

Republic of Ecuador

👉 EDICT OF GOVERNMENT 👈

In order to promote public education and public safety, equal justice for all, a better informed citizenry, the rule of law, world trade and world peace, this legal document is hereby made available on a noncommercial basis, as it is the right of all humans to know and speak the laws that govern them.



MTE INEN 2 (2004) (Spanish): MANUAL DE
LABORATORIO SOBRE METODOS DE ENSAYO PARA LA
DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES FÍSICAS
Y MECANICAS DEL BAMBU.

BLANK PAGE





INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

MANUAL TÉCNICO ECUATORIANO

MTE INEN 2:2004

NÚMERO DE REFERENCIA: DTR..... :2001 (E)

MANUAL DE LABORATORIO SOBRE METODOS DE ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES FÍSICAS Y MECANICAS DEL BAMBU.

Primera Edición

LABORATORY MANUAL ON TESTING METHODS FOR DETERMINATION OF PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF BAMBOO.

First Edition

DESCRIPTORES: Madera, estructuras, ensayos, bambú
CO 02.12-801
CDU: 624.011.7
CIU: 1220
ICS: 91.080.20

Advertencia

Este documento no es una norma internacional ISO. Es distribuido para revisión y comentarios. Está sujeto a cambio sin notificación y no puede ser mencionado como una norma internacional.

Los receptores de este documento están invitados a enviar, con sus comentarios, notificación de cualesquiera derechos de patente correspondientes de los que estén informados y proporcionar la documentación de apoyo.

Tipo de documento: Informe técnico

Subtipo de documento: Proyecto de Informe Técnico. Diciembre 2001

Etapas del documento: (30.99) CD Aprobado para registrarse como DTR

Lenguaje del documento: Español

Información sobre derechos de autor.

Este documento ISO es un proyecto de trabajo o proyecto de comité y está protegido por los derechos de autor de ISO. Mientras dure el proceso de desarrollo de las Normas ISO está permitida sin permiso previo de ISO la reproducción en cualquier forma de los proyectos de trabajo o los proyectos de comité para uso de los participantes, para cualquier otro propósito ni este documento ni ninguna parte de él puede ser reproducido, almacenado o transmitido en alguna forma, sin permiso escrito previo de la ISO.

Los pedidos de permiso para reproducir este documento para el propósito de venderlo deben ser dirigidos como se indica a continuación, o al miembro activo de ISO en el país del solicitante.

*[Indicar:
la dirección completa
número de teléfono
número de fax
número de telex
y dirección de correo electrónico,*

como sea conveniente, del Gerente de Derechos de Autor del miembro activo de ISO responsable ante la Secretaría del TC o SC dentro de cuyo marco ha sido preparado el proyecto].

La reproducción para propósitos de venta está sujeta a pagos de regalía o a un acuerdo de licencia.

Los infractores pueden ser demandados.

Prólogo

ISO (La Organización Internacional de Normalización) es una federación mundial de organismos nacionales de normas (miembros activos de ISO). El trabajo de preparar las normas internacionales se realiza normalmente por medio de comités técnicos de ISO. Cada miembro activo interesado en un tema para el cual se ha establecido un comité técnico tiene el derecho de estar representado en ese comité. Las organizaciones internacionales, gubernamentales y no gubernamentales, en conexión con ISO también toman parte en el trabajo. ISO colabora estrechamente con la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) en todas las materias de la Normalización Electrotécnica.

Las normas internacionales se elaboran de acuerdo con las reglas dadas en las Directivas ISO/IEC. Parte 3.

La tarea principal de los comités técnicos es preparar Normas Internacionales. Los proyectos de normas internacionales adoptados por los comités técnicos son circulados a los organismos miembros para el voto. La publicación como una Norma Internacional requiere la aprobación de por lo menos el 75% de los organismos miembros que emiten un voto.

(Continúa)

En circunstancias excepcionales, cuando un comité técnico ha tomado los datos de un tipo diferente del que es normalmente publicado como una Norma Internacional ("Estado del arte", por ejemplo), puede decidirse por una simple mayoría de votos de los miembros participantes para publicar un Informe Técnico. Un Informe Técnico es en esencia totalmente informativo y no tiene que ser analizado hasta que los datos provistos se consideren válidos o útiles por más tiempo.

Es importante considerar la posibilidad que algún elemento de este Informe Técnico nnn podría estar sujeto a derechos de patente. La ISO no se responsabiliza por la identificación de alguno o todos aquellos registros de patentes.

ISO/TR nnn fue preparado por el Comité Técnico ISO/TC 165, Estructuras de madera, en colaboración con INBAR., la Red Internacional de Bambú y Rattan.

Introducción

En muchos laboratorios en los países productores de bambú por todo el mundo el personal de los laboratorios realiza ensayos sobre las propiedades del bambú. Los visitantes a tales laboratorios han visto cuan diligente y perspicaz es este personal al hacer su trabajo, en muchos casos bajo circunstancias no tan fáciles. Pueden encontrarse muchos ejemplos de métodos o herramientas muy satisfactorios, pero tal información descansa dentro del laboratorio de origen, debido a la falta de intercambio de tal conocimiento. El propósito de este manual es publicar estos métodos ingeniosos con el fin de hacerlos disponibles para el personal de todo el mundo. Un segundo propósito es: dar una explicación práctica "cómo hacerlo" sobre cómo realizar ensayos de acuerdo con la Norma Internacional DIS 22157 "Determinación de las propiedades físicas y mecánicas del bambú".

(Continúa)

Contenido

1.	Objeto	1
4.2.1	Medición y peso	1
5.3	Talado, Marcado y conversión	1
4.2.2	Temperatura y humedad	1
5.6	Marcado y conversión en especímenes de ensayo	6
6	Contenido de humedad	8
6.3	Aparato.	8
6.4	Preparación del espécimen de ensayo.	8
7	Masa por volumen	8
7.1	Objeto y alcance.	8
7.4	Preparación de piezas de ensayo.	8
7.5	Procedimiento.	8
7.6	Determinación en la condición absolutamente seca	9
8	Contracción	11
8.5.2	Procedimiento	11
9	Compresión	12
9.3	Aparato.	12
9.4	Preparación de especímenes de ensayo.	12
9.5	Procedimiento.	12
10	Flexión estática	12
10.1	Objeto	12
10.3	Aparato.	12
10.4	Preparación de tallos de ensayo.	13
10.5.1	Momento de inercia (También 10.5.4).	13
10.5.2	Procedimiento	13
10.5.3	Módulo E	13
11	Corte	20
11.1	Objeto.	20
11.4.2	Especímenes	20
12	Tensión	22
12.4.2	Especímenes	22
12.4.4	Forma de los especímenes	22
13	Referencias	25
	Apéndice Z	26

(Continúa)

<p>Manual Técnico Ecuatoriano Voluntario</p>	<p>MANUAL DE LABORATORIO SOBRE METODOS DE ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES FÍSICAS Y MECANICAS DEL BAMBU.</p>	<p>MTE INEN 2:2004 2004-03</p>
---	---	---

1. Objeto

Este Informe Técnico da directrices informativas al personal en los Laboratorios de cómo efectuar ensayos en conformidad con la NTE INEN-ISO/DIS 22157 "Determinación de las propiedades físicas y mecánicas del bambú".

NOTA: Desde aquí, si es necesario, este documento solamente dará información sobre los numerales de DIS 22157; consecuentemente el numerado (en una fila) no es sucesivo.

4.2.1 Medición y peso

NOTA: Esta cláusula se refiere también a:

5.3 Talado, Marcado y conversión

Los valores para longitud y peso deben tomarse:

- de los tallos después de su llegada al laboratorio, lo que significa que los tallos han sido ya marcados de acuerdo con el numeral **5.3** de la norma.
- de los especímenes más pequeños inmediatamente después de que han sido cortados a su tamaño en el laboratorio. Es conveniente realizar esta actividad de corte de tal manera que se evite la confusión

Es una práctica prudente de laboratorio diseñar tablas patrón en las cuales deben registrarse todos los datos. La Figura 1 da un ejemplo de tal tabla; evidentemente cada laboratorio es libre de seguir o no este ejemplo, siempre que sus tablas sean tan buenas o aun mejores. En la Figura 2 esta tabla está repetida y llenada a mano como un ejemplo de como utilizarla.

Después, es conveniente hacer un dibujo de cada tallo, con sus nudos, los sitios de los nudos, y los especímenes cortados de este tallo y los ensayos en los cuales éstos van a ser usados; ver ejemplo en la Figura 3.

Este ejemplo indica la parte inferior y la parte media de un tallo; de cada parte se ensayarán dos muestras en compresión y una en flexión, siempre que la longitud sea suficiente. Los informes sobre estos ensayos contendrán más dibujos con dimensiones, etc. Evidentemente cada laboratorio es libre en la ejecución de dibujos como éstos, siempre que sean claros.

El anillo blanco indicado en **5.3** aparece a una altura de cerca de 0,70 m de lo cual nosotros podemos suponer que una parte de cerca de 0,30 m se ha dejado en la plantación. La marca "T", pintada a la altura del busto, (**5.2**), aparece a una altura aproximada de 1,20 m.

El numeral **4.2.1** de la norma prescribe también como determinar el diámetro y el espesor de pared; por favor, ver la Figura 4 para los detalles (esta figura se refiere al numeral **10.5.1** de la norma).

4.2.2 Temperatura y humedad

La selección de la condición del ensayo de 27 ± 2 grados C y $70 \pm 5\%$ se desvía de la adoptada normalmente para los ensayos de productos de madera que es de 20 grados y 65% R.H. La primera condición se escoge como refleje mejor el ambiente de servicio en los países donde crece el bambú. Si se conoce la relación con otras condiciones, se recomienda añadir esta en el informe del ensayo. Ver también INEN ISO/DIS 22157, numeral **5.7**, última línea.

NOTA: Este numeral se basa en una contribución del Instituto Canadiense de Normas.

(Continúa)

DESCRIPTORES: Madera, estructuras, ensayos, bambú.

Nombre, dirección, etc. del Laboratorio.

1 Nombre de la especie:

1.a. Nombre botánico (sí se conoce)

1.b. Nombre local

2 Nombre de la localidad

3 Número de matas o grupos seleccionados y marcados							
4 Número de tallos cortados de cada mata y marcados							
5 Edad de los tallos en años							
6 Detalles acerca de las marcas en los tallos							
7 Número de nudos entre el nivel del terreno y el anillo de pintura							
8 Fecha de talado							
9 Fecha de despacho							

10 Firma y nombre del miembro responsable del equipo.

NOTA : Para el bambú que forma matas, es aplicable un número de mata; para el bambú que no forma matas, es aplicable un número de grupo.

Figura 1. Ejemplo de una tabla, tal como en 5.3 y 4.2.1*(Continúa)*

Nombre, dirección, etc. del Laboratorio. INBAR.
P.O. BOX 777
BAMBOO-TOWN.

1 Nombre de la especie:

1.a. Nombre botánico (sí se conoce) GUADUA A.

1.b. Nombre local ----

2 Nombre de la localidad GUAPILES

3 Número de matas o grupos seleccionados y marcados	3						
	A	A	B	B	B	C	C
4 Número de tallos cortados de cada mata y marcados	2		3			2	
	A-1	A-2	B-1	B-2	B-3	C-1	C-2
5 Edad de los tallos en años	4	5	4	4	5	5	4
6 Detalles acerca de las marcas en los tallos	B L A N Q U E A D O S					→	
7 Número de nudos entre el nivel del terreno y el anillo de pintura	3	4	3	3	4	4	3
8 Fecha de talado	28/1	28/1	28/1	28/1	29/1	29/1	29/1
9 Fecha de despacho	30/1	30/1	30/1	31/1	31/1	31/1	31/1

10 Firma y nombre del miembro responsable del equipo.

Miguel



Figura 2 Ejemplo de una tabla, tal como en 5.3 y 4.3.1

(Continúa)

- Nombre y dirección del Laboratorio;
- Marca del tallo:
- Croquis del tallo, dimensiones y ensayos por realizarse.

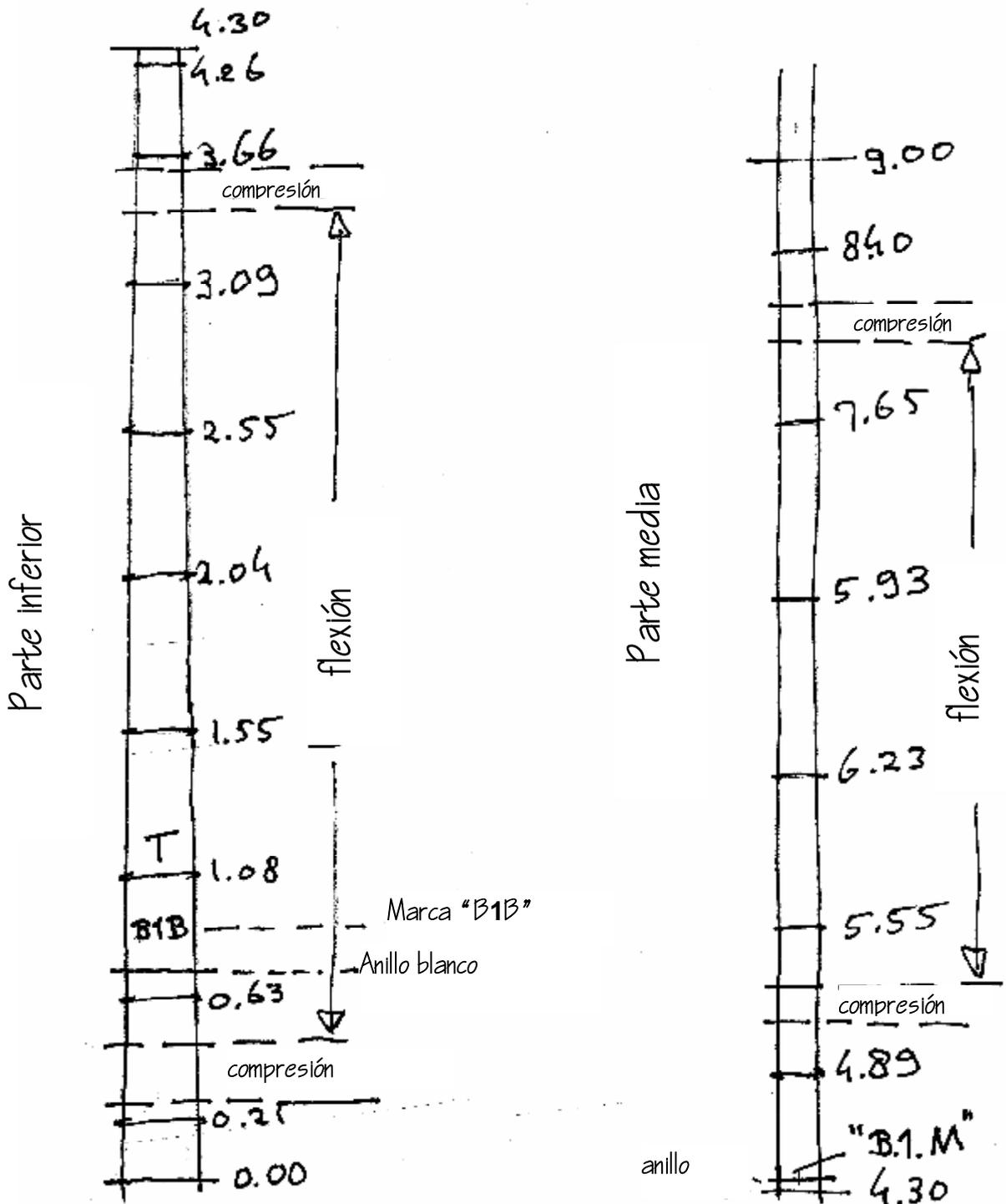


Figura 3. Ver 4.2.1 y 5.3

(Continúa)

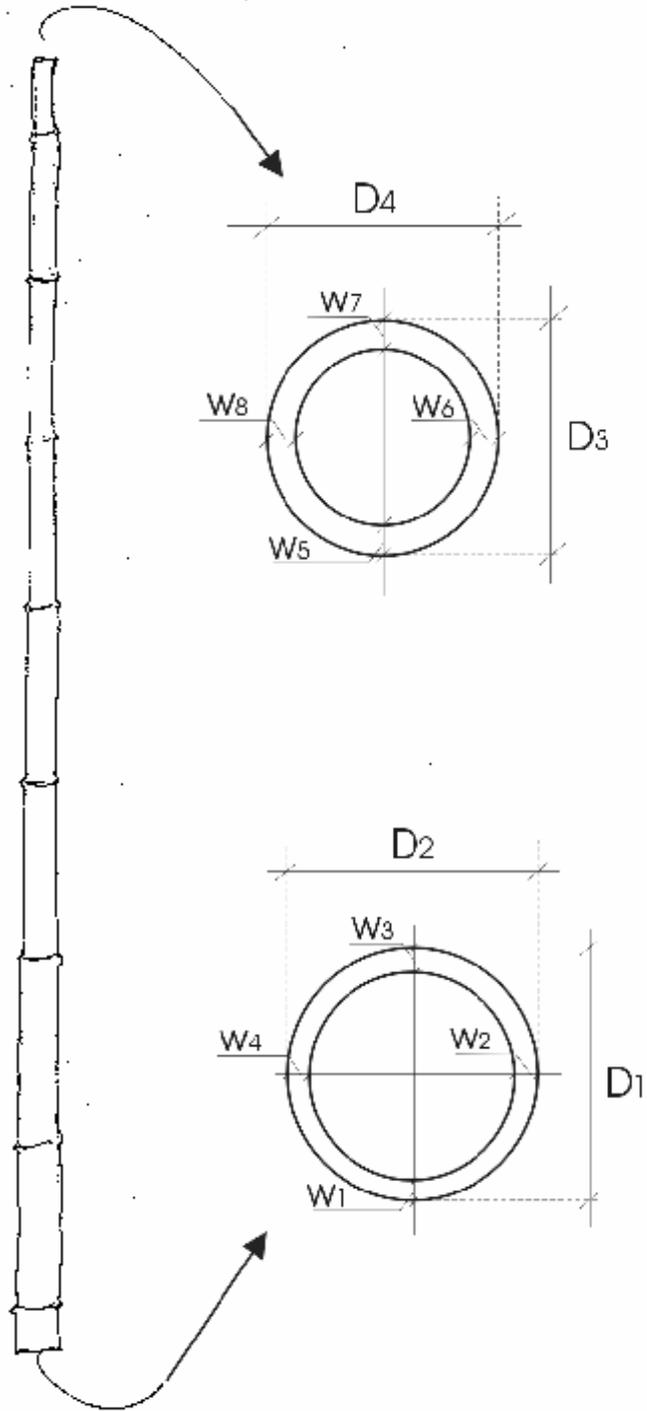


Figura 4 Ver 4.2.1 y 10.5.1

(Continúa)

5.6 Marcado y conversión en especímenes de ensayo.

El número de especímenes debe ser doce: el propósito de los ensayos es predecir una propiedad para la población total, con ensayos en una sola muestra. Mientras más especímenes se toman en la muestra, más confiable es la predicción, pero también esta serie de ensayos es más cara. Se encuentra un equilibrio adecuado cuando el número mínimo de especímenes de ensayo es doce.

En una serie de ensayos es preferible determinar el valor medio μ , pero nosotros determinamos el valor medio m de la muestra. La fórmula es:

$$\mu = m - t^* (s/n) \quad (+ \text{ es también posible pero no interesa})$$

donde

μ = el valor medio de la población,
 m = el valor medio de la muestra,
 t = el coeficiente de la distribución de Student,¹
 s = la desviación "normal",
 n = el número de especímenes en la muestra.

El resultado es:

Sí $n =$	4 entonces	$\mu = m \pm 23,5$ por ciento,
	8	13,4
	12	10,6
	16	8,8 por ciento.

Esto consta en la parte superior de la figura 5.

Una fórmula similar es válida para la desviación "normal" de la población σ como función de la desviación normal s de la muestra:

si $n =$	4 entonces	$0,62*s < \sigma < 2,92 *s$
	8	0,71 1,80
	12	0,75 1,55
	16	0,75 1,44

Esto consta en la parte inferior de la figura 5.

NOTA: DIS 22156 Da en la cláusula 7.2.1 la fórmula a usarse; lo anterior es solamente un conocimiento teórico.

¹ La distribución de Student es una distribución estadística publicada por el inglés W. S. GOSSET, bajo el seudónimo de "Student".

(Continúa)

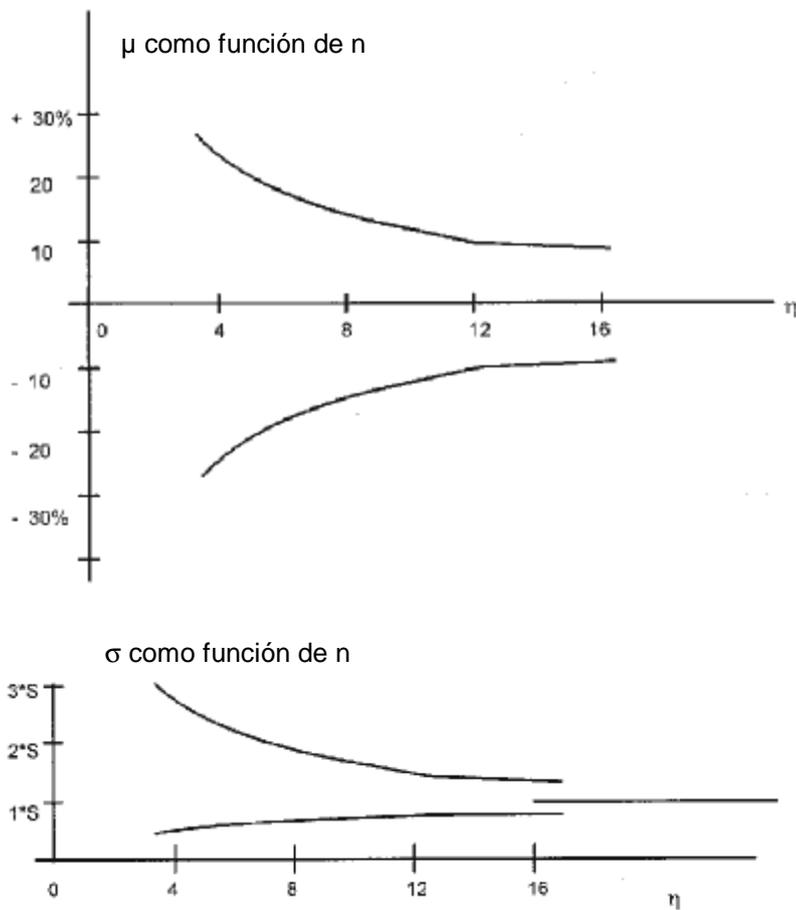


Figura 5 La relación entre μ y s , y n

(Continúa)

6 Contenido de humedad

6.3 Aparato

Los frascos de vidrio se necesitarán solamente si las piezas de ensayo no se ponen en la balanza inmediatamente después de la preparación, o si se dejan fuera del horno por algún tiempo durante o después del secado. Si se pesan las piezas inmediatamente, no se espera ningún problema.

6.4 Preparación del espécimen de ensayo

Un ejemplo : una pieza de ensayo tiene 25 mm de alto, 25 mm de ancho, y el espesor de pared es 10,0 mm. El peso es 5,00 g (esto significa que la masa por volumen es 800 kg/m³). Si suponemos que el peso en seco es 4,46 g, entonces el cálculo del contenido de humedad será:

$$CH = \{(m - m_o) / m_o\} \times 100 = (5,00 - 4,46) / 4,46 \times 100 = 12,1 \%$$

donde

CH = contenido de humedad

m = masa de la pieza de ensayo

m_o = masa de la pieza de ensayo después de secada

como en INEN-ISO DIS 22157

7. Masa por volumen

7.1 Objeto y alcance

"Masa por volumen" es el nombre moderno para la "densidad".

7.4 Preparación de piezas de ensayo

Las piezas de ensayo pueden ser preparadas como para el contenido de humedad en **6.4**, o de una sección transversal total de una caña. Esta última selección deja abierta la oportunidad para preparar un entrenudo total, cuyas dimensiones pueden ser medidas fácilmente, o de un nudo completo, cuyas dimensiones pueden ser determinadas solamente por inmersión en agua. Se recomienda hacer una impresión al carbón de ambos extremos de cada pieza de ensayo sobre la hoja de datos, antes y después del secado. Debe darse atención a las diferencias que pueden ocurrir en masa por volumen entre los especímenes de la parte inferior, de la parte media y de la parte superior de una caña.

7.5 Procedimiento

El volumen puede ser determinado por tres métodos.

- Si la pieza de ensayo es como un prisma, las dimensiones pueden ser medidas con un calibrador Vernier, o el volumen puede ser medido en un medidor de volumen de mercurio.
- Si la pieza de ensayo es como un cilindro (un anillo de un entrenudo), las dimensiones pueden ser medidas como en **4.2.1**, o el volumen puede ser medido en un medidor de volumen de agua.
- Si la pieza de ensayo es de un nudo, el volumen puede ser medido solamente por inmersión en un medidor de volumen de agua.
- No se recomienda cubrir los extremos con parafina u otra cubierta similar antes de la inmersión en agua; la inmersión dura solamente unos pocos segundos y la penetración del agua en el bambú durante tan corto tiempo puede ser despreciada.

(Continúa)

Un procedimiento adecuado para la inmersión de un entrenudo es el siguiente:

- Determinar la masa, m .
- Colocar la balanza sobre un baño con 40 litros de agua a 25° C; no hay que preocuparse por esta temperatura; el error en la masa por volumen es solo el 3 por mil por diez grados de diferencia en temperatura.
- Determinar el peso W del equipo con el cual la pieza de ensayo es sumergida bajo el agua.
- Colocar la pieza de ensayo bajo el agua y leer en la balanza el peso bajo el agua, W_u . (equipo más bambú).
- Calcular el volumen de la pieza de ensayo con esta fórmula:

volumen (cm^3) = masa (m , en g) - peso bajo el agua (W_u , en g) + el peso del equipo (W , en g).

Un ejemplo es el que sigue:

Básicamente el procedimiento es: qué medimos y qué calculamos?

Antes del ensayo nosotros ya conocemos el peso W del equipo con el cual la pieza de ensayo se sumerge bajo el agua, 400 g. Esta es una constante en el Laboratorio.

Nosotros medimos:

La masa m de la pieza de bambú: 175 g,

El peso W_u de la pieza de ensayo más el equipo bajo el agua, 325 g,

Nosotros calculamos:

El volumen = $m - W_u + W = 175 - 325 + 400 = 250 \text{ cm}^3$. (ésta podría ser una pieza de bambú de, por ejemplo, 100 mm de diámetro, 100 mm de largo y espesor de pared de 8 mm)

La masa por volumen es $175 \text{ g} / 250 \text{ cm}^3 = 700 \text{ kg/m}^3$

La explicación del peso W_u es la siguiente. El peso de la pieza de bambú bajo el agua es:

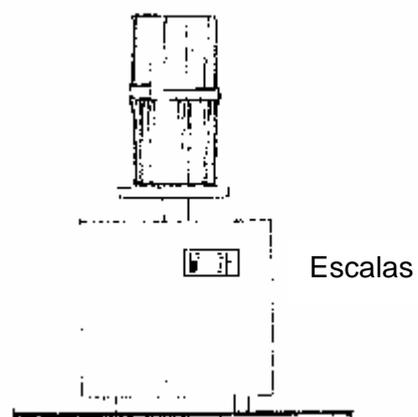
$250 \text{ cm}^3 * (1000 - 700) \text{ kg/m}^3 = 75 \text{ g}$, hacia arriba! De lo cual $W_u = 400 - 75 = 325 \text{ g}$.

Ver figura 6.

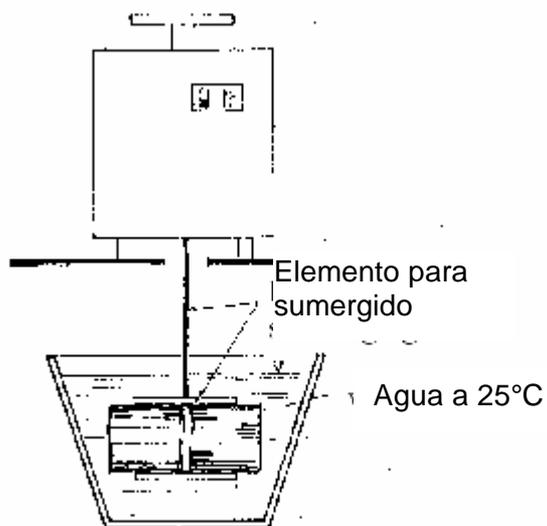
7.6 Determinación en la condición absolutamente seca

Especialmente con piezas de ensayo con un nudo, no se puede evitar la rotura. En este caso se recomienda usar solamente pequeñas piezas de ensayo, en lugar de secciones transversales completas.

(Continúa)



a) Peso del espécimen



b) Peso sumergido del espécimen

Figura 6. Determinación del volumen por inmersión; (Sotela, 1990).

(Continúa)

8 Contracción

8.5.2 Procedimiento

La toma de medidas puede hacerse de acuerdo con la Figura 4. Los resultados pueden registrarse en una tabla como la de la Figura 7.

ENSAYOS DE CONTRACCION DEL BAMBU

ESPECIE..... de

Proyecto No.....

Mata No.....

Consignación No..... Disposición de nudos Edad Tallo No.....

Fecha	Peso en gramos	Longitud(cm) A_1-A_2 B_1-B_2 promedio de contracción %	Diámetro(cm) A_1-B_1 C_1-D_1 A_2-B_2 C_2-D_2 promedio de contracción %	Espesor de pared (cm) A_2-B_2 C_2-D_2 promedio de contracción %	Contenido humedad al comienzo del ensayo
-------	----------------	--	--	---	--

Figura 7. Tabla para registrar datos sobre contracción, según IS 6874, apéndice C.

(Continúa)

9 Compresión

9.3 Aparato

La capa intermedia para reducir la fricción entre las placas de acero y el espécimen de bambú requiere una explicación, por cuanto ésta no es requerida en ninguna norma para los ensayos de la madera.

Si realizamos ensayos sobre madera o sobre bambú, tenemos un esfuerzo de compresión σ y un módulo E. La compresión vertical (acortamiento) es $\varepsilon = \sigma/E$. Con un valor de Poisson (la relación entre el acortamiento vertical y el ensanchamiento horizontal) de ν , el esfuerzo horizontal $\varepsilon_h = \nu^* \sigma/E$.

Si hacemos un ensayo de compresión sobre un tallo de bambú con un diámetro exterior D de 100 mm, y un espesor de pared de 7 mm, el desplazamiento horizontal del exterior es ε_h multiplicado por el radio de 50 mm, es $50 \varepsilon_h$; para el interior es $43 \varepsilon_h$. Si hacemos este ensayo sobre una pieza de madera con la misma sección transversal, tenemos un cilindro macizo con un radio exterior de 25 mm. El desplazamiento horizontal varía entre cero en el centro, y $25 \varepsilon_h$ sobre el exterior; el valor medio es $2/3$ de éste, o $17 \varepsilon_h$. Esto significa una diferencia de casi 3 veces entre el bambú y la madera. En la norma ISO 3787 se prescribe una pieza de ensayo de 20 mm en cuadro, por lo cual la diferencia aumenta por un factor de 6 o 7.

Este fenómeno ya fue conocido en 1923 por Meyer y Ekelund. Ellos describen sus ensayos de compresión: tres especímenes con una capa de plomo de 1,5 mm en ambos extremos, y cuatro especímenes con contacto directo entre el bambú y las placas de acero. Los últimos probaron ser 20 % más fuertes, debido "al aumento de fricción en los extremos". Este conocimiento permaneció oculto hasta que Arce lo redescubrió en 1991. (Arce 1993, apéndice B).

Un ejemplo de solución práctica se da en la figura 2 de la Norma INEN-ISO/DIS 22157; otras soluciones dados para reducir la fricción entre el bambú y las placas de acero son el plomo (como se indica anteriormente), y cubrir los extremos de los especímenes de bambú en azufre fundido.

9.4 Preparación de especímenes de ensayo

La declaración de que la longitud del espécimen debe ser igual al diámetro(y no relacionada al espesor de pared como se indica en IS 6874) se basa en la investigación de Arce (l.c, p.43-52)

Los ensayos de compresión solamente se prescriben sobre los entrenudos, por cuanto estos especímenes son más simples que los nudos, y no hay diferencia significativa entre los resultados de los ensayos de compresión sobre nudos y entrenudos (esto significa que: hay una pequeña diferencia, pero ésta es menor que la desviación estándar. Sin embargo, en algunas especies, se puede encontrar una diferencia si en los nudos ha sido removida la capa de médula).

10 Flexión estática

10.1 Objeto

Este capítulo se refiere solamente a cañas completas, por cuanto los ensayos de flexión en piezas de bambú rajado muestran un comportamiento totalmente diferente. Por favor ver la Figura 8, y anotar los momentos de flexión completamente diferentes en la sección transversal de una caña completa, comparados con el momento de flexión en la sección transversal de una pieza de bambú rajado.

10.3 Aparato

El ensayo de flexión debe ser un ensayo de cuatro puntos, por cuanto un ensayo de flexión de tres puntos es mucho menos confiable. Por favor ver la Figura 9, y comparar el área del momento de flexión puro en el ensayo de cuatro puntos con la complicada situación de esfuerzos en el centro de la luz en el ensayo de tres puntos. El diagrama más bajo en esta figura muestra la influencia de las cuatro monturas de madera sobre los momentos de flexión; realmente despreciable.

(Continúa)

10.4 Preparación de las cañas de ensayo

El propósito de esta fórmula más bien complicada para la mínima luz libre de la caña es evitar la falla por una fuerza transversal en vez de por el momento de flexión. Si la luz libre es demasiado corta, la caña se comportará como un arco, y fallará debido a las fuerzas transversales. Pero nuestra meta es determinar la capacidad de flexión. La fórmula está basada en la investigación por Vaessen y Janssen.

$$L = (1,76 * \epsilon_{ult} * E_R * R) / \tau_{ult}, \text{ donde}$$

L = luz libre en mm,

ϵ_{ult} = esfuerzo longitudinal final para el bambú,

E_R = módulo de elasticidad (módulo de Young) en la capa exterior de la caña,

R = el radio exterior, en mm, es la mitad del diámetro exterior,

σ_{ult} = el esfuerzo tangencial final.

Si los parámetros mencionados son desconocidos, solo se pueden utilizar los siguientes valores de falla:

para ϵ_{ult} 0,0032

para E_R 1,5 veces el valor nominal de E como en el ensayo de compresión,

para τ_{ult} 2,6 N/mm²,

Si E = 16 000 N/mm², el resultado será:

$L = (1,76 * 0,0032 * 24000 * R) / 2,6 = 52 R$ o $26 D$; y de esta estimación la longitud mínima ha sido prescrita como $30 * D$.

10.5.1 Momento de inercia (también 10.5.4)

El momento de inercia I se determina dos veces, una antes del ensayo (10.5.1) y otra después (10.5.4). El valor de I antes se usa para predecir el comportamiento durante el ensayo: se pueden estimar los valores máximos de la deflexión y la carga y comparar éstos con la capacidad de la máquina. Después del ensayo I se determina a partir del diámetro D y el espesor de pared t cerca de los dos puntos donde se aplica la carga por cuanto este valor es más representativo para la parte de la caña con el momento de flexión puro.

10.5.2 Procedimiento

Una vez que la caña esté en su posición, marcar el lado superior de la caña con, por ejemplo, un lápiz; de otro modo nunca se podrá saber cual lado estuvo hacia arriba durante el ensayo.

10.5.3 Módulo E

En la mayoría de los casos una parte lineal del diagrama carga-deformación puede encontrarse entre 20 y 80 por ciento de la resistencia final.

NTE INEN-ISO/DIS 22157 usa la fórmula 23/1296; la ISO 3349 no usa 23/1296 sino 1/36, lo cual es la deflexión en la parte del tercio medio, obviamente para evitar la deflexión por corte, pero esto no tiene sentido por cuanto el corte se incluye en "δ". De todos modos, la deflexión por corte puede ser despreciada en el caso de ensayos de flexión en cañas de bambú: la influencia sobre la deflexión es menor del 5 por ciento, presumiblemente aun mucho menos.

(Continúa)

La figura 10 da el ejemplo de una tabla para usarse en el laboratorio para registrar los datos durante el ensayo, y un posible modo de usar esta tabla. Evidentemente éste es solo un ejemplo; cada quien es libre de diseñar hojas de datos similares (o mejores).

La figura 11 muestra un buen ejemplo de la práctica: la máquina de flexión es demasiado corta para ensayar cañas largas de bambú, y la habilidad del personal para resolver este problema añadiendo una viga de acero.

La figura 12 muestra una hoja de datos del mismo laboratorio, como una alternativa a la figura 10.

(Continúa)

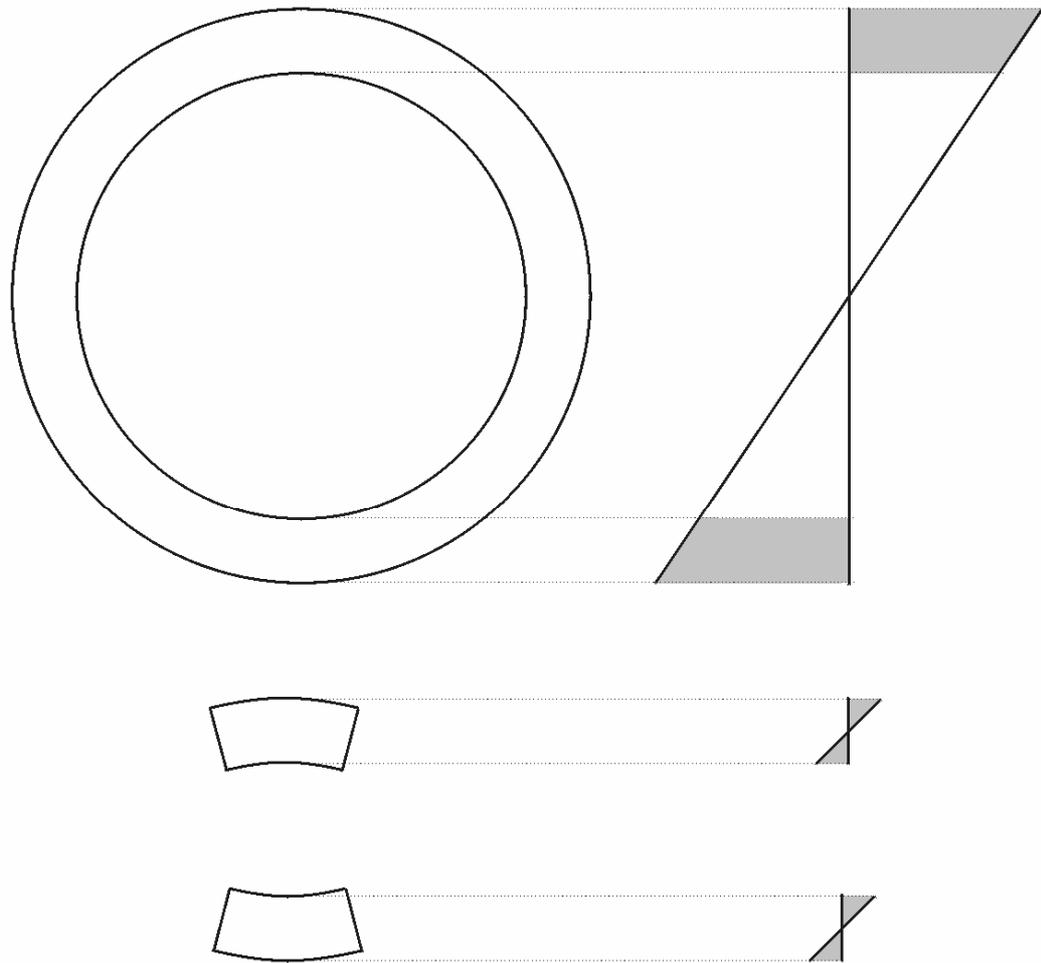


Figura 8: Momentos de flexión en cañas completas o en piezas de Bambú

(Continúa)

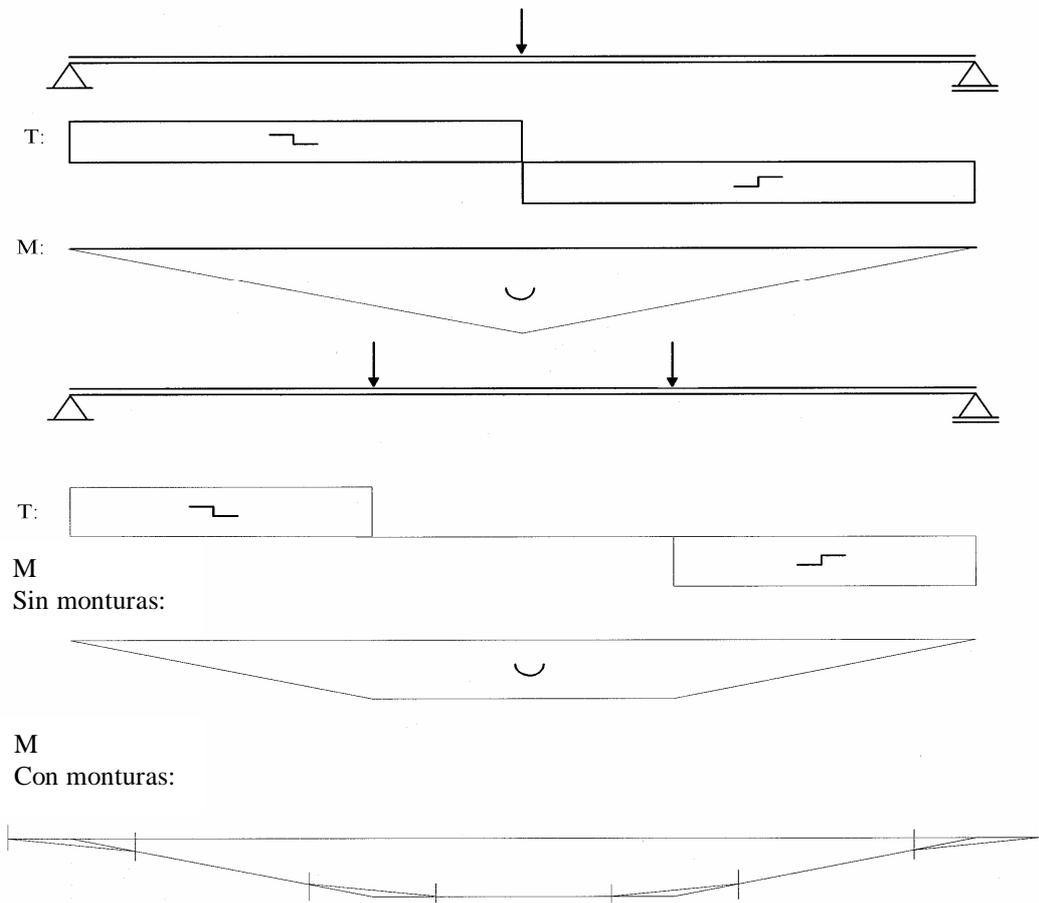


Figura 9. Diagrama de momentos de flexión y esfuerzos de carta en un ensayo de flexión de tres puntos y de cuatro puntos.

(Continúa)

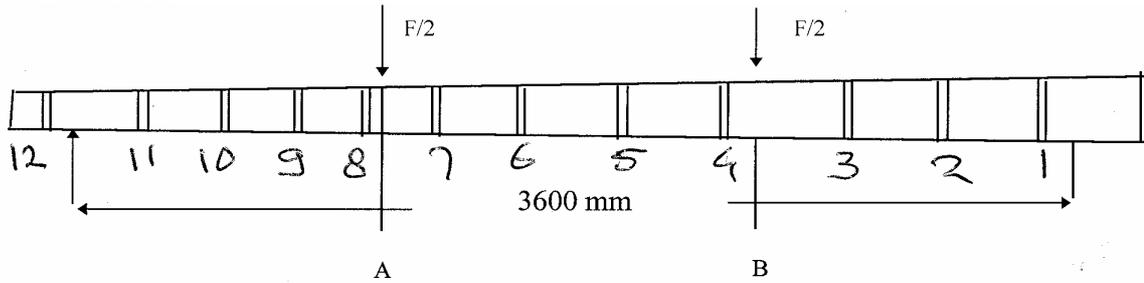
Nombre del laboratorio, etc.

Ensayo de flexión en resumen

Fecha: 1998-02-12

Marca de la caña: Syd

Plano de la caña con nudos, posición en el ensayo de flexión y los lugares donde D y d han sido tomados:



Tiempo	Carga F en N	Deflexión δ en mm
11.22 AM	0	0
11.22	500	11
11.24	1000	27,5
11.26	1500	44,5
11.27	2000	64
11.28	2500	81
11.29	3000	104
11.31	3500	130
	3650	Falla en B

* Se asienta a 700 N

Lugar	D en mm	d en mm	I en mm ⁴
A	91,2	76,1	1,69 × 10 ⁶
B	94,4	78,5	2,01 × 10 ⁶

$$M_{ult} = 0.5F_{ult} * 1200 \text{ mm} = 600 * 3650 = 2,19 * 10^6 \text{ Nmm}$$

$$\sigma = M * e / I = \frac{2,19 * 10^6 * 91,5 / 2}{1,85 * 10^6} = 54 \text{ N/mm}^2$$

$$E = \frac{0.5FL^3}{28,17 * \delta * I} = \frac{2000 * 3600^3}{56,34 * 70 * 1,85 * 10^6} =$$

$$12800 \text{ N/mm}^2$$

desde 500 a 2500 N!

Figura 10. Ejemplo de una hoja de datos

(Continúa)

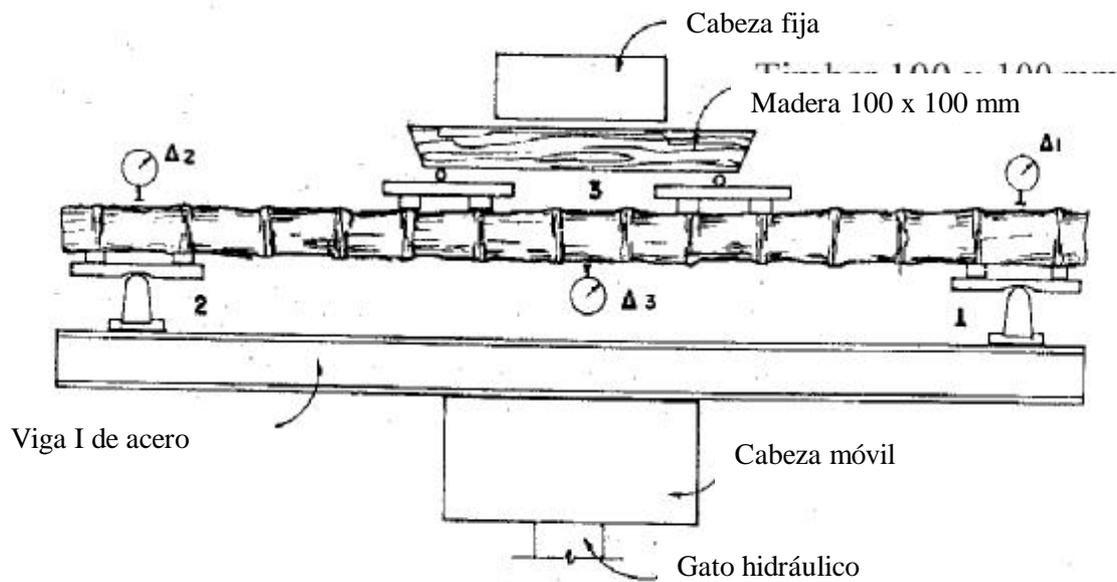
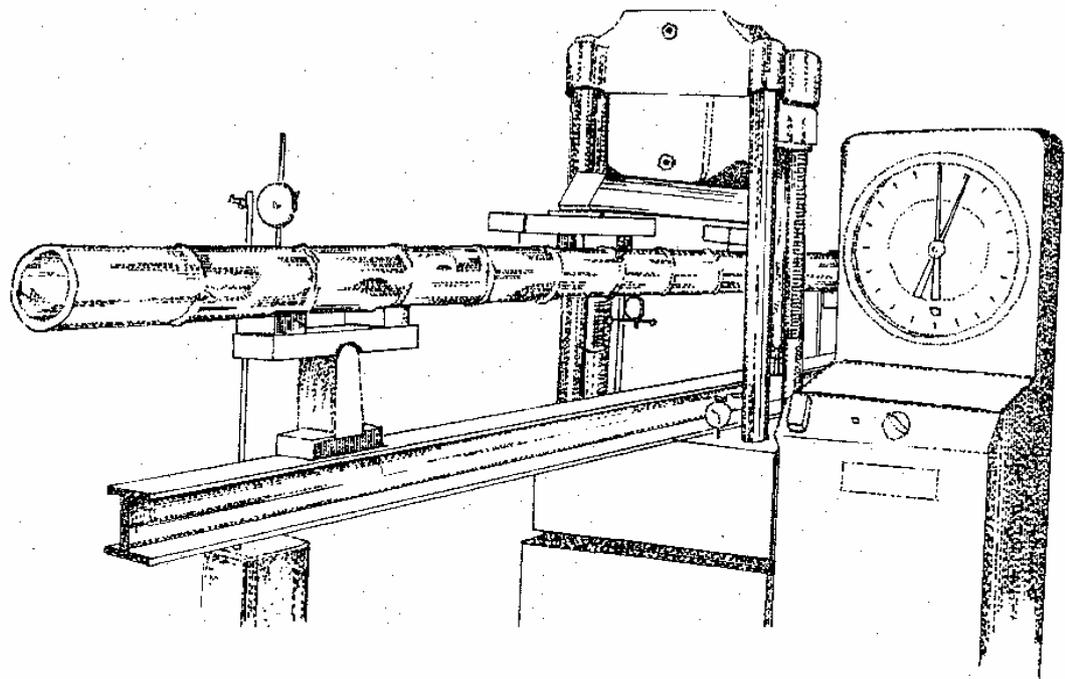


Figura 10.5: Una máquina de flexión con una viga de acero añadida. (Sotela 1990)

(Continúa)

11. Corte

11.1 Objeto

Los ensayos sobre corte son importantes para el cálculo de las juntas. Se prescriben los ensayos paralelos a las fibras; los ensayos perpendiculares a las fibras se harían solamente por razones científicas, para lo cual no es necesaria una norma.

La figura 4 en la NTE INEN-ISO/DIS 22157 muestra una distancia de 3 mm entre los lados de las placas de acero arriba y abajo; ésta es una precaución de seguridad, para estar seguros de que una área de corte permanece entre las placas de acero. En lugar de acero puede usarse también madera dura.

Es una buena práctica de laboratorio añadir una guía, como en la figura 11.1 de este manual. De otro modo pueden ocurrir errores humanos.

El método de ensayo descrito en la norma ha sido seleccionado después de ensayos comparativos los cuales indicaron que este método es más confiable (y más simple también) que otros métodos de ensayo y formas de especímenes.

11.4.2 Especímenes

La división 50-50 por ciento de nudos y entrenudos está basada en la experiencia de que los especímenes de entrenudos se comportan mejor al corte que los con nudos. Si tomamos 12 especímenes, podemos determinar el valor medio para los 12, y si usamos 6 especímenes con un nudo y 6 sin un nudo, podemos determinar la influencia de esta diferencia.

(Continúa)



Figura 12 Dispositivo guía de apoyo y carga para el ensayo de corte.

(Continúa)

12 Tensión

12.4.2 Especímenes

Aquí, los especímenes pueden tener un nudo; la diferencia de resultados en tensión entre los especímenes con y sin un nudo es tremenda; un nudo realmente es débil en tensión. La resistencia a la tensión en la región de un nudo es solo el 30 por ciento de la región entre nudos (Arce, 1993, p. 111). Para propósitos comerciales aquí se prescribe un nudo; para investigación científica, uno es libre de hacer otra cosa.

12.4.4 Forma de los especímenes

Se dan tres ejemplos:

La Figura 13, indica una pieza de ensayo en forma de cuña, que se usa en muchos laboratorios; se conocen muchos problemas con fallas en el corte. (Zhou Fangchun 1981).

La Figura 14 indica una pieza de ensayo con piezas de madera pegadas en ambos extremos. La longitud de ellas se determina por el esfuerzo de corte permisible en esa junta pegada (Arce 1993).

La Figura 15 indica una pieza de ensayo que esta siendo usada en Japón (cortesía del Profesor Inoue)
Nota: Es preferible no tener un nudo en el área de ensayo (contrario a NTE INEN-ISO/DIS 22157)

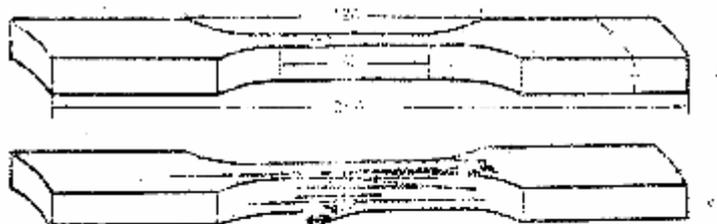


Figura 13 Pieza de ensayo en forma de cuña para ensayos de tensión

(Continúa)

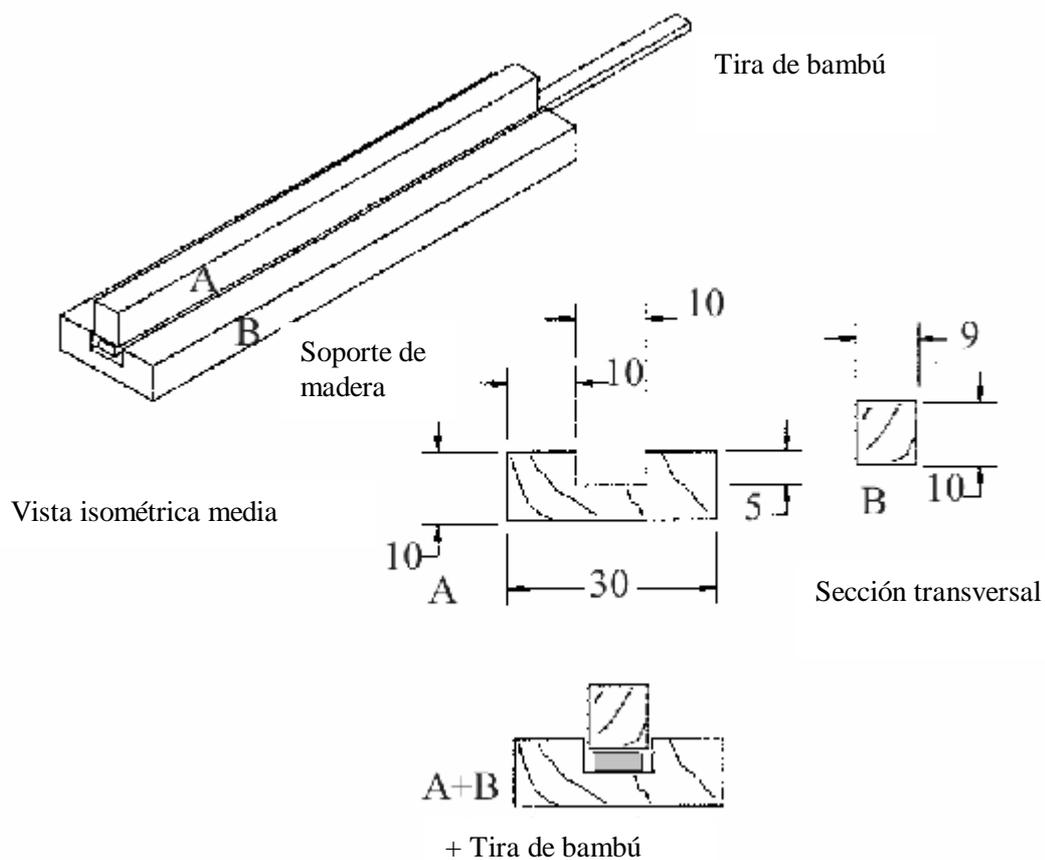


Figura 14 Pieza de ensayo a la tensión con extremos de madera.
 Todas las dimensiones están en mm.

(Continúa)

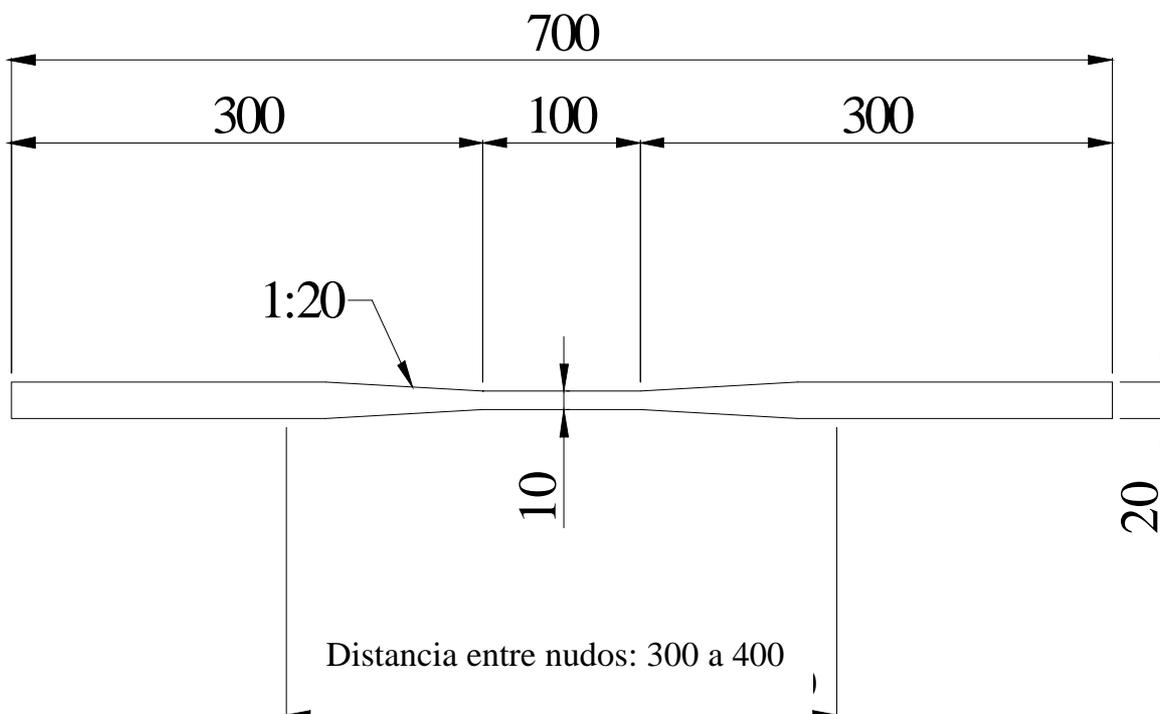


Figura 15. Pieza de ensayo para ensayos de tensión. Dimensiones en mm

(Continúa)

Referencias

Arce, O. (1993) Fundamentos del diseño de estructuras de bambú. Tesis Universidad de Eindhoven, 260 pp. ISBN : 90-6814-524 X. También disponible en la página web www.tue.nl.

Meyer HF., y B. Ekelund, (1923) Ensayos sobre las propiedades mecánicas del bambú, documento 7, vol. 22, Sociedad de Ingeniería de China, sesión 1922-1923, pp. 141-169.

Vaessen, M.J., y J.J.A.Janssen, (1997), Análisis de la longitud crítica de las cañas de bambú en los ensayos de flexión de cuatro puntos. Heron, vol. 42 No. 2, pp. 113-124. ISSN 0046 7316

Zhou Fangchun, 1981. Estudios sobre las propiedades físicas y mecánicas de maderas de bambú, Diario del Colegio Tecnológico de Nanjing de productos forestales, No. 2 (en chino) (piezas de ensayo en forma de cuña para ensayos de tensión).

Sotela, 1990. Manual de ensayos físico-mecánicos para especímenes de bambú. Laboratorio de productos forestales, Instituto de Investigaciones de Ingeniería. Universidad de Costa Rica (en español).

Janssen, 1981. El bambú en estructuras de construcción. Tesis Universidad de Eindhoven. También disponible en www.tue.nl

(Continúa)

APÉNDICE Z

Z.1 DOCUMENTOS NORMATIVOS A CONSULTAR

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-ISO/DIS – 22156:2003.	<i>Bamboo Structural Design.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-ISO/DIS – 22157:2003	<i>Determinación de propiedades físicas y mecánicas del bambú.</i>
Norma Internacional ISO 3349:1975	<i>Wood – Determination of modulus of elasticity in static bending</i>
Norma Internacional ISO 3787:1976	<i>Wood – Test methods. Determination of ultimate stress in compression parallel to grain (withdiason)</i>
Norma Indu IS 6874	<i>Method of tests for round bamboos</i>

Z.2 BASES DE ESTUDIO

Arce, O. (1993) *Fundamentos del diseño de estructuras de bambú*. Tesis Universidad de Eindhoven, 260 pp. ISBN : 90-6814-524 X. También disponible en la página web www.tue.nl.

Meyer HF., y B. Ekelund, (1923) *Ensayos sobre las propiedades mecánicas del bambú*, documento 7, vol. 22, Sociedad de Ingeniería de China, sesión 1922-1923, pp. 141-169.

Vaessen, M.J., y J.J.A. Janssen, (1997), *Análisis de la longitud crítica de las cañas de bambú en los ensayos de flexión de cuatro puntos*. Heron, vol. 42 No. 2, pp. 113-124. ISSN 0046 7316

Zhou Fangchun, 1981. *Estudios sobre las propiedades físicas y mecánicas de maderas de bambú*, Diario del Colegio Tecnológico de Nanjing de productos forestales, No. 2 (en chino) (piezas de ensayo en forma de cuña para ensayos de tensión).

Sotela, 1990. *Manual de ensayos físico-mecánicos para especímenes de bambú*. Laboratorio de productos forestales, Instituto de Investigaciones de Ingeniería. Universidad de Costa Rica (en español).

Janssen, 1981. *El bambú en estructuras de construcción*. Tesis Universidad de Eindhoven. También disponible en www.tue.nl

Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN - Baquerizo Moreno E8-29 y Av. 6 de Diciembre
Casilla 17-01-3999 - Telfs: (593 2)2 501885 al 2 501891 - Fax: (593 2) 2 567815
Dirección General: [E-Mail:furresta@inen.gov.ec](mailto:furresta@inen.gov.ec)
Área Técnica de Normalización: [E-Mail:normalizacion@inen.gov.ec](mailto:normalizacion@inen.gov.ec)
Área Técnica de de Certificación: [E-Mail:certificacion@inen.gov.ec](mailto:certificacion@inen.gov.ec)
Área Técnica de de Verificación: [E-Mail:verificacion@inen.gov.ec](mailto:verificacion@inen.gov.ec)
Área Técnica de Servicios Tecnológicos: [E-Mail:inencati@inen.gov.ec](mailto:inencati@inen.gov.ec)
Regional Guayas: [E-Mail:inenguayas@inen.gov.ec](mailto:inenguayas@inen.gov.ec)
Regional Azuay: [E-Mail:inencuenca@inen.gov.ec](mailto:inencuenca@inen.gov.ec)
Regional Chimborazo: [E-Mail:inenriobamba@inen.gov.ec](mailto:inenriobamba@inen.gov.ec)
URL:www.inen.gov.ec