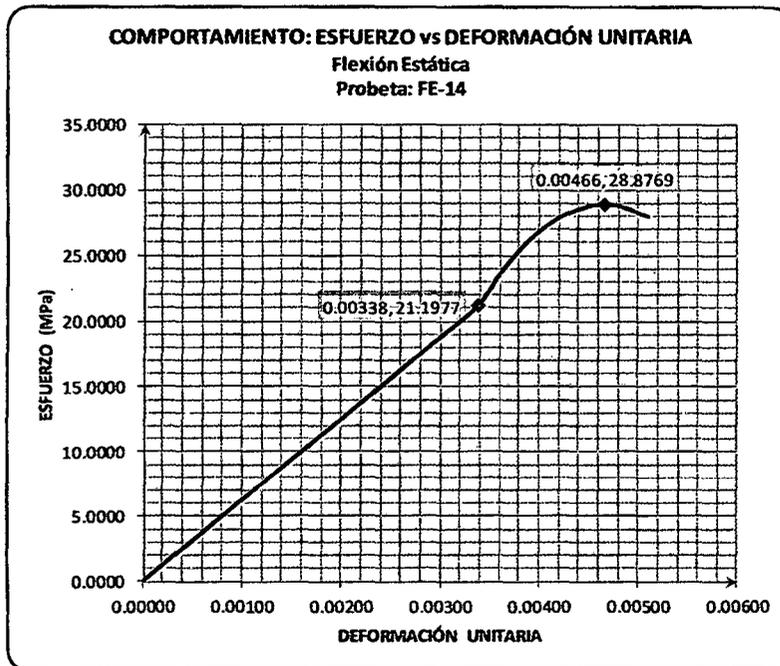


Cont. Humedad (C.H%) = 64.229

Densidad (gr/cm³) = 0.642

TABULACIÓN

N°	X	Y
1	0.00000	0.0000
2	0.00030	1.8791
3	0.00060	3.7581
4	0.00090	5.6372
5	0.00120	7.5162
6	0.00150	9.3953
7	0.00180	11.2744
8	0.00210	13.1534
9	0.00240	15.0325
10	0.00270	16.9116
11	0.00300	18.7906
12	0.00338	21.1977
13	0.00360	23.5705
14	0.00390	26.1437
15	0.00420	27.8710
16	0.00450	28.7525
17	0.00466	28.8769
18	0.00480	28.7882
19	0.00510	27.9781



Función Ajustada:

Comportamiento Elástico $y = 6263.54 * x$

Comportamiento Plástico $y = -4.69901 * 10^6 * x^2 + 4.38198 * 10^4 * x - 73.2816$

Esfuerzo Máximo (σ_{max}): 28.877 MPa

Módulo de Elasticidad (E): 6263.54 MPa

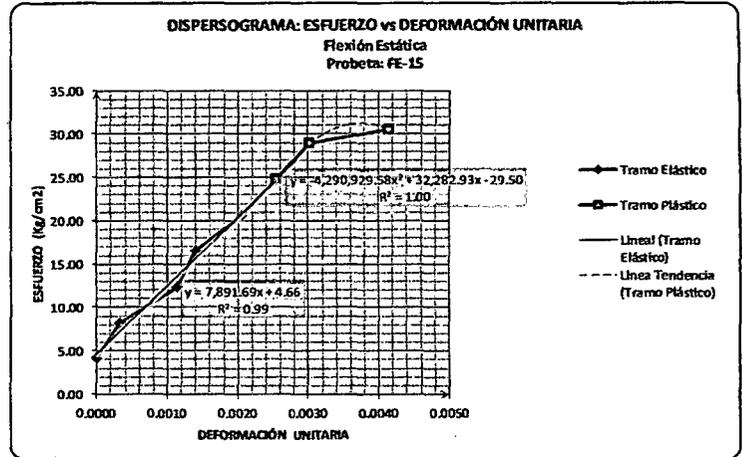
TIPO DE ENSAYO: FLEXIÓN ESTÁTICA

Código Probeta: FE-15

Descripción	Lugar		
	A	B	
Diámetro exterior (mm)	D1	88.70	88.10
	D2	88.40	88.20
	Dprom	88.55	88.15
Espesor de pared (mm)	t1	8.00	7.70
	t2	7.70	7.50
	tprom	7.85	7.60
	I (mm ⁴)	1635461.06	1573689.95
Iprom	1604575.50		

Carga F (Kg)	Carga F (N)	Esfuerzo (MPa)	Deflexión (mm)	Deformación Unitaria
50.00	500.00	4.13	0.00	0.0000000
100.00	1000.00	8.26	2.00	0.0003272
150.00	1500.00	12.39	7.00	0.0011453
200.00	2000.00	16.52	8.50	0.0013907
250.00	2500.00	20.65	12.50	0.0020451
300.00	3000.00	24.78	15.50	0.0025360
350.00	3500.00	28.91	18.50	0.0030268
370.00	3700.00	30.56	25.40	0.0041557

L (mm)	1800.00
x (mm)	600.00
Mult (N*mm)	1110000
σ ult (Mpa)	30.56

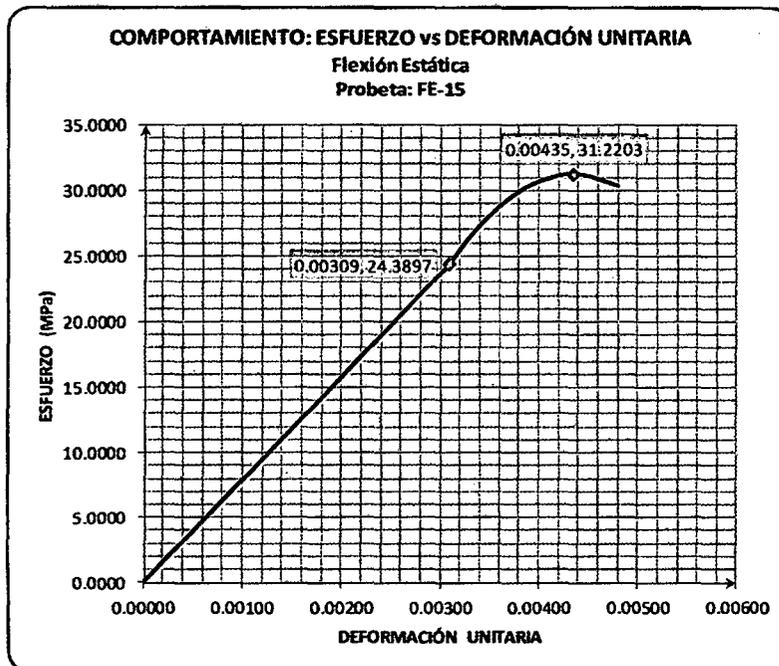


Cont. Humedad (C.H%) = 62.763

Densidad (gr/cm³) = 0.674

TABULACIÓN

N°	X	Y
1	0.00000	0.0000
2	0.00030	2.3675
3	0.00060	4.7350
4	0.00090	7.1025
5	0.00120	9.4700
6	0.00150	11.8375
7	0.00180	14.2050
8	0.00210	16.5725
9	0.00240	18.9401
10	0.00270	21.3076
11	0.00300	23.6751
12	0.00309	24.3897
13	0.00330	26.4692
14	0.00360	28.7921
15	0.00390	30.3427
16	0.00420	31.1209
17	0.00435	31.2203
18	0.00450	31.1267
19	0.00480	30.3601



Función Ajustada:

Comportamiento Elástico $y = 7891.69*x$

Comportamiento Plástico $y = -4.29092*10^6*x^2 + 3.73504*10^4*x - 50.059$

Esfuerzo Máximo (σ_{max}): 31.220 MPa

Módulo de Elasticidad (E): 7891.69 MPa

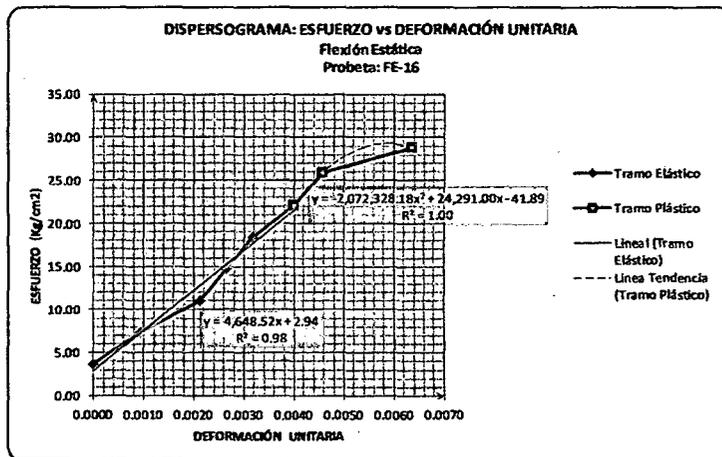
TIPO DE ENSAYO: FLEXIÓN ESTÁTICA

Código Probeta: FE-16

Descripción	Lugar		
	A	B	
Diámetro exterior (mm)	D1	88.60	87.60
	D2	88.90	88.10
	Dprom	88.75	87.85
Espesor de pared (mm)	t1	7.80	6.40
	t2	7.50	6.50
	tprom	7.65	6.45
I (mm ⁴)	I	1616705.98	1374710.03
	Iprom	1495708.01	

Carga F (Kg)	Carga F (N)	Esfuerzo (MPa)	Deflexión (mm)	Deformación Unitaria
50.00	500.00	3.69	0.00	0.0000000
100.00	1000.00	7.38	4.00	0.0009419
150.00	1500.00	11.07	9.00	0.0021192
200.00	2000.00	14.76	11.20	0.0026372
250.00	2500.00	18.45	13.50	0.0031788
300.00	3000.00	22.14	17.00	0.0040029
350.00	3500.00	25.83	19.40	0.0045681
390.00	3900.00	28.78	27.00	0.0063576

L (mm)	1500.00
x (mm)	500.00
Mult (N*mm)	975000
σ_{ult} (Mpa)	78.78

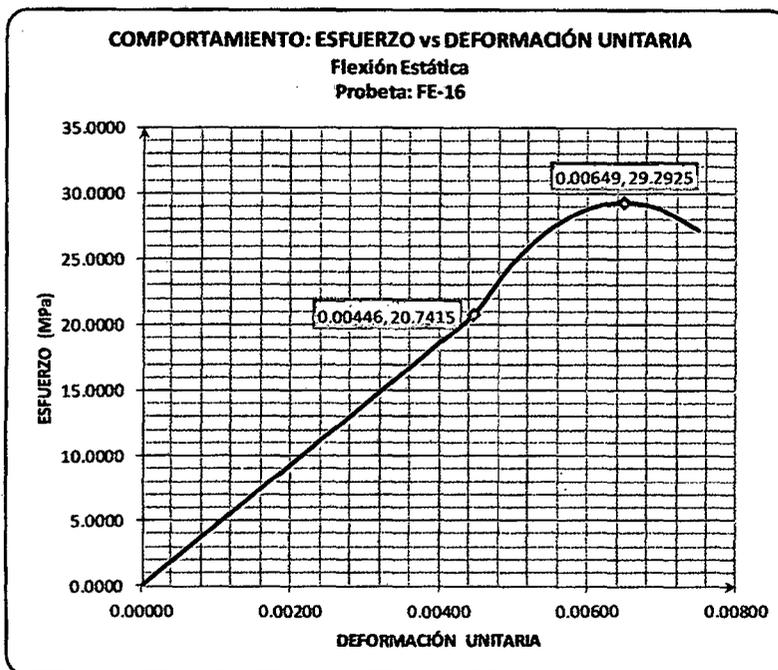


Cont. Humedad (C.H%) = 75.639

Densidad (gr/cm3) = 0.592

TABULACIÓN

N°	X	Y
1	0.00000	0.0000
2	0.00050	2.3243
3	0.00100	4.6485
4	0.00150	6.9728
5	0.00200	9.2970
6	0.00250	11.6213
7	0.00300	13.9456
8	0.00350	16.2698
9	0.00400	18.5941
10	0.00446	20.7415
11	0.00500	24.6715
12	0.00550	27.2480
13	0.00600	28.7883
14	0.00649	29.2925
15	0.00700	28.7604
16	0.00750	27.1923



Función Ajustada:

Comportamiento Elástico $y = 4648.52 * x$

Comportamiento Plástico $y = -2.07232 * 10^6 * x^2 + 2.69123 * 10^4 * x - 58.082$

Esfuerzo Máximo (σ_{max}): 29.293 MPa

Módulo de Elasticidad (E): 4648.52 MPa

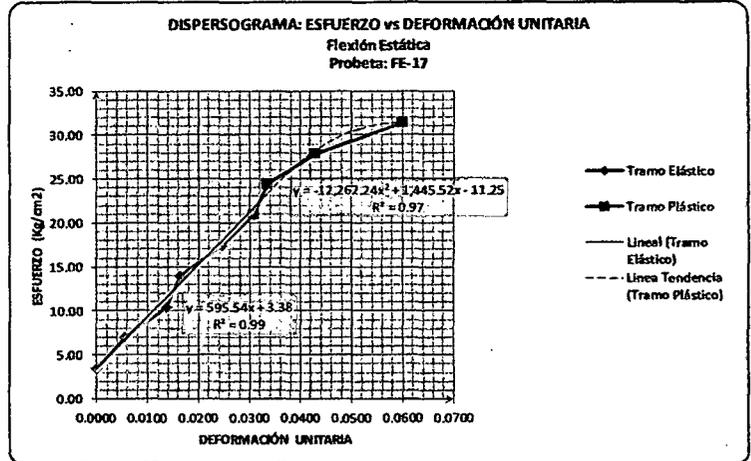
TIPO DE ENSAYO: FLEXIÓN ESTÁTICA

Código Probeta: FE-17

Descripción	Lugar		
	A	B	
Diametro exterior (mm)	D1	91.50	87.00
	D2	91.20	87.70
	Dprom	91.35	87.35
Espesor de pared (mm)	t1	8.30	8.10
	t2	8.40	7.90
	tprom	8.35	8.00
I (mm ⁴)	I	1893886.60	1585560.32
	Iprom	1739723.46	

Carga F (Kg)	Carga F (N)	Esfuerzo (MPa)	Deflexión (mm)	Deformación Unitaria
50.00	500.00	3.49	0.00	0.0000000
100.00	1000.00	6.98	3.00	0.0054480
150.00	1500.00	10.46	7.50	0.0136199
200.00	2000.00	13.95	9.00	0.0163439
250.00	2500.00	17.44	13.50	0.0245158
300.00	3000.00	20.93	17.00	0.0308718
350.00	3500.00	24.42	18.40	0.0334142
400.00	4000.00	27.90	23.70	0.0430389
450.00	4500.00	31.39	33.00	0.0599276

L (mm)	1630.00
x (mm)	543.33
Mult (N*mm)	1222500
σ ult (Mpa)	31.39

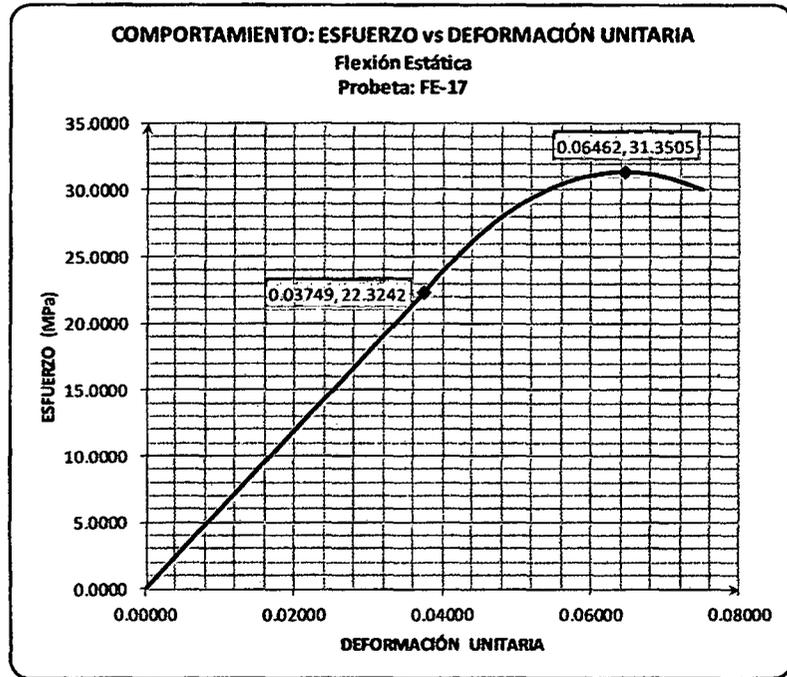


Cont. Humedad (C.H%) = 57.727

Densidad (gr/cm³) = 0.997

TABULACIÓN

N°	X	Y
1	0.00000	0.0000
2	0.00500	2.9777
3	0.01000	5.9554
4	0.01500	8.9331
5	0.02000	11.9108
6	0.02500	14.8885
7	0.03000	17.8662
8	0.03500	20.8439
9	0.03749	22.3242
10	0.04000	23.9195
11	0.04500	26.6315
12	0.05000	28.7305
13	0.05500	30.2163
14	0.06000	31.0891
15	0.06462	31.3505
16	0.07000	30.9952
17	0.07500	30.0286



Función Ajustada:

Comportamiento Elástico $y = 595.54 * x$

Comportamiento Plástico $y = -1.22622 * 10^4 * x^2 + 1584.7 * x - 19.849$

Esfuerzo Máximo (σ_{max}): 31.351 MPa

Módulo de Elasticidad (E): 595.54 MPa

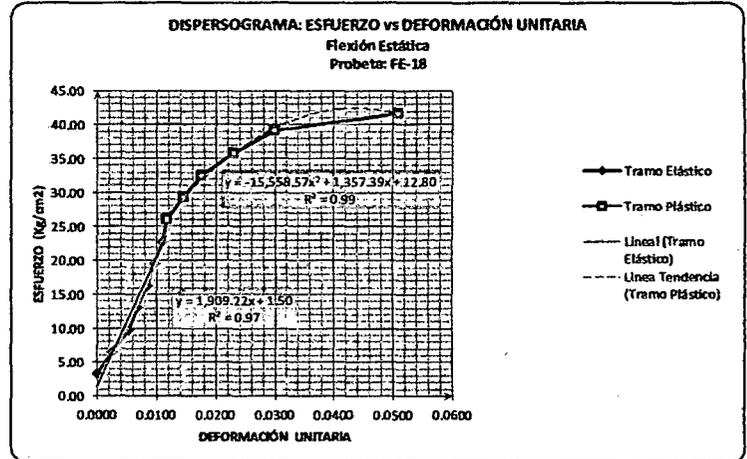
TIPO DE ENSAYO: FLEXIÓN ESTÁTICA

Código Probeta: FE-18

Descripción	Lugar		A	B
	D1	D2		
Diametro exterior (mm)	D1	D2	95.40	94.30
	D2	D1	95.10	94.60
	Dprom	Dprom	95.25	94.45
Espesor de pared (mm)	t1	t2	10.00	9.80
	t2	t1	10.20	9.60
	tprom	tprom	10.10	9.70
I (mm4)	I	I	2483149.48	2349107.88
	Iprom	Iprom	2416128.68	

Carga F (Kgl)	Carga F (N)	Esfuerzo (MPa)	Deflexión (mm)	Deformación Unitaria
50.00	500.00	3.26	0.00	0.0000000
100.00	1000.00	6.51	2.00	0.0025868
150.00	1500.00	9.77	4.00	0.0051735
200.00	2000.00	13.02	5.20	0.0067256
250.00	2500.00	16.28	6.40	0.0082776
300.00	3000.00	19.53	7.50	0.0097003
350.00	3500.00	22.79	8.50	0.0109937
400.00	4000.00	26.04	9.00	0.0116404
450.00	4500.00	29.30	11.30	0.0146152
500.00	5000.00	32.55	13.50	0.0174606
550.00	5500.00	35.81	17.80	0.0230221
600.00	6000.00	39.06	23.10	0.0298770
640.00	6400.00	41.66	33.30	0.0508297

L (mm)	1990.00
x (mm)	663.33
Mult (N*mm)	2122666.667
σ ult (Mpa)	41.66

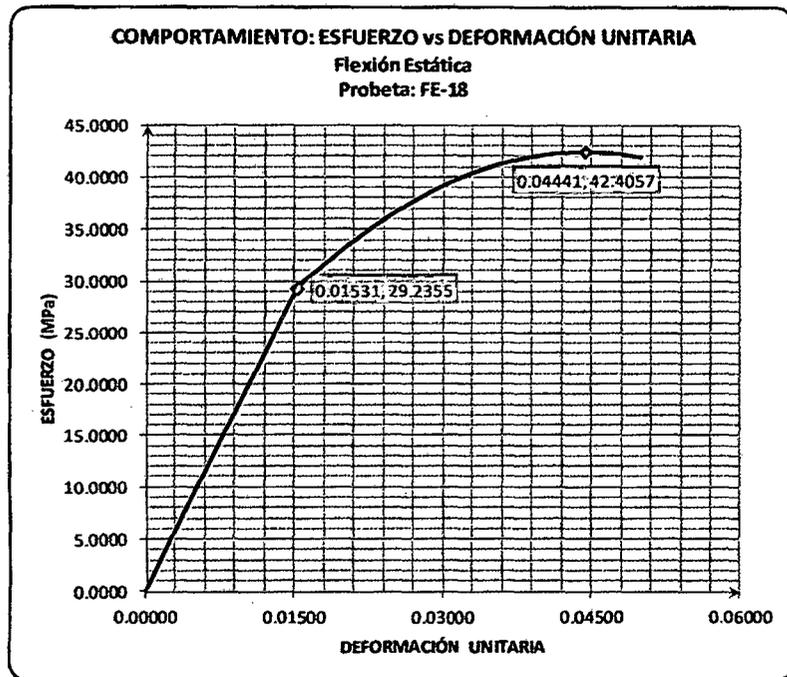


Cont. Humedad (C.H%) = 67.004

Densidad (gr/cm3) = 0.676

TABULACIÓN

N°	X	Y
1	0.00000	0.0000
2	0.00250	4.7731
3	0.00500	9.5461
4	0.00750	14.3192
5	0.01000	19.0922
6	0.01250	23.8653
7	0.01531	29.2355
8	0.01750	31.1411
9	0.02000	33.1371
10	0.02250	34.9386
11	0.02500	36.5456
12	0.02750	37.9581
13	0.03000	39.1762
14	0.03250	40.1997
15	0.03500	41.0288
16	0.03750	41.6634
17	0.04000	42.1035
18	0.04250	42.3491
19	0.04441	42.4057
20	0.04750	42.2570
21	0.05000	41.9192



Función Ajustada:

Comportamiento Elástico $y = 1909.22 \cdot x$

Comportamiento Plástico $y = -1.55585 \cdot 10^4 \cdot x^2 + 1381.83 \cdot x + 11.7239$

Esfuerzo Máximo (σ_{max}): 42.406 MPa

Módulo de Elasticidad (E): 1909.22 MPa

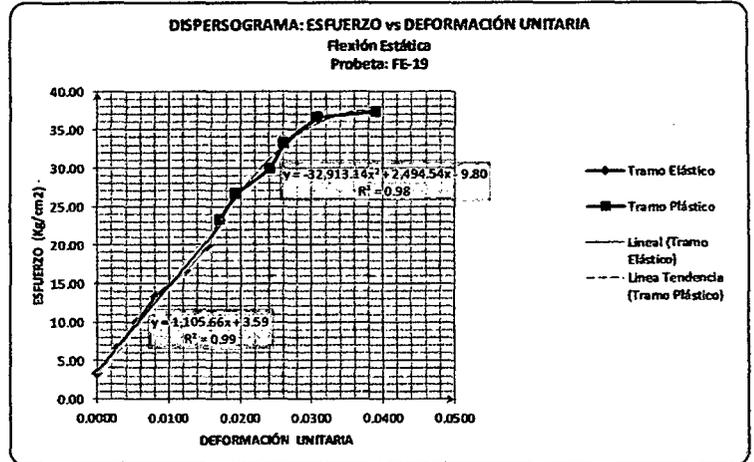
TIPO DE ENSAYO: FLEXIÓN ESTÁTICA

Código Probeta: FE-19

Descripción	Lugar		A	B
	Diametro exterior (mm)	D1	94.40	93.20
	D2	94.00	93.50	
	Dprom	94.20	93.35	
Espesor de pared (mm)	t1	10.00	8.90	
	t2	9.70	9.30	
	tprom	9.85	9.10	
I (mm4)	I	2353063.29	2161963.73	
	Iprom	2257513.51		

Carga F (Kg)	Carga F (N)	Esfuerzo (MPa)	Deflexión (mm)	Deformación Unitaria
50.00	500.00	3.32	0.00	0.0000000
100.00	1000.00	6.65	2.00	0.0027473
150.00	1500.00	9.97	4.00	0.0054946
200.00	2000.00	13.29	6.00	0.0082419
250.00	2500.00	16.62	9.00	0.0123629
300.00	3000.00	19.94	11.20	0.0153850
350.00	3500.00	23.26	12.50	0.0171707
400.00	4000.00	26.59	14.00	0.0192312
450.00	4500.00	29.91	17.60	0.0241764
500.00	5000.00	33.23	19.00	0.0260995
550.00	5500.00	36.55	22.50	0.0309073
560.00	5600.00	37.22	28.50	0.0391492

L (mm)	1920.00
x (mm)	640.00
Mult (N*mm)	1792000
σ ult (Mpa)	37.22

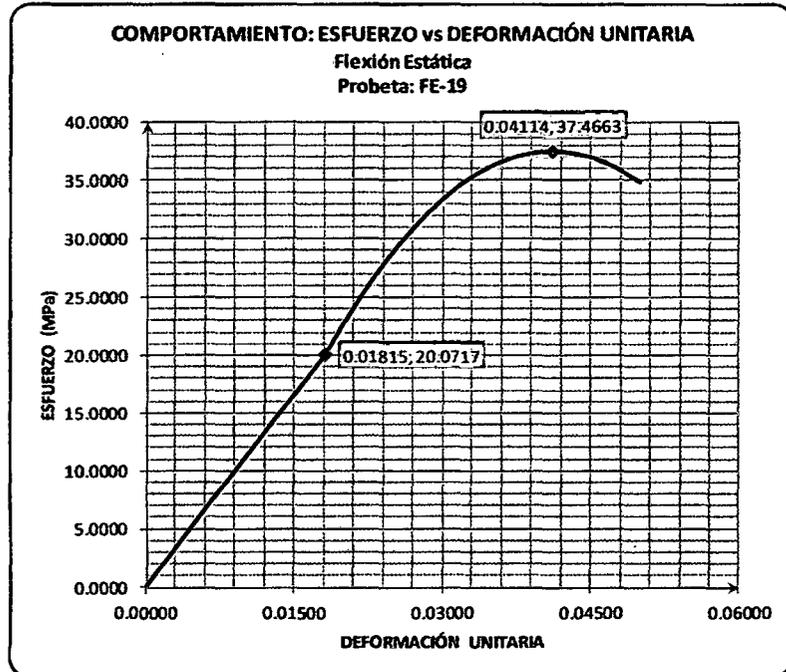


Cont. Humedad (C.H%) = 77.134

Densidad (gr/cm3) = 0.675

TABULACIÓN

N°	X	Y
1	0.00000	0.0000
2	0.00250	2.7642
3	0.00500	5.5283
4	0.00750	8.2925
5	0.01000	11.0566
6	0.01250	13.8208
7	0.01500	16.5849
8	0.01750	19.3491
9	0.01815	20.0717
10	0.02000	22.7537
11	0.02250	26.0273
12	0.02500	28.8896
13	0.02750	31.3404
14	0.03000	33.3798
15	0.03250	35.0078
16	0.03500	36.2244
17	0.03750	37.0296
18	0.04000	37.4233
19	0.04114	37.4663
20	0.04250	37.4057
21	0.04500	36.9766
22	0.04750	36.1361
23	0.05000	34.8843



Función Ajustada:

Comportamiento Elástico $y = 1105.66 * x$

Comportamiento Plástico $y = -3.29131 * 10^4 * x^2 + 2708.27 * x - 18.2465$

Esfuerzo Máximo (σ_{max}): 37.466 MPa

Módulo de Elasticidad (E): 1105.66 MPa

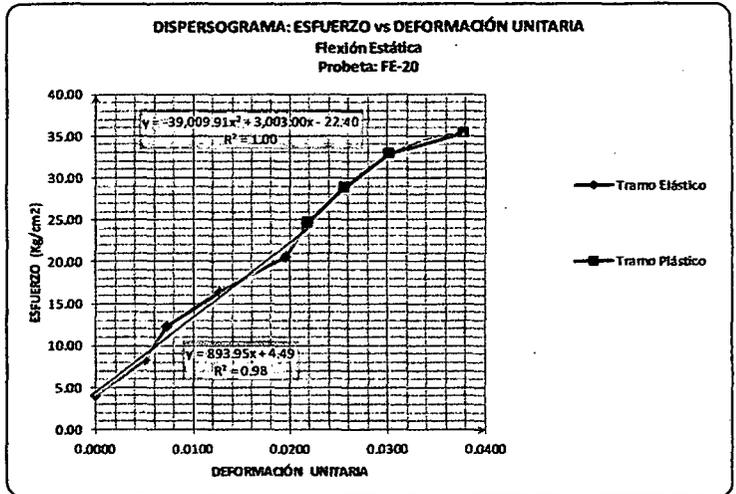
TIPO DE ENSAYO: FLEXIÓN ESTÁTICA

Código Probeta: FE-20

Descripción	Lugar		A	B
	O1	O2		
Diámetro exterior (mm)	D1	D2	86.50	86.90
	Dprom		86.30	86.95
	t1	t2	8.40	7.50
Espesor de pared (mm)	t2	t1	8.60	7.40
	tprom		8.50	7.45
	I	Iprom	1590636.28	1482909.81
			1536773.04	

Carga F (Kg)	Carga F (N)	Esfuerzo (MPa)	Deflexión (mm)	Deformación Unitaria
50.00	500.00	4.11	0.00	0.0000000
100.00	1000.00	8.22	3.30	0.0050405
150.00	1500.00	12.33	4.80	0.0073317
200.00	2000.00	16.44	8.30	0.0126777
250.00	2500.00	20.55	12.80	0.0195511
300.00	3000.00	24.66	14.30	0.0218422
350.00	3500.00	28.77	16.80	0.0256608
400.00	4000.00	32.88	19.80	0.0302431
430.00	4300.00	35.35	24.80	0.0378802

L (mm)	1750.00
x (mm)	583.33
Mult (N*mm)	1254166.667
σ ult (Mpa)	35.35

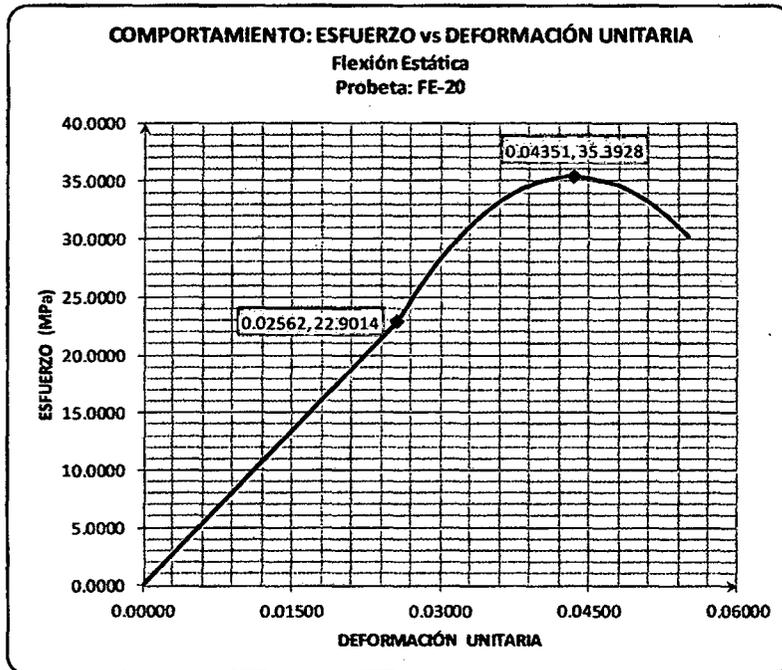


Cont. Humedad (C.H%) = 68.313

Densidad (gr/cm³) = 0.675

TABULACIÓN

N°	X	Y
1	0.00000	0.0000
2	0.00250	2.2349
3	0.00500	4.4698
4	0.00750	6.7046
5	0.01000	8.9395
6	0.01250	11.1744
7	0.01500	13.4093
8	0.01750	15.6441
9	0.02000	17.8790
10	0.02250	20.1139
11	0.02562	22.9014
12	0.02750	25.3903
13	0.03000	28.2698
14	0.03250	30.6616
15	0.03500	32.5659
16	0.03750	33.9825
17	0.04000	34.9115
18	0.04250	35.3528
19	0.04351	35.3928
20	0.04750	34.7727
21	0.05000	33.7512
22	0.05250	32.2420
23	0.05500	30.2453



Función Ajustada:

Comportamiento Elástico y = 893.95*x

Comportamiento Plástico y = -3.90099*10⁴*x²+3394.86*x-38.4671

Esfuerzo Máximo (σ_{max}): 35.393 MPa

Módulo de Elasticidad (E): 893.95 MPa