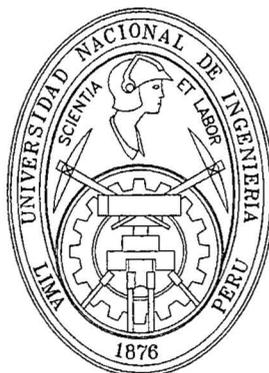


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL



**“ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES
FISICO MECANICAS
DE LA MADERA CATAHUA”**

TESIS

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL**

WILLIAM TEDDY BEJARANO RIVERA

LIMA-PERU

2003

Digitalizado por:

Consortio Digital del
Conocimiento MebLatam,
Hemisferio y Dalse

DEDICATORIA

A mi adorada "Mami" Justina Espinoza Espinoza, que al lado del señor se sentirá orgullosa de sus enseñanzas, por que en cada logro estas presente en mi.

A papa Gelacio Rivera Luna, quien me lego su ejemplo de pujanza y dedicación.

A mi Madre Alcida Rivera Espinoza, a quien quiero y amo, ejemplo de responsabilidad y honestidad.

A mi Padre Necker Bejarano Alejos, un gran profesional, lleno de ideas y vocación de servicio.

A mi Esposa Gabriela Gutierrez Baquerizo, a quien amo mucho, por su comprensión e inmenso apoyo.

A mis Hermanos, Giovanna Judith, Necker Gelacio, Dellys Mariella y Roger Danny a quienes quiero mucho.

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento al Ing° Carlos Irala Candiotti asesor del presente trabajo de investigación, por su apoyo, colaboración y preocupación constante durante el desarrollo del mismo.

De igual forma al Dr. Carlos Saavedra, Dra. María Luisa Girón, Dr. Martín Nizama quienes con su ejemplo y dedicación me impulsan a ser cada día mejor.

A los Ings° Luis Vargas Rodríguez, Vicente Chariarse, profesores de la Facultad de Ingeniería Civil, quienes me motivaron a reincorporarme a la universidad.

INDICE

PRESENTACION

CAPITULO I:

CARACTERISTICAS TECNOLOGICAS Y PROPIEDADES DE LA MADERA

1.1.	Introducción.	003
1.2.	Identificación y Nomenclatura de las maderas tropicales.	004
1.3.	Estructura y características anatómicas de la madera.	009
1.4.	Agentes que afectan el comportamiento de la madera.	019
1.5.	Aserrado, secado y protección de la madera.	023

CAPITULO II:

LA MADERA COMO MATERIAL DE CONSTRUCCION

2.1.	El material de construcción.	038
2.2.	Madera de construcción no estructural.	039
2.3.	Madera de construcción estructural.	041
2.4.	Clasificación visual por defecto para madera estructural.	043
2.5.	Tolerancias de los defectos en maderas estructurales.	052

CAPITULO III:

DESCRIPCION GENERAL DE LA ESPECIE CATAHUA

3.1.	Descripción de la madera Catahua.	054
3.2.	Caracteres organolépticos de la madera.	057
3.3.	Caracteres macroscópicos de la madera.	057
3.4.	Caracteres microscópicos de la madera.	058
3.5.	Descripción ecológica del bosque.	060
3.6.	Identificación de la especie.	061

CAPITULO IV:

NORMAS Y METODOS DE ENSAYO NORMAS ITINTEC - COPANT

4.1.	Introducción.	062
4.2.	Proceso de muestreo y acondicionamiento.	064
4.3.	Numero de probetas por cada tipo de ensayo.	069
4.4.	Fabricación de probetas.	071
4.5.	Normas a usarse para los ensayos.	074

CAPITULO V:

ENSAYOS DE PROBETAS EN EL LABORATORIO SEGUN NORMAS

5.1.	Ensayos físicos.	075
5.1.1	Determinación del contenido de humedad.	075
5.1.2	Determinación de la densidad.	076
5.1.3	Determinación de la contracción.	079
5.2.	Ensayos mecánicos.	082
5.2.1	Ensayo de tenacidad.	086
5.2.2	Ensayo de dureza.	088
5.2.3	Ensayo de cizallamiento paralelo a la fibra.	088
5.2.4	Ensayo de compresión perpendicular a la fibra.	089
5.2.5	Ensayo de compresión paralelo a la fibra.	092
5.2.6	Ensayo de flexión estática.	094
5.2.7	Ensayo de tracción perpendicular a la fibra.	098
5.2.8	Ensayo para determinar la resistencia al clivaje.	099
5.3.	Equipo utilizado	100

CAPITULO VI:

PROCESAMIENTO DE RESULTADOS

6.1.	Procesamiento estadístico de resultados.	102
6.2.	Medidas de tendencia central y medidas de dispersión.	103
6.3.	Ajuste de curvas de selección del modelo matemático.	108

CAPITULO VII:

ANALISIS DE RESULTADOS - GRAFICOS

7.1.	Análisis de resultados para los ensayos físicos. (Tablas)	113
7.2.	Análisis de resultados para los ensayos mecánicos. (Tablas)	116
7.3.	Tablas de resumen final de datos obtenidos en el laboratorio.	135
7.4.	Análisis de resultados.	137
7.5.	Agrupamiento de la madera Catahua Amarilla según Norma E-101 ININVI	140

CAPITULO VIII:

COSTOS DE LA MADERA

8.1.	Costos de la madera Catahua y su comparación con las demás maderas existentes en la zona	144
------	--	-----

CAPITULO IX:

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

9.1.	Conclusiones	147
9.2.	Recomendaciones	149

ANEXOS

ANEXO A: Especies forestales identificadas en el Perú

ANEXO B: Datos obtenidos en el laboratorio.

BIBLIOGRAFIA

PRESENTACION

La tradición de la extracción de nuestros bosques, por su gran diversidad, ha ido variando en el tiempo, nosotros inicialmente orientábamos nuestras fuerzas hacia la extracción de las maderas preciadas, preciosas como se les llama. Pero hoy con el devenir del tiempo y las exigencias que hay en el mundo, por que hay gran demanda por la madera, se ha ido introduciendo a esta gama de maderas explotables un buen numero de otras maderas no denominadas preciosas, inclusive con diversidad de características en cuento a su dureza, otra característica es que nuestros bosques tengan un grado de explotación menor del que realmente pudo haber sido. Siempre se ha dicho que nuestra selva es un gran potencial y realmente lo es pero en el resultado de las actividades económicas no se refleja este dicho. Y creo que nos estamos aproximando a ello. Y realmente si nosotros sobrevolamos la selva vemos que es un manto verde, sumamente grande, con gran diversidad y con diferente grado de participación humana en ese sector, encontrándose también en ella todavía pues bosques vírgenes.

Con relación a la explotación forestal existen algunos vicios; por ejemplo, las condiciones o las formas, la normatividad orienta que no tengamos, por ejemplo, condiciones u obligación de manejo de bosque que es una condición indispensable para tener un bosque adecuado. La ley, puede ser es burlada por todos, tanto profesionales y no profesionales haciendo pedido de áreas que no tienen licencia para establecer un manejo forestal. Eso a hecho, también que haya una actividad forestal migrante sencillamente ir a un bosque ha sacar lo que puede.

Analizando las acciones del plan forestal en la sub región andina se determino que actualmente existe en el mercado muchas maderas cuya identidad no es comprendida, y que aclarando su identidad y nomenclatura se establecerá un punto de partida para su propagación, manejo y producción, por lo que nace la idea de la presente tesis "Estudio de las

propiedades físico mecánicas de la madera Catahua” por la importancia que representa para el sector forestal.

El presente trabajo de investigación esta desarrollado de ocho capítulos.

El primer capítulo describe el estudio de la madera en general, sus características, propiedades y su identificación.

El segundo capítulo analiza la madera como material de construcción, su clasificación y tolerancias que se presentan.

El tercer capítulo describe a la madera a investigar su identificación, distribución y sus caracteres.

El cuarto capítulo se basa en el proceso de muestreo y elaboración de probetas como también las normas ITINTEC – AFNOR, las cuales servirán para seguir la secuencia de los ensayos tanto físicos como mecánicos.

El quinto capítulo presenta una descripción del procedimiento seguido en la secuencia de ensayos, haciendo mención del equipo de laboratorio usados.

El sexto capítulo presenta una descripción del estudio de la evaluación estadística, con el fin de definir el método de tendencia, en la cual la curva esfuerzo – deformación, tenga un mejor ajuste.

El séptimo capítulo presenta una descripción de los resultados, determinando los valores característicos físico mecánicos de diseño, así como resumiendo sus propiedades.

El octavo capítulo presenta una descripción del costo de la madera estudiada y comparada con otras especies.

Finalmente se presenta las conclusiones y recomendaciones obtenidas en el trabajo de investigación, como también anexos y la bibliografía usada.

En esta tesis se utilizo las normas AFNOR e ITINTEC que actualmente es llamada NORMAS TECNICAS PERUANAS “NTP” (INDECOPI).

CAPITULO I

CARACTERISTICAS TECNOLOGICAS Y PROPIEDADES DE LA MADERA EN GENERAL

1.1 INTRODUCCION

El presente capítulo tiene por objetivo el estudio científico de las características y propiedades físico mecánicas de la madera, contiene consideraciones generales relativas a estas propiedades, con el fin de definir términos utilizados en la industria o en el laboratorio, y establecer un vocabulario que sirva como referencia a emplear en la redacción del presente estudio.

Asimismo señalar el correcto manejo de las fórmulas y prescripciones contenidas en los fascículos consagrados a métodos de ensayo, a las cuales se remite en cada caso.

El uso adecuado de la madera tropical (latí foliada) como material de construcción, se ve limitado por el desconocimiento de sus propiedades fundamentales que caracterizan su comportamiento bajo la acción de elementos físicos y mecánicos.

Los estudios realizados en el Perú sobre las maderas tropicales nacionales, no se pueden tomar muy en cuenta por tener errores y estar incompletos, pudiendo decir que es de gran dificultad para los Investigadores la escasez de literatura, con respecto a esto cabe mencionar la destacada labor que cumple la Junta del acuerdo de Cartagena con su "Proyecto Andino de Desarrollo Tecnológico en el Área de Recursos Forestales Tropicales" (PADT-REFORT) que constituye el esfuerzo Internacional más importante que se ha realizado en materia forestal, este proyecto ha editado el "Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino", que es el trabajo mas serio hecho hasta la fecha.

1.2 IDENTIFICACION Y MOMENCLATURA DE LAS MADERAS TROPICALES

Para una mejor identificación de las maderas tropicales se utilizaran algunos términos de la botánica y de la anatomía de la madera.

1.2.1 NOMENCLATURA DEL ARBOL

FAMILIA: En la clasificación biológica, grupo de géneros con características comunes. En los grupos biológicos, la familia está por debajo del orden y por encima del género. En la clasificación moderna el nombre que designa la familia procede de un género de la familia denominado el género tipo. Los nombres de las familias de las plantas casi siempre terminan en *aceae*, como en *Dipsacaceae*, la familia de la cardencha.

GÉNERO: En taxonomía, categoría de clasificación de los seres vivos; concretamente, un grupo de especies estrechamente emparentadas en estructura y origen evolutivo. En la clasificación de los seres vivos el género se sitúa por debajo de la familia o subfamilia y por encima de la especie.

El nombre de un género siempre es diferente del que se utiliza para cualquier otro género de seres vivos. Un organismo se nombra mediante la asignación de dos términos, el nombre del género seguido del de la especie. Por ejemplo, en el nombre científico de las lilas atigradas, *Lilium tigrinum*, *Lilium* es el nombre del género y *tigrinum* el de la especie. En la nomenclatura botánica, el nombre de un género nunca se puede asignar al de una especie. El término científico que se aplica a una familia es siempre una modificación del nombre de uno de los géneros; el género implicado se denomina género tipo.

ESPECIE: Es un grupo de organismos que se caracterizan por tener una forma, un tamaño, una conducta y un hábitat similares y porque estos rasgos comunes permanecen constantes a lo largo del tiempo.

Se refiere al nombre botánico científicamente válido, esta compuesto de tres partes: el género, la especie y el autor o científico que clasifico originalmente a la planta, algunas especies están compuestos de poblaciones de individuos diferentes entre sí, por lo que la especie se divide en subespecies.

SINONIMIA: Se refiere a los nombres científicos de la especie con los que fueron sucesivamente identificados por los botánicos.

NOMBRES COMUNES: Son los nombres regionales aplicados a la especie en cada localidad en los diferentes países de la subregión andina. Inicialmente se cita el nombre común del país que investigo la especie.

NOMBRE COMERCIAL INTERNACIONAL: Es el nombre que se aplica a la especie en el contexto del comercio internacional de la madera.

1.2.2 COMPONENTES DEL ARBOL

ARBOL: Es una planta superior, perenne, de tronco leñoso que se ramifica a cierta altura del suelo, por lo menos de 2 metros de altura, en el que se distinguen la raíz el tronco o fuste y la copa.

TRONCO O FUSTE.- Su función es el sostén, conducción y almacenamiento de sustancias de reserva. Se describe la altura y el diámetro del tronco el que usualmente es tomado a la altura del pecho (DAP aproximadamente a 1.30mt de la base del árbol)

RAIZ.- Su función es absorber agua, nutrientes minerales y fijar la planta al suelo.

ALETONES.- Se denomina a las raíces comprimidas lateralmente cuyas porciones tablares superiores sobresalen considerablemente del suelo, también son llamadas bambas, gambas o contrafuertes.

COPA.- conjunto de ramas y hojas que forman la parte superior del árbol, en ella se efectúa el proceso de fotosíntesis.

CORTEZA: Es la capa exterior del tronco, conformada por la capa externa llamada Ritidoma y la capa interna compuesta por tejidos vivos llamada Floema.

El cambium es el tejido a partir del cual se origina la corteza hacia afuera y la madera hacia adentro.

Se clasifica en corteza viva y corteza muerta:

CORTEZA VIVA: Es el conjunto de capas internas de tejido comprendido entre la corteza muerta y el cambium. Al corte transversal, la corteza viva puede presentar estratos o capas denominadas: capa interna y capa externa de la corteza viva.

CORTEZA MUERTA: Conjunto de capas superficiales o externas, compuesta de tejidos muertos que se despegan mas o menos fácilmente. El vocablo técnico correspondiente es ritidoma.

HOJAS: Principal órgano sintetizador de alimento de los vegetales; es una excrescencia lateral del tallo y las ramas. Las características de estos órganos son en muchos casos cruciales para la identificación de las especies. Las características más importantes es la posición de las hojas, forma, dimensiones de ellas y detalles que ayudan a distinguir las especies, como presencia de pelos, glándulas u otros elementos.

Las hojas de los árboles pueden agruparse en dos clases básicas de acuerdo al número de láminas que poseen con respecto a la yema axilar: simples o compuestos.

FLORES: Son de gran importancia para el reconocimiento de cada especie, las flores pueden hallarse solitarias en cada axila de las hojas o agruparse en conjuntos llamados inflorescencias.

Las partes florales son fácilmente visibles en flores de mediano a gran tamaño, pero cuando las flores son muy pequeñas se necesita cortarlas para ver los órganos con más facilidad.

FRUTOS: Producto de la fecundación del ovario, constituido por la semilla o semillas y una envoltura más o menos compleja. La flor da origen al fruto.

1.2.3 DESCRIPCION DE LA MADERA

CARACTERES ORGANOLEPTICOS DE LA MADERA.- Son aquellos perceptibles por los órganos de los sentidos y se clasifican en:

COLOR: Se considera el color del tronco recién cortado y cuando la madera está en condición seca. Con la ayuda de la tabla Munsell de colores para suelos, se describe el color diferenciado correspondiente a la capa externa o albura de la capa interna o duramen.

Albura es la parte periférica del tronco que en el árbol contiene células vivas y materiales de reserva; Duramen es la parte del cilindro central constituida por las capas internas del leño.

OLOR: En la identificación de ciertas maderas es característica útil perceptible por el olfato. Es producida por efluvios de ciertas sustancias químicas, tales como resinas, aceites y gomas que se encuentran en la madera infiltradas, las cuales al volatilizarse emanan olores característicos. Cuando la madera esta en condición seca se determinan los olores humedeciéndola, porque generalmente, cuando los árboles son recién talados presenta olores característicos muy similares los cuales se van volatizando con el tiempo.

SABOR: Es la característica que produce el sentido del gusto, algunas sustancias contenidas en las células de la madera. En ciertas especies ayuda al reconocimiento de acuerdo a las sustancias químicas que posee, puede ser distintivo o no distintivo. Se debe emplear con cierto cuidado pues algunos árboles contienen sustancias tóxicas que pueden ocasionar alergias a las personas.

LUSTRE O BRILLO: Característica típica de algunos grupos de especies, producida por el reflejo que causan los elementos que conforman los radios cuando estos son expuestas a la luz. Observable en la sección o corte radial de la madera en forma notoria.

Se califica de bajo, mediano o moderado ha elevado o intenso.

GRANO: Característica observable en la sección radial o tangencial, producida por la disposición que tienen los elementos xilemáticos longitudinales (vasos, fibras, traqueídas, parénquima) con respecto al eje longitudinal del tronco.

Tiene importancia en el trabajo de la madera, así como en el comportamiento físico y mecánico de ella.

Puede ser: recto, entrecruzado, oblicuo y ondulado.

TEXTURA: Característica dada por la distribución, proporción y tamaño relativo de los elementos leñosos (poros, parénquima y fibras), tiene importancia en el acabado de la madera, generalmente es palpable en las secciones longitudinales, pueden ser de tres tipos: gruesa, mediana y fina.

VETEADO: Es la característica producida por el diseño o figura de la veta que se origina en la superficie longitudinal pulida, debido a la disposición de los elementos constitutivos del leño, especialmente los vasos, radios leñosos, parénquima y los anillos de crecimiento, así como también por el tamaño y la abundancia de ellos.

DUREZA Y PESO: Se determina la dureza de una madera por su resistencia a la penetración de otros objetos, en tal sentido hay maderas desde muy duras hasta muy blandas. El peso específico básico (P.E.B) se expresa como el peso de la madera al 0% de humedad entre su volumen en condición saturada.

Los rangos para el peso según la internacional Association of Wood Anatomists (IAWA) son:

- P.E.B. BAJO.- Las maderas con densidad baja, son muy blandas o muy livianas, tienen buena flotabilidad ,pesan menos de 0.40 gr/cm^3 o 400 k/m^3

- P.E.B. MEDIO.- Son las maderas con características intermedias según la IAWA es de $0.40\text{-}0.75 \text{ gr/cm}^3$ o $400\text{-}750\text{k/m}^3$:

Madera Blanda o liviana, pesa de $400\text{-}550 \text{ k/m}^3$

Madera semidura o semipesada, pesa de 550 a 750 k/m^3

- P.E.B ALTO.- Son las maderas con densidad alta son pesadas, usualmente duras y tienen baja flotabilidad según IAWA es mayor de 750 k/m^3

Madera dura y pesada, pesa de 750 k/m^3 – 950 k/m^3

Madera muy dura y muy pesada, pesa mayor de 950 k/m^3

1.2.4 ESPECIES FORESTALES IDENTIFICADAS EN EL PERU

Las nuevas especies forestales identificadas en el Perú lo podemos observar en el **anexo A**.

1.3 ESTRUCTURA Y CARACTERISTICAS ANATOMICAS. DE LA MADERA

La estructura el tamaño y la forma de los tejidos son diferentes en casi todas las especies maderables y son de importancia en el proceso de identificación de maderas. Entre los elementos anatómicos estructurales útiles podemos mencionar.

1.3.1 EL TRONCO

Es la parte aérea de las plantas de naturaleza xilemática y leñosa presenta diferentes formas, En un árbol maduro al observar un corte transversal del tronco, presenta las siguientes partes (Fig. 1.1):

CORTEZA EXTERIOR.- Es la cubierta que protege al árbol de los agentes atmosféricos en especial de las insolaciones, está formada por su tejido llamado floema que cuando muere forma esta capa.

CORTEZA INTERIOR.- Es la capa que tiene por finalidad conducir el alimento elaborado en las hojas las ramas, tronco y raíces esta constituido por el tejido de floemático vivo, llamado también liber.

CAMBIUM.- Es el tejido que origina el crecimiento en grosor del tronco y se encuentra entre la corteza interior y la madera.

LA MADERA O XILEMA.- es la parte maderable o leñosa del tronco, se puede distinguir en ella la albura, el duramen y la médula.

LA ALBURA.- Constituido por las células vivas y jóvenes, es la parte exterior del xilema cuya función principal es la de conducir el agua y las sales minerales de las raíces a las hojas, es de color claro y de espesor variable según las especies, la albura es la parte activa del xilema.

EL DURAMEN.- Constituido por células muertas lignificadas, es la parte inactiva y tiene como función proporcionar resistencia para el soporte del árbol. Con el tiempo la albura pierde agua y sustancias alimenticias almacenadas y se infiltra de sustancias orgánicas distintas, tales como aceites, resinas, gomas, taninos, sustancias aromáticas y colorantes.

MÉDULA.- Son las células débiles o muertas y es la parte central de la sección del tronco y está constituida por tejido parenquimático.

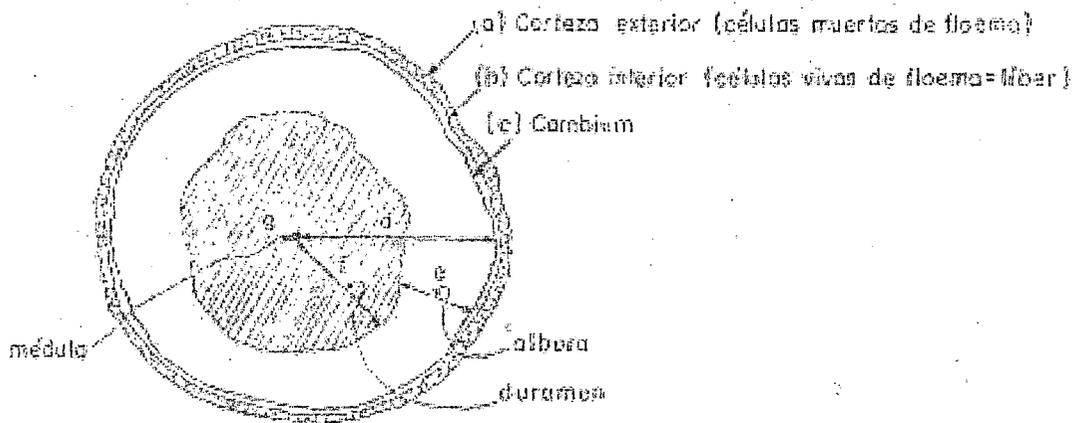
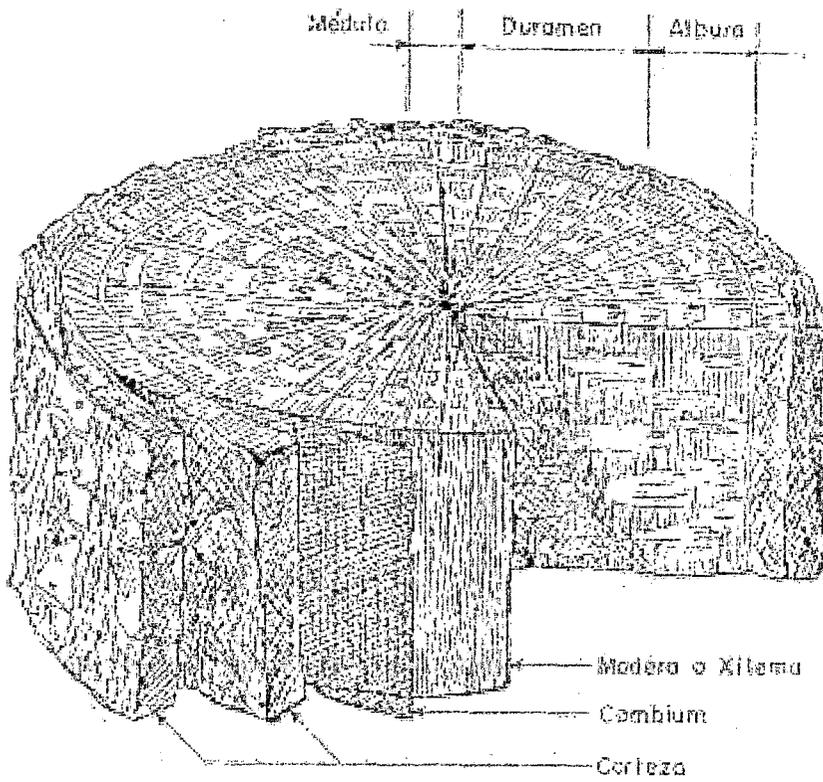


Figura 1.1 PARTES DEL TRONCO

1.3.2 ESTRUCTURA ANATÓMICA DE LA MADERA

La parte maderable del árbol tiene tres funciones básicas: Conducción de agua, almacenamiento de sustancias de reserva y resistencia mecánica. Para cumplir con estas funciones en la madera se distinguen tres tipos de tejidos:

- Tejido vascular (de conducción)
- Tejido parenquimático (de almacenamiento)
- Tejido fibroso (de resistencia)

En el tronco existen dos grandes sistemas de elementos Xilemáticos. El sistema longitudinal, formado por elementos prosenquimáticos y elementos parenquimáticos; y el Sistema transversal, constituido principalmente por elementos parenquimáticos.

Se llaman elementos prosenquimáticos todas aquellas células alargadas y de paredes engrosadas, principalmente relacionadas con la conducción y la resistencia mecánica.

Se llaman elementos parenquimáticos a aquellas células cortas y de paredes relativamente delgadas que tienen la función de almacenamiento y distribución de las sustancias de reserva.

Según el grado de apreciación visual de los tejidos, podemos diferenciar el estudio de la estructura anatómica en tres niveles : macroscópicos, microscópico, y sub microscópico.

1.3.2.1 ESTRUCTURA MACROSCÓPICA.- Es observada a simple vista o con la ayuda de una lupa de 10 aumentos. Sobre la superficie de la madera previamente humedecida, se describen las características de distribución y tamaño de los elementos que conforman la madera. Se observa las siguientes características:

ANILLOS DE CRECIMIENTO.- Son capas de crecimiento que tienen la forma de una circunferencia, el último anillo siempre se extiende desde el extremo inferior del árbol hasta la copa.

En las zonas templadas en las cuales las estaciones son bien marcadas, todos los árboles tienen anillos bien definidos.

En la primavera cuando empieza el crecimiento, el Cambium produce células largas con paredes delgadas y lumen amplio para la conducción del agua. En el otoño, la conducción del agua disminuye por lo que el Cambium produce células pequeñas, de paredes engrosadas y el lumen pequeño.

RADIOS MEDULARES.- Las radios son líneas que van desde el interior hacia el exterior del árbol, siguiendo la dirección de los radios del círculo definido por el tronco, formando el sistema transversal del tronco. Los radios están constituidos por células parenquimáticas, es por ello que son líneas débiles de la madera y durante el secado se producen grietas a lo largo de ellos.

PARENQUIMA LONGITUDINAL.- Formado por tejido parenquimático, constituye parte del sistema longitudinal del tronco, su disposición tiene importancia en la identificación de la especie.

El parénquima longitudinal tiene un color más claro que el tejido fibroso. Las maderas de baja resistencia mecánica y más susceptible al ataque de hongos e insectos

1.3.2.2 ESTRUCTURA MICROSCOPICA.- La estructura microscópica trata de los diferentes tipos y características de las células que forman estos tejidos. Según la estructura celular, las especies maderables se dividen en dos grandes grupos: maderas latifoliadas y maderas coníferas.

MADERAS LATIFOLIADAS O MADERAS DURAS.- La madera tiene una estructura anatómica heterogénea, constituida por diferentes

células leñosas, tales como: los vasos o poros que tienen la función de conducción del agua y sales minerales, estas células forman del 6 al 50% del volumen total de la madera, siendo este porcentaje mayor en las maderas blandas y porosas.

También existen fibras que son células adaptadas a la función mecánica y que forman el 50% o más del volumen de la madera a mayor porcentaje de fibras mayor densidad y por tanto mayor resistencia mecánica (Fig. 1.2)

MADERAS CONIFERAS O MADERAS BLANDAS.- La madera tiene una estructura anatómica homogénea y esta constituida por elementos leñosos llamados traqueidas, estas forman del 80% al 90% del volumen total de la madera y tienen la función de resistencia y conducción presenta células de parénquima, en menor proporción. (Fig. 1.3)

Fuente: Manual PADT - REFORT

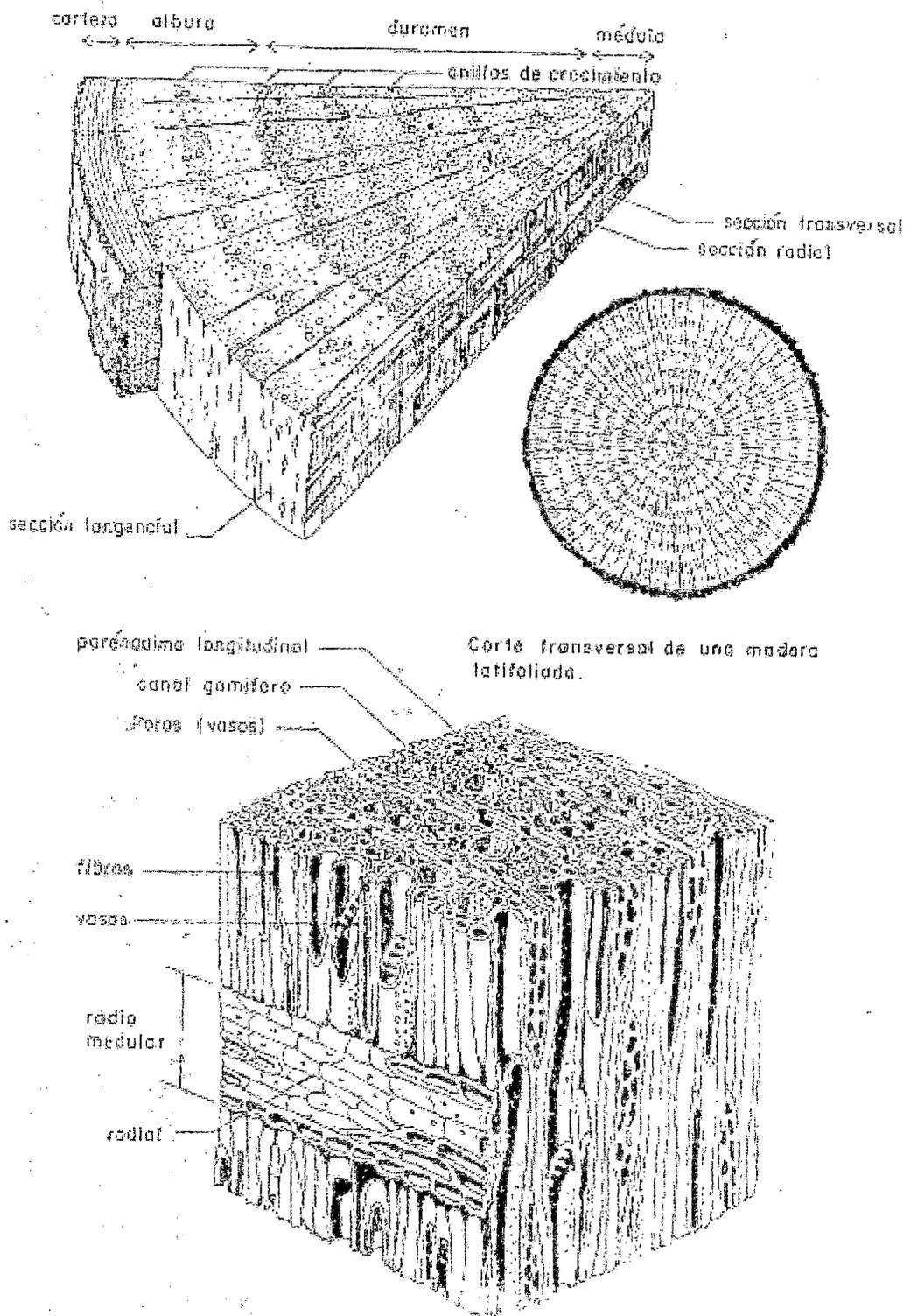


Figura 1.2 ESTRUCTURA ANATOMICA DE LAS MADERAS LATIFOLIADAS

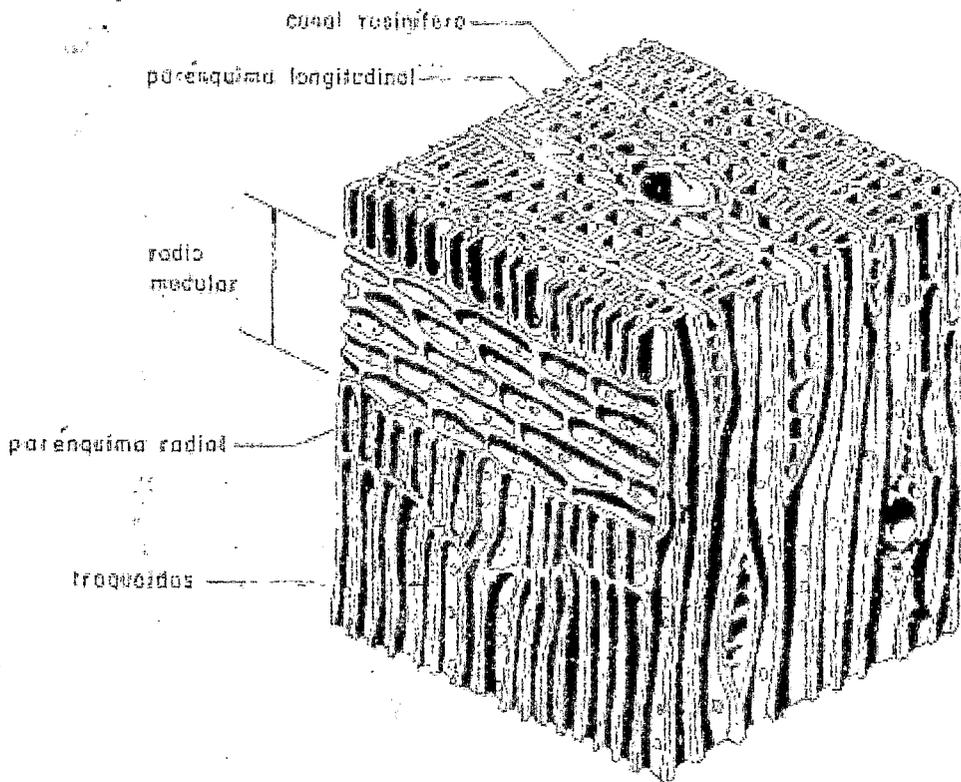
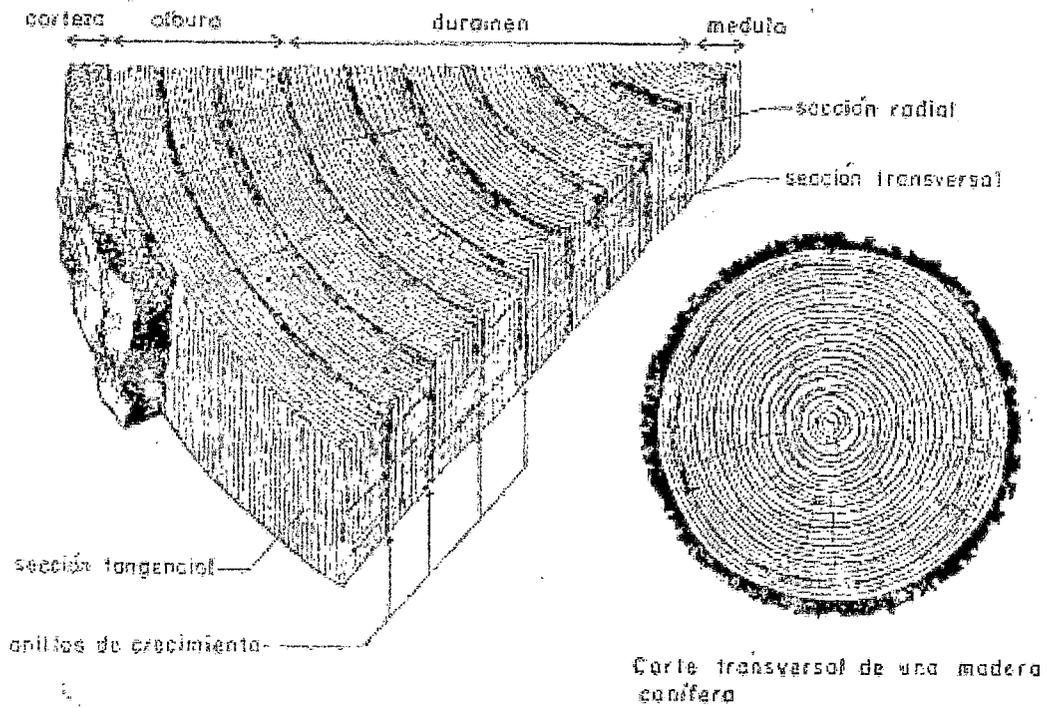


Figura 1.3 ESTRUCTURA ANATOMICA DE LAS MADERAS CONIFERAS

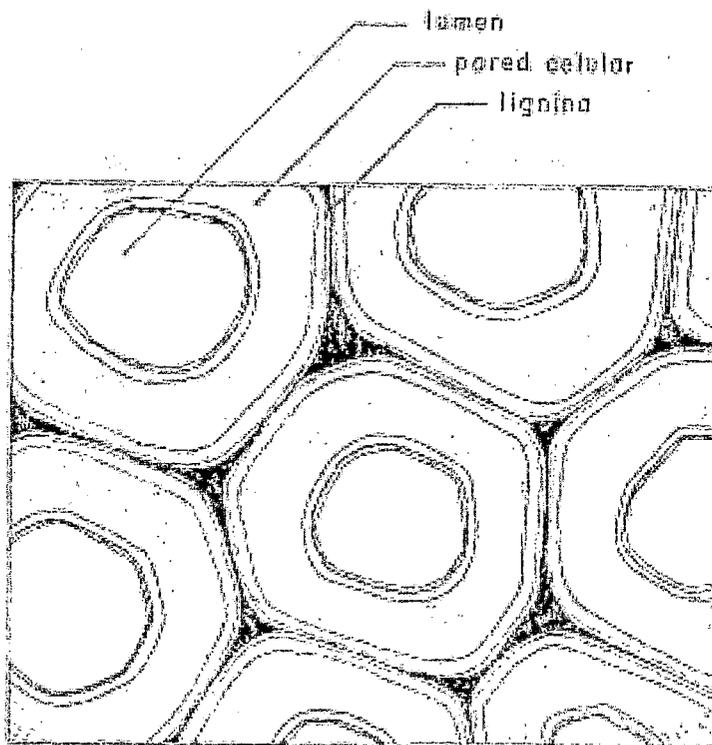
1.3.2.3 ESTRUCTURA SUBMICROSCOPICA.- En la fig. 1.4 se observa la estructura de la fibra o célula leñosa. Esta presenta una cavidad central denominada Lumen, delimitada por la pared celular propiamente dicha. La pared presenta tres capas:

LAMINA MEDIA.- Llamada capa intercelular porque une células adyacentes y esta compuesta principalmente de lignina (60 a 90% de la pared celular) y pectina.

PARED PRIMARIA.- Es la capa exterior de las células compuestas principalmente de lignina y pectina distinguiéndose de la lamina media por la presencia de un 5% de celulosa en forma de fibrillas.

PARED SECUNDARIA.- Compuesta principalmente por celulosa o fibrillas, llegando a alcanzar el 94%. Esta formado por tres capas que se distinguen por la orientación de las fibrillas.

La capa central es la de mayor espesor y sus fibrillas se orientan casi paralelamente al eje de la célula (entre 10° y 30° de desfase). Consecuentemente esta orientación es fundamental en la resistencia de la fibra.



Corte A-A transversal de la fibra

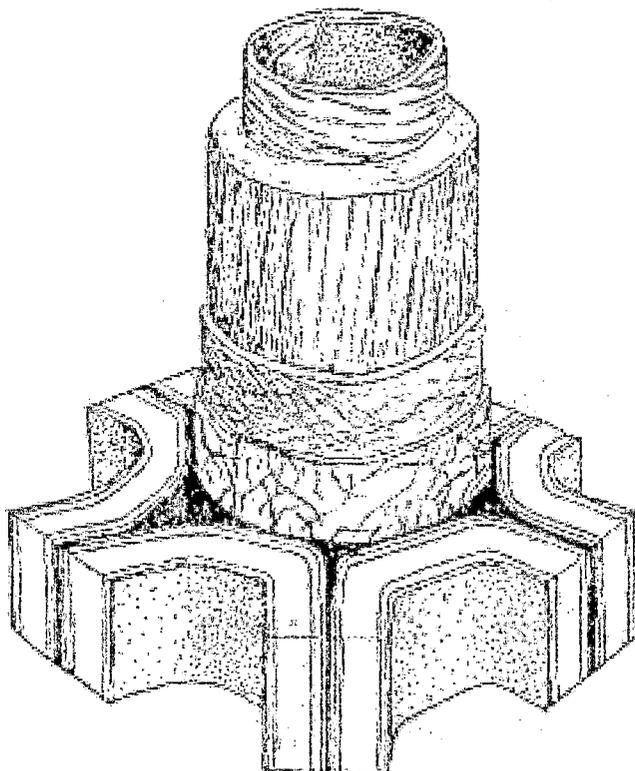


Fig. 1.4 ESTRUCTURA DE LA FIBRA

1.3.3 COMPOSICION QUIMICA DE LA MADERA

Los principales componentes químicos de la madera, son los siguientes:

Celulosa	40 - 60%
Lignina	20 - 40%
Productos orgánicos varios	5 - 20%

Los dos primeros, (celulosa y lignina), se encuentran formando la práctica totalidad de las paredes de las fibras leñosas y componiendo a su vez, el resto de las paredes de las células, con un 5 a 20% de los productos orgánicos, divididos del siguiente modo:

<i>Sustancias de reserva</i>	Almidón, azúcares, grasas, taninos, y sustancias albuminoideas.
<i>Sustancias de secreción</i>	Aceites, esenciales, sustancias colorantes, sales minerales, ceras y resinas.

1.4 AGENTES QUE AFECTAN EL COMPORTAMIENTO DE LA MADERA

La madera esta sometida a diferentes tipos de deterioro desde el momento en que se saca del bosque, es atacada por agentes biológicos: hongos, insectos y perforadores marinos.

Los agentes no biológicos son el fuego, el desgaste mecánico, la acción de los productos químicos y el intemperismo. Con frecuencia actúan conjuntamente dos o más agentes de destrucción, por ello el fracaso de algunos productos como los postes y durmientes, cuyo

deterioro se debe a la acción combinada de la pudrición y desgaste mecánico. Se puede clasificar en agentes biológicos (Reino animal), agentes biológicos (Reino vegetal) y agentes no biológicos.

1.4.1 AGENTES BIOLOGICOS: REINO VEGETAL

HONGOS.- Son microorganismos pertenecientes al Reino Vegetal de orden inferior. El deterioro de la madera por hongos tienen muy variadas formas, que van desde una leve decoloración hasta una desintegración total de la madera.

El desarrollo de los hongos que infectan la madera dependen de cuatro factores fundamentales: humedad, temperatura, aire y alimento.

Los hongos pueden ser:

- **HONGOS XILOFAGOS.-** Las esporas de los hongos xilófagos, se encuentran en gran abundancia en el aire y la tierra, esperando la aparición de condiciones favorables para su germinación y posterior desarrollo, provoca lo que se conoce como pudrición de la madera y esta según el tipo de hongo puede ser: pudrición suave o blanda, pudrición blanca, pudrición parda.

- **HONGOS CROMOGENOS.-** Estos dan lugar a la alteración del color de la madera, sin afectar notablemente su continuidad y textura. Penetran en la madera impartándole coloración y afectando ligeramente su resistencia física y mecánica.

Estos organismos no destruyen las células sino se alimentan de las sustancias que contienen en su interior, atacan la madera con contenido de humedad superior al punto de saturación de las fibras (27 a 32% de C.H.)

- **LOS MOHOS.-** Se desarrollan produciendo proliferaciones algodonosas sobre la superficie que la origina a variadas coloraciones:

verde, azul- verdoso, amarillento y rojizo. Requieren abundante humedad constituyendo formaciones algodonosas en la superficie.

En la madera seca se eliminan fácilmente mediante el cepillado.

- **BACTERIAS.-** Son microorganismos pertenecientes al Reino Vegetal de orden inferior. Se las encuentra normalmente en las maderas que queda almacenada sumergida en agua en espera de Proceso de Industrialización o en el transporte de las mismas.

1.4.2 AGENTES BIOLÓGICOS: REINO ANIMAL

Se presenta un resumen de los diferentes grupos de seres animales que normalmente atacan la madera, el más importante en todo el mundo es la clase de los insectos (Tabla 1-1)

TABLA 1-1 IDENTIFICACION POR LOS DAÑOS MÁS COMUNES DE INSECTOS.

	ANOBIDOS	LITIDOS	ESCOLITIDOS	CERAMBICIDOS	TERMITES
Madera atacada	Principales albura de coníferos.	Solamente albura de Latifoliadas			
Estado de la madera cuando ocurre el ataque.	Seca, a menudo bastante vieja.	Parcial o totalmente seca.	Verde	Seca en el caso Hylotrupis; verde en el caso de Phorocantha.	Generalmente seca.
Perforaciones (Forma y tamaño)	Por lo común redondos de aproximadamente 1.5 mm de diámetro.	Por lo común redondos de 1.0 a 1.5 mm de diámetro.	Por lo común redondos, a menudo menores de 1.0mm, de diámetro.	Por lo común elípticas, de tamaño variable según especie.	Pocas perforaciones visibles o expuestas.
Túneles	Paralelos al grano y transversales a el, dando apariencia de panal; un alfiler penetrará solo a muy corta distancia.	Paralelos al grano principalmente; la totalidad de albura puede ser reducida a polvo; un alfiler sólo penetrará a muy corta distancia.	Transversales al grano principalmente; aislados, de diámetro uniforme; un alfiler podrá penetrar profundamente a menudo en toda su longitud.	Paralelos al grano principalmente; ovales y de formas irregulares, variando en su ancho y trayecto.	Paralelos al grano generalmente.
Tipo y cantidad	Flojo en los túneles, fino, arenoso a veces eyectado en pequeñas cantidades por los agujeros de salida.	Compactado en los túneles, harinoso, a menudo saliendo abundante por los agujeros de salida.	Poco a ninguno en los túneles.	Harinoso y también como aserrín fino, con partículas de excremento de madera.	Túneles ligeramente llenos de excremento de madera, no muy aglomerados con aserrín pulverulento en cantidad variable con la especie.

1.4.3 AGENTES NO BIOLÓGICOS

Dentro de los agentes no biológicos se tiene:

FUEGO.- El fuego causa graves daños a las obras de madera y se le considera el principal agente de destrucción, se da mayor importancia a la pérdida de vidas y de propiedades ocurridas al arder las casas de madera. También se reconoce al fuego como factor de importancia en la destrucción de las minas. Desde el punto de vista de la verdadera cantidad de la madera destruida, el fuego es de importancia secundaria comparada con la (pudrición) de acción relativamente lenta y menos evidente.

DETERIORO DE ACCIONES ATMOSFERICAS.- Cuando se pone a la intemperie una madera sin pintar y sin ningún género de protección, queda sometida a distintas clases de deterioro cuyos efectos se atribuyen a la acción atmosférica cuyos efectos se atribuye a la acción atmosférica.

La madera es influida fácilmente por los cambios constantes de las condiciones de humedad atmosférica. Con el resultado de que las superficies expuestas de una pieza no protegida absorben humedad y se hincha en tiempo húmedo y lluvioso perdiendo humedad y por lo tanto se contrae durante los periodos de sequía.

En consecuencia los cambios de dimensiones se concentran comúnmente en la capa externa de la madera, estableciéndose tensiones alternas de compresión y dilatación y que por el último produce la desintegración mecánica.

La madera puede protegerse contra los efectos de acción atmosférica aplicando pintura o barniz a las superficies que han de quedar expuestas a la intemperie.

DESGASTE MECANICO.- La madera sometida a condiciones de movimiento de diversas clases, esta expuesta de continuo al deterioro por desgaste mecánico y por roce, este es el caso de las traviesas, en

puentes y suelos de fabricas. En algunos de estos usos, la madera puede hacerse inservible sólo por desgaste mecánico, pero la mayoría de las veces la pudrición se combina con el roce para causar el deterioro.

A veces la protección contra el desgaste únicamente se obtiene cubriendo con metal u otros artificios de las partes expuestas al roce.

1.5 ASERRADO CONVERSIÓN SECADO Y PROTECCION DE LA MADERA

Para poder utilizar la madera en la mejor de las condiciones, es necesario que esta cumpla con requisitos como: la edad de un árbol, diámetro del tronco, tamaño de los defectos, alabeos, encorvaduras, etc. Además que el contenido de humedad sea el adecuado a la utilización que se destine, lo cual se logra con un proceso de secado adecuado.

Es de vital importancia que la madera a emplearse, especialmente para uso estructural, satisfaga las normas de clasificación visual recomendada por PAD-REFORT.

1.5.1 TALADO Y ASERRADO

TALADO: Es la corta provechosa sin perjuicios, donde se produce y se mantiene un bosque con la aplicación de los conocimientos de la Ecología (Relación entre los organismos y el medio ambiente) forestal al cuidado del bosque.

En el talado de los árboles siempre se debe tener presente:

La corta con el mayor provecho para la economía forestal y madera o sea:

- En la cosecha completa de la masa de la madera crecida.
- En el aprovechamiento de la valiosa extremidad más gruesa del tronco.

La corta con el mayor provecho para el obrero forestal, o sea:

- En la menor inversión de fuerzas y tiempo

La corta sin daños para el monte, o sea:

- Para la madera joven y vieja que esta en pie
- Para la madera que yace en el suelo y para la que cae

La corta sin daños para el obrero de monte, o sea:

- Con seguridad completa para el cuerpo y su vida
- Con la conservación completa de sus herramientas

Para hacer el talado de árboles se puede emplear distintas herramientas como: hacha, sierra, motosierra, etc.

La tala de árboles empleando hacha es recomendable para troncos delgados, con un diámetro aproximado de 20 cm.; cuando en un árbol su centro de gravedad no cae perpendicular a su superficie de apoyo, aquel se halla sometido a tensión y dichos árboles se hayan en lugares planos como expedientes, también da lugar a tensiones: un crecimiento desigual, la formación de ramas a un solo lado, vientos que soplan en una sola dirección, cuando un árbol es derribado por el viento y se sostiene en otro árbol. Para la tala de estos árboles se debe empezar por la parte sometida de tensión, el tronco se raja en sentido longitudinal. La madera sometida a tensión con tendencia a rajarse suele cortarse en trozos.

La corta de árboles con sierra o motosierra se debe con previa entalladura (corte oblicuo en forma de cuña en la parte inferior del árbol) para evitar que el tronco se raje por efecto de tensión.

ASERRADO.- Para habilitar la madera, el primer procesamiento al que se somete el tronco luego de su extracción del bosque es el aserrado. Este se realiza mediante sierras de cinta o con sierras circulares de grandes dimensiones (Fig. 1.5), en nuestro medio este proceso se realiza utilizando medios tradicionales para lo cual se emplea azuela para el cuadrado del tronco y sierras de cinta manual.

La práctica imperante se concentra en la obtención de piezas de dimensiones grandes, dejando para una etapa posterior la obtención de secciones, más pequeñas. Esta última operación se denomina reaserrado o trozas y por lo general se ejecuta con sierras de menor dimensión y muchas veces directamente en los depósitos.

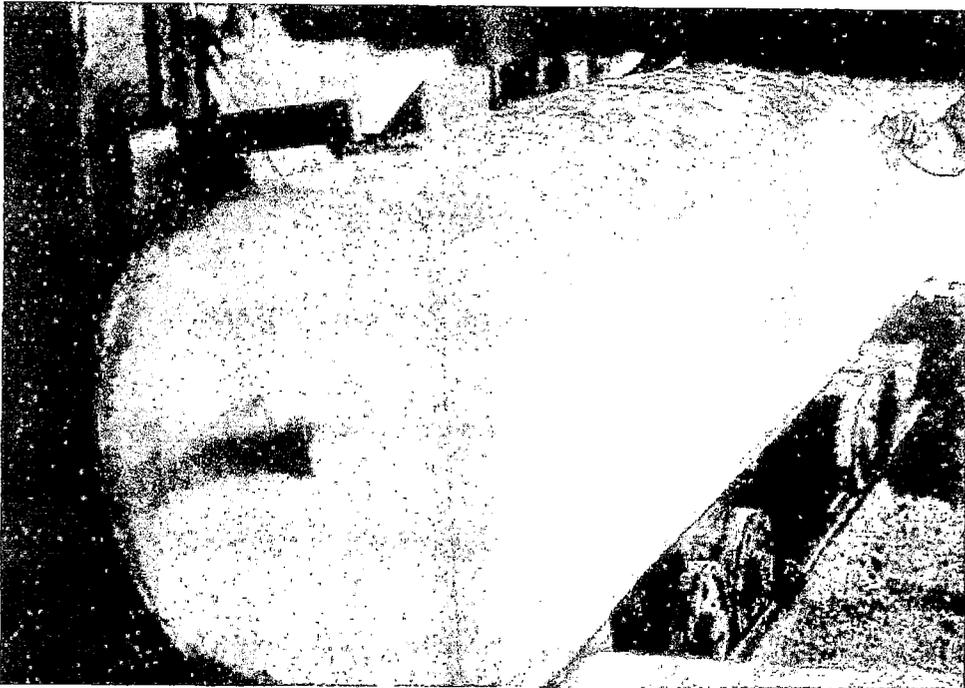


FIG. N° 1.5 ASERRIO DE TROZA

Cortes del tronco.- La madera puede cortarse del tronco de tres maneras distintas:

Tangente a los anillos de crecimiento.- Obteniéndose lo que se llama madera de “corte tangencial”.

Perpendicularmente a los anillos.- Es decir siguiendo la dirección de los radios.

Radios de las circunferencias.- Definidas por los anillos, obteniéndose madera de “Corte Radial”.

Dirección arbitraria.- obteniéndose en general madera de “corte oblicuo”.

Para la obtención de piezas con estos cortes el tronco debe disponerse en el carro de tal manera que permita a la sierra estos ángulos en correspondencia con los radios o anillos, si se desea producir principalmente piezas con un tipo de corte determinado será necesario rotar sucesivamente el tronco en el carro.

Para producir madera estructural es conveniente aserrar las piezas en corte radial, para reducir las distorsiones y defectos debido al secado. Por ser el tronco cilíndrico, esto no es siempre posible, por lo que debe decidirse el tipo de elemento que se quiere obtener con este corte por ejemplo vigas o viguetas y aserrar el resto para otro tipo de elementos menos exigente en estabilidad dimensional.

Otro aspecto importante que se debe considerar para controlar las distorsiones progresivamente de esfuerzos, es realizar el aserrado liberando progresivamente las tensiones presentes en el árbol. Esto se efectúa alternando los cortes entre ambos lados del tronco.

Se considera madera radial a aquella cuyos anillos hacen un ángulo de entre 60 y 90° con la cara mayor. Se acepta como madera tangencial aquella cuyos anillos hacen un ángulo de 0 a 30° a la madera cuyos anillos hacen un ángulo entre 30 y 60° se le denomina oblicua.

Madera para otros usos no estructurales se produce con otro corte que no es radial y muchas veces se prefieren para razones decorativas.

1.5.2 SECADO DE LA MADERA

La madera al secarse mejora sus propiedades tecnológicas y estabilidad dimensional; es por eso que prácticamente todas las maderas reciben un acondicionamiento físico antes de su empleo. La eliminación del agua obedece a diversos propósitos, algunos de los cuales, son indispensables para conseguir buena calidad de los productos acabados (durabilidad y estabilidad en las dimensiones por ejemplo) y economía en la producción (reducción del peso de la madera).

El secado de la madera es un proceso mediante el cual se reduce el contenido de humedad, con la finalidad de obtener ventajas en su utilización. La madera seca tiene menor peso, mayor capacidad mecánica, mejor estabilidad dimensional, menor susceptibilidad al ataque de organismos xilófagos; permite un mayor aislamiento térmico, acústico y eléctrico.

Conjuntamente con los beneficios que reporta el secado, se presentan algunos problemas que afectan en mayor o menor grado su procesamiento y utilización. Aquel que adquiere mayor importancia es la pérdida progresiva de dimensiones que sufre la madera a medida que se seca; grietas y rajaduras que pueden acompañar a este fenómeno como consecuencia de la diferente magnitud de la contracción en sentido tangencial y radial especialmente.

Para usos específicos en construcción se pueden presentar diferentes alternativas. Como las piezas de madera que van a ser utilizados bajo agua o en contacto con el suelo, no es necesario que sean secadas a menos que vayan a ser sometidos a tratamientos de preservación. Durante el secado se producen cambios dimensionales que pueden originar defectos en las piezas.

Las deformaciones más comunes son; la encorvadura, el alabeo, el abarquillado, la arqueadura, la torcedura, rajaduras y agrietas.

Las grietas y rajaduras se originan a un secado rápido o a un secado irregular a lo largo de una pieza de madera.

Los álabeos son deformaciones que pueden deberse a un diferente sistema de afilado, o a la forma de aserrado de la madera. Es por eso que durante el secado debe tomarse todas las precauciones del caso para evitar los defectos mencionados.

CONTENIDO DE HUMEDAD.- El contenido de humedad que se recomienda que alcance la madera al final del proceso de secado depende de la humedad de equilibrio en el lugar de empleo, lo cual es función directa de las condiciones de temperatura y humedad relativa del medio ambiente en dicho lugar.

Sin embargo para usos de construcción se pueden presentar diferentes alternativas como:

- Maderas para elementos estructurales grandes como vigas y columnas, pueden ser utilizadas directamente en estado verde si su uso va a estar en contacto con el agua.

- Madera para elemento estructural dimensiones de viguetas, su empleo puede recomendarse con un contenido de humedad en las vecindades del 20%.
- Madera a ser utilizada en piso, ya sea en forma de tablas o de parquet, puestos, ventanas o machihembrado requiere de un secado inferior al de la humedad de equilibrio.

TIPOS DE SECADO.- Los tipos de secado comúnmente usados en la industria para reducir el contenido de humedad de madera son:

Secado al Aire o Natural.- Se consigue exponiendo la madera a la acción del medio ambiente. El éxito de esta práctica depende de la forma en que se apile la madera, la cual debe permitir la libre circulación del aire alrededor de cada pieza que se seca. La evaporación del agua y su difusión en forma de vapor dependen de la temperatura, estado higrométrico y velocidad de movimiento del aire.

La madera recién aserrada no debe exponerse directamente al sol, por ser propensa al agrietamiento. Para evitar el ataque de hongos e insectos, durante el primer período de secado, se sumerge a la madera recién aserrada en soluciones preservadoras como pentaclorofenato de sodio al 2% mientras la migración de humedad se produzca exclusivamente por los conductos capilares, la madera cede y gana agua con igual facilidad en la dirección de las fibras así como perpendicularmente a ellas; pero sucede lo contrario cuando las fibras no han llegado al estado de saturación. La migración radial es de 20 a 25% menor a la longitudinal; es por eso que si la salida de agua es muy rápida se rajan los extremos. El secado al aire se realiza generalmente en patios de secado ubicado en un terreno plano, alto, con buen drenaje y sin obstáculos que impidan la libre circulación del aire, el secado al aire o natural, es la forma más sencilla y a veces la más económica para secar la madera.

El apilado de la madera puede hacerse de variadas formas, pero la más común para la madera aserrada, es la denominada pila horizontal,

donde el apilado de la madera se hace sobre bases o cimientos elevados para evitar que las tablas se apoyen directamente sobre el suelo. (Fig. 1.6)

Presecado.- El presecado es una modificación del secado al aire, que básicamente consiste en proteger la madera apilada de la acción directa de la lluvia mediante la construcción de galpones en los cuales pueden instalarse sistemas sencillos para el movimiento e incluso el calentamiento del aire. En esta forma, es posible reducir el tiempo de secado a una fracción de aquel que se requiere para secar la madera mediante el sistema de secado al aire.

Secado Artificial.- El secado artificial es el proceso por el cual se elimina el agua de la madera mediante el empleo de temperatura, humedad y ventilación diferente a los naturales, obtenidas por medio de aparatos e instalaciones especiales, siendo los hornos secadores los más comunes. El secado artificial reduce considerablemente el tiempo de secado y la madera secada artificialmente puede adquirir valores muy bajos del contenido de humedad. Bajo la condición de que el proceso se realice correctamente, la madera obtenida es de mejor calidad que la secada al aire, debido a que la madera se seca en condiciones controladas de temperatura y humedad relativa.

Secado En Hornos.- Una vez introducida la carga de madera dentro del horno, se controla cuidadosamente la temperatura y humedad de la cámara; estos pueden variar a voluntad del operador, de ocurrido con la clase de madera.

Los cambios de temperatura y humedad relativa que el operador deberá realizar durante el tiempo de secado, constituyen lo que se denomina "Programa de secado", esta es suave cuando los cambios de temperatura y humedad se realizan en períodos mas o menos largos, en caso contrario el programa de secado será severo, el caso intermedio se denomina programa moderado.

Todas las especies tienen un programa propio de secado, con suficiente experiencia se puede formular un programa para una especie determinada o grupos de especies de similar comportamiento, basándose en el tiempo de secado; este programa variará con el grosor de las tablas y con el contenido de humedad de la madera al iniciar el secado.

El contenido de humedad de una tabla que se está secando representa el índice de las tensiones que se desarrollan dentro de ella. En las primeras etapas se recomienda humedad relativamente alta, para controlar los esfuerzos de tracción sobre la superficie de la tabla.

Al final del secado, la humedad relativa baja compensa estos esfuerzos de la madera y esta no sufre deformación.

En las etapas intermedias del secado, la superficie de la tabla estará en compresión, pudiendo resistir humedades relativas algo bajas, sin peligro de rajarse su superficie. (Fig 1.7)

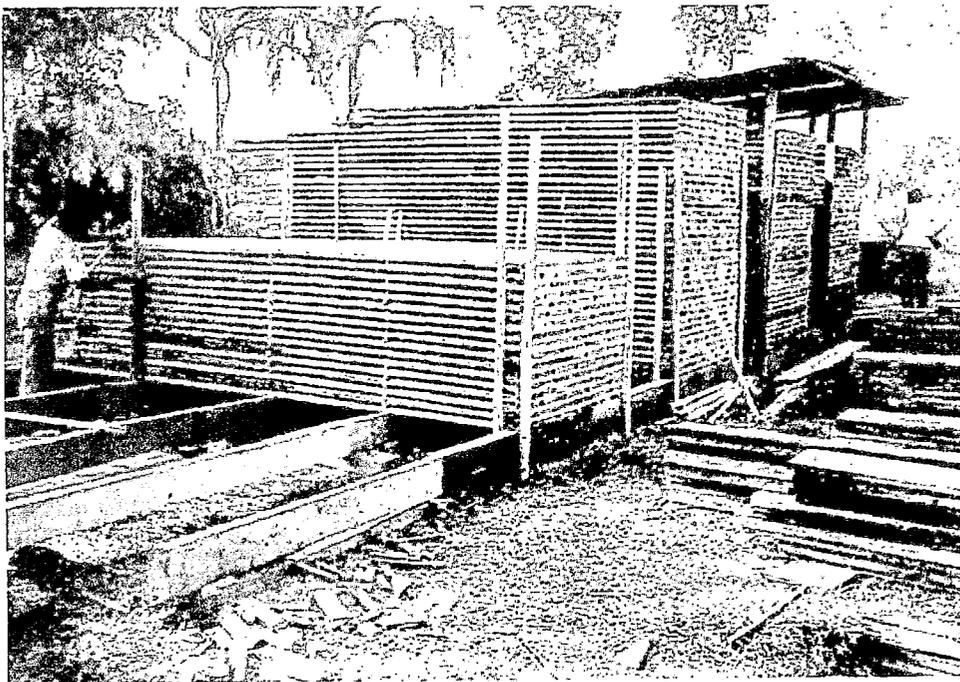
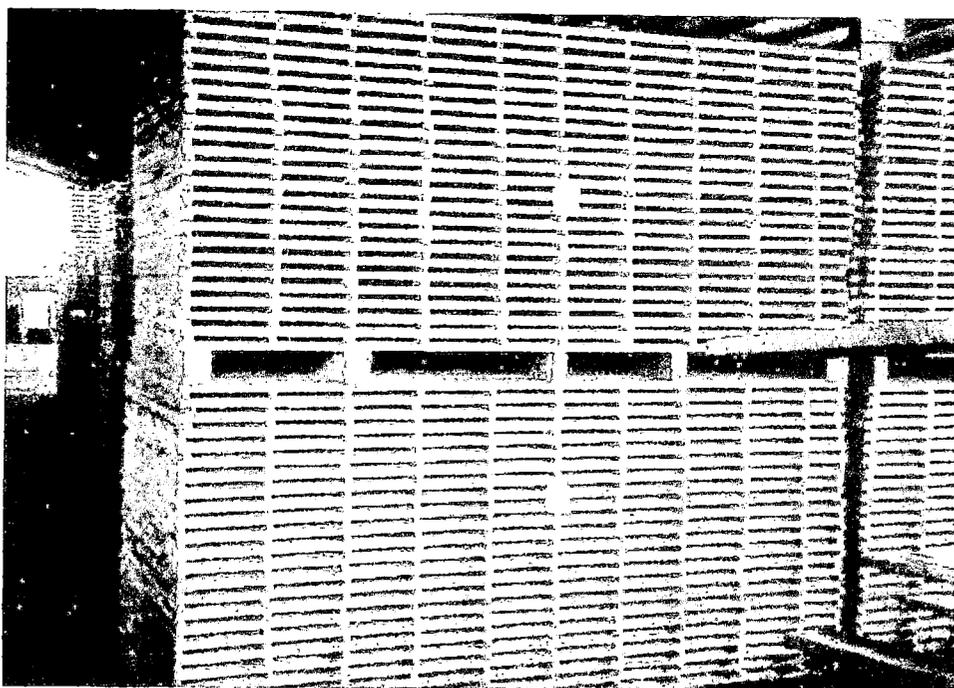


FIG N° 1.6 PROCESO DE SECADO DE AL AIRE – UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA AMAZONIA PERUANA



MADERA SECA AL HORNO EN EL ASERRADERO DE INFOMAR –PUCALLPA

FIG N° 1.7

1.5.3 PROTECCIÓN DE LA MADERA

Está universalmente admitido que la madera es uno de los materiales de construcción más apreciados estéticamente, además de sus propiedades físico-mecánicas (baja densidad, flexibilidad), acústicas, térmicas, etc. disfruta del privilegio de que su empleo sea insustituible en multitud de aplicaciones como material decorativo (belleza de sus tonalidades, veteados) y de construcción. Sin embargo, todas estas ventajas pueden quedar anuladas si la madera se utiliza sin ningún tipo de tratamiento, protección o bien es aplicado un tratamiento no adecuado. Por lo tanto es necesario preservarla.

PRESERVACIÓN.- La durabilidad natural de la madera es la resistencia que opone este material a la pudrición por hongos o al ataque de insectos u otros agentes destructores.

Ciertas clases de maderas, son notables para su resistencia biológica. Su empleo debe ser recomendado para las situaciones más expuestas. Otras maderas son de buena o regular durabilidad y finalmente hay maderas que son conocidas por su facilidad para ser atacadas.

La densidad de la madera es un índice de durabilidad; como las más pesadas son en general las más durables. Esta apreciación tiene muchas excepciones y por ello, en cada caso es necesario determinar la durabilidad real de la especie.

La durabilidad natural se puede aumentar mediante procedimiento artificial, ya sea por un simple secado o por tratamientos preservadores especiales.

La preservación de la madera es la respuesta moderna de la técnica para satisfacer los requisitos tecnológicos actuales y futuros, frente al agotamiento de los bosques naturales con maderas naturalmente durables, reemplazados paulatinamente por especies de crecimiento rápido.

En la madera se desea un grado elevado de protección, en consecuencia, el preservador debe penetrar hasta una profundidad considerable.

TIPOS DE PRESERVANTES.- La preservación o inmunización de la madera tiene por objeto modificar la composición química de este material, haciéndoles no apetecible a los organismos biológicos.

El efecto protector se consigue tornando a la madera venenosa o repelente a los elementos biológicos que la atacarían si no estuviese preservada.

Los preservadores pueden ser compuestos químicos puros o mezclas de compuesto. Varían ampliamente en naturaleza, eficiencia y costo.

Por lo general son compuestos sólidos, que requieren de un solvente para penetrar en la madera. Se agrupan según el tipo de solvente que necesitan en: Hidrosolubles y Oleosolubles, según sea agua o aceite lo que necesitan para disolverse.

Para que un preservador sea tóxico ha de ser suficientemente soluble en los líquidos celulares de los agentes biológicos, para que proporcione una dosis letal. Como estos líquidos son principalmente agua, esto significa que el preservador ha de ser hidrosoluble, por lo menos parcialmente.

Los tipos de preservantes son:

Creosotas

- Ordinaria para preservación
- Líquida a temperatura ordinaria
- Mezclas de creosota

Orgánicos

- Pentaclorofenol(soluble en aceite)
- Pentaclorofenato de sodio (soluble en agua)
- Naftenatos (de cobre o de zinc)

Inorgánicos

- Sal simple
- Sal doble
- Multisal (Tipo CCA o Tipo CCB)

Describiremos algunos de los preservantes.

Creosota.- Consiste en hidrocarburos aromáticos sólidos y líquidos, contiene notables cantidades de ácidos y bases de alquitrán, es más pesada que el agua.

En una mezcla de compuesto y puede variar en cierta extensión; por eso para la preservación de la madera, debe cumplir con los requisitos de las normas técnicas.

Pentaclorofenol.- Es un compuesto químico cristalino, formado por reacción del cloro sobre el fenol. Es soluble en la mayoría de los aceites de petróleo de ebullición elevada irrita la piel y las mucosas, por lo que para trabajar con el hay que tomar las precauciones debidos y evitar el contacto directo con las soluciones o el producto. Es insoluble en agua, no es volátil y tiene gran estabilidad química. Es muy eficaz contra los hongos e insectos xilófagos.

Naftenatos.- Son compuestos cerosos o gomosos. Los más comunes para la preservación de la madera son los naftenatos de cobre y zinc. En el comercio se venden como concentrados que contienen de 60 a 80% de naftenatos metálicos, o de 6 a 8% de cobre o zinc como metales.

Hidrosolubles O Inorgánicos.- Son los más generalizados en la impregnación de la madera, en los últimos tiempos han demostrado ser muy eficaces. El uso de sales simples, como los productos de arsénicos, cobre y otros, es en la actualidad raro, debido a que son fáciles de lixivarse al menor contacto con el agua del medio que rodea a la madera, se recomienda sólo para interiores y en pequeña escala. A este tipo de preservadores pertenece la mayoría de sales comerciales del mundo.

La mayor ventaja de este grupo es que se conocen perfectamente sus componentes activos; se transportan en forma sólida. Utilizan el agua que es abundante y no cuesta mucho como solvente no desprenden olores y permiten el acabado de la madera por lo que es posible aplicar lacas, barnices, pinturas y otros.

Su mayor desventaja es la de humedecer o hinchar la madera, la cual obliga a no poder utilizarla de inmediato por tener que secarla nuevamente.

Las multisales que han demostrado ser más eficientes en la preservación de la madera son:

- **Sales CCA (Cobre – Cromo – Arsénico).**- Compuesto del 56% de Dicromato de Potasio, 33% de Sulfato de cobre, y 11% de

pentóxido de arsénico. La temperatura de utilización de este preservador, o los que deriven del patrón, no debe ser superior a los 50°C.

- **Sales CCB (Cobre – Cromo – Boro).**- Estas sales no contienen arsénico, el cual ha sido reemplazada por boro, que por ser menos tóxico es aceptado por las nuevas disposiciones sanitarias de varias partes del mundo.

MÉTODOS DE PRESERVACIÓN.- Los tratamientos preservadores requieren que la madera se encuentra en condiciones especiales, que varían según el método de preservación seleccionado, como los procedimientos por ósmosis y difusión necesitan que la madera conserve toda humedad posible, para lograr la incorporación de los preservadores salinos en su interior. Todos los otros métodos exigen que la madera esté seca, es decir entre 15 y 22 por ciento de humedad.

Cuando se tienen maderas que resultan difíciles de preservar; por ser impermeables se pueden hacer incisiones superficiales, con máquinas apropiadas, para lograr una penetración lateral aceptable.

En general los métodos de preservación se pueden dividir en *tratamientos sin presión y tratamientos con presión.*

TRATAMIENTO SIN PRESIÓN:

- **BROCHA.-** Es el método más simple y más antiguo pero el tratamiento brinda una protección muy limitada solo se emplea como mantenimiento o protección temporal.

- **PULVERIZACIÓN.-** Es la aplicación superficial de un preservador mediante un pulverizador con este procedimiento, algo de líquido tóxico penetra en la madera por capilaridad, pero la penetración es muy escasa, aunque se empape bien la superficie de la madera.

- **INMERSIÓN.-** Consiste en sumergir la madera en una tina de tratamiento en donde se encuentra el preservador. La inmersión puede ser breve o prolongada pero siempre a temperatura ordinaria. Los tratamientos por inmersión son los más recomendados para marcos de puertas y ventanas, así como para otros trabajos de carpintería.

- **BAÑO CALIENTE Y FRÍO.-** Consiste en la inmersión de la madera seca durante unas horas, en baños sucesivos de preservador caliente y relativamente frío. El objeto del baño caliente es la expulsión del aire de las capas externas de la madera y el de evaporar la humedad de la superficie.

TRATAMIENTOS CON PRESIÓN:

En estos métodos, el preservador se aplica a la madera utilizando presiones distintas a la de la atmósfera dentro de una autoclave. Comprende los métodos de célula llena y célula vacía, estos métodos tienen una serie de ventajas sobre los métodos sin presión. En la mayoría de los casos puede conseguirse una penetración profunda y uniforme, así como una mayor absorción.

- **CÉLULA LLENA.-** También llamado proceso BETHELL. Consiste en colocar la madera en una autoclave para aplicar luego un vacío inicial. Aprovechando este vacío, se llena la autoclave con la solución preservadora, hasta alcanzar un lleno total luego se ejerce una presión hidráulica específica. Esta presión se mantiene el tiempo suficiente para obtener el grado de tratamiento deseado (obtención y absorción).

-

- **CÉLULA VACÍA.-** Existen dos modalidades conocidas como proceso RUPING y proceso LOWRY. El de Ruping consiste en colocar la carga en autoclave e inyectar primero aire a presión y a continuación, manteniendo esa presión se aplica la solución preservadora (creosota) y se bombea hasta alcanzar la presión

hidráulica. El proceso Lowry es semejante al primero, con la excepción de que al principio del tratamiento no se Inyecta aire a presión. En este método se emplean preservadores OLEO e HIDROSOLUBLES.

CAPÍTULO II

LA MADERA COMO MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN

2.1 EL MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN

La madera es el único material con que puede construirse íntegramente una vivienda.

Lógicamente con el desarrollo de materiales complementarios hay buena cantidad de componentes de la misma que resultan más económicos fabricados de otros materiales, los servicios principalmente.

Dentro de una vivienda o construcción liviana a base de madera debe distinguirse dos categorías de material. En una primera se encuentra todo aquel empleado con fines resistentes, principalmente el usado para entramados de muros, techos, pisos elevados, columnas, que constituyen la estructura de la edificación.

En otra categoría se encuentra el material usado por revestimientos, puertas, ventanas, muebles que no está destinado a resistir cargas importantes.

Los requisitos para las maderas de estas categorías son por consiguiente diferentes. En lo que sigue se denomina: madera estructural o madera de construcción no estructural a la segunda.

2.1.1 COMERCIALIZACIÓN DE LA MADERA

La madera se emplea tal como se la obtiene del árbol. Excepto aquel caso en que se realiza un secado artificial y eventualmente la impregnación con preservantes, el único proceso que sufre es el cortado con herramientas manuales o mecánicas.

La madera aserrada es el producto final obtenido luego de cortar la troza del árbol longitudinalmente hasta convertirla en un conjunto de piezas esbeltas de sección transversal rectangular. Para que sus

caras y cantos sean paralelos, perpendiculares y lisos las piezas son generalmente cepilladas.

La madera se comercializa por volumen siendo la cubicación cuantificada en metros cúbico (m^3) – y en varios países andinos – pies cuadrados o pies tablares. Las molduras se comercializan por metro lineal.

2.2 MADERA DE CONSTRUCCIÓN NO ESTRUCTURAL

Son aplicables a toda aquella madera que no forma parte de la estructura de la edificación y que requiere de requisitos apropiados a su función como para molduras, cielo raso, tapa juntas, ventanas, enchapes, pasamanos, balaustres, pasos, contrapasos, puertas, muebles fijos, contra zócalos, rodónes, pisos.

2.2.1 CLASIFICACION GENERAL

La madera de uso no estructural puede presentarse en dos formas dentro de una construcción.

- **MADERA VISTA.**- Cuyas características de calidad son más estrictas, de buena apariencia, y en general limpia de defectos. Llevará un acabado transparente o al natural, cuya calidad y apariencia debe verificarse.

- **MADERA CUBIERTA O NO VISTA.**- Será pintada o cubierta por barnices opacos, pintura u otros materiales tales como maderas y enchapes. Por ello la madera puede ser de menor calidad por apariencia y se permiten algunos defectos.

2.2.2 USOS SEGÚN DENSIDADES

- **MADERA DURA O PESADA.**- Comprende a las maderas pesadas y muy pesadas con densidades entre $0.8gr/cm^3$ y $1.12gr/cm^3$ al 15% de contenido de humedad, durabilidad natural alta (excepto albura), no necesitan tratamiento preservador. Generalmente se las usa como pisos (entablado, parquetaría, machihembrado, etc.) como pasos de

escaleras, elementos torneados (balaustrada, baranda y pasamanos) y en forma de láminas como enchapes.

- **MADERA MEDIANAMENTE DURA.**- Incluye a las maderas medianas o medianamente pesadas, densidades entre 0.72 a 0.88 gr/cm³.

Algunas se pueden considerar maderas pesadas pero su durabilidad natural no es muy alta en condiciones tropicales, por lo tanto se recomienda usarlas con tratamientos preservados.

Usados generalmente en carpintería de obra como marcos de puertas y ventanas, como forros para cielo rasos, paredes; como molduras de barandas y pasamanos, tapa marcos, rodónes, zócalos y contra zócalos.

- **MADERAS BLANDAS.**- Consideradas así a las especies relativamente poco densas o livianas comprendidas entre densidades de 0.4gr/cm³ a 0.72gr/cm³ al 15% de contenido de humedad.

Son las maderas denominadas de utilidad general, pues pueden ser utilizadas también como madera de carpintería, mueblería, decorativas, etc.

De este grupo. Las maderas más blandas son usadas en forma impresa como molduras, rodónes, zócalos, tapa marcos, marquesinas, etc. Y las maderas más densas son usadas en puertas contraplacadas y ventanas utilitarias.

2.2.3 DIMENSIONES Y TOLERANCIAS

Las dimensiones de la madera sean las usuales del comercio debiendo necesariamente referirse al sistema métrico decimal, al otorgarse las medidas finales de las piezas secas de construcción.

Entre la medida nominal de una pieza y la encontrada en el mercado se puede permitir una tolerancia similar a la usual en el aserrio y corte.

Cuando se ofrecen productos terminados como molduras, zócalos, machihembrados, etc. la tolerancia es más estricta no permitiéndose

dimensiones menores que la estipulada y mayores en no más de 2.5mm para anchos y 1mm para espesores.

2.2.4 CONTENIDO DE HUMEDAD

La madera de uso no estructural, deberá trabajarse en términos generales, seca con un contenido de humedad cercano al de equilibrio o correspondiente al clima normal en el cual será usada.

Para la comercialización de madera destinada a uso de construcción no estructural se recomienda que el contenido de humedad sea menor que 20%.

2.2.5 DURABILIDAD NATURAL Y PRESERVACIÓN

Las especies de alta durabilidad natural deberán ser usadas preferentemente, más aún en zonas de posible presencia de agua o humedad, y cercanas en contacto con el suelo aquellas de poca durabilidad natural, deberán preservarse por métodos reconocidos e indicarse el mantenimiento a seguir posteriormente. Se deberán tomar precauciones en el tipo de preservación para madera que va ha estar en contacto directo con el hombre o con sus alimentos.

2.3 MADERA DE CONSTRUCCIÓN ESTRUCTURAL

Se denomina así a aquella madera que constituye el armazón estructural de la edificación. Es decir forma la parte resistente de componentes como muros o paredes, pisos, techos, tales como: piederechos, columnas, vigas, cerchas, entre otros.

La característica común a todos estos elementos es su función básicamente resistente, aquella cuya utilización requiere de un proceso de análisis y diseño estructural.

2.3.1 REQUISITOS GENERALES

Las condiciones que deben satisfacer este material son los siguientes:

- Debe ser material clasificado como de calidad estructural para lo cual debe cumplir con la norma de clasificación visual por defectos que se presenta en la siguiente sección.
- Debe ser madera proveniente de las especies forestales consideradas como adecuadas para construir.
- Deben ser piezas de madera dimensionadas de acuerdo a las escuadrias o secciones preferenciales.

2.3.2 CONTENIDO DE HUMEDAD

Es conveniente construir con madera en estado seco o al contenido de humedad de equilibrio. De esta forma se garantiza la estabilidad dimensional de las piezas y disminuyen el riesgo de ataque de hongos e insectos.

Sin embargo, las especies de mayor densidad (grupo estructural A y algunos del grupo B) ofrecen dificultades al clavado y labrado cuando secan, por lo que comúnmente se trabajan en estado verde ($CH > 30\%$). En este caso deben adoptarse precauciones para garantizar que:

- Las piezas al secarse mantengan su forma inicial.
- Los elementos de unión estén protegidos contra el ataque corrosivo de la madera húmeda.
- Los detalles constructivos permiten a la madera contraerse libremente a medida que se seca.

2.3.3 DURABILIDAD NATURAL Y PRESERVACIÓN

La madera para estructuras debe tener una buena durabilidad natural o estar adecuadamente preservada. Adicionalmente deben aplicarse en el diseño aquellos detalles constructivos destinados a proteger la edificación contra agentes dañinos a la madera. Factores externos como humedad por ejemplo, mal controlados pueden deteriorar el material o propiciar el crecimiento de hongos e insectos que atacan a la madera.

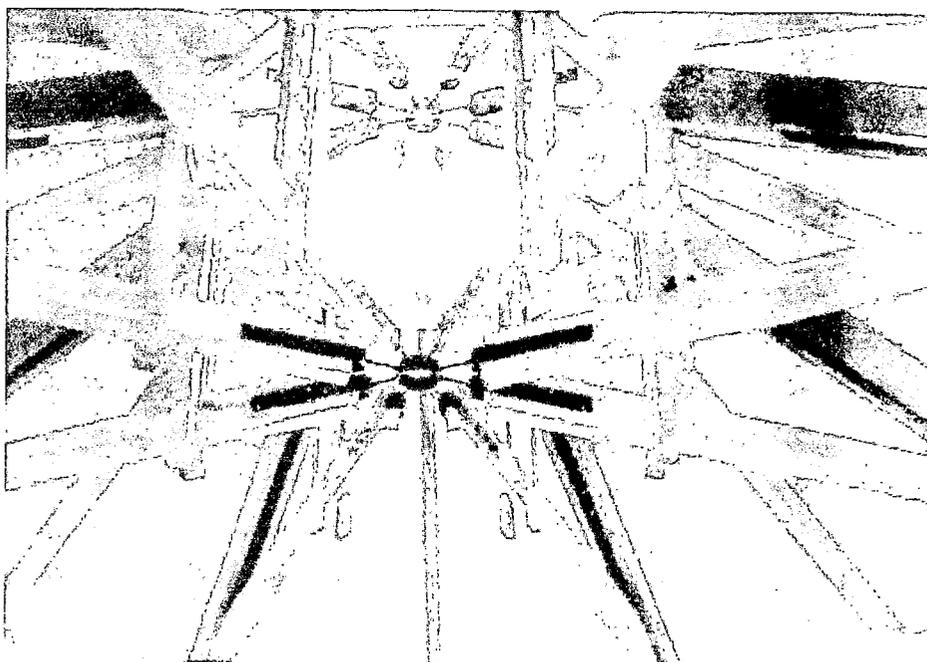


FIG N° 2.1 DETALLE DE LOS ANILLOS DE TRACCION Y COMPRESION DE LOS PORTICOS DE UNA CONSTRUCCION OCTOGONAL

2.4 CLASIFICACIÓN VISUAL POR DEFECTOS PARA MADERA ESTRUCTURAL

Cualquier irregularidad o imperfección que afecta las propiedades físicas, químicas y mecánicas de una pieza de madera puede considerarse como un defecto.

La finalidad de la clasificación por defectos es limitar la presencia, tipo, forma, tamaño y ubicación de los mismos con la finalidad de obtener piezas de madera con características mínimas garantizadas.

Variando las tolerancias pueden definirse un sinnúmero de clases; sin embargo, a continuación se propone una sola regla o norma para la clasificación de madera para uso estructural.

La clasificación mencionada es del tipo "VISUAL" lo que implica una selección o verificación de las tolerancias por personal humano entrenado y eventualmente certificado oficialmente siguiendo una comprobación visual, la aplicación de la norma se limita a madera aserrada y escuadrada.

La calidad de la madera es afectada por diversos agentes o factores. A continuación se presentan definiciones para los diferentes tipos de defectos agrupados según su origen.

2.4.1 DEFECTOS RELATIVOS A LA CONSTITUCIÓN ANATÓMICA

ALBURA.- Es la parte del leño que sigue a la corteza que en el árbol en pie contiene células vivas y materiales de reserva. Generalmente es de color claro y es más susceptible al ataque de hongos e insectos que el duramen.

En general sus propiedades mecánicas no son diferentes a las del duramen. Se considera como defecto cuando ha sido atacada y presenta pudrición y cuando no está preservada. Por lo general la albura en casi todas las especies es atacable.

BOLSA.- Es la presencia de una cavidad bien delimitada, que contiene resina, goma o tanino.

CORTEZA INCLUIDA.- Es la presencia de una masa de corteza total o parcialmente comprendida en el leño.

DURAMEN QUEBRADIZO O MADERA DE REACCIÓN.- Es la madera anormal formada típicamente en algunas zonas limitadas de ramas o fustes, caracterizada por su color, consistencia y propiedades distintas al resto del leño, es esencialmente de la zona central del tronco.

GRANO INCLINADO.- Es la desviación angular que presenta los elementos constitutivos longitudinales de la madera, con respecto al eje longitudinal del fuste o canto de una pieza.

MADERA DE COMPRESIÓN.- Es la madera de reacción que se forma típicamente en las coníferas. Generalmente es más dura y oscura que la madera normal.

MADERA DE TENSION.- Es la madera de reacción que se forma típicamente en las latí foliadas, generalmente es más clara que la madera normal.

MÉDULA.- Es la parte central del duramen, constituida esencialmente por células de parénquima o células muertas. Es susceptible al ataque de hongos e insectos.

NUDO.- Es el área del tejido leñoso resultante del rastro dejado por el desarrollo de una rama, cuyas características organolépticas y demás propiedades son diferentes a los de la madera circundante.

PARÉNQUIMA EN BANDAS ANCHAS.- Son células de paredes delgadas que presentan mayor cavidad, las que almacenan sustancias de reserva. Dichas células, agrupadas en bandas de 6 o más series, forman zonas débiles del leño.

2.4.2 DEFECTOS RELATIVOS AL ATAQUE DE AGENTES BIOLÓGICOS

ACAÑONADO.- Es el orificio aproximadamente cilíndrico en el interior de una troza como consecuencia del atabacado.

ATABACADO.- Es el proceso de pudrición castaña de la madera que se caracteriza en la etapa avanzada, por la desintegración del leño en un polvo de color pardusco.

MANCHA.- Es el cambio de color de la madera producido por hongos que descomponen la estructura leñosa.

PERFORACIONES GRANDES.- Son agujeros con diámetros iguales o menores a 3mm producidos por insectos o larvas perforadas.

PUDRICIÓN AVANZADA.- es la etapa de descomposición en que la madera presenta cambios evidentes en su apariencia, peso específico, composición, dureza y otras características mecánicas.

PUDRICIÓN CASTAÑA.- Es aquella que se caracteriza por la coloración clara de la madera como consecuencia de la descomposición preponderante de la lignina además de las holocelulosas.

PUDRICIÓN INCIPIENTE.- Es la etapa inicial de la descomposición en la cual la madera pierde parte de sus propiedades mecánicas y puede sufrir cambios de color debido al ataque de hongos.

2.4.3 DEFECTOS ORIGINADOS DURANTE EL APEO, TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO

DESGARRAMIENTO.- Es el rompimiento que se produce en la base del tronco al ser cortado o talado del árbol.

FRACTURA O FALLA DE COMPRESIÓN.- Es la deformación o rompimiento de las fibras de la madera como resultado de compresión o flexión excesivas ocasionados en árboles en pie por la acción del viento, nieve o proceso de crecimiento y en árboles apeados como resultado de esfuerzos durante las operaciones de explotación y aprovechamiento.

RAJADURA.-Es la separación de los elementos constitutivos de la madera que se extiende en la dirección del eje de la pieza afectando totalmente el espesor de la misma o dos puntos opuestos de una madera rolliza.

2.4.4 DEFECTOS ORIGINADOS DURANTE EL SECADO

ALABEO.- Es la deformación que puede experimentar una pieza de madera por la curvatura de sus ejes longitudinal o transversal o de ambos.

ABARQUILLADO.- Es el alabeo de las caras en la dirección transversal.

ARQUEADURA O COMBADO.- Es el alabeo de las caras en la dirección longitudinal.

COLAPSO.- Es la reducción de dimensiones de la madera que ocurre durante un proceso de secado por encima del punto de saturación de la fibra y que se debe a un aplastamiento de sus cavidades celulares. A menudo se observa como un corrugado de la superficie.

ENCORVADURA.- Es el alabeo de los cantos en sentido longitudinal.

ENDURECIMIENTO SUPERFICIAL.- Es el estado de tensiones en una pieza caracterizado por compresión en las capas externas y tensión en la parte interna como resultado de inadecuadas condiciones de secado.

GRIETA.- Es la separación de elementos constitutivos de la madera cuyo desarrollo no alcanza a afectar dos caras de una pieza aserrada o dos puntos opuestos de la periferia de una madera rolliza.

RAJADURA.- Es la separación de los elementos constitutivos de la madera que se extiende en la dirección del eje longitudinal de la pieza y afecta totalmente el espesor de la misma o dos puntos opuestos de una madera rolliza.

TORCEDURA.- Es el alabeo simultáneo en las direcciones longitudinal y transversal.

2.4.5 DEFECTOS ORIGINADOS DURANTE EL ASERRIO

ARISTA FALTANTE.- Es la falta de madera de una o más aristas de una pieza.

MALA ESCUADRIA.- Se denomina así a la sección transversal de una pieza de madera que está mal labrada a escuadra.

PICADA.- Es la depresión en la superficie de una pieza producida por un corte anormal.

2.4.6 CONTROL DE DEFECTOS

CONSTITUCIÓN ANATÓMICA.- Los defectos relativos a la constitución anatómica de una pieza de madera no son controlables debido a que son características propias de la especie. Propiamente no constituyen defectos sino características de crecimiento que al habilitar las piezas de madera aserrada quedan incorporadas en éstas, alterando su comportamiento estructural.

Solamente se evitarían, seleccionando y analizando las características generales de la especie antes de cortar el árbol o aserrar la pieza de madera, seleccionando especies que presenten el tipo de grano, parénquima o volumen de albura, etc.

ATAQUES BIOLÓGICOS.- Los defectos relativos al ataque de los agentes son controlados a su debido tiempo como cualquier tipo de infección. En la actualidad se cuenta con la ayuda de preservantes y **HIDROSOLUBLES Y OLEOSOLUBLES** en el mercado para controlar los ataques.

APEO, TRANSPORTE Y ASERRIO.- Los defectos originados durante el apeo, transporte, almacenamiento y aserrio, son ocasionados por lo general por deficiencias manuales o mecánicas durante dichas operaciones.

Se controla fácilmente teniendo en cuenta la mano de obra calificada y el buen mantenimiento de la maquinaria y equipo, durante las operaciones de extracción, transporte, aserrio y apilado.

SECADO DE LA MADERA.- Los defectos originados durante el secado, son ocasionados por las deficiencias en el sistema de apilado y almacenamiento de las piezas al secarse, o por un mal programa de secado al horno.

Se controlan teniendo en cuenta la constitución anatómica de la madera y considerando especialmente el plano de corte durante el aserrio de determinadas especies.

2.4.7 REGLAS PARA LA CLASIFICACIÓN DE LA MADERA ESTRUCTURAL

Para que la madera se establezca definitivamente como un material dentro de las más usadas en estructuras, es necesario que cuente con características, como los de los materiales estructurales comunes y estas características son:

- A) Calidad controlada**
- B) Identificación de especies apropiadas**
- C) Dimensionamiento estandarizados.**

Estas características deberán formar parte de normalización vigente en el país para los materiales tradicionales y difundirse adecuadamente a todo nivel para su establecimiento definitivo. Como un alcance para la pronta implementación de esta normalización, se presentan las siguientes propuestas:

A) CALIDAD CONTROLADA = REGLA DE CLASIFICACIÓN

Las piezas de madera, en las dimensiones de los elementos constructivos, presentan características que afectan negativamente su resistencia y rigidez. Estas se conocen comúnmente como defectos por su presencia desfavorables.

En piezas de madera que van a usarse en estructuras, estos defectos deben estar limitados para garantizar un comportamiento supuesto en diseño. Cada lista de defectos con sus tolerancias se conoce como una “Regla de Clasificación” y dan origen a una madera de calidad determinada.

En los Proyectos Andinos de Desarrollo Tecnológico en el Área de los Recursos Forestales Tropicales (PADT-REFORT) y particularmente en aquel llamado “El estudio integral de la madera para la construcción” ejecutado por la Junta del Acuerdo de Cartagena, se desarrolla una regla de clasificación visual por defectos para madera estructural. En ella se establece por ahora una sola calidad. Es decir aquella pieza que tiene menos defectos que los establecidos por las reglas, son clasificadas como de calidad estructural. Aquellos que tienen más defectos que los permitidos no lo son, pudiendo usarse lógicamente en todas aquellas aplicaciones de la madera que no cumplan una función resistente.

La regla de clasificación PADT-REFORT es de tipo visual, es decir, la identificación y medición de los defectos se hace inspeccionando cada pieza por parte del personal debidamente capacitado licenciado para ello.

En el acápite 2.5 se presenta la relación de los defectos considerados por la regla, así como la tolerancia aceptable para cada una de ellas. En varios casos se mencionan defectos no permitidos ya que su incidencia en el comportamiento estructural de las piezas es crítica.

Otra característica de la regla es que no se distingue en el uso al que se destine la pieza clasificada, ya sea flexión, compresión, tracción o una combinación de ellas.

B) IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES = GRUPOS ESTRUCTURALES

Al hablar de “identificación” de material para su aplicación en estructuras, nos estamos refiriendo a aquellas especies que han sido consideradas aptas para estructuras. En este aspecto intervienen: la densidad o peso específico de la madera, el tamaño de los árboles de

donde se obtiene la madera, su abundancia y sobre todo que se conozca confiablemente su comportamiento bajo cargas. Para usar la madera de una determinada especie como elemento estructural es indispensable conocer propiedades mecánicas y más concretamente su comportamiento en la forma de elementos a escala natural.

Para que las propiedades asignadas a determinada especie puedan ser usadas con confianza en el diseño, deben haberse determinado con criterio estadístico. Será necesario entonces, realizar ensayos a escala natural con elementos de la especie en estudio y que dicho material sea representativo de la población de árboles de la especie.

Agrupamiento.- Debido a que el bosque es heterogéneo y con gran variedad de especies, la forma racional de explotarlo es usando mezclas de especies.

Lo contrario conduce inevitablemente a la extinción de aquellas preferidas y conocidas. Por ello, aquellas especies han sido estudiadas experimentalmente y cuyas propiedades de diseño se espera sean representativas de la especie y han sido agrupados en tres grupos estructurales.

La siguiente tabla contiene las especies peruanas que han sido ensayadas y estudiadas con detalle.

Estos fueron seleccionados inicialmente por la Ex- Dirección General Forestal-Fauna (Tabla 2.1)

TABLA 2.1 GRUPOS ESTRUCTURALES DE ESPECIES ESTUDIADAS SEGÚN NORMA E.101: AGRUPAMIENTO DE MADERA PARA USO ESTRUCTURAL

GRUPO	NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO
A	Estoraque Palo Sangre Negro Pumaquiro	Myroxilón Peruiferum Pterocarpus Sp Aspidosperma Macrocarpo
B	Huairuro Machinga	Ormosia Coccinea Brosium Uleanum
C	Catahua amarilla Copaiba Diablo fuerte Tornillo	Hura Crepitans Capaifera Officinalis Podocarpus Sp Cedrelinga Catanaeformis

Hay una cierta correlación entre la densidad básica (masa seca entre volumen verde) de la madera y los grupos estructurales.

Las especies del grupo C están entre 0.4 y 0.55gr/cm³. El grupo B entre 0.56 y 0.70gr/cm³ y el grupo A entre 0.71 y 0.90gr/cm³.

C) DIMENSIONAMIENTO ESTANDARIZADO = ESCUADRAS PREFERENCIALES

Con la finalidad de estandarizar todos los aspectos del uso de la madera para la construcción, se desarrollo en el PADT-REFORT/JUNAC un juego de dimensiones para escuadrías de madera aserrada.

2.5 TOLERANCIA DE LOS DEFECTOS EN MADERAS ESTRUCTURALES

Existen reglas de clasificación visual para madera estructural tales como: ISO, COPANT, Norma Nacional E.101, etc.

2.5.1 ESFUERZOS ADMISIBLES PARA DISEÑO DE MADERA ESTRUCTURAL

En la siguiente tabla se presentan las propiedades de diseño asignadas a los grupos estructurales. Cualquiera de las especies del grupo se supone que tienen las mismas propiedades resistentes. El agrupamiento no refleja aspectos de durabilidad, trabajabilidad u otros que no están relacionados directamente con estas propiedades.

TABLA 2.2 ESFUERZOS ADMISIBLES Y MÓDULOS DE ELASTICIDAD PARA GRUPOS ESTRUCTURALES DE ALGUNAS MADERAS PERUANAS

PROPIEDAD		GRUPOS DE ESPECIES		
ESFUERZOS DE DISEÑO		A	B	C
- Tracción o compresión				
Por flexión	Fm	210	150	100
- Tracción	Ft	145	105	75
- Compresión paralela al grano	Fc	145	110	80
- Compresión perpendicular al grano	Fc	40	28	15
- Corte paralelo al grano	Fv	15	12	8
Módulos de elasticidad				
E. promedio		130 000	100 000	90 000
E. mínimo		95 000	75 000	50 000

Debe hacerse notar con especial énfasis, que estas propiedades de diseño sólo son aplicables a piezas de madera de las especies de la tabla dada anteriormente que han sido clasificados como material de calidad estructural, es decir presentan menos defectos que los tolerados por la regla de Clasificación E.101 - AGRUPAMIENTO DE MADERAS PARA USO ESTRUCTURAL (Tabla 2.2)

CAPÍTULO III

DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA MADERA CATAHUA

3.1 DESCRIPCIÓN DE LA MADERA CATAHUA

3.1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Nuestra Selva es un bosque asociado y húmedo, con una gran diversidad de especies de árboles, entre maderables, medicinales, ornamentales, etc. De las más de seis mil especies maderables por estudiar, sólo se aprovechan 3500, distribuidas en 70 millones de hectáreas de la amazonía peruana.

De esas seis mil especies, sólo se trabajan intensivamente para la industria maderera no más de 10, entre ellos: Cedro, Caoba, Ishpingo, Tornillo, Mohenas, Huairuro, Copaiba, Lupuna, Cumala, Catahua, Congona.

En época, unas 120 especies más que representa el dos por ciento de las especies forestales.

Por otro lado la Selva cuenta con 800 o mil árboles por hectárea y el maderero en el mejor de los casos extrae cuatro y en muchos casos ni siquiera uno. Mientras extrae puede dañar algunos de ellos, debido a la caída de árboles grandes (o por la trocha que debe hacer para que pase el tractor o preparar el camino para remolcar las trozas a zonas bajas). Ellos hasta esperar las crecientes de las aguas.

Dentro de las especies no estudiadas encontramos la madera "CATAHUA", ya que solamente se han investigado sus propiedades tecnológicas a las maderas ya tradicionales, y viendo la singularidad de anisotropía de este material es que nace la idea de la ejecución del presente trabajo de investigación "***Estudio de las propiedades físico-mecánicas de la madera Catahua***", esta madera es una especie ampliamente distribuida en los departamentos de Huánuco, Loreto, Ucayali, San Martín, Junín.

Las muestras de madera para los Ensayos Físicos y Mecánicos del presente estudio proceden del Bosque de la Estación Experimental Agropecuaria de Satipo, Ubicado en el distrito de Río Negro, Provincia de Satipo, Departamento de Junín, en la vertiente oriental de la cordillera andina

3.1.2 OBJETIVOS

Aumentar el número de especies maderables además de las ya tradicionales, mediante su investigación y poder conocer su correcto uso ya sea para incorporarlas a grupos estructurales según la norma E.101 o para acabados y tener la posibilidad de competir con los ya conocidos.

Determinar las Propiedades Físicas como: Contenido de Humedad, Densidad y Contracción.

Determinar las Propiedades Mecánicas como: Tenacidad, Dureza, Cizallamiento paralelo a la fibra, Compresión paralela a la fibra, Compresión perpendicular a la fibra, Flexión Estática, Tracción perpendicular a la fibra y Resistencia al Clivaje.

3.1.3 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Se aplica una metodología inductiva, es decir que el cumplimiento de las propiedades tecnológicas de la madera debe lograr la aceptación como producto comercializable.

Recopilación de información de la especie como: volumen de madera, zona de existencia, condición de transporte y la identificación de la especie.

Recopilación de importación sobre la oferta y la demanda de la madera en general (mercado potencial de la especie).

Determinación de las muestras por medio de muestreo y técnicas estadísticas para la determinación cuantitativa del volumen de madera.

Determinación de las características siendo una metodología experimental a realizar en el laboratorio de ensayo de materiales de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería.

3.1.4 IDENTIFICACIÓN DE LA MADERA CATAHUA

DESCRIPCIÓN DENDROLÓGICA:

La descripción dendrológica de la especie que se da a continuación, deberá tomarse, como una breve referencia, con el objeto de resaltar las características botánicas más importantes y orientada más que nada a la identificación rápida en el bosque. Es necesario acotar que una descripción dendrológica completa, requiere de un estudio específico, motivo por el cual es materia de otro trabajo.

Catahua Amarilla *Hura Crepitans* L. Euphorbiaceae

Altura: 30 mts.

Fuste: Recto moderadamente cilíndrico de 58 a 75 cms de diámetro

Corteza Externa: Semirugosa, con hendiduras pronunciadas y espinas, de color pardo claro a grisáceo con 3 cms de espesor.

Corteza Interna: De color blanco cremoso y presencia de látex de color crema verdoso y venenoso.

Hojas: Simples, alternas, con estipulas y globadas.

Flores: Unisexuales (árbol monoico)

Fruto: Capsulares y grandes, comprimidos, leñosos, se abren ruidosamente.

Observaciones: Corteza de sabor amargo, generalmente de 3 cm de espesor.

Madera: albura de color blanco amarillento y duramen de color crema o marrón claro.

Asociación: *Virola* sp. (Cumala), *Cedrela* sp. (Cedro) y otras.

DESCRIPCION ANATOMICA

A continuación se presenta la descripción general macro y microscópica de las madera Catahua.

Nombre Científico: Hura Crepitans L.

Nombre Común: Catahua Amarilla

Familia: Euphorbiaceae

3.2 CARACTERISTICAS ORGANOLEPTICOS

Color: La madera en condición verde o seca al aire no presenta una diferenciación entre la albura y el duramen, ya que el color es amarillo en los dos casos.

Decoloraciones: Presencia ligera de hongos.

Olor: Desagradable.

Lustre o Brillo: Elevado (plateado oscuro).

Figura o Veteado: (corte radial o tangencial).

Arco superpuestos (Típicamente tangenciales).

Grano: Entrelazado o entrecruzado.

Textura: Gruesa (diámetro de los poros más de 250 u.).

3.3 CARACTERISTICAS MACROSCOPICAS

Poros: Madera de porosidad difusa, ligeramente visibles a simple vista, de tamaño mediano (0.1 a 0.2 mm.), presencia de poros solitarios y múltiples, los solitarios de forma redonda. Hay pocos poros, en promedio a 3 por 10 mm². Presencia de tilosis en los poros.

Anillos de crecimiento: Diferenciado, están limitados por bandas oscuras, con una distribución irregular (onduladas). En promedio hay 5 anillos por cada 2.5 centímetros de radio.

Parénquima: Visible a simple vista, se observa parénquima apotraqueal, difuso, de color más claro que las fibras y no guarda orden en toda la superficie perpendicular en relación al anillo.

Radios: No visibles a simple vista, finos, menores de 0.05 mm de ancho, hay un promedio de 41 radios por 5mm de promedio de ancho, distribuidos en forma no estratificada.



FIG. N° 3.1 SECCION DEL TRONCO DE LA MADERA CATAHUA AMARILLA

3.4 CARACTERISTICAS MICROSCOPICAS

Poros – Vasos: Diámetro tangencial medio con promedio de 198 u.

Longitud de los elementos vasculares medianos promedio de 799 u.

El número promedio por 1 mm² es de 3.

Platinas de perforación poco inclinadas; perforación simple.

Engrosamiento en espiral ausente.

Punteado intervascular de forma redonda, apertura redonda o circular, su disposición con respecto a otros elementos es paralelo. Presencia de tílides en forma regular y de sustancias inorgánicas minerales.

Canales intercelulares. Ausente

Parénquima: Apotraqueal difuso; uniseriado. En corte longitudinal las células son alargadas verticalmente y no estratificadas.

Radios: Uniseriados. Altura promedio con 11 células y rango de 6 a 17. La relación entre los radios es desordenada. Clase de radio es homogéneo (compuesto únicamente de células procumbentes).

Fibras: Medianos, promedio 1,234 u., diámetro total promedio 258 u., grosos de la pared 20.75 u. y lumen 217 u., son fusiformes, no estratificados, con punteaduras simples ausencia de fibras septadas; coeficiente de flexibilidad 4.77 factor de Runkel 0.1912 (Grupo 1).

Traqueídas: Presencia de traqueídas vasculares en la cara tangencial.

Accesorios inorgánicos: Presencia de cristales de $(Ca-(COO)_2)$, en forma de romboides, ubicados en el parénquima.

Miscelánea: Presencia de tubos laticíferos en la corteza.

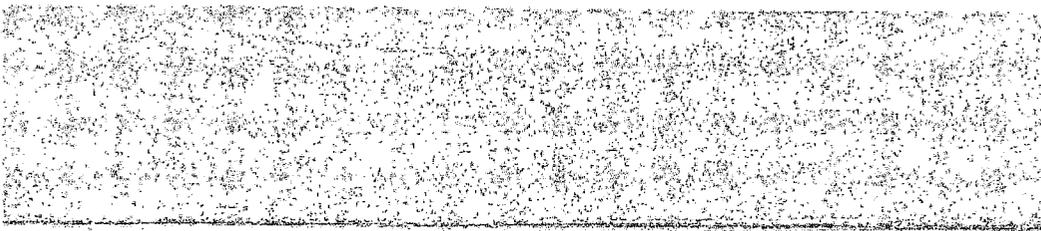


FIG. N° 3.2 CORTE TRANSVERSAL



FIG. N° 3.3 CORTE TANGENCIAL

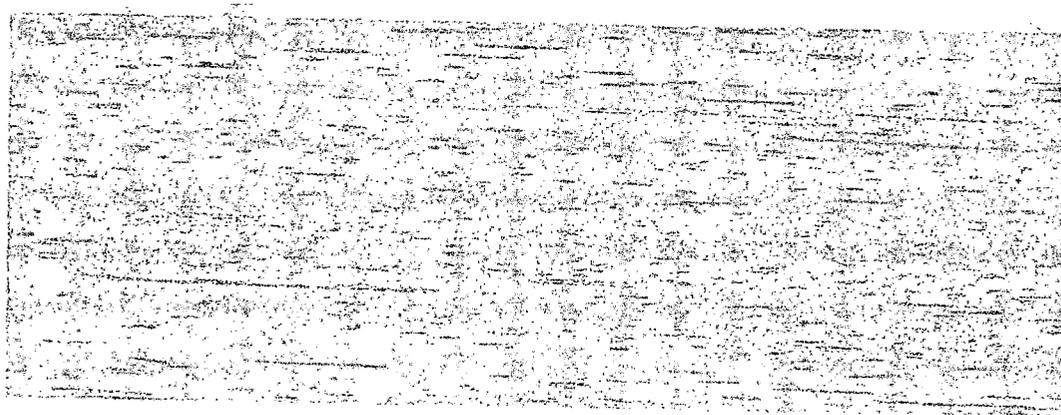


FIG. N° 3.4 CORTE RADIAL

3.5 DESCRIPCIÓN ECOLÓGICA DEL BOSQUE

3.5.1 PROCEDENCIA DEL MATERIAL DE ENSAYO

Las muestras de madera para los ensayos físicos y mecánicos proceden del bosque del distrito de Río Negro, Provincia de Satipo, Departamento de Junín.

3.5.2 CLIMA

El clima corresponde a la zona de vida natural de bosque húmedo premontano tropical (BH-PT). Otras características del clima son: temperatura máxima media anual $33^{\circ}7'$ °C, promedio de temperatura

mínima media anual 12.9°C, y un promedio de temperatura anual de 24°C.

3.5.3 SUELOS

La topografía del área es irregular, presentando características propias de la zona de Ceja de Selva. La topografía varia de suave o llana ha ondulado y empinado, de origen aluvial o residual.

3.6 IDENTIFICACIÓN DE LA ESPECIE

Las muestras botánicas y de madera de la especie recolectadas en el bosque, se identificó gracias a la colaboración del Ing° Forestal Rudi Cerron, Catedrático de la Universidad Nacional del Centro, quien baso sus criterios y experiencias en materiales de nerbario, flores y muestrario de la madera.

CAPÍTULO IV

NORMAS Y MÉTODOS DE ENSAYO

(NORMAS ITINTEC-AFNOR)

4.1 INTRODUCCIÓN

Para la elaboración de los ensayos correspondientes a las propiedades tecnológicas de la madera nos sujetaremos a las normas ITINTEC-AFNOR (Instituto de Investigación Tecnológica y de Normas Técnicas), (Asociación Francesa de Normalización), con la cual se seguirá una secuencia, para así obtener los resultados deseados. Estableceremos algunos conceptos que utilizaremos más adelante.

4.1.1 SELECCIÓN DE MUESTRAS

Proceso mediante el cual se obtiene una cantidad adecuada del material.

4.1.2 POBLACIÓN

Es el conjunto de individuos sobre los cuales se va a determinar una o más propiedades.

SUB-ZONA.-Superficie geográfica caracterizada por la presencia de árboles de la especie cuyas características se desean determinar.

SECTOR.- Subdivisión de la sub-zona efectuada en base de criterios, objetivos que satisfagan los requisitos de selección de muestras, tales como calidad del sitio, accesibilidad y otros aspectos de acuerdo a la importancia y finalidad del estudio.

4.1.3 VOLUMEN POR UNIDAD DE SUPERFICIE

Cantidad de madera de una determinada especie forestal, determinada por métodos adecuados y referida a una unidad de superficie convenida.

4.1.4 UNIDAD DE SUPERFICIE

Es la superficie convenida para el cálculo del volumen de madera en una zona.

4.1.5 TROZA

Es la parte del árbol de longitud variable y libre de ramas obtenida por corte transversal en el árbol seleccionado y que representará a la especie en los ensayos a realizar.

4.1.6 VIGUETA

Parte seleccionada de la troza de sección suficiente a partir de la vigueta seleccionada para el estudio de las propiedades de la madera.

4.1.7 PROBETA

Pieza de dimensiones y forma específica que se prepara a partir de la vigueta seleccionada para el estudio de las propiedades de la madera.

4.1.8 ENSAYO

Es la operación de medir algunas manifestaciones de las propiedades de dicho material. El objeto de los ensayos es de caracterizar a la materia madera determinando sus cualidades intrínsecas y sus posibilidades de utilización.

Estos ensayos se efectúan en probetas de pequeñas dimensiones, sin nudos ni defectos.

4.1.9 ENSAYOS PRINCIPALES

Se consideran como ensayos los siguientes:

a) ENSAYOS FÍSICOS

- Contenido de humedad
- Densidad: básica, seca, verde y anhidra.

- Contracción: radial, tangencial, longitudinal y volumétrica.

b) ENSAYOS MECÁNICOS:

- Tenacidad
- Dureza (Janka)
- Cizallamiento paralelo a la fibra
- Compresión perpendicular a la fibra
- Compresión paralela a la fibra
- Flexión estática
- Tracción perpendicular a la fibra
- Resistencia al clivaje

Los ensayos se hacen con uno de los tres objetos:

1. **ENSAYO DE CONTROL.**- Que se hace con la finalidad de conocer la calidad del material.
2. **ENSAYO DE INVESTIGACIÓN.**- Que tiene por objeto conocer las propiedades del material nuevo.
3. **ENSAYO CIENTÍFICO.**- Que tiene por objeto conocer medidas exactas de las propiedades físicas o mecánicas.

4.2 PROCESO DE MUESTREO Y ACONDICIONAMIENTO DE LA MADERA

El proceso empleado en la recolección y preparación de las muestras de ensayo, corresponde a las normas ITINTEC 251.008. – MADERAS-SELECCIÓN Y MUESTREO.

Aquí presentamos las diferentes fases desarrolladas, desde la recolección del material en el bosque hasta la obtención de las probetas para los ensayos en el laboratorio, siendo este capítulo uno de los más importantes y decisivos para que este trabajo haya podido llevarse a cabo, no puedo dejar de mencionar al Sr. Roberto Taboada, Gerente de “Maderera del Centro S.A.C” en Satipo quien colaboro en lo que respecta al personal obrero, equipo de tala, de aserrio y de transporte del material recolectado a Lima, al Sr. José Montoya,

Gerente General de "Maderera Montoya S.R.L." en Lima quien colaboró con las maquinarias y personal obrero para la habilitación de las probetas.

Así mismo se contó con la colaboración del Ing° Forestal Rudi Cerron, Catedrático de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional del Centro, en lo referente a la identificación de la especie en el bosque, recolección de la muestra de herbario y datos de campo.

4.2.1 FASES DE RECOLECCIÓN

IDENTIFICACIÓN DE LA ESPECIE EN EL BOSQUE, SELECCIÓN Y NÚMERO DE ÁRBOLES

Se contó con la colaboración de personal del servicio forestal y de caza del Sr. Roberto Taboada para la identificación de la especie en el bosque. Se seleccionó tres árboles representativos en cuanto a tamaño, edad y aspecto con defectos.

El árbol se identificó estando en pie, como volteado en una ficha de campo, se tomó las muestras de hojas, flores, frutas y ramitas para su identificación botánica.

TALADO DE LOS ÁRBOLES.- Se realizó esta operación mediante motosierras y hachas de mano, se emplearon dos obreros por árbol, una vez caídos los árboles se determinó la posición y longitud de las secciones a cortarse , según la norma ITINTEC.

En esta oportunidad los obreros utilizaron motosierra para cortar las trozas o planchones de 2.0m de largo a una altura de pecho de 1.5m aproximadamente, se fijó mediante un crayón, en forma provisional al norte magnético.

De cada árbol se sacaron dos trozas, las que fueron marcadas como:

CA11 – UNI (árbol Catahua Amarilla N° 1, Troza 1 – UNI)

CA12 – UNI (árbol Catahua Amarilla N° 1, Troza 2 – UNI)

CA21 – UNI (árbol Catahua Amarilla N° 2, Troza 1 – UNI)

CA22 – UNI (árbol Catahua Amarilla N° 2, Troza 2 – UNI)

CA31 – UNI (árbol Catahua Amarilla N° 3, Troza 1 – UNI)

CA32 – UNI (árbol Catahua Amarilla N° 3, Troza 2 – UNI)

Luego se procedió al transporte del bosque al aserradero en la provincia de Satipo.

EXTRACCIÓN DE LAS ESPECIES DEL BOSQUE Y SU TRANSPORTE

La extracción de las trozas es la primera etapa del transporte de madera, transportando los troncos seleccionados desde el lugar de tumbado Río Negro pasando por las vías usuales, como carreteras, hasta llegar al aserradero (en SATIPO).

La extracción de trozas se puede dividir en dos etapas - Arrastre.

Transporte menor o de corta distancia.

Transporte a larga distancia.- Esta etapa es la última en los trabajos de explotación de maderas. En muchos casos el transporte suele ser lo más costoso de las etapas. Para nuestro caso se utilizó ambos.

4.2.2 PREPARACIÓN DE VIGUETAS

Una vez llegado al aserradero las trozas se procedieron a su habilitación mediante maquinarias especiales como:

REASERRADERO (cinta).- Es una máquina cuya finalidad es obtener los planchones. Marca: DENIVELL MENT – 120Cv:

CANTEADOR (75CV).- máquina cuya finalidad es cortar o habilitar a maderas mayores de 4" hasta 35" ésta en función de la longitud, tiene una ranura de 1 ¼". Marca: SCHIFFER.

DESPUNTADORA (75CV).- Máquina que sirve para quitar las puntas o cuadrarlas, se trabaja en Pies. Marca: SCHIFFER.

Se procedió a cortarlas por medio de la cinta, dándole forma de una sección rectangular, luego se procedió a cortarlas en forma de

tablones, luego pasaron por el canteador para su habilitación respectiva y posteriormente por la despuntadora.

Luego por la sierra de banco se obtuvo los listones, se llevaron a la cepilladora eléctrica para obtener la habilitación de las viguetas, las mismas que fueron las siguientes:

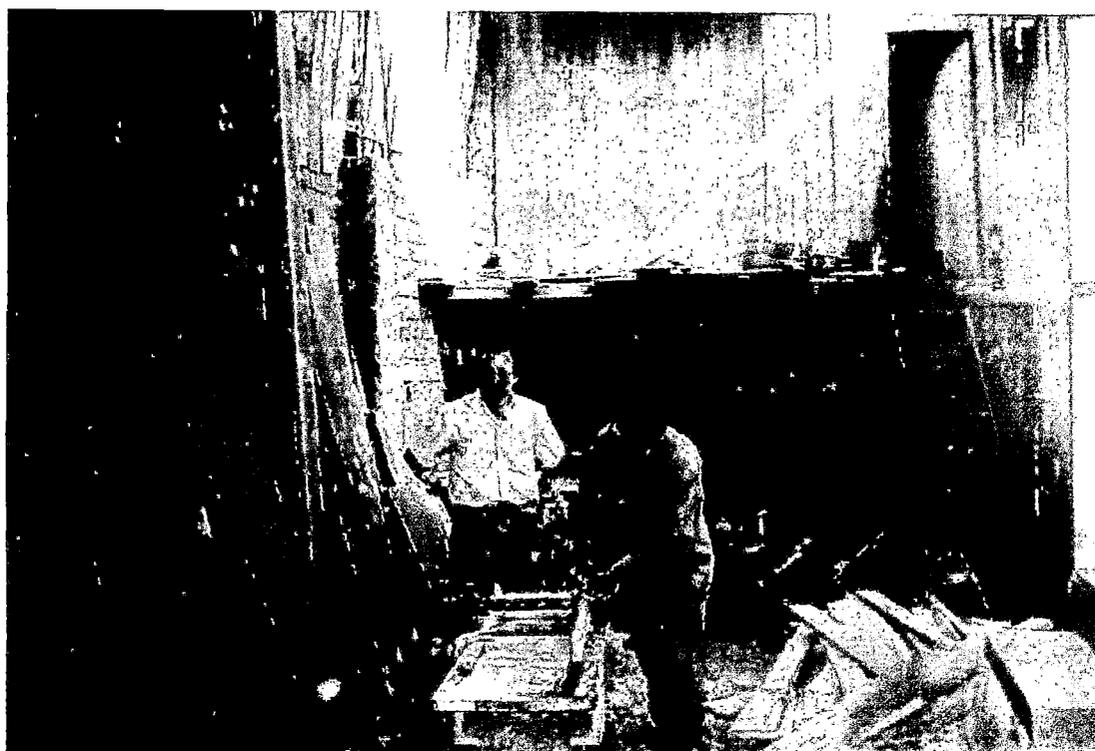
- Se cortaron viguetas de 5.0 x5.0cm de longitud variando tanto en la dirección paralela como perpendicular a la fibra.
- Se cortaron viguetas de 3.0x3.0cm, 3.0x3.0cm y 2.0x2.0cm de longitud variada.



**FIG. 4.1 PREPARACION DE LAS VIGUETAS EN UNA MAQUINA CIRCULAR
MADERERA MONTOYA S.R.L.**



**FIG. 4.2 PREPARACION DE LAS VIGUETAS EN UNA MAQUINA CIRCULAR
MADERERA MONTOYA S.R.L.**



**FIG. 4.3 PREPARACION DE LAS VIGUETAS EN UNA CEPILLADORA
MADERERA MONTOYA S.R.L.**

4.3 NÚMERO DE PROBETAS POR CADA TIPO DE ENSAYO

Para que los resultados de cada ensayo a realizar en el laboratorio de ensayo de materiales, tengan un mayor grado de exactitud, confiabilidad, es necesario que el número de especímenes sea el mayor posible.

Al efectuar los cálculos estadísticos se requiere un mínimo de repeticiones de cada ensayo para obtener conclusiones más o menos aceptables (como se indica en las normas ITINTEC-AFNOR).

Para el caso de este estudio de investigación se utilizará 220 probetas estándar libres de defectos distribuidos de la siguiente manera.

ENSAYOS FÍSICOS:

1. ENSAYO DE DENSIDAD.- En este ensayo se utilizarán 20 probetas estándar de 3x3cm de sección transversal por 10cm de longitud, se utilizarán las mismas probetas para determinar la densidad en estado verde, la densidad en estado seco al aire, la densidad en estado anhidro y la densidad básica.

(Norma ITINTEC 251.011)

2. ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD.- Se utilizarán 20 probetas de 3x3cm de sección transversal por 10cm de longitud.

(Norma ITINTEC 251.010)

3. ENSAYOS DE CONTRACCIÓN.- Para este tipo de ensayo se utilizarán 20 probetas estándar de 2.5x2.5cm de sección transversal por 10cm de longitud, se utilizarán las mismas probetas para determinar la contracción en sus tres direcciones: radial, tangencial y longitudinal, tanto para la contracción Normal, Total y Volumétrica.

(Norma ITINTEC 251.012)

ENSAYOS MECÁNICOS.-

1. ENSAYO DE TENACIDAD (IMPACTO).- Se utilizarán 20 probetas estándar de 2x2cm de sección transversal por 28cm de longitud.

(Norma ITINTEC 251.018)

2. ENSAYO DE DUREZA (JANKA).- Se utilizarán 20 probetas estándar de 5x5cm de sección transversal por 10 cm. de longitud en la dirección paralela a la fibra.

(Norma ITINTEC 251.015)

3. ENSAYO DE CIZALLAMIENTO PARALELO A LA FIBRA.- Se utilizarán 20 probetas estándar de 5x5cm de sección transversal por 6.5 de longitud con un destaje a media madera de 1.5cm.

(Norma ITINTEC 251.013)

4. ENSAYO DE COMPRESIÓN PERPENDICULAR A LA FIBRA.- Se utilizarán 20 probetas estándar de 5x5cm de sección transversal por 15cm de longitud en la dirección perpendicular a la fibra.

(Norma ITINTEC 251.016)

5. ENSAYO DE COMPRESIÓN PARALELA A LA FIBRA.-Se utilizarán 20 probetas estándar de 5x5cm de sección transversal por 20cm de longitud en la dirección paralela a la fibra.

(Norma ITINTEC 251.014)

6. ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA.- Se utilizarán 20 probetas estándar de 5x5cm de sección transversal por 75cm de longitud en la dirección paralela a la fibra.

(Norma ITINTEC 251.017)

7. ENSAYO DE TRACCIÓN PERPENDICULAR A LA FIBRA.- Se utilizarán 20 probetas estándar de 2x2cm de sección transversal por 7cm de longitud en la dirección paralela a la fibra.

Estos tipos de probetas no son prismáticos como todas las demás, son elaborados con un dispositivo especial para darle una forma adecuada, estas probetas tienen unas ranuras centrales en forma de gancho que se hacen posible adaptarse a la máquina de ensayo.

(Norma AFNOR NF B51 – 010)

8. ENSAYO DE RESISTENCIA AL CLIVAJE.- Se utilizarán 20 probetas estándar de 2x2cm de sección transversal por 4.5cm de longitud en la dirección paralela a la fibra.

No son prismáticos, son elaborados con un dispositivo especial en uno de sus lados que da la forma de medio gancho y que hacen posible adaptarse a la máquina de ensayo.

(Normas AFNOR NF B51 – 011)

4.4 FABRICACIÓN DE PROBETAS.

Llegadas las viguetas de Satipo a la Maderera Montoya S.R.L. de José Montoya se procedió a la fabricación de las probetas de acuerdo a las normas correspondientes, para lo cual se empleó las siguientes maquinarias:

TROZADORA.- Que sirve para dividir a los planchones en partes, según como se desee.

GARLOPA.- Que tiene la particularidad de conseguir que las caras de los planchones, sean superficies perfectamente planas.

CIRCULAR.- Es la máquina que sirve para dividir los planchones en listones.

CEPILLADORA.- Es la máquina que sirve para darle a los listones dimensiones exactas deseadas y un fino acabado.

TALADRO.- Sirve para dar cavidad correspondiente para algunas probetas.



FIG. 4.4 PREPARACION DE LAS VIGUETAS PARA EL ENSAYO DE TRACCION PERPENDICULAR A LA FIBRA – CARPINTERIA SOLANO



FIG. 4.5 PREPARACION DE LAS VIGUETAS PARA EL ENSAYO DE RESISTENCIA AL CLIVAJE – CARPINTERIA SOLANO

Luego se procedió a codificarlas empleando las siguientes nomenclaturas:

CHD-n; para las probetas de contenido de humedad

I-n; para las probetas de impacto o tenacidad

CC-n; para las probetas de contracción

CL-n; para las probetas de compresión perpendicular a la fibra

C//n; para las probetas de compresión paralela la fibra

TL-n; para las probetas de tracción perpendicular

F-n; para las probetas de flexión estática

CO-n; para las probetas de cizallamiento

DU-n; para las probetas de dureza

CD-n; para las probetas de densidad

RC-N; para las probetas de resistencia al clivaje

Donde "n" es la numeración de 1 a 20, de 1-7 (Primer árbol), 8-14 (Segundo árbol) y 15-20 (Tercer árbol); que es el número de probetas libres de defectos elaborados para cada ensayo.

Para los ensayos de contracción se nombraron y se diferenciaron las caras: radial, tangencial y longitudinal, con las letras R, T y L respectivamente. Así mismo se marcaron los puntos centrales de las caras para realizar las mediciones correspondientes.

Para los ensayos de dureza también se diferenciaron su cara: radial, tangencial y extremos en las letras R, T y L respectivamente.

4.5 NORMAS A USARSE EN LOS ENSAYOS

Las normas para los ensayos correspondientes se detallan a continuación:

ENSAYO	TIPO	NORMA
FISICO	Contenido de Humedad	Norma ITINTEC 251.010
	Densidad	Norma ITINTEC 251.011
	Contracción	Norma ITINTEC 251.012
MECANICO	Tenacidad (Impacto)	Norma ITINTEC 251.018
	Ensayo de Dureza (Janka)	Norma ITINTEC 251.015
	Ensayo de Cizallamiento Paralela a la Fibra	Norma ITINTEC 251.013
	Ensayo de Compresión Perpendicular a la Fibra	Norma ITINTEC 251.016
	Ensayo de Compresión Paralela a la Fibra	Norma ITINTEC 251.014
	Ensayo de Flexión Estática	Norma ITINTEC 251.017
	Ensayo de Tracción Perpendicular a la Fibra	Norma AFNOR NF B51 – 010
	Ensayo de Resistencia al Clivaje	Norma AFNOR NF B51 – 011

CAPÍTULO V

ENSAYOS DE PROBETAS EN EL LABORATORIO SEGÚN NORMAS ITINTEC Y AFNOR

Los ensayos se realizaron en el Laboratorio de Ensayos de Materiales de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería, iniciándose de la siguiente manera:

5.1 ENSAYOS FÍSICOS

5.1.1 CONTENIDO DE HUMEDAD

El contenido de humedad se define como el peso del agua contenida en la madera, expresada en porcentaje con respecto al peso de la madera seca al horno.

La madera constituida por elementos cuyas paredes están formadas por un material absorbente, puede contener agua bajo tres formas:

Como agua libre, en las cavidades celulares, como agua higroscópica impregnada en dichas paredes y como agua de constitución, formando parte de la estructura molecular.

La madera contiene una cantidad considerable de agua libre y el árbol, empieza a perder agua considerablemente cuando es aserrado, hasta entrar en equilibrio con la atmósfera circundante y que de acuerdo con experiencias de investigadores ésta fluctúa entre 18% y 20% de humedad según las estaciones del año.

La importancia de la determinación exacta del contenido de humedad de la madera es grande, debido a que todas las propiedades físicas y mecánicas dependen de ella.

En esta investigación se utiliza el sistema de secado en el horno. Este procedimiento de obtención de la humedad de la madera es el proceso más veraz para obtener con precisión dicha humedad.

MODO OPERATORIO:

Se empleó el método referido en la norma ITINTEC (251.010). Se pesaron las muestras para obtener el peso húmedo (PH) y luego se colocaron en el horno.

Se aplicó un calentamiento gradual hasta alcanzar los 103°C +/- 2°C, dejando las probetas a esta temperatura no menos de 20 h. Se retiraron las muestras del horno, se dejaron enfriar por medio de un desecador y se pesaron, se repitió el tratamiento hasta obtener el peso constante, es decir el peso seco al horno (PSH).

CÁLCULO DE RESULTADOS:

El contenido de humedad se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$CH = \frac{(PH - PSH) * 100}{PSH} (\%)$$

Donde:

CH = El contenido de humedad, en porcentaje

PH = Peso húmedo de la muestra en gramos

PSH = Peso seco al horno en gramos

Es necesario recomendar que la pesada tenga un error inferior a 1/1000 el error admisible será se +/- 1 unidad bajo el primer decimal.

5.1.2 DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD

La densidad es una de las propiedades físicas más importantes, por cuanto la resistencia está íntimamente relacionada a ella. Representa la relación entre el peso de la madera y el volumen de agua pura igual a su volumen, dicho en otras palabras es la relación de su densidad

con respecto a la densidad de la sustancia patrón a 4 grados centígrados y que es el agua.

Esta relación varía según la humedad de la madera ya que el peso es directamente proporcional al contenido de la humedad.

MODO OPERATORIO:

Se empleó la norma ITINTEC (251.011) para la determinación de la densidad en los tres estados: en estado saturado, en estado seco al aire y en estado anhidro y la determinación de la densidad básica.

LA DENSIDAD EN ESTADO SATURADO: Primeramente se procedió a saturar las probetas, sumergiéndolas en agua por un tiempo aproximado de un mes, hasta obtener su peso constante, una vez logrado el peso constante (PH) se procedió a determinar el volumen de las probetas (VH), empleándose para ello el método de medición indirecta por inmersión en agua; luego se determina la densidad en estado saturado que es el cociente entre el peso y el volumen de este estado expresado en gr/cm^3 .

LA DENSIDAD EN ESTADO SECO AL AIRE: Se realizó dejando las probetas en un ambiente normalizado; se utilizarán las mismas probetas que fueron utilizadas para la determinación de la densidad en estado saturado, por un tiempo aproximado de 15 días. Luego se determinó el peso (PSA) de c/u de ellas en gramos por lectura directa en una balanza con la precisión requerida y se determinó los

volúmenes (VSA) de las probetas empleando el método indirecto por inmersión en agua, obteniendo la expresión de resultados.

LA DENSIDAD EN ESTADO ANHIDRO: Se obtuvo luego de someter las probetas a un secado en un horno eléctrico a una temperatura de 103° C +/- 2°C hasta obtener un peso constante, en esta forma se consiguió el peso seco al horno (PSH); aumentando lentamente la temperatura cada 24 horas. 40°, 60°, 80°, 103°C; se procedió a pesar las probetas previamente enfriadas teniendo cuidado que estas no tomen la humedad del medio ambiente. El peso de las probetas se obtuvo por lectura directa en la balanza electrónica con la precisión requerida, luego se determinó los volúmenes (VSH) de las probetas. La densidad en estado anhidro es el cociente entre el peso y el volumen en este estado en gr/cm³.

CÁLCULO DE RESULTADOS:

La densidad se calculó con la siguiente fórmula:

$$\text{DENSIDAD SATURADA (DS)} = \frac{PH}{VH}$$

$$\text{DENSIDAD SECA AL AIRE (DSA)} = \frac{PSA}{VSA}$$

$$\text{DENSIDAD ANHIDRA (DA)} = \frac{PSH}{VSH}$$

$$\text{DENSIDAD BÁSICA (DB)} = \frac{PSH}{VH}$$

Donde:

PH = Peso húmedo o saturado en gramos

VH = Volumen húmedo o saturado en cm^3

VSA = Volumen seco al aire

PSA = Peso seco al aire

PSH = Peso seco al horno en gramos

VSH = Volumen seco al horno en cm^3

Este resultado debe tener como error máximo admisible de una unidad en más o menos sobre el tercer decimal.

Para obtener los valores de las densidades (D), hay que calcular la densidad de cada probeta, luego calcular el promedio de las densidades de cada árbol y por último el promedio de las densidades de los árboles, tanto en estado saturado, seco al aire y seco al horno.

5.1.3 DETERMINACIÓN DE LA CONTRACCIÓN

Contracción tangencial.- Es una de las propiedades físicas de la madera que se produce desde el momento en que se alcanza el límite de saturación de las fibras al producirse la disminución del contenido de humedad, es decir, que el sentido tangencial de la madera disminuye de dimensión conforme se disminuya el contenido de agua. Se ha comprobado que en este sentido es donde se produce la mayor contracción, es decir en el sentido de la dirección de los anillos anuales de crecimiento, y es de gran importancia su determinación, por dos razones fundamentales:

La primera es porque cada especie de madera tiene diferente porcentaje de contracción, es decir que no es una constante. Y segundo porque es necesario preverlo en la práctica, al ser usada cualquier madera, ya que podría producirse el afloje de los clavos, las rajaduras, el arqueado o doblado de las piezas, etc.

Contracción Radial.- Al igual que la contracción tangencial, es una de las propiedades físicas producida por el efecto de la disminución

del contenido de humedad, en el que, el sentido radial de la madera se contrae aunque en menor escala que el sentido tangencial pero que producen las mismas consecuencias dañinas. Es decir que obligadamente, se le tomará en cuenta en cualquier diseño estructural, no siendo así con el sentido axial en el que la contracción sufrida es tan pequeña que no se le considera, ni se le estudia.

Contracción Volumétrica.- Es una propiedad física producto de los dos casos anteriores, que se produce por disminución del grado humedad de la madera.

Siendo la contracción axial casi un valor nulo, la contracción volumétrica tiene por valor aproximadamente igual al producto de la contracción radial por la contracción tangencial y por esta razón que algunos lectores recomiendan como no necesaria la investigación de la contracción volumétrica pero si recalcando su importancia que tiene por las consecuencias que producen las contracciones.

Es de gran importancia también el valor de la contracción volumétrica relativa al valor de la humedad H y que se le conoce con el nombre de "coeficiente de retractibilidad" por cuanto influye en el valor de la densidad y por consiguiente en las propiedades mecánicas de la madera.

MODO OPERATORIO:

Se empleó la norma ITINTEC (251.012) para la determinación de la contracción, la cual consiste en determinar las dimensiones en estado verde en sus direcciones principales: Tangencial (T), Radial (R) y longitudinal (L); asegurando que las dimensiones sean siempre en los mismos puntos centrales de las caras, así como también su peso en cada probeta, repitiendo el ensayo cada cierto periodo de tiempo hasta que las probetas alcancen un peso constante. Se toman las medidas de las probetas con la precisión requerida a las que se les denomina dimensiones (T, R, L) de la probeta en estado seco al

aire, procediéndose a determinar la contracción normal de cada probeta. Luego se secaron las probetas en un horno con ventilación adecuada, con la finalidad de obtener en contenido de humedad de cero, para lo cual se tomaron las dimensiones (T, R, L) y los pesos cada 24 horas, paralelas al incremento de temperatura de 60°, 80°, 113° C +/- 2°C hasta obtener peso constante, procediéndose luego a tomar las dimensiones de la probeta en estado anhidrido, después se determina la contracción total de cada probeta.

CÁLCULO DE RESULTADOS:

La contracción total de la madera (desde húmeda a seco al horno), se calcula en las siguientes fórmulas:

CONTRACCIÓN TANGENCIAL TOTAL (CT_t):

$$CT_t = \frac{(dth - dtsh)}{dth} * 100(\%)$$

Donde:

dth = Dimensión tangencial de la probeta húmeda en mm
(Contenido de humedad mayor de 30%)

dtsh = Dimensión tangencial de la probeta seca al horno en mm
(Contenido de humedad igual a 0%)

CONTRACCIÓN RADIAL TOTAL (CR_t)

$$CR_t = \frac{(drh - drsh)}{drh} * 100$$

Donde:

drh = Dimensión radial de la probeta húmeda en mm
(C.H > 30%)

drsh = Dimensión radial de la probeta seca al horno o anhidra en mm. (CH = 0%)

CONTRACCIÓN LONGITUDINAL TOTAL (CL_t)

$$CL_t = \frac{(dlh - dlsh)}{dlh} * 100$$

Donde:

dlh = Dimensión longitudinal de la probeta húmeda en mm
(C.H >30%)

dlsh = Dimensión longitudinal de la probeta seca al horno en mm. (CH = 0%)

CONTRACCIÓN VOLUMÉTRICA TOTAL (CV_t)

$$CV_t = \frac{(Vh - Vsh)}{Vsh} * 100$$

Donde:

Vh = Volumen de la madera en condición húmeda en cm³
(C.H>30%)

Vsh = Volumen de la madera en condición seca al horno en cm³ (CH =0%)

5.2 ENSAYOS MECÁNICOS

Las propiedades mecánicas de resistencia de la madera, se miden por las deformaciones que experimentan al ser aplicadas fuerzas externas. Se entiende por fuerza externa, la fuerza que se aplica exteriormente a un material, orientada a deformarla o cambiar sus dimensiones. Dichas deformaciones, también pueden ser causadas por la acción de fuerzas internas almacenadas íntegramente dentro del material, tal como sucede en la madera que con un cambio del

contenido de humedad se altera sus propiedades, de estas fuerzas dependen estrictamente la resistencia y de ellas se ocupa el estudio de las propiedades mecánicas de la madera.

El conocimiento de las propiedades mecánicas de la madera, se obtiene a través de la experimentación en los laboratorios con ayuda de aparatos especiales de prueba, teniendo en cuenta que la madera por lo compleja de su estructura es decir de la constitución interna, la hace diferente a cualquier otro material estructural aparte del gran número de factores que influyen en sus características mecánicas y que por consiguiente la hace muy variable, repercutiendo en el número de pruebas que hay que realizar para poder obtener un valor promedio que comprenda todos los factores que puedan influir como son el tamaño, la edad, aspecto general del árbol, lugar de obtención del espécimen, ubicación de la probeta en el árbol, etc.

Para obtener un valor promedio más exacto a parte de tener en cuenta los factores mencionados, será conveniente seleccionar las probetas al fin de tenerlas libres de nudos, fibras atravesadas, ralladuras radiales o ralladuras anulares, podredumbres, picaduras, tumores o postemas, etc.

Como los objetivos principales son, establecer métodos standard de prueba, proporcionar métodos prácticos de comparación de las diferentes clases de madera, procurando establecer definiciones específicas y dimensiones standard para usos dados, aplicaremos en esta investigación las normas (ITINTEC) y las normas francesas (AFNOR).

DEFINICIONES Y CONSIDERACIONES GENERALES

El estudio de las propiedades mecánicas de un material está interesado en su mayor parte para relacionar el esfuerzo y deformaciones unitarias y los factores que afectan este procedimiento. Un esfuerzo, es una fuerza distribuida y puede ser definido como la acción mutua.

1° De un cuerpo sobre otro ó

2° De una parte de un cuerpo en la otra parte.

En el primer caso el esfuerzo es externo y en el segundo, interno.

Las fuerzas externas que actúan sobre un cuerpo, es siempre balanceada por las fuerzas internas, cuando el cuerpo está en equilibrio. Si a un cuerpo se le somete a un esfuerzo de tensión o compresión éste sufre un alargamiento o acortamiento y se llama deformación. Cada esfuerzo produce una correspondiente deformación y dentro de cierto límite, el esfuerzo es casi directamente proporcional a la deformación producida. Este cierto límite, se denomina "Límite elástico proporcional". Esta relación, se demuestra gráficamente por medio del diagrama esfuerzo-deformación, donde el incremento de carga o esfuerzo se coloca en el eje de ordenadas y las deformaciones en el eje de las abscisas.

Si los resultados de experimentos similares en diferentes muestras son dibujados en una misma escala, el diagrama proporciona un útil medio de comparación.

ESFUERZO.- Es la fuerza interior por medio de la cual un cuerpo resiste a la acción de fuerzas exteriores.

Las fuerzas exteriores actúan sobre un cuerpo donde se desarrollan los esfuerzos. Cuando las fuerzas exteriores aplicadas a un cuerpo tienden a superar sus partes tirando de ellas, se llama tensión. La tensión es pues un esfuerzo normal.

Cuando las fuerzas exteriores aplicadas a un cuerpo tienden a acortarlo o comprimirlo, se llama esfuerzo de compresión, también es un esfuerzo normal.

Cuando las fuerzas exteriores aplicadas a un cuerpo tienden a hacer deslizar una parte del cuerpo sobre la otra tangencialmente, se llama esfuerzo de corte.

La tensión, compresión y esfuerzo cortante se llama esfuerzos directos para distinguirlos de los esfuerzos de flexión y torsión.

INTENSIDAD DE ESFUERZO.- Es el esfuerzo por unidad de área, o sea la magnitud de un esfuerzo uniforme dividido por el área sobre la

que está distribuido; se expresa en unidades de fuerza por unidad superficial.

DEFORMACIÓN.- Se llama deformación al cambio de forma que un cuerpo sufre cuando se halla sometido a la acción de fuerzas. Esta deformación puede ser, alargamiento, si se somete a una fuerza de tensión; acortamiento, si se somete a una fuerza de compresión; y deslizamiento o deformación por esfuerzo de corte si se somete a una fuerza cortante.

DEFORMACIÓN UNITARIA.- Es el cociente de la deformación total entre la longitud del cuerpo.

ELASTICIDAD.- Es una de las propiedades de la madera que consiste en recobrar su forma y dimensiones primitivas, cuando cesan las fuerzas que las deforman, teniendo en cuenta que dichas fuerzas, no sobrepase de cierto límite.

LÍMITE DE ELASTICIDAD.- Es la mayor carga que puede sufrir un cuerpo sin perder su elasticidad.

MÓDULO DE ELASTICIDAD.- Es la expresión matemática de la ley de HOOKE.

LEY DE HOOKE.- Dentro del límite de elasticidad, el esfuerzo de cualquier clase es proporcional a la deformación que produce.

ESFUERZO DE FRACTURA.- El esfuerzo de fractura es la mayor intensidad de esfuerzo que el material puede resistir.

ESFUERZO DE TRABAJO.- Llamado también esfuerzo unitario admisible, es el máximo esfuerzo que se considera seguro de usar, cuando se diseña un miembro que debe soportar una carga dada.

En la práctica se acostumbra calcular las piezas en el supuesto de que el esfuerzo máximo a que han de someterse es muy inferior al coeficiente de fractura.

COEFICIENTE DE SEGURIDAD.- Es la relación que existe entre el coeficiente de fractura y el de trabajo.

Antes de proyectar una obra es necesario adaptar un coeficiente de seguridad para obtener el coeficiente de trabajo que ha de usarse ya

que no existen reglas fijas para la elección del coeficiente de seguridad.

5.2.1 ENSAYO DE TENACIDAD O IMPACTO

El ensayo consiste en romper por flexión una probeta especialmente preparada, que reposa sobre dos apoyos, por la caída de un mazo pendular.

MÁQUINA DE ENSAYO.- Este ensayo se realiza con la máquina universal de maderas de 6000 kilos, que tiene dispositivos especiales para el ensayo,

El mazo pendular a utilizar debe tener una altura de caída de un metro más o menos un milímetro ($1m \pm 1mm$) y una capacidad disponible al momento del choque de 10 Kg-m. la distancia entre los ejes de los apoyos es de 240 milímetros más o menos 1 milímetro ($240mm \pm 1mm$).

Uno de los apoyos está proveído de un dispositivo que permite introducir una barra de sección rectangular de aluminio hecha especialmente con el fin de medir la reacción instantánea ejercida sobre la probeta, al momento del impacto.

CALIBRACIÓN DE LA MÁQUINA.- La máquina debe ser verificada constantemente. El graduador del trabajo que se ejerce, debe ser calibrado en cada ensayo a fin de tener precisiones de 0.1 Kg-m.

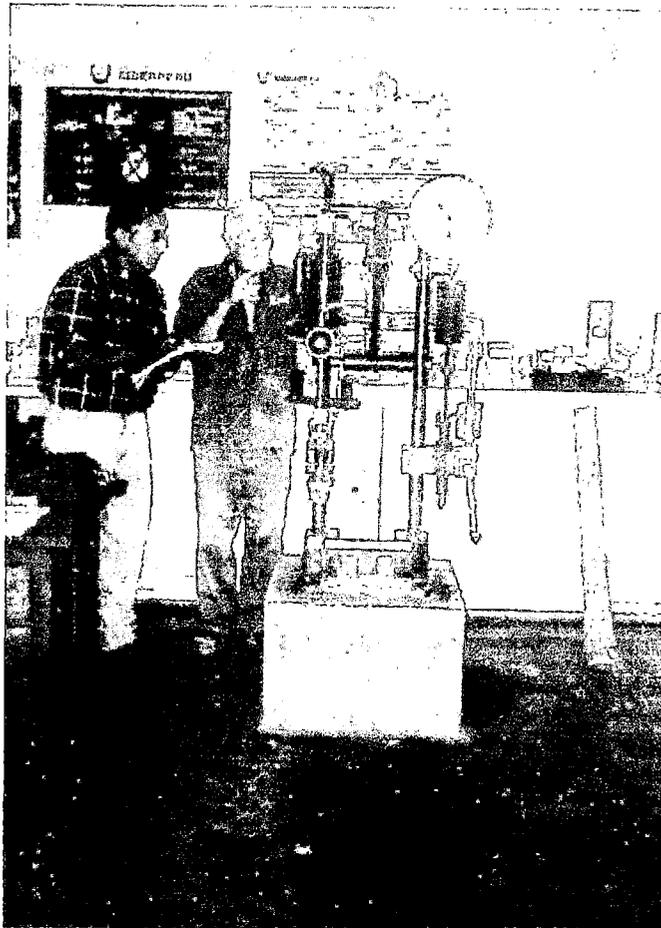


FIG 5.1 ENSAYO DE TENACIDAD EN EL LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

MODO OPERATORIO:

Se empleó la norma ITINTEC (251.018), la probeta se colocó entre dos apoyos con una luz de 24 cm. y alrededor de su parte media se señala la cara radial y tangencial, para que la probeta se oriente en tal forma que el impacto se produzca en el centro de la probeta alternativamente sobre las caras radial y tangencial.

Se puso en cero la reglilla de lectura de impacto, que se encuentra en la parte posterior de la máquina.

Se deja caer el martillo de péndulo, que tiene peso constante y se toma la lectura del impacto en la reglilla correspondiente (Energía)

Inmediatamente después de cada ensayo se obtiene el tipo de falla en cada probeta terminando el ensayo se procedió a obtener el contenido de humedad de cada probeta según normas.

5.2.2 ENSAYO DE DUREZA (JANKA)

El ensayo consiste en imprimir sobre la superficie radial de una probeta la impresión de un cilindro de acero de radio calculado en vista de la determinación de las dimensiones definidas posteriormente.

Este ensayo define solamente la dureza del flanco que interviene mayormente según la resistencia de la madera a la penetración de las herramientas, clavos, tornillos, etc.

Este ensayo se realiza con la máquina universal de madera de 6000Kg, la cual está proveída de una esfera de impresión.

CALIBRACIÓN DE LA MÁQUINA.- La máquina de ensayo de ser frecuentemente verificada desde el punto de vista de la sensibilidad y de la exactitud por los procedimientos especiales conveniente en cada tipo de mecanismo.

MODO OPERATORIO:

Se empleó la norma (ITINTEC-251.015). Se colocó la probeta sobre una plataforma fija y sobre ella un cabezal móvil que posee una semiesfera metálica que penetra en las (6) caras: radial, tangencial, longitudinal, mediante la aplicación de una carga continua.

Con una aproximación de la semiesfera a la probeta de 0.6mm por minuto de velocidad manteniéndose esta velocidad constante durante todo el ensayo.

Se tiene presente que la carga se aplica solamente hasta que la semiesfera penetre totalmente, advirtiéndose esto mediante un vástago cilíndrico que es girado constantemente. Una vez terminado el ensayo se procederá a determinar el contenido humedad de cada probeta según normas.

5.2.3 ENSAYO DE CIZALLAMIENTO PARALELO A LA FIBRA

La carga aplicada crea un esfuerzo de corte puro en la probeta y según como esté orientada será en la carga tangencial, radial u oblicua.

Para este ensayo se utilizó la máquina universal "AMSLER" de capacidad de 50 Ton.

MODO OPERATIVO:

Se empleó la norma ITINTEC (251.013). Se colocó la probeta en el dispositivo de cizallamiento, de tal forma que la superficie de la parte superior reciba la presión de la cizalla, la probeta debe quedar fuertemente ajustada al accesorio por medio de dos tornillos. La carga se aplica en forma continua durante el ensayo de modo que la cizalla se desplace a razón de 0.6mm por minuto de velocidad, registrándose sólo la carga máxima (P), hasta la ruptura de la probeta.

CÁLCULO DE RESULTADOS:

Para el siguiente ensayo de la resistencia al cizallamiento (Cz) se calculó con la fórmula siguiente:

$$Cz = \frac{P}{A} \text{ (Kg/cm}^2\text{)}$$

Donde:

P = Es la carga máxima soportada por la probeta (Kg)

A = Es la superficie de cizallamiento (cm²)

Inmediatamente después del ensayo se prosiguió a determinar el contenido de humedad de las probetas según normas.

Se utilizará para la determinación del contenido de humedad la porción de probeta que ha sido separada por el cizallamiento.

5.2.4 ENSAYO DE COMPRESIÓN PERPENDICULAR A LA FIBRA

Comportamiento de la madera bajo compresión

Después de la fase de las deformaciones elásticas que es muy corta, las sucesivas capas de fibras de la madera son aplastadas indefinidamente unas contra otras bajo cargas crecientes, actuando la madera como si fuera un material de mucha plasticidad, y sufriendo

debilitamiento que se van haciendo más graves bajo una carga casi constante; así pues, termina astillándose y por ser inapta para resistir otros esfuerzos.

Hay dos maneras en que la madera puede ser sometida a esta clase de esfuerzo. Con una carga que actúa sobre toda el área superior de la muestra o con una carga concentrada sobre una porción del área de la misma.

Para este caso se ha considerado conveniente determinar la resistencia de aplastamiento sobre toda la superficie y es así como lo especifican las normas.

Ensayos en compresión perpendicular a las fibras

Mediante este ensayo se determinó el esfuerzo que es capaz de soportar la madera al someterla a una carga que actúa perpendicularmente a sus fibras. Para esta prueba se utilizó la máquina universal "AMSLER" de capacidad de 50 ton.

CALIBRACIÓN DE LA MÁQUINA.- La máquina de ensayo, debe verificarse la buena puesta de la máquina y los accesorios utilizados como el extensómetro o deformómetro.

Los patillos que transmiten la carga debe, ser tal que deje libremente orientarse la probeta según la dirección de la compresión sin que puedan producirse esfuerzos de flexión transversal.

MODO OPERATIVO:

Se realizó en base a la norma ITINTEC (251.016). Se colocó las probetas centradas sobre la plataforma móvil aplicando la carga en forma continua a lo largo de todo el ensayo a razón de 0.3 mm por minuto de velocidad.

La lectura de las deformaciones totales, se tomó mediante un deflectómetro, las lecturas fueron tomadas cada 100Kg hasta que se produzca la rotura y teniendo un tiempo de ensayo de 1 hora con 30 minutos aproximadamente.

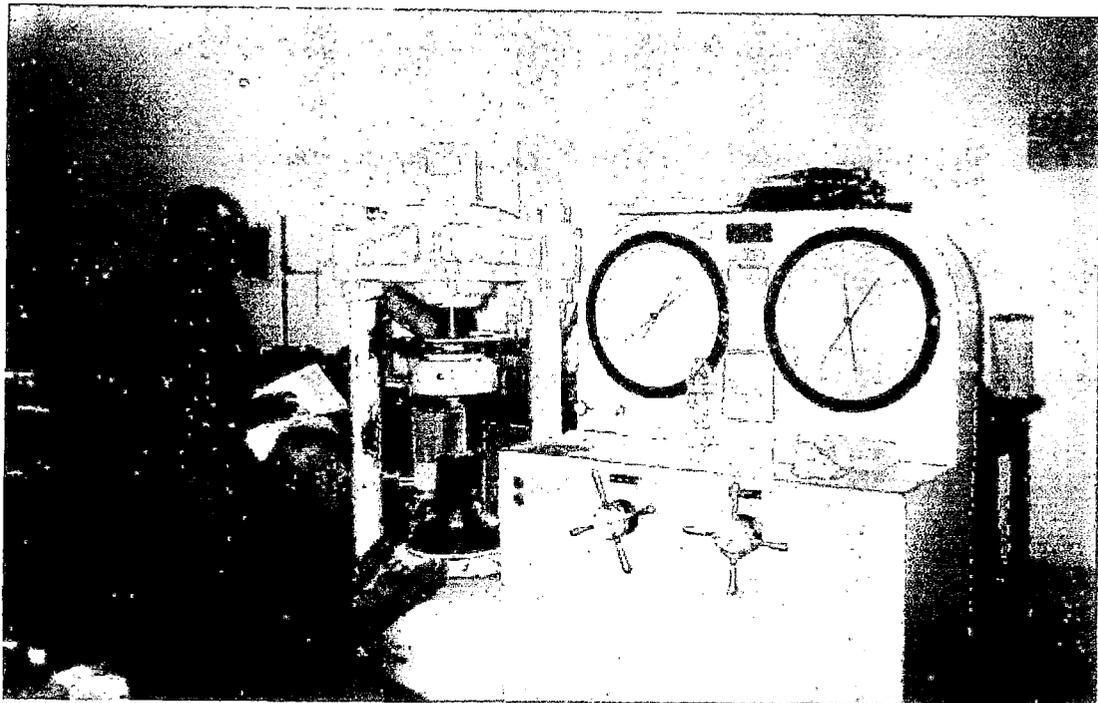


FIG 5.2 ENSAYO DE COMPRESION PERPENDICULAR A LA FIBRA EN EL LAB. DE ENSAYO DE MATERIALES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

CÁLCULO DE RESULTADOS:

Cada una de las máximas cargas de compresión, se divide por su respectiva sección que soporta dicha carga, con estos valores hallamos el promedio por árbol y luego el promedio general de los árboles.

Para el cálculo de esfuerzos de fibras al límite proporcional (ELP)

Se calcularon con:

$$ELP = \frac{P_1}{A} (Kg / cm^2)$$

Donde:

P_1 = Carga al límite proporcional (Kg)

A = Área comprimida por la placa metálica sobre las probetas (cm^2)

Con estos datos se trazó la curva carga – deformación para determinar el límite proporcional (P).

Inmediatamente después del ensayo de cada probeta se cortó, una sección de 2cm de largo para la determinación del contenido de humedad según norma.

5.2.5 ENSAYO DE COMPRESIÓN PARALELA A LAS FIBRAS

El ensayo consiste en aplastar por compresión una probeta especialmente preparada entre los platillos de una máquina de ensayo y medir con precisión las deformaciones que se producen con el aumento progresivo de las cargas, hasta que se produce la ruptura de dicha probeta.

Este ensayo se realiza con la máquina universal AMSLER de capacidad de 50 Ton.

Con esta prueba se determina la resistencia de una columna corta de madera en la cual las cargas tienden a cortar la longitud.

Las pruebas para este tipo de ensayo, se hacen con el fin de obtener valores de:

Máximo esfuerzo de aplastamiento.- que es la máxima carga registrada, dividida por el área que soporta dicha carga.

Esfuerzo de aplastamiento en el límite elástico.- Que es el máximo esfuerzo que el material puede soportar dentro de su capacidad de elasticidad. Por lo general es raramente usado en la práctica por cuanto es muy variado su valor y difícil de obtenerlo en un diagrama de esfuerzo – deformación .

Módulo de elasticidad.- Que es la medida de la rigidez de la madera.

CALIBRACIÓN DE LA MÁQUINA.- Considerando el punto de vista de la sensibilidad de la máquina y de la precisión que requiere el ensayo, es muy conveniente verificarse la buena puesta de la máquina y los accesorios utilizados como por ejemplo el extensómetro o deformómetro.

Los platillos que transmiten la carga debe ser tal que deje libremente orientarse la probeta según la dirección de la compresión sin que puedan producirse esfuerzos de flexión transversal.

MODO OPERATORIO:

Se realizó en base a la norma ITINTEC (251.014). Se colocó la probeta en la máquina, se aplicó la carga sobre las bases de 5x5cm. , y en forma continua a lo largo de todo el ensayo a razón de 0.6mm por minuto, se registraron las deformaciones totales mediante un deflectómetro, las lecturas fueron tomadas cada 1 000 Kg. hasta que se produzca la rotura de la probeta, tomando un tiempo de ensayo de 15 minutos por probeta aproximadamente.

CÁLCULO DE RESULTADOS:

Con estos datos se trazó la curva carga-deformación para determinar el límite proporcional (P_1).

Las fallas por compresión se registraron en el formato correspondiente, inmediatamente después del ensayo, de cada probeta se cortó una sección de 2cm de largo para la determinación del contenido de humedad según lo establecido en la norma.

Para los cálculos se aplicó las siguientes fórmulas:

CÁLCULO DEL MÓDULO DE RUPTURA (MOR)

$$MOR = \frac{P}{A} (Kg / cm^2)$$

Donde:

P = Carga máxima soportada por la probeta (Kg)

A = Superficie de la sección transversal (cm²)

CÁLCULO DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD (MOE)

$$MOE = \frac{P_1 D}{A \delta} (Kg / cm^2)$$

Donde:

P_1 = Carga al límite proporcional (Kg)

D = Distancia entre las abrazaderas del soporte del deflectómetro (15cm)

A = Superficie de la sección transversal (cm^2)

δ = Deformación al límite proporcional (cm)

DESCRIPCIÓN DE LAS PROBETAS ENSAYADAS:

Según estudios hechos por entidades dedicadas a esta clase de investigaciones nos exponen que las fallas en compresión paralelas a las fibras, son clasificadas de acuerdo a las formas que toman los planos de ruptura.

Para nuestro caso nuestra falla se produce por aplastamiento (Crushing). Este término se usa cuando el plano de ruptura es aproximadamente horizontal lo cual se presenta en la parte superior e inferior o más o menos 2.5 cm de los extremos y otras veces en el centro de la muestra.

5.2.6 ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA

El ensayo consiste en romper por flexión una probeta especialmente preparada que reposa sobre dos apoyos y cargado progresivamente en el centro de luz de ella y representa el esfuerzo fibrario que puede resistir la madera.

La resistencia de la madera a flexarse, se denomina rigidez de la viga. Está expresado en términos de módulo de elasticidad y aplicados solamente dentro del límite proporcional.

Este ensayo se realiza con la máquina universal AMSLER de capacidad de 50 Ton.

Este tipo de ensayo se realiza con la finalidad de obtener valores de:

Módulo de fatiga de ruptura (FH).- Es el esfuerzo computado máximo de fractura por flexión que puede soportar la probeta.

Esfuerzo de las fibras en el límite proporcional.- Es el esfuerzo que se produce en las fibras de la probeta sometida a flexión hasta la carga límite de proporcionalidad.

Módulo de elasticidad.- Es la que expresa la relación del esfuerzo unitario y la deformación unitaria dentro del límite de proporcionalidad.

Trabajo hasta el límite proporcional.- Es la cantidad de trabajo ejecutado y absorbido por la viga en prueba al ser sometida a esfuerzos hasta el límite de proporcionalidad.

Trabajo hasta la carga máxima.- Es la cantidad de trabajo que se realiza para liberar la energía almacenada en el cuerpo desde el comienzo de la prueba hasta la ruptura.

CALIBRACIÓN DE MÁQUINA.- La máquina de ensayo, así como los dispositivos especiales utilizados, deben ser frecuentemente verificados al punto de vista de la sensibilidad y de la exactitud requerida.

MODO OPERATORIO:

Se realizó en base a la norma (ITINTEC 251.017). Se colocó las probetas en la máquina universal como una viga simplemente apoyada, la cual la someteremos a la acción de una carga puntual en el centro de la probeta. Se aplica la carga con una velocidad constante de la cruceta móvil de 2.5 mm por minuto durante todo el ensayo.

Se registraron las deformaciones a través de un deflectómetro cada 100Kg de carga al cabo de cierto tiempo (15 minutos aproximadamente) la aguja del reloj de carga se detiene (carga de rotura), anotándose esta carga y su deformación respectiva.

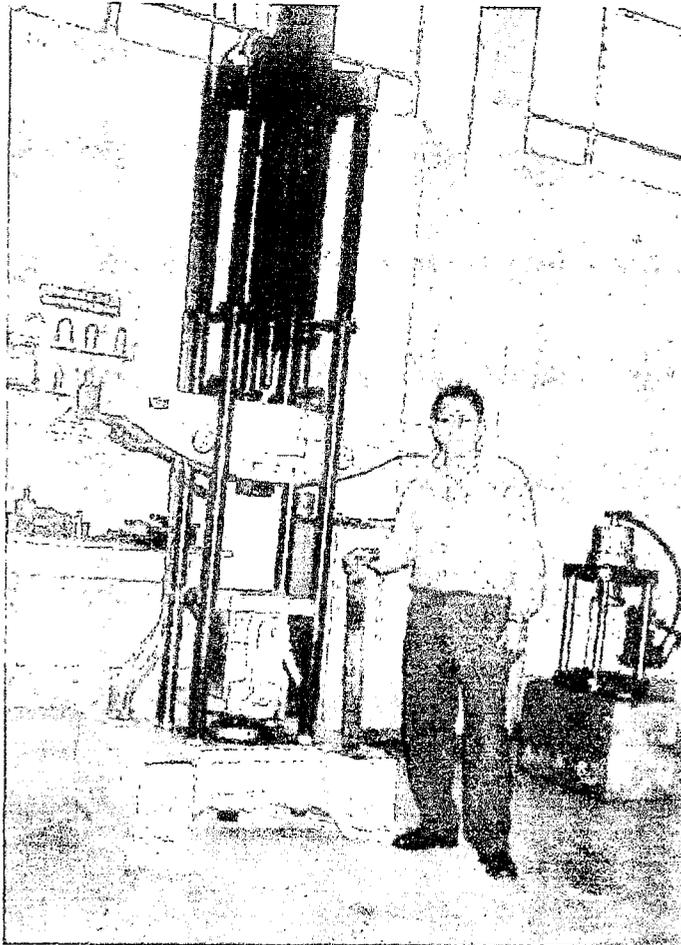


FIG. 5.3 ENSAYO DE FLEXION ESTATICA EN EL LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

CÁLCULO DE RESULTADOS:

Con estos datos se trazó la curva carga-deformación, para determinar la carga al límite proporcional (P_1).

Para una mejor interpretación de los resultados, fue necesario hacer una descripción de la forma en que se presentó la rotura, dibujando esquemáticamente la falla en el formato correspondiente.

Inmediatamente después del ensayo de cada probeta se cortó una sección de 5cm de largo para la determinación del contenido de humedad según lo establecido en la norma.

Para los cálculos se prosiguió de la siguiente manera:

DETERMINACIÓN DE LA CARGA AL LÍMITE PROPORCIONAL (P_1)

Se determinó trazando una tangente sobre la carga-deformación, ubicándose P_1 en el punto donde la tangente se separa de la curva.

CÁLCULO DEL ESFUERZO DE LA FIBRA AL LÍMITE PROPORCIONAL (ELP)

$$EPL = \frac{3P_1L}{2ae^2} (kg/cm^2)$$

Donde :

P_1 = Carga al límite proporcional (Kg)

L = Distancia entre los apoyos, luz de la probeta 70cm

a = Ancho de la probeta (cm)

e = Espesor de la probeta (cm)

CÁLCULO DEL MÓDULO DE RUPTURA (MOR)

$$MOR = \frac{3pl}{2ae^2} (kg/cm^2)$$

p = Carga Máxima (Kg)

CALCULO DEL MODULO DE ELASTICIDAD (ME)

$$ME = \frac{P_1L^3}{4ae^3y} (kg/cm^2)$$

Donde :

y = Deflexión en el centro de la luz al límite proporcional (cm).

DESCRIPCIÓN DE LAS PROBETAS ENSAYADAS:

Si una viga es cargada lentamente y en exceso, se romperá o fallará de alguna forma característica.

Estas fallas en prueba por flexión estática, son clasificadas de acuerdo a la manera como se desarrolla, como comprensión, tensión o corte horizontal y de acuerdo a la apariencia de la superficie fracturada, como brusco y fibroso.

El término brusco (brash), indica una falla abrupta o brusca.

El término fibroso, indica una fractura en astillamiento.

En el caso nuestro la falla se produce por astillamiento por tensión (Splittering for tension) y se reconoce porque la falla es en zig zags, en este caso la superficie de fractura es fibroso.

5.2.7 ENSAYO DE TRACCIÓN PERPENDICULAR A LAS FIBRAS

El ensayo o fractura por extensión de la probeta especialmente preparada consiste en hallar la resistencia de la madera en sentido transversal a las fibras.

Este ensayo se realiza con la máquina universal de maderas de 6000 kilos, la cual está proveída de bocados adoptados a las ranuras de la probeta.

CALIBRACIÓN DE LA MÁQUINA.- Las máquinas de ensayo deben ser frecuentemente verificados en el punto de vista de la sensibilidad y de la exactitud por los procedimientos especiales convenientemente en cada tipo de mecanismo. Uno puede efectuar rápidamente una verificación del ensamble o calibración del dinamómetro.

MODO OPERATORIO:

Se realizó en base a la norma AFNOR B51-010. Las probetas se colocaron en unas muescas de la máquina siendo una fija y otra móvil.

Se procedió a aplicar la carga en la muesca móvil con una velocidad de ensayo de 2.5mm/minuto en forma continua durante todo el ensayo hasta que se produzca la rotura de la probeta, anotando esta lectura del reloj de carga.

CÁLCULO DE RESULTADOS:

Una vez terminado el ensayo se procedió a determinar el contenido de humedad de cada probeta de acuerdo a la norma.

Para los cálculos se empleó la siguiente fórmula:

$$ET = \frac{P}{A} \text{ (Kg/cm}^2\text{)}$$

Donde:

ET = Esfuerzo unitario a la tracción perpendicular a la fibra (Kg/cm²)

P = Carga máxima (Kg)

A = Área de la sección mínima (cm²)

5.2.8 ENSAYO PARA RESISTENCIA AL CLIVAJE

El ensayo consiste en ocasionar la ruptura por clivaje de la probeta a fin de ver la resistencia que la madera ofrece a la separación. En el esfuerzo de separación, las fuerzas actúan al igual que en la cuna. Generalmente en la madera, la resistencia al clivaje es muy baja, depende del mayor o menor cohesión de sus granos, habrá mayor dificultad de separación.

Este ensayo se realiza en la máquina universal de maderas de 4000Kg la cual está proveída de un bocado que se adapta a la forma de entable de la probeta.

CALIBRACIÓN DE LA MÁQUINA.- La máquina de ensayo debe ser frecuentemente verificado al punto de vista de la sensibilidad y de la exactitud por los procedimientos especiales conveniente en cada tipo de mecanismos. Uno puede siempre efectuar rápidamente una verificación de junta o calibración del dinamómetro.

MODO OPERATORIO:

Se realizó en base a las normas francesas (AFNOR B51-011), primeramente se construyeron las probetas según normas y teniendo presente de hacer las ranuras en la misma cara (Radial o Tangencial) a pesar de que han comprobado y hemos verificado dicha comprobación, de que los resultados de ensayos con ranuras en la cara radial o con ranuras en la cara tangencial dan resultados iguales

y esto por razones de que la madera es un material de una estructura sumamente compleja.

Una vez construidas la probeta, colocamos entre el dispositivo, entre las cuales se ejerce la carga de la máquina y procedemos a efectuar la tracción teniendo presente que dicha carga acumulativa, no sobrepase de 50 kilos por minuto, debiendo ser en forma continua hasta la rotura de la probeta. Se tomará la carga de la rotura como dato, siempre y cuando la ruptura se produzca en la sección requerida; si no fuera así, se considera como nulo el ensayo.

CÁLCULO DE RESULTADOS .- Una vez terminado el ensayo, se procede a encontrarle su contenido de humedad (H) según normas. Luego calculamos la resistencia al clavaje para cada probeta.

$$CL = \frac{P}{a} (\text{Kg/cm}^2)$$

Donde:

CL = Resistencia al clavaje (Kg/cm²)

P = Carga máxima o ruptura (Kg)

a = Ancho de la probeta (cm)

5.3 EQUIPO UTILIZADO

Para la realización de los ensayos físicos y mecánicos se utilizaron los siguientes equipos:

- Balanza electrónica Sartorius con una precisión de 0.1gr y con una capacidad máxima de 2Kg.
- Horno electrónico provisto de termostato que permitió operar a una temperatura de 103° +-2°C .
- Desecador de laboratorio provisto de sustancias de Higroscópica.
- Micrómetro con una precisión de 0.01 mm .
- Termómetro con la precisión requerida para calibrar el horno eléctrico.

- Vernier con una precisión de 0.1 mm.
- Deflectómetro
- Máquina “Probadora de tenacidad” que opera sobre el principio del péndulo.
- Vaso volumétrico
- Serrucho, lijas de agua
- Máquina universal para maderas AMSLER con capacidad de 6000 Kg, es utilizado para efectuar ensayos de:
 - Tracción Perpendicular a la fibra
 - Resistencia al Clivaje
 - Dureza (Janka)
 - Impacto
- Máquina universal AMSLER de capacidad máxima 50 Ton. Usado en los ensayos.
 - Flexión Estática
 - Compresión Paralela a la fibra
 - Compresión Perpendicular a la fibra
 - Cizallamiento Paralelo a la fibra
- Accesorios de las Máquinas Universales

CAPITULO VI

PROCESAMIENTO DE RESULTADOS

6.1 PROCESAMIENTO ESTADÍSTICO DE RESULTADOS

La estadística está ligada con los métodos científicos en la toma, organización, recopilación, presentación y análisis de datos, tanto para la deducción como para tomar decisiones razonables de acuerdo con tales análisis.

En un sentido más estricto, el término se utiliza para denotar los mismos datos o números que se deriven de ellos, como los promedios.

Una de las finalidades de la estadística es que al realizar un experimento aleatorio S , no interese el resultado completo del mismo, sino una cierta parte del grupo llamado muestra.

Si una muestra es representativa de un total, se pueden deducir importantes conclusiones acerca de ésta, a partir del análisis de la misma, para nuestro caso la técnica de muestreo permite determinar si hay diferencia entre parámetros equivalentes de dos o más árboles de lugares distintos.

El muestreo por experimentación que se realiza está basado en la ejecución de experimentos bajo condiciones controladas, para ello se escoge los factores , y para cada factor escoge los tratamientos por estudiar, a continuación se escoge el diseño experimental más apropiado y ejecuta el experimento tomando las observaciones necesarias durante el experimento y al final del, realizar el análisis estadístico apropiado al diseño experimental adoptado, en que a unos ciertos valores de la variable le corresponde ciertas frecuencias.

DISTRIBUCIONES DE FRECUENCIA.- Una muestra ordenada tiene todos sus datos en forma ascendente o descendente a diferencia entre el dato más alto y el más bajo se denomina amplitud o rango.

Para resumir una gran cantidad de una muestra, a los que llamamos datos originales, es conveniente distribuir éstos en clases o categorías, y determinar el número de datos que pertenecen a cada clase, el número de datos de cada clase se denomina frecuencia de clase, y al cuadro que resulta se denomina cuadro de distribución de frecuencia.

6.2 MEDIDAS DE TENDENCIA CENTRAL Y MEDIDAS DE DISPERSIÓN

6.2.1 MEDIDAS DE TENDENCIA CENTRAL

Son aquellas que se utilizan para describir o comparar un conjunto de datos, entre las medidas de tendencia central tenemos:

La media aritmética; la media geométrica; la media armónica; la mediana y la moda.

a) MEDIA ARITMÉTICA .- Es el valor numérico que representa a un valor para un promedio de un conjunto de datos, la cual se utiliza para componer o para hacer inferencias.

También se le denomina media y se representa por \bar{X} ,

$$\bar{X} = \frac{\sum Li * fi}{n}$$

Donde:

\bar{X}	=	Media aritmética
Li	=	puntos medios
fi	=	frecuencias absolutas simples
n	=	número total de observaciones
m	=	número de intervalos de clase

USOS DE LA MEDIA ARITMÉTICA

- Para determinar el promedio de una variable cuantitativa.
- Para determinar el promedio de una distribución simétrica.
- Cuando se desee un promedio estable el cual se va a utilizar en análisis posteriores.

b) MEDIANA.- Es el valor medio o la media aritmética de los dos valores medios, divide en dos partes iguales al conjunto de datos de modo que los valores de la mitad de los elementos son menores o iguales a la mediana y la otra mitad son mayores que la mediana.

Para datos agrupados, la mediana se obtiene mediante interpolación y está dada por

$$Mediana = Li + \frac{\frac{n}{2} - \sum_{i=1}^m f_i}{f_{mediana}}$$

Donde :

Li = Límite inferior del intervalo donde se encuentra el valor de la mediana.

N = Número de observaciones (frecuencia total)

$\sum_{i=1}^m f_i$ = Suma de las frecuencias de todas las clases por debajo de la clase mediana.

$f_{mediana}$ = Frecuencia acumulada del intervalo de la mediana

C = Amplitud o tamaño interválico

USOS DE LA MEDIANA:

- Para calcular el promedio de una distribución aritmética
- Para calcular el promedio de tablas estadísticas de intervalos intermedios

c) **MODA.**- Es el valor que se presenta con mayor frecuencia, es decir es el valor más común, en el sentido de que su valor es el más probable.

La fórmula es válida para datos agrupados.

$$Moda = Li + \left(\frac{\Delta_1}{\Delta_1 + \Delta_2} \right) C$$

Donde:

Li = Límite inferior del intervalo modal

Δ_1 = Diferencia entre frecuencias del nivel anterior

Δ_2 = Diferencia entre frecuencias del intervalo siguiente

C = Amplitud o tamaño interválico

USOS DE LA MODA:

- Cuando se desea calcular en forma inmediata un promedio
- Para calcular el promedio de una variable cualitativa

RELACIÓN ENTRE EL PROMEDIO ARITMÉTICO, MEDIANA Y MODA:

Para curvas de frecuencia unimodales que sean moderadamente aritméticas se tiene la siguiente relación empírica:

$$\text{Media} - \text{Moda} = 3 (\text{Media} - \text{Mediana})$$

Cuando la curva de frecuencia es unimodal y simétrica, la Media, Moda y Mediana tienen el mismo valor.

La media está influenciada por los valores extremos, en cambio la Mediana y Moda no lo están.

Una curva de distribución sola tiene una Media y una Mediana, pero puede tener más de una Moda.

6.2.2 MEDIDAS DE DISPERSIÓN

El grado en que los datos numéricos, tienen a extenderse alrededor de un valor medio se le llama variación o dispersión.

Sirven para calcular un sólo valor de un conjunto de datos, este valor representativo cuando más concentrado se encuentre los valores internos al valor promedio.

Entre las medidas de dispersión absoluta tenemos: Rango, Desviación media, Varianza, Desviación estándar.

a) **RANGO.**- Es la diferencia entre el mayor y el menor de un conjunto de números, se le denota por R.

b) **DESVIACIÓN MEDIA.**- Su valor está basado en todos los valores del conjunto de datos y mide la dispersión de cada uno de los datos en torno al valor promedio. La desviación media es la media aritmética de los valores absolutos de las desviaciones.

La fórmula es válida para datos agrupados.

$$DM = \frac{\sum_{i=1}^m di * fi}{n}$$

Donde :

di = Desviaciones = $Y_i - \bar{X}$

fi = frecuencias absolutas simples

m = número de intervalos de clase

n = número de observaciones

c) **VARIANZA.**- La varianza de un conjunto de datos se define como el cuadrado de la desviación típica, se le denota por (S^2).

Esta medida mide la dispersión de los datos. La fórmula es válida para datos agrupados.

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^m (Y_i - \bar{X}) * f_i}{n}$$

Donde:

Y_i = puntos medios

\bar{X} = media aritmética

f_i = frecuencias absolutas simples

n = número total de observaciones

d) DESVIACIÓN ESTÁNDAR.- Es la raíz cuadrada positiva de la varianza y mide la dispersión de cada uno de los valores con respecto a la media aritmética.

La fórmula es válida para datos agrupados.

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m (Y_i - \bar{X}) * f_i}{n}}$$

e) COEFICIENTE DE VARIACIÓN.- Llamado también dispersión relativa o coeficiente de dispersión, es el cociente de las desviaciones estándar entre la media aritmética en %, se le denota por C.V.

$$CV = \frac{S}{\bar{X}} * 100$$

NOTA: El coeficiente de variación es independiente de las unidades utilizadas, por esta razón es útil para comparar distribuciones donde las unidades pueden ser diferentes.

f) MEDIDA DE ASIMETRÍA.- Es una distribución simétrica, el valor de la media aritmética, el de la mediana y de la moda coinciden, mientras

que en una distribución aritmética estos tres valores son diferentes, mientras más alejado está el valor de la moda con respecto al valor de la media aritmética, mayor es la Asimetría.

$$SK = \frac{\bar{X} - Moda}{S}$$

g) ÁREAS BAJO LA CURVA NORMAL .- Es toda curva normal , si se levantan dos ordenadas a una distancia cualquiera, el porcentaje de los casos (área bajo la curva) incluidas dentro de cualquier número de desviaciones típicas medidas con respecto a la media se puede determinar mediante tablas, especialmente preparadas de áreas bajo la curva normal. Midiendo una distancia normal igual a la desviación típica en ambas direcciones, con respecto a la media incluirá el 68.26%, las desviaciones típicas serán de 95.46% de los casos.

En forma similar el porcentaje de casos incluidos dentro de una distancia igual a cualquier número de desviaciones típicas, pero medidas en una sola dirección con respecto a la media, dará la mitad de porcentajes.

6.3 AJUSTE DE CURVAS Y MÉTODO DE LOS MÍNIMOS CUADRADOS

Muy a menudo se encuentra en la práctica que existe una relación dos o más variables. Se desea frecuentemente expresar relaciones mediante una ecuación matemática que ligue las variables.

En el problema de ajuste o estimación, se busca la distribución binomial que más se adapte a los datos del experimento, ya que debe descubrirse y evaluar el grado de relación o asociación entre las variables. Conocida la naturaleza de la relación y si el grado de ella es elevado, la información referente al comportamiento de la variable independiente o causa más podrá determinar con mucha aproximación el valor de la variable dependiente o efecto.

El problema general de encontrar ecuaciones de curvas de aproximación que se ajusten al conjunto de datos es el buscar la curva de ajuste.

Existen dos enfoques relacionados en el estudio de las variables estadísticas bidimensionales.

TEORÍA DE CORRELACIÓN .- Es la que se ocupa de dar mediciones de la dependencia, de la relación entre las variables, o el grado de relación entre las variables, que se estudia para determinar en qué medida una ecuación lineal o de otro tipo describe o explica de una forma adecuada la relación entre variables.

Existen la correlación simple o múltiple y la correlación perfecta.

TEORÍA DE LA REGRESIÓN.- Es la que trata de dar medidas para obtener aproximadamente el valor de una de las variables cuando se da el valor de la otra. Esta relación se determina en forma de una ecuación matemática. Para poder determinar la ecuación matemática, debemos contar con los valores de las, y para obtener una impresión general de la relación, llevamos estos valores a un sistema de coordenadas rectangulares.

El sistema de puntos resultantes se llama "Diagrama de Dispersión" o "Dispersograma", con la cual se podrá seleccionar el tipo de curva a ajustar y proceder al cálculo de los parámetros de la función seleccionada.

Las relaciones entre variables que con mayor frecuencia se presentase, son los rectilíneos o lineales. Como el caso de la recta, y las curvilíneas o no lineales, entre ellos tenemos la función de potencias, exponenciales, logarítmicas y polinomiales.

6.3.1 MÉTODOS PARA LA ESTIMACIÓN DE LA TENDENCIA

Existen varios métodos para la estimación de las tendencias, entre ellas tenemos:

a) MÉTODO LIBRE DE AJUSTE DE CURVA.- Es la aproximación gráficamente de una curva a un conjunto de datos. Si se conoce el tipo de ecuación de la curva, es posible obtener el valor de las constantes de la ecuación eligiendo tantos puntos de la curva como constantes hay en la ecuación. Si la curva es una línea recta, se necesita dos puntos; si es una parábola son necesarios tres puntos.

El método tiene la desventaja de que diferentes observadores obtendrán diferentes curvas y ecuaciones.

b) MÉTODO DEL MOVIMIENTO MEDIO.- Empleado para el ajuste de curvas cuando las variables tienen tendencias cíclicas, estacionales e irregulares. Sus principales inconvenientes son que los datos iniciales y finales se pierden y también se puede originar ciclos u otros movimientos que no tendrán los datos originales.

c) MÉTODO DE SEMIMEDIANAS.- Consiste en la agrupación de datos en dos partes, de preferencia iguales, y mediar los datos de cada parte, obteniéndose dos puntos en los gráficos, que definen la recta de tendencia, en la cual se pueden calcular los parámetros. Es un método muy sencillo pero puede mejorar datos no representativos.

d) MÉTODO DE LOS MÍNIMOS CUADRADOS.- Es el más apropiado para el ajuste de curvas. Una curva que presenta esta propiedad se dice que ajusta a los datos por mínimos cuadrados y se llama curva de mínimos cuadrados. Así una recta con esta propiedad se llama recta de mínimos cuadrados; una parábola con esta propiedad se llama parábola de mínimos cuadrados.

Evita el juicio individual en la selección del tipo de función y el cálculo de sus parámetros. Para llegar a una posible definición se considera en la fig. los puntos representativos de los datos dados por (x_1, y_1) , (x_2, y_2) ,.... (x_N, y_N) , para un valor dado de x , x_1 , habrá una diferencia entre el valor y_1 y el correspondiente valor de la curva C .

Como se indica en la fig. se denota esa diferencia por D_1 , que se conoce a veces como desviación, error o residuo y puede ser positivo,

negativo o cero, de igual forma para los valores x_2, \dots, x_n se obtienen las desviaciones D_2, \dots, D_N . Una medida de "bondad de ajuste" de la curva C a los datos dados viene suministrada por la cantidad $D_1^2 + D_2^2 + \dots + D_N^2$. Si esto es pequeño, el ajuste es bueno ; si es grande, el ajuste es malo.

RECTA DE LOS MÍNIMOS CUADRADOS.- La recta de aproximación por mínimos cuadrados del conjunto de puntos $(x_1, y_1), (x_2, y_2) \dots (x_N, y_N)$ tiene la ecuación.

$Y = a + bx$, donde "a" es la ordenada en el origen y " b" es la pendiente de la recta donde a y b se determinan mediante el sistema de ecuaciones:

$$\sum Y = aN + b\sum X \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$\sum XY = a\sum X + b\sum X^2 \quad \dots\dots\dots (2)$$

que son llamadas ecuaciones normales para la recta de mínimos cuadrados. Las constantes a y b pueden sacarse de (1) obteniéndose las fórmulas

$$a = \frac{(\sum Y)(\sum X^2) - (\sum X)(\sum XY)}{N\sum X^2 - (\sum X)^2}$$

$$b = \frac{N\sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{N\sum X^2 - (\sum X)^2}$$

PARÁBOLA DE LOS MÍNIMOS CUADRADOS.- La parábola de aproximación de mínimos cuadrados a la serie de puntos $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots (x_N, y_N)$ tiene la ecuación :

$$Y = a + bx + Cx^2$$

Donde: las constantes a, b, c se determinan resolviendo el sistema de ecuaciones:

$$\sum Y = aN + b\sum x + c\sum x^2$$

$$\sum XY = a\sum x + b\sum x^2 + c\sum x^3$$

$$\sum X^2Y = a\sum x^2 + b\sum x^3 + c\sum x^4$$

que son las ecuaciones normales para la parábola de los mínimos cuadrados.

e) COEFICIENTE DE CORELACIÓN.- Es la razón de la variación explicada a la variación total. Si la variación explicada es cero, es decir la variación total toda no explicada, esta razón es cero; si la variación no explicada es cero, es decir la variación total es toda explicada, la razón es uno.

En los demás casos la razón se encuentra entre cero y uno; puesto que la razón es siempre no negativa, se denota por r^2 . La cantidad r se llama coeficiente de correlación y está dado por :

$$r = \pm \frac{\sqrt{\text{Variacion explicada}}}{\text{Variacion total}} = \pm \sqrt{\frac{\sum (Y_{est} - y)^2}{\sum (Y - y)^2}}$$

Y varía entre -1 y 1 , es adimensional, es decir no depende de las unidades empleadas.

CAPITULO VII

ANALISIS DE RESULTADOS

7.1 ENSAYOS FISICOS (Para mayor detalle ver anexo B)

RESUMEN: CONTENIDO DE HUMEDAD

PROBETA N°	C.H. SATURADO (%)	C.H. SECO AL AIRE (%)
1	52.02	11.64
2	73.22	11.55
3	69.97	13.32
4	70.20	11.87
5	70.90	12.44
6	63.36	11.58
7	64.10	11.57
8	64.55	12.71
9	67.01	12.94
10	65.42	12.69
11	66.12	11.29
12	66.82	12.38
13	70.18	12.78
14	73.54	13.76
15	71.47	12.60
16	68.40	11.85
17	64.29	12.21
18	64.63	11.79
19	66.43	12.53
20	72.61	13.32
\bar{x}	67.261	12.341
SD	4.849	0.689
CV (%)	7.209	5.579

RESUMEN: DENSIDADES

TABLA 7.2

PROB N°	DENSIDAD SATURADA (gr/cm ³)	C.H. (%)	DENSIDAD SECA AL AIRE (gr/cm ³)	C.H. (%)	DENSIDAD ANHIDRO (gr/cm ³)	DENSIDAD BASICA (gr/cm ³)
1	0.653	52.02	0.505	11.64	0.490	0.430
2	0.742	73.22	0.516	11.55	0.485	0.428
3	0.723	69.97	0.517	13.32	0.485	0.426
4	0.695	70.20	0.521	11.87	0.460	0.408
5	0.747	70.90	0.532	12.44	0.503	0.437
6	0.759	63.36	0.569	11.58	0.486	0.465
7	0.709	64.10	0.526	11.57	0.472	0.432
8	0.765	64.55	0.562	12.71	0.511	0.465
9	0.693	67.01	0.511	12.94	0.475	0.415
10	0.723	65.42	0.527	12.69	0.496	0.437
11	0.751	66.12	0.538	11.29	0.512	0.452
12	0.736	66.82	0.523	12.38	0.492	0.441
13	0.715	70.18	0.511	12.78	0.469	0.420
14	0.676	73.54	0.518	13.76	0.445	0.390
15	0.717	71.47	0.541	12.60	0.480	0.418
16	0.775	68.40	0.552	11.85	0.513	0.460
17	0.751	64.29	0.547	12.21	0.499	0.457
18	0.741	64.63	0.542	11.79	0.501	0.450
19	0.733	66.43	0.523	12.53	0.492	0.441
20	0.701	72.61	0.507	13.32	0.457	0.406
\bar{x}	0.7253	67.261	0.5294	12.341	0.4861	0.4339
SD	0.0310	4.849	0.0181	0.689	0.0188	0.0207
CV (%)	4.2787	7.209	3.4110	5.579	3.8629	4.7729

RESUMEN: CONTRACCION

TABLA 7.3

A continuación se presenta el cuadro resumen de los promedios (\bar{x}) del ensayo de Contracción y su respectivo Contenido de Humedad.

LECT N°	C.H. %	CONTRACCION NORMAL				CONTRACCION TOTAL			
		TANG	RAD	LONGIT	VOLUM	TANG	RAD	LONGIT	VOLUM
1	115.85	4.854	5.291	0.438	10.583	10.455	10.384	0.478	21.318
2	83.38	4.331	4.675	0.354	9.360	9.962	9.802	0.395	20.160
3	67.42	3.730	3.925	0.278	7.933	9.397	9.091	0.319	18.806
4	56.60	2.850	2.591	0.213	5.654	8.568	7.830	0.255	16.652
5	48.76	2.183	1.714	0.160	4.057	7.940	7.000	0.202	15.142
6	37.27	1.482	1.187	0.114	2.784	7.280	6.502	0.156	13.938
7	26.73	0.967	0.773	0.080	1.820	6.796	6.110	0.121	13.026
8	19.11	0.491	0.371	0.043	0.904	6.348	5.729	0.084	12.161
9	12.62	0.000	0.000	0.000	0.000	5.885	5.378	0.042	11.305
10	0.00					0.000	0.000	0.000	0.000

7.2 ENSAYOS MECANICOS (Para mayor detalle ver anexo B)

RESUMEN: TENACIDAD

TABLA 7.4

PROBETA N°	TENACIDAD kg -m	C.H. %	OBSERV.
1	2.18	18.636	T
2	2.32	19.474	R
3	2.53	16.923	T
4	2.26	17.674	R
5	2.48	20.000	T
6	2.98	18.491	R
7	2.24	17.313	T
8	2.99	16.800	R
9	3.21	19.070	T
10	3.18	18.261	R
11	2.95	20.000	T
12	2.88	21.212	R
13	2.96	20.408	T
14	2.93	19.748	R
15	2.86	18.631	T
16	2.94	17.671	R
17	2.97	18.182	T
18	3.01	19.704	R
19	2.88	18.455	T
20	2.93	18.182	R
\bar{x}	2.784	18.742	----
SD	0.321	1.193	----
CV	11.543	6.368	----
TENAC.(5%)	2.18	----	----

RESUMEN: DUREZA (Janca)

TABLA 7.5

PROBETA N°	PENETRACION (Kg)			C.H. %
	EXTREMOS	TANGENCIAL	RADIAL	
1	190	150	220	19.02
2	165	190	235	17.34
3	205	190	240	19.63
4	190	210	210	17.70
5	295	190	195	17.83
6	205	180	245	19.64
7	180	255	260	19.25
8	195	210	260	18.69
9	190	230	225	20.00
10	305	260	205	17.29
11	195	210	210	19.88
12	295	190	240	17.67
13	295	240	260	18.87
14	270	255	290	19.71
15	195	260	275	17.98
16	260	290	305	18.37
17	255	240	305	18.34
18	230	260	285	18.28
19	275	230	275	17.29
20	200	225	230	19.07
\bar{x}	229.500	223.250	248.500	18.592
SD	46.337	35.067	33.249	0.911
CV (%)	20.190	15.707	13.380	4.901
DUREZ (5%)	165	150	195	----

ESFUERZOS DE TRABAJO ADMISIBLE PROMEDIO

Después de obtener los 20 datos de cada ensayo donde intervienen fuerzas, se toma como esfuerzo ultimo resistente al promedio de los 20 esfuerzos del ensayo correspondiente, con la cual se logra calcular el esfuerzo de trabajo admisible promedio.

Para calcular el esfuerzo al 5% se ordenan las "n" probetas ensayadas en forma creciente de acuerdo a su resistencia y se toma como esfuerzo ultimo de la especie el correspondiente a la probeta número $0.05 * N$, donde N es el número de probetas ensayadas.

Elegido el esfuerzo ultimo de la especie, el esfuerzo del trabajo admisible correspondiente se determina de la siguiente manera; según el manual de diseño para Maderas del grupo Andino de PADT-REFORT dentro del acuerdo de Cartagena.

- Flexión: Esfuerzo de Rotura (Modulo de Rotura o MOR)
- Compresión Paralela a la Fibra: Esfuerzo de Aplastamiento.
- Compresión perpendicular a las Fibras: Esfuerzo al límite de proporcionalidad
- Tracción Perpendicular a las Fibras: Esfuerzo de Rotura.
- Cizallamiento Paralelo a la Fibra: Esfuerzo de Rotura.

FACTORES DE REDUCCION CONSIDERADOS

FACTOR	COMPRESION PERPENDICULAR	COMPRESION PARALELA	FLEXION	CIZALLAMIENTO PARALELO	TRACCION
FC	1.00	1.00	0.80	1.00	0.80
FT	1.00	1.00	0.90	1.00	0.90
FS	1.60	1.60	2.00	4.00	2.00
FDC	1.00	1.25	1.15	1.00	1.15

Los esfuerzos admisibles o de diseño se obtienen modificando la resistencia última mínima de la siguiente manera:

$$\sigma_{Tadm\ prom} = \frac{FC * FT}{FS * FDC} * \sigma_{ultimo}$$

Donde:

FC = Factor de Reducción por calidad

FT = Factor de Reducción por tamaño

FS = Factor de Servicio y Seguridad.

FDC = Factor de duración de carga.

El intervalo de Confiabilidad al 95% es:

$$\bar{x} - 1.96 \frac{\sigma_{n-1}^{(rot)}}{n^{1/2}} \leq \sigma_{rotura\ prom} \leq \bar{x} + 1.96 \frac{\sigma_{n-1}^{(rot)}}{n^{1/2}}$$

El coeficiente de variabilidad del esfuerzo de trabajo admisible es:

$$C.V. = \frac{\sigma_{n-1}}{\bar{x}} (100) \%$$

RESUMEN: CIZALLAMIENTO PARALELO A LA FIBRA

TABLA 7.6

PROBETA N°	ESFUERZO ROTURA (Kg/cm ²)	C.H. (%)
1	52.31	19.37
2	47.26	17.29
3	50.47	17.15
4	52.52	17.59
5	53.55	18.24
6	54.01	17.41
7	58.66	19.35
8	61.35	18.26
9	60.20	16.82
10	58.00	18.49
11	58.59	18.04
12	59.84	20.04
13	52.86	19.58
14	53.86	20.89
15	50.48	19.02
16	58.31	19.60
17	51.15	18.17
18	50.39	15.48
19	52.34	19.68
20	54.11	17.64
\bar{x}	54.51	18.40
SD	3.969	1.294
CV (%)	7.281	7.032
CIZALL (5%)	47.26	15.48

CIZALLAMIENTO PARALELO A LA FIBRA

$$\sigma_{Tadm\ prom} = \frac{FC * FT}{FS * FDC} * \sigma_{ultimo}$$

DONDE:

F.S. = 4.00

F.C. = 1.00

F.T. = 1.00

F.D.C. = 1.00

$$\sigma_{Tadm\ prom} = \frac{\sigma_{ultimo\ promedio}}{F.S.}$$

$$\sigma_{Tadm\ prom} = \frac{54.51}{4} = 13.628 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\sigma_{Tadm(0.05)} = \frac{47.26}{4} = 11.815 \text{ Kg/cm}^2$$

El intervalo de confiabilidad al 95% es de:

$$\bar{x} - 1.96 \frac{\sigma_{n-1}(rot)}{n^{1/2}} \leq \sigma_{rotura\ prom} \leq \bar{x} + 1.96 \frac{\sigma_{n-1}(rot)}{n^{1/2}}$$

$$54.51 - 1.96 \frac{3.969}{(20)^{1/2}} \leq 54.510 \text{ Kg/cm}^2 \leq 54.51 + 1.96 \frac{3.969}{(20)^{1/2}}$$

$$52.771 \text{ Kg/cm}^2 \leq 54.510 \text{ Kg/cm}^2 \leq 56.250 \text{ Kg/cm}^2$$

El coeficiente de variabilidad del esfuerzo de trabajo admisible al cizallamiento paralelo es:

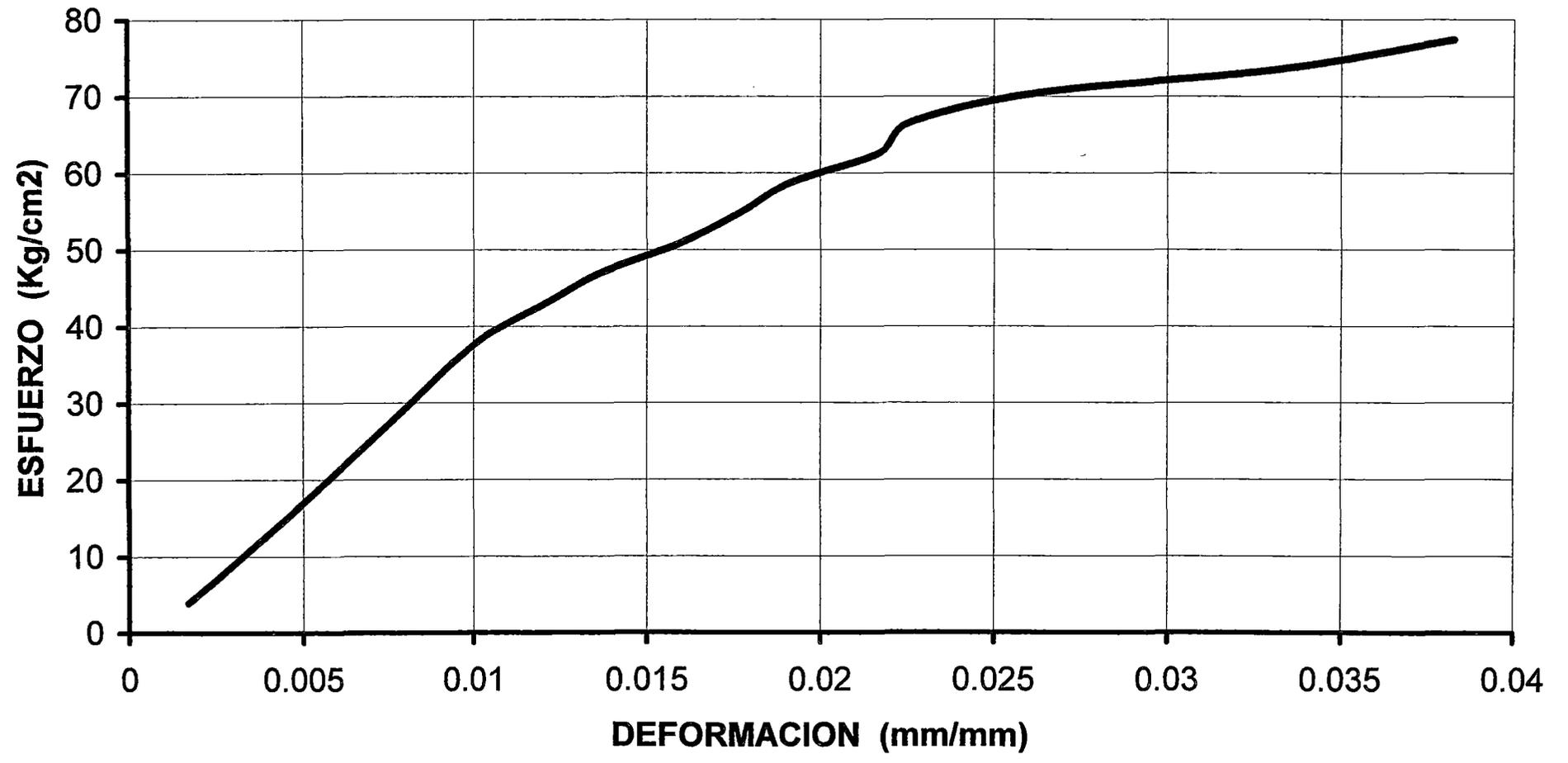
$$C.V. = \frac{\sigma_{n-1}}{\bar{x}} (100) = \frac{3.969}{54.51} \times 100 = 7.281\%$$

RESUMEN: COMPRESION PERPENDICULAR A LA FIBRA

TABLA 7.7

PROB N°	ESFUERZO LIM. PROP. (Kg/cm ²)	C.H. (%)
1	38.503	18.46
2	32.895	18.40
3	47.373	17.91
4	38.069	18.70
5	38.503	16.95
6	33.479	18.77
7	38.271	17.11
8	43.115	18.08
9	39.414	18.18
10	35.343	19.85
11	37.645	19.49
12	38.660	18.83
13	37.202	18.78
14	35.567	18.36
15	48.798	18.20
16	38.718	18.27
17	35.497	18.38
18	44.417	19.13
19	48.522	18.40
20	44.475	18.16
\bar{x}	39.723	18.420
SD	4.785	0.675
CV (%)	12.047	3.664
ESF (5%)	32.895	---

CURVA CARACTERISTICA COMPRESION PERPENDICULAR



COMPRESION PERPENDICULAR A LA FIBRA

$$\sigma_{Tadm\ prom} = \frac{FC * FT}{FS * FDC} * \sigma_{ultimo}$$

DONDE:

F.S. = 1.60

F.C. = 1.00

F.T. = 1.00

F.D.C. = 1.00

$$\sigma_{Tadm\ prom} = \frac{\sigma_{ultimo\ promedio}}{F.S.}$$

$$\sigma_{Tadm\ prom} = \frac{39.723}{1.60} = 24.827 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\sigma_{Tadm(0.05)} = \frac{32.895}{1.60} = 20.559 \text{ Kg/cm}^2$$

El intervalo de confiabilidad al 95% es de:

$$\bar{x} - 1.96 \frac{\sigma_{n-1}(rot)}{n^{1/2}} \leq \sigma_{rotura\ prom} \leq \bar{x} + 1.96 \frac{\sigma_{n-1}(rot)}{n^{1/2}}$$

$$39.723 - 1.96 \frac{4.785}{(20)^{1/2}} \leq 39.723 \text{ Kg/cm}^2 \leq 39.723 + 1.96 \frac{4.785}{(20)^{1/2}}$$

$$37.626 \text{ Kg/cm}^2 \leq 39.723 \text{ Kg/cm}^2 \leq 41.820 \text{ Kg/cm}^2$$

El coeficiente de variabilidad del esfuerzo de trabajo admisible a la compresión perpendicular es:

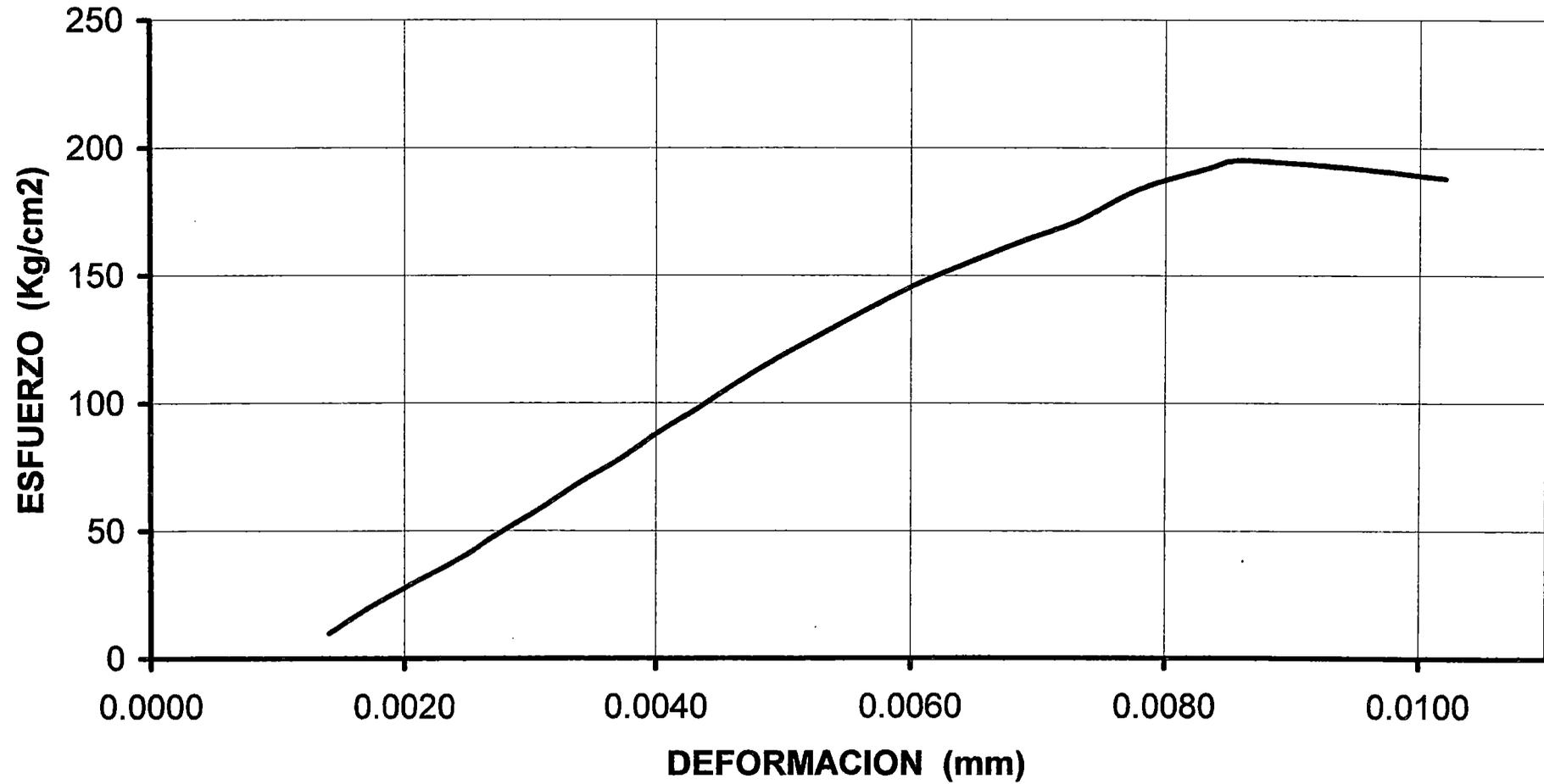
$$C.V. = \frac{\sigma_{n-1}}{\bar{x}} (100) = \frac{4.785}{39.723} \times 100 = 12.047\%$$

RESUMEN: COMPRESION PARALELA A LA FIBRA

TABLA 7.8

PROB N°	ESFUERZO LIM. PROP. (Kg/cm ²)	C.H. (%)
1	174.314	19.64
2	128.100	17.53
3	117.045	17.27
4	114.773	17.33
5	182.221	20.63
6	138.275	21.16
7	153.758	20.23
8	118.131	19.95
9	118.369	20.58
10	165.994	17.45
11	138.049	17.57
12	132.380	17.38
13	174.549	19.84
14	146.987	19.79
15	142.741	18.75
16	139.323	17.91
17	154.690	19.35
18	162.900	18.22
19	138.113	18.83
20	128.644	19.13
\bar{X}	143.468	18.927
SD	20.550	1.275
CV (%)	14.324	6.737
ESF (5%)	114.773	17.268

CURVA CARACTERISTICA COMPRESION PARALELA



COMPRESION PARALELA A LA FIBRA

$$\sigma_{Tadm prom} = \frac{FC * FT}{FS * FDC} * \sigma_{ultimo}$$

DONDE:

F.S. = 1.60

F.C. = 1.00

F.T. = 1.00

F.D.C. = 1.25

$$\sigma_{Tadm prom} = \frac{\sigma_{ultimo promedio}}{F.S.}$$

$$\sigma_{Tadm prom} = \frac{143.468}{1.6 * 1.25} = 71.734 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\sigma_{Tadm(0.05)} = \frac{114.773}{1.6 * 1.25} = 57.387 \text{ Kg/cm}^2$$

El intervalo de confiabilidad al 95% es de:

$$\bar{x} - 1.96 \frac{\sigma_{n-1}(rot)}{n^{1/2}} \leq \sigma_{rotura prom} \leq \bar{x} + 1.96 \frac{\sigma_{n-1}(rot)}{n^{1/2}}$$

$$143.468 - 1.96 \frac{20.550}{(20)^{1/2}} \leq 143.468 \text{ Kg/cm}^2 \leq 143.468 + 1.96 \frac{20.550}{(20)^{1/2}}$$

$$134.555 \text{ Kg/cm}^2 \leq 143.468 \text{ Kg/cm}^2 \leq 152.567 \text{ Kg/cm}^2$$

El coeficiente de variabilidad del esfuerzo de trabajo admisible a la compresión paralela a la fibra es:

$$C.V. = \frac{\sigma_{n-1}}{\bar{x}} (100) = \frac{20.550}{143.468} \times 100 = 14.324\%$$

RESUMEN: FLEXION ESTATICA

TABLA 7.9

PROB N°	DEFLEXION D _{lp} (cm)	ANCHO a (cm)	ESPEJOR e (cm)	P ROTURA (Kg)	P. LIMITE PROPORC. (Kg)
1	0.325	5.09	5.02	458.00	278.382
2	0.251	5.03	5.10	458.00	221.747
3	0.298	5.01	5.11	458.00	247.580
4	0.481	5.11	5.07	458.00	428.333
5	0.470	5.10	5.03	458.00	405.944
6	0.295	5.05	5.06	458.00	250.259
7	0.345	5.07	5.02	458.00	237.633
8	0.261	5.03	5.07	458.00	254.900
9	0.350	5.01	5.02	458.00	306.523
10	0.245	5.00	5.04	458.00	224.715
11	0.325	5.08	5.06	458.00	303.873
12	0.240	5.04	5.07	458.00	226.350
13	0.278	5.02	5.08	458.00	222.233
14	0.340	5.04	5.09	458.00	349.915
15	0.365	5.03	5.06	458.00	381.004
16	0.310	5.05	5.00	458.00	299.815
17	0.367	5.03	5.03	458.00	249.851
18	0.355	5.02	5.01	458.00	302.382
19	0.290	5.09	5.02	458.00	300.488
20	0.245	5.03	5.10	458.00	222.762

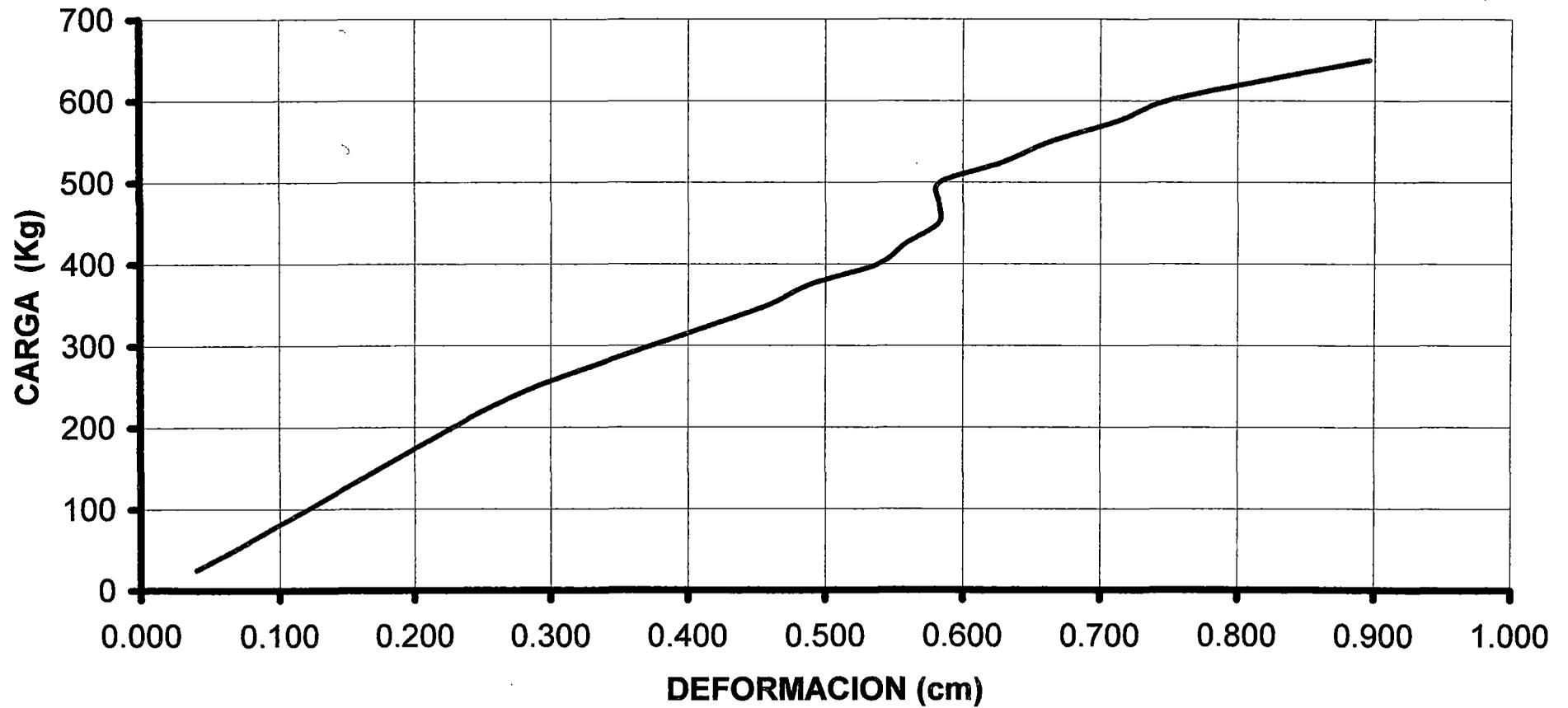
El P_{Último} de rotura a sido calculado mediante el promedio de las 20 cargas ultimas de las probetas sometidas a flexión, correspondientes a este ensayo.

RESUMEN: FLEXION ESTATICA

TABLA 7.10

PROB N°	M.L.P. (Kg/cm ²)	M.O.R. (Kg/cm ²)	M.O.E. (Kg/cm ²)	C.H. (%)
1	227.880	374.912	114067.92	17.09
2	177.967	367.575	113537.62	17.74
3	198.713	367.600	106569.67	19.51
4	342.400	366.115	114663.72	17.11
5	330.331	372.691	114111.17	18.36
6	203.229	371.931	111188.13	19.66
7	195.291	376.391	92088.05	18.51
8	207.002	371.938	127752.94	19.10
9	254.922	380.899	118489.43	18.09
10	185.776	378.638	122867.87	18.51
11	245.310	369.735	121822.36	18.53
12	183.452	371.200	123125.52	18.24
13	180.122	371.213	104160.29	17.52
14	281.375	368.289	132780.38	18.77
15	310.634	373.410	137357.00	18.62
16	249.351	380.911	131378.57	18.47
17	206.142	377.877	91196.18	17.39
18	251.980	381.659	115703.20	18.14
19	245.975	374.912	137985.95	18.98
20	178.781	367.575	116850.65	17.87
	232.832	373.274	117384.830	18.310
SD	51.090	4.867	12877.224	0.717
CV (%)	21.943	1.304	10.970	3.918
ESF (5%)	177.967	366.115	91196.180	17.092

CURVA CARACTERISTICA FLEXION ESTATICA



FLEXION ESTATICA

$$\sigma(0.05) \text{ MLP} = 177.967 \text{ Kg/cm}^2.$$

$$\sigma(0.05) \text{ MOR} = 366.115 \text{ Kg/cm}^2.$$

$$\sigma(0.05) \text{ MOE} = 91196.18 \text{ Kg/cm}^2.$$

$$\sigma_{Tadm \text{ prom}} = \frac{FC * FT}{FS * FDC} * \sigma_{ultimo}$$

DONDE:

$$F.S. = 2.00 \quad F.C. = 0.80$$

$$F.T. = 0.90 \quad F.D.C. = 1.15$$

$$\sigma_{Tadm \text{ prom}} = \frac{0.80 * 0.90}{2.00 * 1.15} * 373.274 = 116.851 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\sigma_{Tadm(0.05)} = \frac{0.80 * 0.90}{2.00 * 1.15} * 366.115 = 114.610 \text{ Kg/cm}^2$$

El intervalo de confiabilidad al 95% es de:

$$\bar{x} - 1.96 \frac{\sigma_{n-1}^{(rot)}}{n^{1/2}} \leq \sigma_{rotura \text{ prom}} \leq \bar{x} + 1.96 \frac{\sigma_{n-1}^{(rot)}}{n^{1/2}}$$

$$373.274 - 1.96 \frac{4.867}{(20)^{1/2}} \leq 373.274 \text{ Kg/cm}^2 \leq 373.274 + 1.96 \frac{4.867}{(20)^{1/2}}$$

$$371.141 \text{ Kg/cm}^2 \leq 373.274 \text{ Kg/cm}^2 \leq 375.407 \text{ Kg/cm}^2$$

El coeficiente de variabilidad del esfuerzo de trabajo admisible a la flexión es:

$$C.V. = \frac{\sigma_{n-1}}{\bar{x}} (100) = \frac{4.867}{373.274} \times 100 = 1.304\%$$

RESUMEN: TRACCION PERPENDICULAR A LA FIBRA

TABLA 7.11

PROB.	ESFUERZO ROTURA (Kg/cm ²)	C.H. (%)
1	22.64	18.94
2	20.54	17.69
3	20.50	19.70
4	18.14	17.74
5	20.50	19.58
6	18.00	17.27
7	19.55	18.44
8	20.59	19.55
9	20.30	16.31
10	22.39	18.25
11	20.65	19.58
12	22.28	19.12
13	22.03	19.01
14	22.77	18.80
15	21.35	16.67
16	20.83	17.61
17	19.90	17.78
18	20.54	21.80
19	20.30	18.12
20	21.53	18.05
PROM.	20.77	18.50
SD	1.308	1.243
CV (%)	6.297	6.719
ESF (5%)	18.00	—

TRACCION PERPENDICULAR A LA FIBRA

$$\sigma_{Tadm\ prom} = \frac{FC * FT}{FS * FDC} * \sigma_{ultimo}$$

DONDE:

F.S. = 2.00

F.C. = 0.80

F.T. = 0.90

F.D.C. = 1.15

$$\sigma_{Tadm\ prom} = \frac{0.80 * 0.90}{2.00 * 1.15} * 20.766 = 6.501 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\sigma_{Tadm(0.05)} = \frac{0.80 * 0.90}{2.00 * 1.15} * 18.00 = 5.635 \text{ Kg/cm}^2$$

El intervalo de confiabilidad al 95% es de:

$$\bar{x} - 1.96 \frac{\sigma_{n-1}(rot)}{n^{1/2}} \leq \sigma_{rotura\ prom} \leq \bar{x} + 1.96 \frac{\sigma_{n-1}(rot)}{n^{1/2}}$$

$$20.766 - 1.96 \frac{1.308}{(20)^{1/2}} \leq 20.766 \text{ Kg/cm}^2 \leq 20.766 + 1.96 \frac{1.308}{(20)^{1/2}}$$

$$20.193 \text{ Kg/cm}^2 \leq 20.766 \text{ Kg/cm}^2 \leq 21.339 \text{ Kg/cm}^2$$

El coeficiente de variabilidad del esfuerzo de trabajo admisible a la tracción perpendicular es:

$$C.V. = \frac{\sigma_{n-1}}{\bar{x}} (100) = \frac{1.308}{20.766} \times 100 = 6.297\%$$

RESUMEN: RESISTENCIA AL CLIVAJE

TABLA 7.12

PROBETA N°	ESFUERZO ROTURA (Kg/cm ²)	C.H. (%)
1	7.92	17.65
2	7.80	17.65
3	8.75	19.40
4	7.39	15.38
5	9.36	18.06
6	7.39	20.97
7	7.07	17.02
8	7.84	16.67
9	7.84	17.65
10	8.37	20.97
11	8.33	18.18
12	8.37	19.57
13	8.13	17.46
14	7.80	18.18
15	7.52	19.64
16	7.67	18.33
17	8.42	15.63
18	8.05	19.12
19	7.88	18.75
20	8.05	20.31
PROM	8.00	18.33
SD	0.517	1.552
CV (%)	6.467	8.470
ESF (5%)	7.07	15.38

7.3 TABLAS DE RESUMEN FINAL DE DATOS OBTENIDOS EN EL LABORATORIO

RESUMEN DE ENSAYOS FISICOS

TABLA 7.13

DESCRIPCION	CONTENIDO HUMEDAD (%)	DENSIDAD (gr/cm ³)	CONTRACCION NORMAL (%)	CONTRACCION TOTAL (%)
1.0 Contenido de humedad				
1.1 Estado Saturado Promedio	67.261			
CV (%)	7.209			
1.2 Estado Saturado Promedio	12.341			
CV (%)	5.579			
2.0 Densidad				
2.1 Densidad Relativa Promedio		0.7223		
CV (%)		4.2787		
2.2 Densidad Seca al Aire Promedio		0.5294		
CV (%)		3.4110		
2.3 Densidad Anhidra Promedio		0.4861		
CV (%)		3.8629		
2.4 Densidad Básica Promedio		0.4339		
CV (%)		4.7729		
3.0 Contracción				
3.1 Tangencial			4.854	10.455
3.2 Radial			5.291	10.384
3.3 Longitudinal			0.438	0.478
3.4 Volumétrica			10.583	21.318

RESUMEN ENSAYOS MECANICOS

TABLA 7.14

DESCRIPCION	FLEXION (gr/cm ³)	COMP PARAL (gr/cm ³)	COMP PERP (gr/cm ³)	TRACC. PERPEN. (gr/cm ³)	CIZ. (gr/cm ³)	DUREZA (Kg)			TENAC (Kg-m)	Clivaje (Kg/cm ²)
						EXT.	TAN	RAD		
1.0 Propiedades Elásticas										
1.1 Modulo de Elasticidad										
Promedio	117384.8									
CV (%)	10.979									
Limite de exclusión (5%)	91196.2									
2.0 Propiedades Resistentes										
2.1 Esfuerzo de Rotura										
Promedio	373.274			20.770	3.969					8.000
CV (%)	1.304			6.297	7.280					6.467
Limite de exclusión (5%)	366.115			18.00	47.260					7.070
2.2 Esf. al Limite propor.										
Promedio	232.832	143.468	39.723							
CV (%)	21.943	14.324	12.047							
Limite de exclusión (5%)	177.967	114.773	32.895							
2.3 Dureza										
Promedio						229.5	223.2	248.5		
CV (%)						20.19	15.71	13.38		
Limite de exclusión (5%)						165.0	150.0	195.0		
2.4 Tenacidad										
Promedio									2.784	
CV (%)									11.543	
Limite de exclusión (5%)									2.180	
3.0 Esfuerzo al Trabajo										
Promedio	116.851	71.734	24.827	6.501	13.628					
CV (%)	1.304	14.324	12.047	6.297	7.281					
Limite de exclusión (5%)	114.610	57.387	20.559	5.635	11.815					

7.4 ANALISIS DE RESULTADOS

7.4.1 CONTENIDO DE HUMEDAD

De los datos obtenido del laboratorio se puede hacer el siguiente análisis: se obtuvo un contenido de humedad en estado verde de 67% cuando perdía parte del agua libre que se encontraba lleno de las cavidades celulares y un contenido de humedad en estado seco al aire de 12% cuando perdió totalmente el agua libre y parte del agua higroscópica que se hallaba contenida en las paredes celulares.

C.H. (verde) = 67% CH (seco al aire) = 12%

7.4.2 DENSIDAD

Los valores de las densidades que se obtienen tanto verde, seco de aire, anhidra y básica es de 0.73, 0.53, 0.49 y 0.44 gr/cm³ respectivamente. Donde se cumple que la densidad básica es menor que los otros y es la relación entre el peso seco y el volumen saturado y se usa con ventajas ya que en las condiciones en las que se basan son estables en una especie determinada como también es la mas importante debido a que su variación resulta ser insignificante entre su especie.

$$D_b = 0.44 \text{ gr/cm}^3$$

7.4.3 ENSAYOS DE CONTRACCIÓN

Se observó que en la contracción normal sus direcciones tangencial y radial representan el 50% de las mismas en la contracción total, mientras que en la dirección longitudinal no representa mucha variación en ambos casos.

El mayor valor se determino en la dirección radial.

Se aprecia también que en la lectura N° 1 del cuadro resumen, se desfasa con respecto a las otras lecturas porque se saturó completamente las probetas durante 15 días en agua por lo que da un contenido de humedad de 116%.

	NORMAL (%)	TOTAL(%)
Radial	5.29	10.38
Tangencial	4.85	10.46
Longitudinal	0.44	0.48
Volumétrica	10.58	21.32

7.4.4 ENSAYO DE TENACIDAD (IMPACTO)

En este ensayo se obtuvo una energía promedio de 2.78 Kg-m. El impacto en la cara tangencial es mayor que en la radial en una relación de 1.04.

Se observo en este ensayo que la falla predominante se produce por desgarramiento de las fibras tanto radial como tangencial formándose en forma de astillas en la parte central de la longitud de la probeta donde recibe el impacto.

7.4.5 ENSAYO DE DUREZA (JANKA)

Los valores obtenidos en este ensayo tanto en la cara tangencial, radial y en los extremos fueron de 223, 249, y 229 Kg respectivamente.

Se observó que en el sentido longitudinal o extremos penetra la semi esfera sin deformarse (astillándose), mientras que en las caras radial y tangencial penetra pero queda las fibras de la madera en formas de astillas.

7.4.6 ENSAYOS DE CIZALLAMIENTO PARALELO A LAS FIBRAS

Se obtuvo un esfuerzo de rotura promedio de 54.51 Kg/cm² y para un esfuerzo de diseño que corresponde el 5% de exclusión fue de 47.26 Kg/cm², cuando es afectado por los factores de reducción se obtiene un esfuerzo de trabajo de 11.82 Kg/cm².

Se observa que el tipo de falla que se produce es por desprendimiento de las fibras (rajaduras) en el lugar donde se coloca la cizalla para la aplicación de la carga, algunas probetas no se nota la falla pero interiormente se ha fracturado.

7.4.7 ENSAYO DE COMPRESION PERPENDICULAR

Se obtuvo un esfuerzo en el limite proporcional promedio de 39.723 Kg/cm^2 y para un esfuerzo de diseño que corresponde al 5% de exclusión fue de 32.895 Kg/cm^2 , cuando es afectado por los factores de reducción se obtienen un esfuerzo de trabajo de 20.559 Kg/cm^2 , con un coeficiente de variabilidad de 12.047%. Se observo una falla típica en los probetas; pandeo en la cara radial por desplazamiento de las fibras en la dirección longitudinal, en la cara longitudinal no sufrieron pandeo.

7.4.8 ENSAYO DE COMPRESION PARALELA

Se observo una deformación axial de las fibras, originándose un plano de falla, de aproximadamente 45° en la parte central de la probeta, salvo algunas probetas que no se notan sus fallas.

Se determino un esfuerzo de rotura promedio de 143.561 Kg/cm^2 y para el esfuerzo de diseño que corresponde el 5% de exclusión fue de 114.773 Kg/cm^2 , también se obtuvo el esfuerzo del trabajo de 57.387 Kg/cm^2 con un coeficiente de variabilidad de 14.445 %

7.4.9 ENSAYO DE FLEXION ESTÁTICA

Se obtuvo un esfuerzo de rotura promedio de 373.274 Kg/cm^2 y para el esfuerzo de diseño que corresponde el 5% de exclusión fue de 366.115 Kg/cm^2 ; un esfuerzo de trabajo de 114.61 Kg/cm^2 ; con un índice variabilidad de 1.304% y un modulo de elasticidad de 91196.2 Kg/cm^2 , se observo que para una carga máxima se produjo un plano de falla en forma brusca, se encontró deformaciones de 0.50 cmts como máximo en el momento de producirse la rotura.

7.4.10 ENSAYO DE TRACCIÓN PERPENDICULAR

Se obtuvo un esfuerzo de rotura promedio de 20.77 Kg/cm² y un esfuerzo de diseño al 5% de exclusión de 18.00 Kg/cm²; cuando es afectado por los factores de reducción se obtiene un esfuerzo trabajo de 5.635 Kg/cm²; con un coeficiente de variabilidad de 6.294%.

Se observo las fallas bruscas en un plano perpendicular a la fuerza aplicada, originándose un desprendimiento de fibras (rajaduras) de extremo de la probeta.

7.4.11 ENSAYO DE RESISTENCIA AL CLIVAJE

Se obtuvo un esfuerzo de rotura promedio de 8.00 Kg/cm² y un esfuerzo de diseño al 5% de exclusión de 7.07 Kg/cm².

Se observo falla bruscas en el plan o perpendicular a la fuerza aplicada originándose un desprendimiento de fibras (rajaduras) de extremo a extremo de la probeta.

7.5 AGRUPAMIENTO DE LA MADERA CATAHUA SEGÚN NORMA: E- 101 ININVI

Las especies maderables en el Perú y en los países andinos se encuentran clasificadas en grupos cuyas características de resistencia y elasticidad se consideran iguales para las especies que agrupan.

La norma E-101 ININVI sirve para reglamentar la inclusión de nuevas especies a estos grupos estructurales, para lo cual se plantea un procedimiento para la incorporación de otras maderas, el cual se seguirá en este caso con las observaciones correspondientes.

PROCESOS DE AGRUPAMIENTOS:

1. Identificación de la especie en forma botánica y descripción anatómica
2. Densidad básica promedio de la especie Catahua Amarilla (D.B. = 0.44 gr/cm³)

Donde:

GRUPO	D.B.(gr/cm ³)
A	>0.70
B	0.56 a 0.70
C	0.40 a 0.55

La madera Catahua Amarilla se encuentra agrupada en "C" según la D.B. (provisional)

3. Se determina los valores de rigidez (Modulo de Elasticidad) y de la resistencia (Esfuerzo admisible en flexión) a partir de vigas, según la norma ITINTEC.

Especie:	Catahua Amarilla
Esfuerzo admisible	$f_{adm} = 114.61 \text{ Kg/cm}^2$
Modulo de elasticidad	$E_{min} = 91196.20 \text{ Kg/cm}^2$
	$E_{prom} = 117384.80 \text{ Kg/cm}^2$

4. Comparar con los módulos de elasticidad y esfuerzos admisibles obtenidos con los valores dados por la norma para los grupos correspondientes.

GRUPO	MODULO DE ELASTICIDAD		ESFUERZO ADMISIBLE
	E_{min}	E_{prom}	FLEXION (Kg/cm ²)
A	95 000	130 000	210
B	75 000	100 000	150
C	55 000	90 000	100

5. Comparando los valores obtenidos con los valores dados por la norma, tenemos:

ESFUERZO ADMISIBLE EN FLEXION

$f_m = 100 \text{ a } 150 \text{ Kg/cm}^2$

$f_{adm} = 114.61 \text{ Kg/cm}^2 \therefore$ Ubica a la especie en el grupo C

MODULO DE ELASTICIDAD

a) Mínimo: $E_{\min} = 91196.2 \text{ Kg/cm}^2$
 $E_{\min} = 75000 \text{ a } 10000 \text{ Kg/cm}^2$

∴ Ubica a la especie en el grupo C

b) Promedio: $E_{\text{prom}} = 117384.8 \text{ Kg/cm}^2$
 $E_{\text{prom}} = 100000 \text{ a } 130000 \text{ Kg/cm}^2$

∴ Ubica a la especie en el grupo C

6. Si los valores obtenidos son superiores a las del grupo provisional se le clasifica en dicho grupo, si alcanza un grupo mas resistencia se le ubica en dicho grupo superior.

Si no alcanza todos los valores a los del grupo provisional se le clasifica en el grupo inferior.

Con los resultados obtenidos anteriormente se le ubica a la madera Catahua en el grupo estructural "C"

COMPARACION DE LAS PROPIEDADES FISICAS OBTENIDAS DE LA CATHAHUA CON OTRAS ESPECIES COMERCIALES TENEMOS

Densidad:

COPAIBA	0.61
CACHIMBO	0.59
MOENA AMARILLA	0.57
DIABLO FUERTE	0.53
TORNILLO	0.45
CATAHUA AMARILLA	0.44

Flexión Estática (Kg/cm²)**C.1 Módulo de rotura en flexión (MOR)**

MOENA AMARILLA	1031
COPAIBA	736
CACHIMBO	735
DIABLO FUERTE	580
CATAHUA AMARILLA	373
TORNILLO	349

C.2 Esfuerzo de la fibra al límite Proporcional (ELP)

MOENA AMARILLA	582
CACHIMBO	429
COPAIBA	422
DIABLO FUERTE	366
CATAHUA AMARILLA	232

C.3 Modulo de Elasticidad en flexión (MOE)

MOENA AMARILLA	134,690
CACHIMBO	131,000
CATAHUA AMARILLA	117,385
CAPAIBA	112,000
TORNILLO	108,000
DIABLO FUERTE	99,000

CAPITULO VIII

COSTOS DE LA MADERA

8.1 COSTO DE LA MADERA CATAHUA Y SU COMPARACION CON LAS DEMAS ESPECIES AL ESTADO NATURAL

Denominación	Categoría	Nombre común	Nombre científico	Valor de la madera al estado natural s/. M (r)
Altamente valiosa	A	Caoba	Swietenia Macrophylla	50
Valiosa	B	Cedro	Cedrela Odorata	30
Intermedias	C	Ishpingo Tornillo Diablo Fuerte Cumala Lucuna Ulcumano Catahua Lagarto Caspi Nogal Moena Pumaquiuro	Amburana Cearensis Cedrelinga Catenaeformis Podocarpus Glomeratos Virola Sp Chorisia Integrifolia Podocarpus Sp Hura Crepitans Calophyllin Brasiliense Junglan Spp Aniba Spp Aspidosperma Macrocarpon	4
Potenciales	D	Copaiba Capirona Shihuahuaco Huayruro Alcanfor Banderilla Matapalo Tulpay Achigua Allico Caspi Leche Leche Chalanque Sangre Sangre Cachimbo Renaco Aguano Masha Papelillo Tahuari Quillobordon Romedillo Palisangre Quinaquina	Copaifera Reticulata Calycophyllum Spruceanum Coumarouna Odorata Ormosia Sunkei Ficus Sp Clarisia Rasemosa Huberodendron Swietenoides Couma Sp Cariniana Domesticata Ficus Sp Paramacherum Ormosoide Tabebuia Sp Tabebuia Sp Aspidosperma Subincanum Podocarpus Sp Dialium Guianense Pouteria Torta	2

ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FISICO MECANICAS DE LA MADERA CATAHUA

Denominación	Categoría	Nombre común	Nombre científico	Valor de la madera al estado natural s/. M (r)
	E	Estoraque Cedro Huasca Chontaquiro Requia Congona Higuerrilla Pashaco Bolaina Quinilla Huimba Utucuro Huamanchilca Panguana Manchinga Copal Favorito Marupa Mashonaste Azufre Almendro Machinango Pochotoraque Capinuri Pacay Pacay Inca Pacay Sacsa Missa Zanahoria Oje Gima Chalaque Lanchan Yacushapana Huangana Casho Rifion De Huangana Aleton Sempo Misapancho Mari Mari Lucma Michiccallo Maqui Maqui Ana Caspi Ubos Sapote Espino Charqui	Myroxilon Balsamun Cederla Sp Diplotropis Sp Guarea Trichiloides Brasimum Sp Cunuria Spruceana Schizolobuim Sp Guazuma Crinita Manilkara Bidentata Ceiba Pentandra Septotheca Tessmannii Gordonia Fruticosa Brosimum Utile Brosimum Sp Protium Osteophloem Plantyspermum Simarouba Amara Clarisia Racemosa Symphonia Globulifera Carcoyar Microcarpon Eschweilera Sp Clarisia Biflora Ficus Antihelmintica Terminalia Oblonga Sloanea Sp Apuleia Molaris Spondias Mombis Matisia Spp	1

ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FISICO MECANICAS DE LA MADERA CATAHUA

Denominación	Categoría	Nombre común	Nombre científico	Valor de la madera al estado natural s/. M (r)
	E	Huangana Caspi		1
		Huangana		
		Shiringa		
		Huabilla		
		Acacia		
		Shimbillo		
		Ubilla		
		Loro Micuna	Ficus Sp	
		Ojé Renaco	Ficus Sp	
		Isullija		
		Andiroba	Carapa Guianensis	
		Violeta		
		Cocobolo		
		Espintana	Anaxagorea Sp	
		Añuje Rumo		
		Leche Caspi	Lucuma Sp	
		Huacaycha		
		Laurel		
		Vilco		
		Sandemático		
		Chamisa		
		Topa		
		Chuchumbo		
		Faique		
		Caimitillo		
		Puca Puca		
		Cedrillo		
		Yanacorazon		
		Higueron		
		Huacapunqui		
		Palo Blanco		
		Pama	Perelea Sp	
		Sauce	Salix Sp	
	Oje Rosado	Ficus Sp		
	Tamamuri	Naucleopsis Glabra		
	Tarasco			
	Caraña	Trattinickia Peruviana		
	Sinamone			
	Aceite Caspi	Didymopanax Morototoni		

FUENTE: PERU FORESTAL EN NUMEROS INRENA-DGF- 2001

CAPITULO IX

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

9.1 CONCLUSIONES

- De acuerdo a los resultados obtenidos la densidad básica es 0.44, corresponde al rango de baja (0,36 a 0,50)
- La contracción volumétrica de verde a seco al horno es de 11.3% corresponde al rango de media.
- La madera Hura Crepitans (Catahua Amarilla) es de textura media a gruesa, de grano recto entrelazado o entrecruzado, su color en la albura se torna de color blanco amarillento y el duramen de color crema o marrón claro dándole una apariencia agradable, pero el olor es desagradable, la forma de la troza es cilíndrica.
- Para el secado requiere de un programa moderado, así como establecer un tiempo de estabilización de la madera para reducir las pérdidas por defectos en el secado.
- Mediante observaciones realizadas durante la preparación de listones y probetas se pudo comprobar que esta madera es medianamente trabajable con herramientas mecánicas medianas, presenta dificultades durante su aserrado, cepillado, lijado o perforado. Al cortarse presenta tensiones.
- De las curvas esfuerzos – deformación de los ensayos mecánicos se puede concluir que después del límite proporcional la curva de mejor tendencia que ajusta en un alto factor de correlación es la parábola cuadrática.
- Los esfuerzos de diseños han sido obtenidos al 5% de exclusión, permitiendo al ingeniero estructural trabajar con un alto grado de confiabilidad.
- La madera Catahua según los estudios realizados se considera como una madera estructural, ya que presentó buenas cualidades referentes a su resistencia y rigidez que la colocaría en el grupo

estructural "C" para lo cual se le asignan los valores de resistencia y Módulos de Elasticidad correspondientes a dicho grupo.

- Los valores obtenidos en la densidad, comprensión axial y flexión estática no son competitivos con las de otras especies comerciales con fines estructurales.
- Las densidades encontradas tanto en estado verde, seco al aire, anhidra y básica fueron de 0.73, 0.53, 0.49 y 0.44 gr/cm³ respectivamente, donde se cumple que la densidad básica es menor que las otras (relación entre el peso seco y el volumen saturado) y se usa con ventaja ya que en las condiciones que se basa son estables.
- La contracción normal en sus direcciones tangencial y radial, representan el 50% de las mismas en la contracción total, mientras que en la dirección longitudinal no representa mucha variación en ambos casos.
- Para la flexión estática se encontró esfuerzos de rotura promedio de 373,274 Kg/cm², un esfuerzo de trabajo promedio de 114.61 Kg/cm², y un modulo de elasticidad promedio de 91196 Kg/cm², valores que son bastantes similares al diablo fuerte y al tornillo.
- Del procesamiento estadístico de los resultados de los ensayos se han obtenido coeficiente de variación que, en promedio, no superan el 20% para lo cual se puede asegurar que los resultados obtenidos son bastantes confiables, y pueden utilizarse para diseño estructural de elemento de madera.
- En merito a las propiedades físicas y mecánicas de la madera Catahua, es recomendable para carpintería de obra.

9.2 RECOMENDACIONES

- Se requiere de un programa constante y un financiamiento dedicado exclusivamente al estudio de las propiedades tecnológicas, usos y la búsqueda y recuperación de los mercados de las especies forestales existentes en los bosques de tal forma que permita utilizar la madera con que se cuenta, ya sea para construcción, acabado u otros usos. El cual debe de estar dirigido por ingenieros forestales para la identificación de las nuevas especies por estudiar y así poder asegurar el aprovechamiento de varias particularidades que son determinantes en el uso de la madera.
- Se recomienda antes del desarrollo de la investigación tener un amplio conocimiento de las Normas (ITINTEC, ANFOR) y el manual de diseño para maderas del Grupo Andino.
- En merito a las propiedades físicas y mecánicas de la madera Catahua, es recomendable para:
 - Carpintería de obra
 - Laminados, triplay
 - Mueblería
 - Cajonería liviana
 - Parihuelas para cargas ligeras
 - Obras interiores.
- Preservar la madera con tratamientos especiales si es que no se va a secar inmediatamente, ya que es susceptible al ataque de hongos, para poder mejorar sus propiedades tecnológicas, estabilidad dimensional y prolongar su vida útil. El problema no se presenta si se realiza el secado inmediatamente después del reaserrio.
- Se recomienda tener en cuenta el dimensionamiento estandarizado en el uso de la madera para la construcción, ya que esto significa una enorme economía.
- Se recomienda sangrar el árbol antes de talar.

ANEXO A

A-1 ESPECIES FORESTALES IDENTIFICADAS EN EL PERÚ

FAMILIA	NOMBRE BOTANICO	NOMBRES COMUNES	NOMBRE COMERCIAL
F Abaceae C.	Copaifera Offcinalis L.	Copaiba	Copaiba
F Papilionoideae	Machaerium Inundatum	Aguano Masha	Aguano Masha
F Caesalpinioideae	Macrobium Acaciaefolium	Aguano Pashaco	Arapari
F Caesalpinioideae	Hymenaea Oblongifolia	Jatahi, Azucar Huayo, Yutubanco	Jatoba
F. Papilionoidea	Dipteryx Odorata	Charapilla Murciélago	Tonka
Apocynaceae	Aspidosperma Cylindroicarpon	Pucaquiro, Pumaquiro	Amarillo
F Caesalpinioidea	Apulcia Leiocarpa	Ana, Ana Caspi	Grapia
Burseraceae	Protium Aracouchino	Isica	Breu
Bignoniaceae	Tabeluia Rosea	Tabuari, Palipero	Apamate
Maliaceae	Tabebula Rosea	Cedro Masha, Mamantunin Equia Blanca	Canjerana
Moraceae	Picus Insipida	Ojé, Huito, Renato, Huacra	Bibosi
Sterculiaceae	Guazuma Crinita	Bolaina, Bolaina Blanca	Bolaina Blanca
Clusiaceae	Caraipa Jaramilloi	Brea Caspi	Brea Caspi
Lecythidaceae	Cariniana Decandra	Cachimbo Cachimco Blanco Cachimbo Colorado, Cachimbo Caspi, Repelillo Caspi	Cachimbo
Sterculiaceae	Sterculia Apetala	Huayra Caspi	Chicha
Vochysiaceae	Vochysia Vismiifolia	Cvedrillo, Quillo Sisa, Sasha Casho	Cedrillo
Meliaceae	Cedrela Adorata L.	Cedro, Cedro Colorado	Spnishcedar
Moraceae	Brosimun Aliscastrum	Congona, Manchinga	Charo Amarillo
Bignoniaceae	Jacaranda Copafa	Huamanzamana, Ishpingo Palo De Buda, Anchiponga Solimán, Ishtapi, Jaravisco, Gallunazo, Jacarandá, Solimán	Copaia
Sapotaceae	Pouteria Neticulata	Caimitillo, Quina Quina Quinilla Blanca, Thushno Amarillo	Chupón

ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FISICO MECANICAS DE LA MADERA CATAHUA

Myristicaceae	Viola Duckei	Viola	Coco
F Papilionoideae	Diploporis Purpurea	Chontaquiro	Sacupira
Burseraceae	Dacryodes Kukachkana	Copal Carfia	Copa Carafia
Sapotaceae	Pauteria Nemorosa	Bolaquiro	Coquino
F Caesalpinioideae	Hymenae Courbarile I	Asucarhuain, Azúcar Huayo, Courbaril, Laurel, Pampa, Estoraque	Courbaril
F Mimosoideae	Anadenanthera Colubrina	Acacia	Curupay
F Mimosoideae	Enterolobium Shomburgkii	Espino	Batibatra
Vochysiaceae	Vochysia Fenuginea	Quillusisa,	Dormilón
Anacardiaceae	Tapirira Guianensis	Isaparitsi, Huira, Caspi, Huira Caspi, Colorado	Tatapiririca
Myristicaceae	Otoba Parvifolia	Aguanillo	Cuangare
F. Mimosoideae	Parkia Multijuga	Takan, Pashaco, Curtidor,	Guarango
Euphorbiaceae	Micrandra, Spruceana	Higuerilla, Higuerilla Negro Chiringa Masha, Carapacho	Higuerilla Negra
Theaceae	Gordonia Fruticosa	Huamanchilca	Huamanchilca
F. Mimosoideae	Macrosamanea P.	Vilco Colorado	Jarquilla
Lauraceae	Ocotea Costucata	Alcanfor Moena, Moena Negra	Laural Menta
Moraceae	Brosimum Utile	Leche Caspi, Sacha Tulpay	Sande
F Papilionoideae	Vatairea Guianensis	Mari Mari, Maruja Del Bajo	Faveira Amargosa
Euphorbiaceae	Hieronima Alchomeoides	Palo Sangre,	Pilón
Rubiaceae	Simira Cordifolia	Mindal	Mindal
Ebenaceae	Diospyros Guianensis	Moena Negra	Moena Negra
Boraginaceae	Cordia Alliodora	Ajosquiro, Árbol de Ajo	Pardillo
Moraceae	Pseudolmedia Laevis	Chimicua Colorada, Itahuba	Nui
Moraceae	Picus Shultesii	Oje Renaco, Renaco	Caxinguba
F. Caesalpinioideae	Shizolobium P.	Pashaco	Quam Word

ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FISICO MECANICAS DE LA MADERA CATAHUA

Clusiaceae	Calophyllum B.	Palo De Asufre, Lagarto Caspi Alfaro	Santa Maria, Palo Maria
Sterculiaceae	Pterygota Amazónica	Paujiluro, Paujiluro Blanco	Pajiluro
Verbenaceae	Vitex Cymosa	Pechiche	Pachiche
Tiliaceae	Apeiba Membranacea	Peine Mono	Peine Mono
Apocynaceae	Coums Macrocarpa	Leche Huayo, Perillo, Leche Caspi, Deum, Chicle	Baleta
Bignoniaceae	Tabebuia Impetiginosa	Tahuari	Tajibo
Bombacaceae	Matisia Cordata	Sapote	Sapote
Sterculiaceae	Sterculia Apibophylla	Sapote Silvestre	Sapotejín
F. Papilionoideae	Dipteryx Micrantha	Shihuahuaco, Charapilla Kumarut	Cumarú
Myristicaceae	Virola Sebifera	Cumala, Cumala Blanca	Virola
Myristicaceae	Virola Flexuosa	Virola Amarilla	Bicuiba
Moraceae	Poulsenia Armata	Lanchan, Lanchan, Yamchama	Mastate
Maliaceae	Guarea Guidonea	Latapi Caspi, Requia	Trompillo
Olacaceae	Aptandra Tubicina	Pamashto, Trompo Huayo	Turno
Anacardiaceae	Spondias Mombin	Ubos, Ciruela, Shungu	Ubos
Bombaceacea	Septotheca Tessmannil	Utucuro, Sapote Rana	Utucuro
Lecythidaceae	Cariniana Estrellensis	Papelillo Caspi, Cachimbo Caspi	Yesquero Negro
Combretaceae	Terminalia Oblonga	Yacushapana, Chamisa	Tanimbuca

ANEXO B**DATOS OBTENIDOS EN EL LABORATORIO****ENSAYOS FISICOS:****CONTENIDO DE HUMEDAD (C.H.)****TABLA B.1**

PROBETA N°	PESO SATURADO (gr)	PESO SECO AL AIRE (gr)	PESO ANHIDRO (gr)	C.H. SATURADO (%)	C.H. SECO AL AIRE (%)
1	64.0	47.0	42.1	52.02	11.64
2	70.5	45.4	40.7	73.22	11.55
3	65.1	43.4	38.3	69.97	13.32
4	67.4	44.3	39.6	70.20	11.87
5	68.7	45.2	40.2	70.90	12.44
6	69.1	47.2	42.3	63.36	11.58
7	68.1	46.3	41.5	64.10	11.57
8	67.3	46.1	40.9	64.55	12.71
9	65.8	44.5	39.4	67.01	12.94
10	66.5	45.3	40.2	65.42	12.69
11	70.6	47.3	42.5	66.12	11.29
12	71.4	48.1	42.8	66.82	12.38
13	67.9	45.0	39.9	70.18	12.78
14	65.6	43.0	37.8	73.54	13.76
15	66.7	43.8	38.9	71.47	12.60
16	68.2	45.3	40.5	68.40	11.85
17	71.3	48.7	43.4	64.29	12.21
18	72.6	49.3	44.1	64.63	11.79
19	70.4	47.6	42.3	66.43	12.53
20	68.7	45.1	39.8	72.61	13.32

ENSAYOS FISICOS

DENSIDAD EN ESTADO SATURADO (D.E.S.)

TABLA B.2

PROBETA N°	PESO SATURADO (gr)	PESO ANHIDRO (gr)	VOLUMEN SATURADO (cm ³)	DENSIDAD SATURADA (gr/cm ³)	C.H. (%)
1	64.0	42.1	98	0.6531	52.02
2	70.5	40.7	95	0.7421	73.22
3	65.1	38.3	90	0.7233	69.97
4	67.4	39.6	97	0.6948	70.20
5	68.7	40.2	92	0.7467	70.90
6	69.1	42.3	91	0.7593	63.36
7	68.1	41.5	96	0.7094	64.10
8	67.3	40.9	88	0.7648	64.55
9	65.8	39.4	95	0.6926	67.01
10	66.5	40.2	92	0.7228	65.42
11	70.6	42.5	94	0.7511	66.12
12	71.4	42.8	97	0.7361	66.82
13	67.9	39.9	95	0.7147	70.18
14	65.6	37.8	97	0.6763	73.54
15	66.7	38.9	93	0.7172	71.47
16	68.2	40.5	88	0.7750	68.40
17	71.3	43.4	95	0.7505	64.29
18	72.6	44.1	98	0.7408	64.63
19	70.4	42.3	96	0.7333	66.43
20	68.7	39.8	98	0.7010	72.61

ENSAYOS FISICOS

DENSIDAD EN ESTADO SECO AL AIRE (D.E.S.A.)

TABLA B.3

PROBETA N°	PESO SECO AL AIRE (gr)	PESO ANHIDRO (gr)	VOLUMEN SECO AL AIRE (cm ³)	DENSIDAD SECA AL AIRE (gr/cm ³)	C.H. (%)
1	47.0	42.1	93	0.5054	11.64
2	45.4	40.7	88	0.5159	11.55
3	43.4	38.3	84	0.5167	13.32
4	44.3	39.6	85	0.5212	11.87
5	45.2	40.2	85	0.5318	12.44
6	47.2	42.3	83	0.5687	11.58
7	46.3	41.5	88	0.5261	11.57
8	46.1	40.9	82	0.5622	12.71
9	44.5	39.4	87	0.5115	12.94
10	45.3	40.2	86	0.5267	12.69
11	47.3	42.5	88	0.5375	11.29
12	48.1	42.8	92	0.5228	12.38
13	45.0	39.9	88	0.5114	12.78
14	43.0	37.8	83	0.5181	13.76
15	43.8	38.9	81	0.5407	12.60
16	45.3	40.5	82	0.5524	11.85
17	48.7	43.4	89	0.5472	12.21
18	49.3	44.1	91	0.5418	11.79
19	47.6	42.3	91	0.5231	12.53
20	45.1	39.8	89	0.5067	13.32

ENSAYOS FISICOS

DENSIDAD EN ESTADO ANHIDRO (D.E.A.)

TABLA B.4

PROBETA N°	PESO ANHIDRO (gr)	VOLUMEN ANHIDRO (cm ³)	DENSIDAD ANHIDRO (gr/cm ³)
1	42.1	86	0.4895
2	40.7	84	0.4845
3	38.3	79	0.4848
4	39.6	86	0.4605
5	40.2	80	0.5025
6	42.3	87	0.4862
7	41.5	88	0.4716
8	40.9	80	0.5113
9	39.4	83	0.4747
10	40.2	81	0.4963
11	42.5	83	0.5120
12	42.8	87	0.4920
13	39.9	85	0.4694
14	37.8	85	0.4447
15	38.9	81	0.4802
16	40.5	79	0.5127
17	43.4	87	0.4989
18	44.1	88	0.5011
19	42.3	86	0.4919
20	39.8	87	0.4575

ENSAYOS FISICOS

DENSIDAD BASICA (D.B.)

TABLA B.5

PROBETA N°	PESO SATURADO (gr)	PESO ANHIDRO (gr)	VOLUMEN SATURADO (cm3)	DENSIDAD BASICA (gr/cm3)	C.H. (%)
1	64.0	42.1	98	0.4296	52.02
2	70.5	40.7	95	0.4284	73.22
3	65.1	38.3	90	0.4256	69.97
4	67.4	39.6	97	0.4082	70.20
5	68.7	40.2	92	0.4370	70.90
6	69.1	42.3	91	0.4648	63.36
7	68.1	41.5	96	0.4323	64.10
8	67.3	40.9	88	0.4648	64.55
9	65.8	39.4	95	0.4147	67.01
10	66.5	40.2	92	0.4370	65.42
11	70.6	42.5	94	0.4521	66.12
12	71.4	42.8	97	0.4412	66.82
13	67.9	39.9	95	0.4200	70.18
14	65.6	37.8	97	0.3897	73.54
15	66.7	38.9	93	0.4183	71.47
16	68.2	40.5	88	0.4602	68.40
17	71.3	43.4	95	0.4568	64.29
18	72.6	44.1	98	0.4500	64.63
19	70.4	42.3	96	0.4406	66.43
20	68.7	39.8	98	0.4061	72.61

ENSAYO DE CONTRACCION

Las probetas se colocaron en un deposito de agua hasta obtener un peso constante en estado saturado. Las dimensiones radial, tangencia, longitudinal y los pesos de cada probeta se han tabulado en formatos teniendo en cuenta el sentido de cada medición y están agrupados por ensayos durante el estado verde o saturado, seco al aire y seco al horno. Las fechas y observaciones se muestran a continuación:

N° LECTURA	FECHA	OBSERVACION
01	14-04-2003	ESTADO VERDE
02	16-04-2003	ESTADO VERDE
03	21-04-2003	ESTADO VERDE
04	22-04-2003	ESTADO VERDE
05	24-04-2003	ESTADO VERDE
06	25-04-2003	ESTADO VERDE
07	28-04-2003	ESTADO VERDE
08	30-04-2003	ESTADO VERDE
09	05-05-2003	ESTADO SECO AL AIRE
10	09-05-2003	ESTADO ANHIDRO

ENSAYOS FISICOS

ENSAYO DE CONTRACCION

TABLA B.6 - DIMENSION RADIAL (mm)

PROB N°	LECTURA N° 1	LECTURA N° 2	LECTURA N° 3	LECTURA N° 4	LECTURA N° 5	LECTURA N° 6	LECTURA N° 7	LECTURA N° 8	LECTURA N° 9	LECTURA N° 10
1	25.01	24.76	24.54	24.30	24.20	24.08	24.04	23.97	23.82	22.73
2	25.04	24.73	24.56	24.14	24.04	23.98	23.97	23.88	23.84	21.93
3	25.07	24.86	24.75	24.15	24.01	23.89	23.71	23.68	23.64	21.90
4	25.03	24.91	24.78	24.49	24.20	24.03	23.93	23.82	23.78	22.65
5	25.20	25.08	24.83	24.51	24.42	24.31	24.19	24.07	23.98	22.91
6	25.18	25.03	24.93	24.52	24.19	24.08	24.05	23.98	23.94	22.88
7	25.17	25.00	24.83	24.49	24.12	23.98	23.88	23.80	23.75	22.83
8	25.02	24.87	24.76	24.54	24.01	23.97	23.91	23.86	23.69	22.32
9	25.01	24.86	24.75	24.36	24.07	23.96	23.89	23.81	23.75	22.70
10	25.01	24.76	24.50	24.12	23.99	23.84	23.78	23.72	23.66	22.51
11	25.03	24.82	24.59	24.35	24.11	24.01	23.95	23.85	23.73	22.69
12	25.02	24.93	24.86	24.44	24.39	24.27	24.13	23.93	23.81	22.71
13	25.02	24.87	24.75	24.26	24.18	24.09	23.92	23.79	23.64	22.15
14	25.07	24.94	24.86	24.29	23.94	23.87	23.79	23.71	23.61	22.30
15	25.06	24.92	24.75	24.56	24.39	24.01	23.82	23.76	23.69	22.09
16	25.07	24.93	24.75	24.38	24.19	24.01	23.95	23.81	23.72	21.92
17	25.17	25.00	24.96	24.75	24.35	24.22	24.08	23.97	23.86	22.36
18	25.02	25.00	24.56	24.24	24.04	23.95	23.86	23.78	23.69	22.44
19	25.07	25.00	24.35	24.19	23.98	23.91	23.83	23.76	23.62	22.49
20	25.01	24.78	24.51	24.32	24.23	24.01	23.78	23.58	23.54	22.72

ENSAYOS FISICOS

ENSAYO DE CONTRACCION

TABLA B.7 - DIMENSION TANGENCIAL (mm)

PROB N°	LECTURA N° 1	LECTURA N° 2	LECTURA N° 3	LECTURA N° 4	LECTURA N° 5	LECTURA N° 6	LECTURA N° 7	LECTURA N° 8	LECTURA N° 9	LECTURA N° 10
1	25.01	24.76	24.57	24.31	24.19	24.08	24.01	23.92	23.79	22.71
2	25.04	24.87	24.62	24.21	24.09	23.99	23.92	23.88	23.78	22.65
3	25.07	24.88	24.76	24.42	24.21	24.04	23.98	23.89	23.77	22.17
4	25.01	24.86	24.77	24.59	24.48	24.22	24.06	23.97	23.85	22.23
5	25.05	24.93	24.75	24.62	24.47	24.36	24.19	24.05	23.97	22.45
6	25.06	24.98	24.75	24.46	24.31	24.23	24.11	24.01	23.98	22.16
7	25.10	24.98	24.85	24.69	24.45	24.31	24.19	24.04	23.91	22.53
8	25.04	24.90	24.77	24.64	24.37	24.09	23.99	23.87	23.71	22.47
9	25.18	25.03	24.89	24.56	24.31	24.09	23.98	23.89	23.74	22.54
10	25.03	24.87	24.71	24.52	24.34	24.08	23.92	23.82	23.64	22.23
11	25.04	24.82	24.59	24.35	24.11	24.01	23.95	23.85	23.73	21.99
12	25.15	25.04	24.92	24.78	24.59	24.48	24.29	24.02	23.97	22.34
13	25.10	24.96	24.81	24.34	24.23	24.13	23.99	23.86	23.72	22.49
14	25.14	25.01	24.89	24.71	24.63	24.48	24.21	24.09	24.01	22.71
15	25.01	24.91	24.78	24.64	24.59	24.39	24.21	24.10	23.97	22.63
16	25.01	24.93	24.78	24.53	24.39	24.11	24.02	23.97	23.89	22.59
17	25.02	24.93	24.84	24.72	24.56	24.31	24.22	24.10	23.94	22.37
18	25.11	25.01	24.92	24.78	24.61	24.48	24.32	24.12	24.02	22.72
19	25.02	24.90	24.75	24.59	24.31	24.09	23.94	23.86	23.73	22.39
20	25.01	24.89	24.63	24.41	24.28	24.08	24.03	23.91	23.75	22.43

ENSAYOS FISICOS

ENSAYO DE CONTRACCION

TABLA B.8 - DIMENSION LONGITUDINAL (mm)

PROB N°	LECTURA N° 1	LECTURA N° 2	LECTURA N° 3	LECTURA N° 4	LECTURA N° 5	LECTURA N° 6	LECTURA N° 7	LECTURA N° 8	LECTURA N° 9	LECTURA N° 10
1	100.34	100.21	100.13	100.07	100.02	99.98	99.95	99.93	99.90	99.89
2	100.40	100.31	100.22	100.15	100.09	100.05	100.01	99.97	99.95	99.87
3	100.30	100.23	100.18	100.12	100.08	99.98	99.98	99.98	99.86	99.76
4	100.52	100.41	100.32	100.24	100.20	100.17	100.15	100.13	100.10	100.04
5	100.27	100.19	100.09	100.02	99.95	99.91	99.88	99.85	99.83	99.79
6	100.44	100.32	100.23	100.17	100.12	100.07	100.01	99.95	99.90	99.86
7	100.30	100.22	100.14	100.08	100.01	99.94	99.88	99.84	99.80	99.75
8	100.32	100.25	100.17	100.12	100.08	100.02	99.97	99.93	99.89	99.83
9	100.29	100.20	100.13	100.06	100.00	99.96	99.94	99.91	99.88	99.82
10	100.32	100.24	100.18	100.10	100.06	100.04	100.01	99.96	99.92	99.89
11	100.26	100.19	100.13	100.08	100.02	99.98	99.95	99.93	99.90	99.87
12	100.28	100.21	100.14	100.09	100.05	100.01	99.99	99.97	99.95	99.90
13	100.13	100.04	99.97	99.91	99.86	99.81	99.77	99.72	99.69	99.67
14	100.36	100.29	100.22	100.16	100.11	100.08	100.05	100.00	99.96	99.94
15	100.32	100.24	100.16	100.10	100.05	100.01	99.97	99.94	99.92	99.89
16	100.38	100.30	100.22	100.14	100.09	100.06	100.03	99.93	99.87	99.85
17	100.24	100.14	100.07	100.01	99.95	99.89	99.84	99.79	99.72	99.71
18	100.47	100.38	100.29	100.20	100.13	100.08	100.04	100.02	99.99	99.96
19	100.35	100.28	100.21	100.15	100.10	100.06	100.02	99.99	99.91	99.89
20	100.34	100.28	100.20	100.14	100.08	100.03	99.99	99.95	99.90	99.83

ENSAYOS FISICOS

ENSAYO DE CONTRACCION

TABLA B.9 - PESO DE LAS PROBETAS (grs)

PROB N°	LECTURA N° 1	LECTURA N° 2	LECTURA N° 3	LECTURA N° 4	LECTURA N° 5	LECTURA N° 6	LECTURA N° 7	LECTURA N° 8	LECTURA N° 9	LECTURA N° 10
1	54.2	44.7	40.1	38.1	36.8	34.5	32.3	30.1	28.7	25.4
2	52.9	45.2	41.2	38.3	36.3	33.9	31.8	29.9	28.0	24.5
3	55.8	48.8	44.1	41.3	39.4	36.8	33.4	31.2	29.9	26.6
4	52.7	45.6	40.9	39.2	36.9	32.2	30.3	28.5	26.1	23.0
5	55.3	46.9	41.7	38.8	37.2	35.6	32.3	30.4	28.8	25.7
6	59.1	52.8	47.4	44.8	42.5	38.1	35.5	33.1	31.6	28.9
7	59.9	53.1	47.9	45.0	42.8	40.7	37.3	35.4	33.1	29.9
8	53.3	45.5	41.1	38.3	36.1	33.6	31.2	29.7	27.1	24.0
9	51.8	43.1	38.7	36.7	35.9	32.3	28.9	27.6	26.4	23.1
10	55.7	48.3	44.1	39.9	38.4	36.0	33.5	31.2	29.2	26.1
11	54.1	46.1	42.3	39.5	37.1	33.9	30.4	28.9	27.6	24.3
12	55.0	46.8	42.4	38.5	36.8	33.9	30.7	29.5	28.2	25.0
13	54.6	47.3	42.8	40.1	38.1	35.5	32.8	30.9	29.4	26.3
14	55.3	45.3	43.1	39.4	37.2	34.0	32.1	29.7	28.1	24.8
15	55.1	45.5	43.0	39.2	37.0	34.1	31.8	29.5	28.0	24.7
16	55.9	46.1	43.7	40.8	39.3	36.2	33.6	31.2	29.9	26.8
17	53.8	44.3	41.4	39.9	37.6	34.3	31.8	29.9	28.0	24.7
18	57.6	48.2	44.6	42.6	40.2	38.2	35.3	33.7	32.5	29.2
19	52.1	44.0	40.2	38.7	36.5	33.4	30.8	28.7	27.0	23.7
20	53.4	45.6	41.3	37.9	35.1	32.1	29.8	27.7	26.3	23.3

ENSAYOS FISICOS

ENSAYO DE CONTRACCION

TABLA B.10 - CONTENIDO DE HUMEDAD (%)

PROB N°	LECTURA N° 1	LECTURA N° 2	LECTURA N° 3	LECTURA N° 4	LECTURA N° 5	LECTURA N° 6	LECTURA N° 7	LECTURA N° 8	LECTURA N° 9	LECTURA N° 10
1	113.39	75.98	57.87	50.00	44.88	35.83	27.17	18.50	12.99	0.00
2	115.92	84.49	68.16	56.33	48.16	38.37	29.80	22.04	14.29	0.00
3	109.77	83.46	65.79	55.26	48.12	38.35	25.56	17.29	12.41	0.00
4	129.13	98.26	77.83	70.43	60.43	40.00	31.74	23.91	13.48	0.00
5	115.18	82.49	62.26	50.97	44.79	38.52	25.68	18.29	12.06	0.00
6	104.50	82.70	64.01	55.02	47.06	31.83	22.84	14.53	9.34	0.00
7	100.33	77.59	60.20	50.50	43.14	36.12	24.75	18.39	10.70	0.00
8	122.08	89.58	71.25	59.58	50.42	40.00	30.00	23.75	12.92	0.00
9	124.24	86.58	67.53	58.87	55.41	39.83	25.11	19.48	14.29	0.00
10	113.41	85.06	68.97	52.87	47.13	37.93	28.35	19.54	11.88	0.00
11	122.63	89.71	74.07	62.55	52.67	39.51	25.10	18.93	13.58	0.00
12	120.00	87.20	69.60	54.00	47.20	35.60	22.80	18.00	12.80	0.00
13	107.60	79.85	62.74	52.47	44.87	34.98	24.71	17.49	11.79	0.00
14	122.98	82.66	73.79	58.87	50.00	37.10	29.44	19.76	13.31	0.00
15	123.08	84.21	74.09	58.70	49.80	38.06	28.74	19.43	13.48	0.00
16	108.58	72.01	63.06	52.24	46.64	35.07	25.37	16.42	11.57	0.00
17	117.81	79.35	67.61	61.54	52.23	38.87	28.74	21.05	13.36	0.00
18	97.26	65.07	52.74	45.89	37.67	30.82	20.89	15.41	11.30	0.00
19	119.83	85.65	69.62	63.29	54.01	40.93	29.96	21.10	13.92	0.00
20	129.18	95.71	77.25	62.66	50.64	37.77	27.90	18.88	12.88	0.00
PROM	115.85	83.38	67.42	56.60	48.76	37.27	26.73	19.11	12.62	0.00

ENSAYOS FISICOS

ENSAYO DE CONTRACCION

TABLA B.11 - CONTRACCION TANGENCIAL NORMAL (%)

PROBETA N°	LECTURA N° 1	LECTURA N° 2	LECTURA N° 3	LECTURA N° 4	LECTURA N° 5	LECTURA N° 6	LECTURA N° 7	LECTURA N° 8	LECTURA N° 9
1	4.878	3.918	3.175	2.139	1.654	1.204	0.916	0.543	0.000
2	5.032	4.383	3.412	1.776	1.287	0.875	0.585	0.419	0.000
3	5.185	4.461	3.998	2.662	1.817	1.123	0.876	0.502	0.000
4	4.638	4.063	3.714	3.009	2.574	1.528	0.873	0.501	0.000
5	4.311	3.851	3.152	2.640	2.043	1.601	0.909	0.333	0.000
6	4.310	4.003	3.111	1.962	1.357	1.032	0.539	0.125	0.000
7	4.741	4.283	3.783	3.159	2.209	1.645	1.158	0.541	0.000
8	5.312	4.779	4.279	3.774	2.708	1.577	1.167	0.670	0.000
9	5.719	5.154	4.620	3.339	2.345	1.453	1.001	0.628	0.000
10	5.553	4.946	4.330	3.589	2.876	1.827	1.171	0.756	0.000
11	5.232	4.392	3.497	2.546	1.576	1.166	0.919	0.503	0.000
12	4.692	4.273	3.812	3.269	2.521	2.083	1.317	0.208	0.000
13	5.498	4.968	4.393	2.547	2.105	1.699	1.125	0.587	0.000
14	4.495	3.998	3.536	2.833	2.517	1.920	0.826	0.332	0.000
15	4.158	3.774	3.269	2.719	2.521	1.722	0.991	0.539	0.000
16	4.478	4.172	3.592	2.609	2.050	0.912	0.541	0.334	0.000
17	4.317	3.971	3.623	3.155	2.524	1.522	1.156	0.664	0.000
18	4.341	3.958	3.612	3.067	2.397	1.879	1.234	0.415	0.000
19	5.156	4.699	4.121	3.497	2.386	1.494	0.877	0.545	0.000
20	5.038	4.580	3.573	2.704	2.183	1.370	1.165	0.669	0.000
PROM	4.854	4.331	3.730	2.850	2.183	1.482	0.967	0.491	0.000

ENSAYOS FISICOS

ENSAYO DE CONTRACCION

TABLA B.12 - CONTRACCION TANGENCIAL TOTAL (%)

PROB N°	LECTURA N° 1	LECTURA N° 2	LECTURA N° 3	LECTURA N° 4	LECTURA N° 5	LECTURA N° 6	LECTURA N° 7	LECTURA N° 8	LECTURA N° 9	LECTURA N° 10
1	9.196	8.279	7.570	6.582	6.118	5.689	5.414	5.059	4.540	0.000
2	9.545	8.926	8.002	6.444	5.978	5.586	5.309	5.151	4.752	0.000
3	11.568	10.892	10.460	9.214	8.426	7.779	7.548	7.200	6.731	0.000
4	11.116	10.579	10.254	9.597	9.191	8.216	7.606	7.259	6.792	0.000
5	10.379	9.948	9.293	8.814	8.255	7.841	7.193	6.653	6.341	0.000
6	11.572	11.289	10.465	9.403	8.844	8.543	8.088	7.705	7.590	0.000
7	10.239	9.808	9.336	8.748	7.853	7.322	6.862	6.281	5.772	0.000
8	10.264	9.759	9.285	8.807	7.796	6.725	6.336	5.865	5.230	0.000
9	10.485	9.948	9.442	8.225	7.281	6.434	6.005	5.651	5.055	0.000
10	11.187	10.615	10.036	9.339	8.669	7.683	7.065	6.675	5.964	0.000
11	12.181	11.402	10.573	9.692	8.793	8.413	8.184	7.799	7.332	0.000
12	11.173	10.783	10.353	9.847	9.150	8.742	8.028	6.994	6.800	0.000
13	10.398	9.896	9.351	7.601	7.181	6.797	6.253	5.742	5.185	0.000
14	9.666	9.196	8.759	8.094	7.795	7.230	6.196	5.729	5.414	0.000
15	9.516	9.153	8.676	8.157	7.971	7.216	6.526	6.100	5.590	0.000
16	9.676	9.386	8.838	7.909	7.380	6.304	5.953	5.757	5.442	0.000
17	10.592	10.269	9.944	9.506	8.917	7.980	7.638	7.178	6.558	0.000
18	9.518	9.156	8.828	8.313	7.680	7.190	6.579	5.804	5.412	0.000
19	10.512	10.080	9.535	8.947	7.898	7.057	6.475	6.161	5.647	0.000
20	10.316	9.883	8.932	8.111	7.619	6.852	6.658	6.190	5.558	0.000
PROM	10.455	9.962	9.397	8.568	7.940	7.280	6.796	6.348	5.885	0.000

ENSAYOS FISICOS

ENSAYO DE CONTRACCION

TABLA B.13 - CONTRACCION RADIAL NORMAL (%)

PROBETA N°	LECTURA N° 1	LECTURA N° 2	LECTURA N° 3	LECTURA N° 4	LECTURA N° 5	LECTURA N° 6	LECTURA N° 7	LECTURA N° 8	LECTURA N° 9
1	4.758	3.796	2.934	1.975	1.570	1.080	0.915	0.626	0.000
2	4.792	3.599	2.932	1.243	0.832	0.584	0.542	0.168	0.000
3	5.704	4.907	4.485	2.112	1.541	1.046	0.295	0.169	0.000
4	4.994	4.536	4.036	2.899	1.736	1.040	0.627	0.168	0.000
5	4.841	4.386	3.423	2.162	1.802	1.357	0.868	0.374	0.000
6	4.925	4.355	3.971	2.365	1.033	0.581	0.457	0.167	0.000
7	5.642	5.000	4.350	3.022	1.534	0.959	0.544	0.210	0.000
8	5.316	4.745	4.321	3.464	1.333	1.168	0.920	0.712	0.000
9	5.038	4.465	4.040	2.504	1.329	0.876	0.586	0.252	0.000
10	5.398	4.443	3.429	1.907	1.376	0.755	0.505	0.253	0.000
11	5.194	4.392	3.497	2.546	1.576	1.166	0.919	0.503	0.000
12	4.836	4.493	4.224	2.578	2.378	1.895	1.326	0.501	0.000
13	5.516	4.946	4.485	2.556	2.233	1.868	1.171	0.631	0.000
14	5.824	5.333	5.028	2.800	1.378	1.089	0.757	0.422	0.000
15	5.467	4.936	4.283	3.542	2.870	1.333	0.546	0.295	0.000
16	5.385	4.854	4.162	2.707	1.943	1.208	0.960	0.378	0.000
17	5.205	4.560	4.407	3.596	2.012	1.486	0.914	0.459	0.000
18	5.316	5.240	3.542	2.269	1.456	1.086	0.712	0.378	0.000
19	5.784	5.520	2.998	2.356	1.501	1.213	0.881	0.589	0.000
20	5.878	5.004	3.958	3.207	2.848	1.958	1.009	0.170	0.000
PROM	5.291	4.675	3.925	2.591	1.714	1.187	0.773	0.371	0.000

ENSAYOS FISICOS

ENSAYO DE CONTRACCION

TABLA B.14 - CONTRACCION RADIAL TOTAL (%)

PROB N°	LECTURA N° 1	LECTURA N° 2	LECTURA N° 3	LECTURA N° 4	LECTURA N° 5	LECTURA N° 6	LECTURA N° 7	LECTURA N° 8	LECTURA N° 9	LECTURA N° 10
1	9.116	8.199	7.376	6.461	6.074	5.606	5.449	5.173	4.576	0.000
2	12.420	11.322	10.708	9.155	8.777	8.549	8.511	8.166	8.012	0.000
3	12.645	11.907	11.515	9.317	8.788	8.330	7.634	7.517	7.360	0.000
4	9.509	9.073	8.596	7.513	6.405	5.743	5.349	4.912	4.752	0.000
5	9.087	8.652	7.733	6.528	6.183	5.759	5.291	4.819	4.462	0.000
6	9.134	8.590	8.223	6.688	5.415	4.983	4.865	4.587	4.428	0.000
7	9.297	8.680	8.055	6.778	5.348	4.796	4.397	4.076	3.874	0.000
8	10.791	10.253	9.855	9.046	7.039	6.884	6.650	6.454	5.783	0.000
9	9.236	8.689	8.283	6.814	5.692	5.259	4.981	4.662	4.421	0.000
10	9.996	9.087	8.122	6.675	6.169	5.579	5.341	5.101	4.861	0.000
11	9.349	8.582	7.727	6.817	5.890	5.498	5.261	4.864	4.383	0.000
12	9.233	8.905	8.648	7.079	6.888	6.428	5.885	5.098	4.620	0.000
13	11.471	10.937	10.505	8.697	8.395	8.053	7.400	6.894	6.303	0.000
14	11.049	10.585	10.298	8.193	6.850	6.577	6.263	5.947	5.548	0.000
15	11.852	11.356	10.747	10.057	9.430	7.997	7.263	7.029	6.754	0.000
16	12.565	12.074	11.434	10.090	9.384	8.705	8.476	7.938	7.589	0.000
17	11.164	10.560	10.417	9.657	8.172	7.680	7.143	6.717	6.287	0.000
18	10.312	10.240	8.632	7.426	6.656	6.305	5.951	5.635	5.276	0.000
19	10.291	10.040	7.639	7.028	6.214	5.939	5.623	5.345	4.784	0.000
20	9.156	8.313	7.303	6.579	6.232	5.373	4.458	3.647	3.483	0.000
PROM	10.384	9.802	9.091	7.830	7.000	6.502	6.110	5.729	5.378	0.000

ENSAYOS FISICOS

ENSAYO DE CONTRACCION

TABLA B.15 - CONTRACCION LONGITUDINAL NORMAL (%)

PROBETA N°	LECTURA N° 1	LECTURA N° 2	LECTURA N° 3	LECTURA N° 4	LECTURA N° 5	LECTURA N° 6	LECTURA N° 7	LECTURA N° 8	LECTURA N° 9
1	0.439	0.309	0.230	0.170	0.120	0.080	0.050	0.030	0.000
2	0.448	0.359	0.269	0.200	0.140	0.100	0.060	0.020	0.000
3	0.439	0.369	0.319	0.260	0.220	0.120	0.120	0.120	0.000
4	0.418	0.309	0.219	0.140	0.100	0.070	0.050	0.030	0.000
5	0.439	0.359	0.260	0.190	0.120	0.080	0.050	0.020	0.000
6	0.538	0.419	0.329	0.270	0.220	0.170	0.110	0.050	0.000
7	0.499	0.419	0.340	0.280	0.210	0.140	0.080	0.040	0.000
8	0.429	0.359	0.280	0.230	0.190	0.130	0.080	0.040	0.000
9	0.409	0.319	0.250	0.180	0.120	0.080	0.060	0.030	0.000
10	0.399	0.319	0.260	0.180	0.140	0.120	0.090	0.040	0.000
11	0.359	0.289	0.230	0.180	0.120	0.080	0.050	0.030	0.000
12	0.329	0.259	0.190	0.140	0.100	0.060	0.040	0.020	0.000
13	0.439	0.350	0.280	0.220	0.170	0.120	0.080	0.030	0.000
14	0.399	0.329	0.259	0.200	0.150	0.120	0.090	0.040	0.000
15	0.399	0.319	0.240	0.180	0.130	0.090	0.050	0.020	0.000
16	0.508	0.429	0.349	0.270	0.220	0.190	0.160	0.060	0.000
17	0.519	0.419	0.350	0.290	0.230	0.170	0.120	0.070	0.000
18	0.478	0.389	0.299	0.210	0.140	0.090	0.050	0.030	0.000
19	0.438	0.369	0.299	0.240	0.190	0.150	0.110	0.080	0.000
20	0.439	0.379	0.299	0.240	0.180	0.130	0.090	0.050	0.000
PROM	0.438	0.354	0.278	0.213	0.160	0.114	0.080	0.043	0.000

ENSAYOS FISICOS

ENSAYO DE CONTRACCION

TABLA B.16 - CONTRACCION LONGITUDINAL TOTAL (%)

PROB N°	LECTURA N° 1	LECTURA N° 2	LECTURA N° 3	LECTURA N° 4	LECTURA N° 5	LECTURA N° 6	LECTURA N° 7	LECTURA N° 8	LECTURA N° 9	LECTURA N° 10
1	0.448	0.319	0.240	0.180	0.130	0.090	0.060	0.040	0.010	0.000
2	0.528	0.439	0.349	0.280	0.220	0.180	0.140	0.100	0.080	0.000
3	0.538	0.469	0.419	0.360	0.320	0.220	0.220	0.220	0.100	0.000
4	0.478	0.368	0.279	0.200	0.160	0.130	0.110	0.090	0.060	0.000
5	0.479	0.399	0.300	0.230	0.160	0.120	0.090	0.060	0.040	0.000
6	0.577	0.459	0.369	0.309	0.260	0.210	0.150	0.090	0.040	0.000
7	0.548	0.469	0.389	0.330	0.260	0.190	0.130	0.090	0.050	0.000
8	0.488	0.419	0.339	0.290	0.250	0.190	0.140	0.100	0.060	0.000
9	0.469	0.379	0.310	0.240	0.180	0.140	0.120	0.090	0.060	0.000
10	0.429	0.349	0.289	0.210	0.170	0.150	0.120	0.070	0.030	0.000
11	0.389	0.319	0.260	0.210	0.150	0.110	0.080	0.060	0.030	0.000
12	0.379	0.309	0.240	0.190	0.150	0.110	0.090	0.070	0.050	0.000
13	0.459	0.370	0.300	0.240	0.190	0.140	0.100	0.050	0.020	0.000
14	0.418	0.349	0.279	0.220	0.170	0.140	0.110	0.060	0.020	0.000
15	0.429	0.349	0.270	0.210	0.160	0.120	0.080	0.050	0.030	0.000
16	0.528	0.449	0.369	0.290	0.240	0.210	0.180	0.080	0.020	0.000
17	0.529	0.429	0.360	0.300	0.240	0.180	0.130	0.080	0.010	0.000
18	0.508	0.418	0.329	0.240	0.170	0.120	0.080	0.060	0.030	0.000
19	0.458	0.389	0.319	0.260	0.210	0.170	0.130	0.100	0.020	0.000
20	0.508	0.449	0.369	0.310	0.250	0.200	0.160	0.120	0.070	0.000
PROM	0.479	0.395	0.319	0.255	0.202	0.156	0.121	0.084	0.042	0.000

ENSAYOS FISICOS

ENSAYO DE CONTRACCION

TABLA B.17- CONTRACCION VOLUMETRICA NORMAL (%)

PROBETA N°	LECTURA N° 1	LECTURA N° 2	LECTURA N° 3	LECTURA N° 4	LECTURA N° 5	LECTURA N° 6	LECTURA N° 7	LECTURA N° 8	LECTURA N° 9
1	10.075	8.023	6.338	4.284	3.344	2.364	1.881	1.199	0.000
2	10.272	8.341	6.613	3.219	2.259	1.559	1.188	0.606	0.000
3	11.328	9.738	8.803	5.033	3.578	2.290	1.291	0.791	0.000
4	10.050	8.908	7.969	6.048	4.409	2.638	1.550	0.699	0.000
5	9.591	8.596	6.835	4.992	3.965	3.039	1.828	0.727	0.000
6	9.772	8.777	7.411	4.597	2.611	1.783	1.107	0.342	0.000
7	10.881	9.703	8.472	6.461	3.953	2.745	1.782	0.791	0.000
8	11.056	9.883	8.880	7.468	4.231	2.876	2.167	1.423	0.000
9	11.166	9.938	8.910	6.023	3.794	2.409	1.647	0.910	0.000
10	11.350	9.708	8.018	5.676	4.391	2.702	1.765	1.049	0.000
11	10.784	9.073	7.224	5.272	3.272	2.412	1.887	1.036	0.000
12	9.857	9.025	8.226	5.986	4.999	4.039	2.684	0.730	0.000
13	11.453	10.264	9.158	5.323	4.508	3.687	2.376	1.247	0.000
14	10.717	9.660	8.823	5.832	4.046	3.129	1.673	0.794	0.000
15	10.024	9.029	7.791	6.441	5.521	3.145	1.587	0.854	0.000
16	10.371	9.454	8.102	5.586	4.213	2.310	1.662	0.772	0.000
17	10.040	8.951	8.380	7.041	4.767	3.179	2.190	1.193	0.000
18	10.134	9.587	7.453	5.546	3.993	3.055	1.996	0.823	0.000
19	11.378	10.588	7.419	6.093	4.077	2.857	1.868	1.214	0.000
20	11.354	9.963	7.830	6.151	5.210	3.458	2.264	0.889	0.000
PROM	10.583	9.360	7.933	5.654	4.057	2.784	1.820	0.904	0.000

ENSAYOS FISICOS

ENSAYO DE CONTRACCION

TABLA B.18- CONTRACCION VOLUMETRICA TOTAL (%)

PROB N°	LECTURA N° 1	LECTURA N° 2	LECTURA N° 3	LECTURA N° 4	LECTURA N° 5	LECTURA N° 6	LECTURA N° 7	LECTURA N° 8	LECTURA N° 9	LECTURA N° 10
1	18.761	16.798	15.186	13.222	12.323	11.386	10.924	10.272	9.126	0.000
2	22.493	20.687	19.059	15.878	14.974	14.314	13.960	13.417	12.844	0.000
3	24.751	23.268	22.395	18.890	17.534	16.329	15.402	14.937	14.192	0.000
4	21.102	20.020	19.129	17.310	15.756	14.089	13.065	12.261	11.604	0.000
5	19.945	18.999	17.325	15.572	14.599	13.720	12.575	11.532	10.843	0.000
6	21.284	20.337	19.057	16.401	14.519	13.736	13.103	12.382	12.057	0.000
7	20.084	18.957	17.780	15.856	13.461	12.308	11.389	10.447	9.695	0.000
8	21.543	20.431	19.479	18.143	15.085	13.798	13.126	12.419	11.073	0.000
9	20.189	19.016	18.034	15.279	13.153	11.833	11.106	10.403	9.536	0.000
10	21.611	20.052	18.448	16.224	15.008	13.412	12.526	11.846	10.855	0.000
11	21.918	20.303	18.560	16.719	14.833	14.021	13.525	12.723	11.745	0.000
12	20.785	19.997	19.241	17.115	16.188	15.280	14.003	12.162	11.470	0.000
13	22.329	21.203	20.156	16.538	15.767	14.990	13.753	12.686	11.508	0.000
14	21.133	20.131	19.336	16.506	14.816	13.948	12.569	11.735	10.983	0.000
15	21.796	20.858	19.693	18.424	17.561	15.333	13.869	13.178	12.374	0.000
16	22.769	21.909	20.641	18.289	17.004	15.219	14.609	13.775	13.050	0.000
17	22.284	21.258	20.720	19.463	17.330	15.840	14.911	13.975	12.855	0.000
18	20.337	19.815	17.789	15.978	14.505	13.614	12.610	11.499	10.719	0.000
19	21.261	20.509	17.493	16.234	14.321	13.166	12.228	11.606	10.451	0.000
20	19.980	18.645	16.605	15.000	14.101	12.425	11.276	9.957	9.111	0.000
PROM	21.318	20.160	18.806	16.652	15.142	13.938	13.026	12.161	11.305	0.000

ENSAYOS MECANICOS

ENSAYO DE TENACIDAD

TABLA B.19 - CARACTERISTICAS DE LAS PROBETAS

PROB N°	DIMENSIONES (mm)			TENACIDAD kg -m	PESOS (gr)		C.H. %	OBSERV.
	b	h	l		VERDE	ANHIDRO		
1	20.68	20.78	28.10	2.18	26.1	22.0	18.64	T
2	20.29	20.64	28.10	2.32	22.7	19.0	19.47	R
3	20.01	20.03	28.05	2.53	30.4	26.0	16.92	T
4	20.02	20.00	28.02	2.26	25.3	21.5	17.67	R
5	20.18	20.08	28.00	2.48	20.4	17.0	20.00	T
6	20.05	20.88	28.09	2.98	31.4	26.5	18.49	R
7	20.86	20.92	28.10	2.24	39.3	33.5	17.31	T
8	20.23	20.51	28.02	2.99	29.2	25.0	16.80	R
9	20.07	20.10	28.04	3.21	25.6	21.5	19.07	T
10	20.35	20.01	28.10	3.18	27.2	23.0	18.26	R
11	20.16	20.18	28.06	2.95	28.8	24.0	20.00	T
12	20.97	20.92	28.18	2.88	20.0	16.5	21.21	R
13	20.28	20.60	28.09	2.96	23.6	19.6	20.41	T
14	20.14	20.08	28.05	2.93	28.5	23.8	19.75	R
15	20.13	20.00	28.10	2.86	31.2	26.3	18.63	T
16	20.04	20.10	28.07	2.94	29.3	24.9	17.67	R
17	20.32	20.22	28.12	2.97	27.3	23.1	18.18	T
18	20.16	20.24	28.09	3.01	24.3	20.3	19.70	R
19	20.18	20.02	28.13	2.88	27.6	23.3	18.45	T
20	20.03	20.78	28.23	2.93	31.2	26.4	18.18	R

ENSAYOS MECANICOS

ENSAYO DE DUREZA

TABLA B.20 - CARACTERISTICAS DE LAS PROBETAS

PROB. N°	DIMENSIONES (mm)			PESOS (gr)		C.H. %
	b	h	l	VERDE	ANHIDRO	
1	50.23	50.21	10.05	97.0	81.5	19.02
2	50.46	50.15	10.05	101.5	86.5	17.34
3	50.00	50.30	10.10	97.5	81.5	19.63
4	50.24	50.56	10.12	143.0	121.5	17.70
5	50.02	50.02	10.10	135.5	115.0	17.83
6	50.17	50.00	10.12	99.3	83.0	19.64
7	50.36	50.03	10.00	96.0	80.5	19.25
8	50.31	50.52	10.13	99.7	84.0	18.69
9	50.46	50.56	10.05	100.2	83.5	20.00
10	50.24	50.35	10.10	134.3	114.5	17.29
11	50.30	50.37	10.10	97.1	81.0	19.88
12	50.01	50.12	10.09	117.2	99.6	17.67
13	50.03	50.02	10.03	103.3	86.9	18.87
14	50.12	50.08	10.04	107.5	89.8	19.71
15	50.08	50.14	10.09	106.3	90.1	17.98
16	50.04	50.00	10.02	112.1	94.7	18.37
17	50.02	50.14	10.00	105.2	88.9	18.34
18	50.11	50.11	10.09	102.9	87.0	18.28
19	50.09	50.03	10.04	113.3	96.6	17.29
20	50.13	50.04	10.02	107.4	90.2	19.07

ENSAYOS MECANICOS

ENSAYO DE DUREZA (JANCA)

TABLA B.21 - PENETRACION (Kg)

PROB N°	EXTREMOS			TANGENCIAL			RADIAL		
	a	b	PROM	a	b	PROM	a	b	PROM
1	200	180	190	140	160	150	190	250	220
2	170	160	165	170	210	190	230	240	235
3	210	200	205	200	180	190	250	230	240
4	180	200	190	220	200	210	200	220	210
5	310	280	295	180	200	190	180	210	195
6	200	210	205	190	170	180	220	270	245
7	170	190	180	300	210	255	280	240	260
8	180	210	195	190	230	210	250	270	260
9	180	200	190	240	220	230	240	210	225
10	300	310	305	280	240	260	210	200	205
11	210	180	195	190	230	210	190	230	210
12	310	280	295	170	210	190	220	260	240
13	300	290	295	250	230	240	240	280	260
14	280	260	270	270	240	255	300	280	290
15	200	190	195	300	220	260	290	260	275
16	270	250	260	320	260	290	320	290	305
17	240	270	255	270	210	240	310	300	305
18	220	240	230	280	240	260	300	270	285
19	280	270	275	210	250	230	270	280	275
20	190	210	200	220	230	225	220	240	230

ENSAYOS MECANICOS

CIZALLAMIENTO PARALELA A LA FIBRA

TABLA B.22 - CARACTERISTICAS DE LAS PROBETAS

PROB. N°	DIMENSIONES (cm)		AREA RESIST. (cm ²)	CARGA (Kg)	ESFUERZO ROTURA (Kg/cm ²)	PESOS (gr)		C.H. (%)
	b	h				VERDE	ANHIDRO	
1	5.06	5.10	25.81	1350	52.31	75.2	63.0	19.37
2	5.09	5.03	25.60	1210	47.26	72.6	61.9	17.29
3	5.08	5.07	25.76	1300	50.47	69.0	58.9	17.15
4	5.10	5.04	25.70	1350	52.52	68.2	58.0	17.59
5	5.09	5.10	25.96	1390	53.55	71.3	60.3	18.24
6	5.09	5.02	25.55	1380	54.01	74.2	63.2	17.41
7	5.05	5.03	25.40	1490	58.66	69.7	58.4	19.35
8	5.10	5.05	25.76	1580	61.35	65.4	55.3	18.26
9	5.00	5.05	25.25	1520	60.20	63.2	54.1	16.82
10	5.00	5.00	25.00	1450	58.00	70.5	59.5	18.49
11	5.05	5.07	25.60	1500	58.59	61.5	52.1	18.04
12	5.00	5.08	25.40	1520	59.84	64.7	53.9	20.04
13	5.00	5.07	25.35	1340	52.86	67.8	56.7	19.58
14	5.02	5.03	25.25	1360	53.86	62.5	51.7	20.89
15	5.05	5.06	25.55	1290	50.48	70.1	58.9	19.02
16	5.02	5.09	25.55	1490	58.31	72.0	60.2	19.60
17	5.08	5.08	25.81	1320	51.15	73.5	62.2	18.17
18	5.09	5.03	25.60	1290	50.39	71.6	62.0	15.48
19	5.05	5.07	25.60	1340	52.34	66.3	55.4	19.68
20	5.07	5.03	25.50	1380	54.11	64.7	55.0	17.64

ENSAYOS MECANICOS

COMPRESION PERPENDICULAR A LA FIBRA

TABLA B.23 - CARACTERISTICAS DE LAS PROBETAS

PROB N°	ANCHO b (cm)	ESPESOR h (cm)	LONGITUD l (cm)	AREA A (cm ²)	VOLUMEN VERDE (cm ³)	PESOS (gr)		C.H. (%)
						VERDE	ANHIDRO	
1	5.03	5.02	15.02	25.25	379.26	231.0	195.0	18.46
2	5.01	5.03	15.01	25.20	378.26	251.0	212.0	18.40
3	5.11	5.06	15.03	25.86	388.62	237.0	201.0	17.91
4	5.08	5.02	15.00	25.50	382.52	228.5	192.5	18.70
5	5.05	5.12	15.02	25.86	388.36	241.5	206.5	16.95
6	5.14	5.02	15.02	25.80	387.56	231.0	194.5	18.77
7	5.00	5.00	15.05	25.00	376.25	243.0	207.5	17.11
8	5.03	5.08	15.02	25.55	383.80	247.5	209.6	18.08
9	5.12	5.04	15.06	25.80	388.62	240.5	203.5	18.18
10	5.04	5.03	15.11	25.35	383.06	235.5	196.5	19.85
11	5.07	5.08	15.03	25.76	387.11	235.4	197.0	19.49
12	5.08	5.07	15.06	25.76	387.88	230.3	193.8	18.83
13	5.03	5.14	15.04	25.85	388.85	233.4	196.5	18.78
14	5.09	5.01	15.05	25.50	383.79	239.2	202.1	18.36
15	5.03	5.06	15.09	25.45	384.07	234.5	198.4	18.20
16	5.02	5.06	15.04	25.40	382.03	247.3	209.1	18.27
17	5.11	5.02	15.05	25.65	386.07	242.2	204.6	18.38
18	5.09	5.01	15.07	25.50	384.30	238.5	200.2	19.13
19	5.02	5.09	15.09	25.55	385.58	241.3	203.8	18.40
20	5.04	5.03	15.08	25.35	382.30	235.5	199.3	18.16

ENSAYOS MECANICOS

COMPRESION PARALELA A LA FIBRA

TABLA B.24 - CARACTERISTICAS DE LAS PROBETAS

PROB N°	ANCHO b (cm)	ESPESOR h (cm)	LONGITUD l (cm)	AREA A (cm ²)	VOLUMEN VERDE (cm ³)	PESOS (gr)		C.H. (%)
						VERDE	ANHIDRO	
1	5.09	5.02	20.04	25.55	512.06	295.5	247.0	19.64
2	5.03	5.10	20.03	25.65	513.83	214.5	182.5	17.53
3	5.01	5.11	20.03	25.60	512.79	227.5	194.0	17.27
4	5.11	5.09	20.00	26.01	520.20	220.0	187.5	17.33
5	5.10	5.03	20.10	25.65	515.63	307.0	254.5	20.63
6	5.05	5.06	20.12	25.55	514.13	303.5	250.5	21.16
7	5.07	5.02	20.06	25.45	510.56	309.0	257.0	20.23
8	5.03	5.07	20.03	25.50	510.81	264.5	220.5	19.95
9	5.01	5.02	20.08	25.15	505.02	293.0	243.0	20.58
10	5.00	5.04	20.03	25.20	504.76	212.0	180.5	17.45
11	5.08	5.06	20.00	25.70	514.10	280.4	238.5	17.57
12	5.04	5.07	20.07	25.55	512.84	300.5	256.0	17.38
13	5.02	5.08	20.11	25.50	512.84	305.0	254.5	19.84
14	5.04	5.09	20.08	25.65	515.12	227.0	189.5	19.79
15	5.03	5.06	20.01	25.45	509.29	237.5	200.0	18.75
16	5.05	5.00	20.06	25.25	506.52	214.0	181.5	17.91
17	5.03	5.03	20.07	25.30	507.79	277.5	232.5	19.35
18	5.02	5.01	20.05	25.15	504.26	298.5	252.5	18.22
19	5.09	5.02	20.06	25.55	512.57	243.0	204.5	18.83
20	5.03	5.10	20.04	25.65	514.09	261.5	219.5	19.13

ENSAYOS MECANICOS

FLEXION ESTATICA

TABLA B.25 - CARACTERISTICAS DE LAS PROBETAS

PROBETA N°	ANCHO b (cm)	ESPESOR h (cm)	LONGITUD l (cm)	AREA A (cm ²)	VOLUMEN VERDE (cm ³)	PESOS (gr)		C.H. (%)
						VERDE	ANHIDRO	
1	5.09	5.02	75.03	25.55	1917.15	105.5	90.1	17.09
2	5.03	5.10	75.05	25.65	1925.26	146.0	124.0	17.74
3	5.01	5.11	75.04	25.60	1921.11	136.0	113.8	19.51
4	5.11	5.07	75.03	25.91	1943.85	148.5	126.8	17.11
5	5.10	5.03	75.11	25.65	1926.80	142.5	120.4	18.36
6	5.05	5.06	75.00	25.55	1916.48	126.0	105.3	19.66
7	5.07	5.02	75.01	25.45	1909.11	109.5	92.4	18.51
8	5.03	5.07	75.06	25.50	1914.19	103.5	86.9	19.10
9	5.01	5.02	75.03	25.15	1887.02	134.5	113.9	18.09
10	5.00	5.04	75.07	25.20	1891.76	130.0	109.7	18.51
11	5.08	5.06	75.04	25.70	1928.89	143.3	120.9	18.53
12	5.04	5.07	75.03	25.55	1917.23	116.7	98.7	18.24
13	5.02	5.08	75.09	25.50	1914.92	121.4	103.3	17.52
14	5.04	5.09	75.01	25.65	1924.28	133.5	112.4	18.77
15	5.03	5.06	75.02	25.45	1909.39	144.6	121.9	18.62
16	5.05	5.00	75.01	25.25	1894.00	131.5	111.0	18.47
17	5.03	5.03	75.09	25.30	1899.84	146.5	124.8	17.39
18	5.02	5.01	75.02	25.15	1886.77	140.0	118.5	18.14
19	5.09	5.02	75.12	25.55	1919.45	128.5	108.0	18.98
20	5.03	5.10	75.03	25.65	1924.74	138.5	117.5	17.87

ENSAYOS MECANICOS

TRACCION PERPENDICULAR A LA FIBRA

TABLA B.26 - CARACTERISTICAS DE LAS PROBETAS

PROB. N°	ANCHO b (cm)	LONGITUD l (cm)	AREA ROTURA (cm ²)	CARGA (Kg)	ESFUERZO ROTURA (Kg/cm ²)	PESO VERDE (gr)	PESO ANHIDRO (gr)	C.H. (%)
1	2.01	2.00	4.02	91	22.64	15.7	13.2	18.94
2	2.01	2.01	4.04	83	20.54	15.3	13.0	17.69
3	2.00	2.00	4.00	82	20.50	15.8	13.2	19.70
4	2.02	2.02	4.08	74	18.14	14.6	12.4	17.74
5	2.00	2.00	4.00	82	20.50	17.1	14.3	19.58
6	2.00	2.00	4.00	72	18.00	16.3	13.9	17.27
7	2.01	2.01	4.04	79	19.55	16.7	14.1	18.44
8	2.01	2.03	4.08	84	20.59	15.9	13.3	19.55
9	2.00	2.02	4.04	82	20.30	16.4	14.1	16.31
10	2.00	2.01	4.02	90	22.39	16.2	13.7	18.25
11	2.02	2.23	4.50	93	20.65	17.1	14.3	19.58
12	2.02	2.00	4.04	90	22.28	16.2	13.6	19.12
13	2.01	2.01	4.04	89	22.03	16.9	14.2	19.01
14	2.01	2.01	4.04	92	22.77	15.8	13.3	18.80
15	2.03	2.03	4.12	88	21.35	15.4	13.2	16.67
16	2.01	2.03	4.08	85	20.83	16.7	14.2	17.61
17	2.01	2.00	4.02	80	19.90	15.9	13.5	17.78
18	2.00	2.02	4.04	83	20.54	16.2	13.3	21.80
19	2.01	2.01	4.04	82	20.30	16.3	13.8	18.12
20	2.02	2.00	4.04	87	21.53	15.7	13.3	18.05

ENSAYOS MECANICOS

RESISTENCIA AL CLIVAJE

TABLA B.27 - CARACTERISTICAS DE LAS PROBETAS

PROBETA N°	ANCHO b (cm)	LONGITUD l (cm)	AREA ROTURA (cm ²)	CARGA (Kg)	ESFUERZO ROTURA (Kg/cm ²)	PESO VERDE (gr)	PESO ANHIDRO (gr)	C.H. (%)
1	2.01	2.01	4.04	32	7.92	8.0	6.8	17.65
2	2.03	2.02	4.10	32	7.80	6.0	5.1	17.65
3	2.00	2.00	4.00	35	8.75	8.0	6.7	19.40
4	2.01	2.02	4.06	30	7.39	7.5	6.5	15.38
5	2.01	2.02	4.06	38	9.36	8.5	7.2	18.06
6	2.02	2.01	4.06	30	7.39	7.5	6.2	20.97
7	2.04	2.01	4.10	29	7.07	5.5	4.7	17.02
8	2.02	2.02	4.08	32	7.84	7.0	6.0	16.67
9	2.01	2.03	4.08	32	7.84	8.0	6.8	17.65
10	2.00	2.03	4.06	34	8.37	7.5	6.2	20.97
11	2.00	2.04	4.08	34	8.33	6.5	5.5	18.18
12	2.02	2.01	4.06	34	8.37	5.5	4.6	19.57
13	2.03	2.00	4.06	33	8.13	7.4	6.3	17.46
14	2.04	2.01	4.10	32	7.80	7.8	6.6	18.18
15	2.02	2.04	4.12	31	7.52	6.7	5.6	19.64
16	2.01	2.01	4.04	31	7.67	7.1	6.0	18.33
17	2.00	2.02	4.04	34	8.42	7.4	6.4	15.63
18	2.03	2.02	4.10	33	8.05	8.1	6.8	19.12
19	2.03	2.00	4.06	32	7.88	7.6	6.4	18.75
20	2.01	2.04	4.10	33	8.05	7.7	6.4	20.31

ENSAYOS MECANICOS

ENSAYO DE COMPRESION PERPENDICULAR A LA FIBRA

CARACTERISTICAS DE LAS PROBETAS

PROB N°	ANCHO b (cm)	ESPESOR h (cm)	LONGITUD l (cm)	AREA A (cm ²)	VOLUMEN VERDE (cm ³)	PESOS (gr)		C.H. (%)
						VERDE	ANHIDRO	
1	5.03	5.02	15.02	25.25	379.26	231.0	195.0	18.46
2	5.01	5.03	15.01	25.20	378.26	251.0	212.0	18.40
3	5.11	5.06	15.03	25.86	388.62	237.0	201.0	17.91
4	5.08	5.02	15.00	25.50	382.52	228.5	192.5	18.70
5	5.05	5.12	15.02	25.86	388.36	241.5	206.5	16.95
6	5.14	5.02	15.02	25.80	387.56	231.0	194.5	18.77
7	5.00	5.00	15.05	25.00	376.25	243.0	207.5	17.11
8	5.03	5.08	15.02	25.55	383.80	247.5	209.6	18.08
9	5.12	5.04	15.06	25.80	388.62	240.5	203.5	18.18
10	5.04	5.03	15.11	25.35	383.06	235.5	196.5	19.85
11	5.07	5.08	15.03	25.76	387.11	235.4	197.0	19.49
12	5.08	5.07	15.06	25.76	387.88	230.3	193.8	18.83
13	5.03	5.14	15.04	25.85	388.85	233.4	196.5	18.78
14	5.09	5.01	15.05	25.50	383.79	239.2	202.1	18.36
15	5.03	5.06	15.09	25.45	384.07	234.5	198.4	18.20
16	5.02	5.06	15.04	25.40	382.03	247.3	209.1	18.27
17	5.11	5.02	15.05	25.65	386.07	242.2	204.6	18.38
18	5.09	5.01	15.07	25.50	384.30	238.5	200.2	19.13
19	5.02	5.09	15.09	25.55	385.58	241.3	203.8	18.40
20	5.04	5.03	15.08	25.35	382.30	235.5	199.3	18.16

**ENSAYO DE COMPRESION PERPENDICULAR A LA FIBRA
CATAHUA AMARILLA - SATIPO**

AREA = 25.25 cm²

LONGIT = 15.02 cm

HUMED = 18.46 %

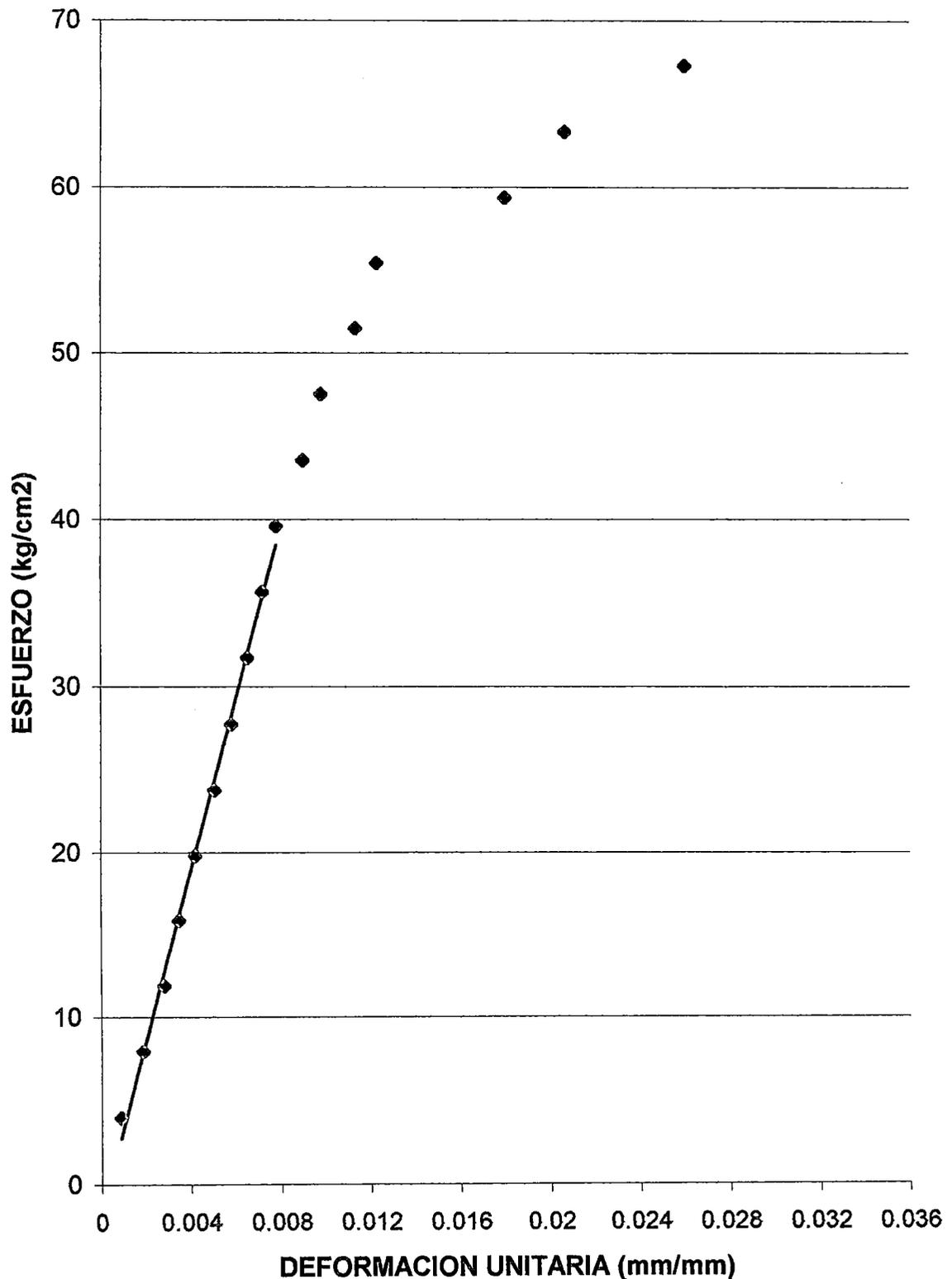
PROBETA N° 01

Nro	CARGA (kg)	DEF. REAL (cm)	ESFUERZO (kg/cm ²)	e (mm/mm)	ESF. CALCUL (kg/cm ²)
01	100.00	0.013	3.960	0.0009	2.740
02	200.00	0.028	7.921	0.0019	7.898
03	300.00	0.042	11.881	0.0028	12.713
04	400.00	0.052	15.841	0.0035	16.151
05	500.00	0.063	19.802	0.0042	19.934
06	600.00	0.076	23.762	0.0051	24.404
07	700.00	0.087	27.722	0.0058	28.187
08	800.00	0.098	31.682	0.0065	31.969
09	900.00	0.108	35.643	0.0072	35.408
10	1000.00	0.117	39.603	0.0078	38.503
11	1100.00	0.135	43.563	0.0090	44.693
12	1200.00	0.147	47.524	0.0098	48.819
13	1300.00	0.170	51.484	0.0113	56.728
14	1400.00	0.184	55.444	0.0123	61.542
15	1500.00	0.270	59.405	0.0180	91.115
16	1600.00	0.310	63.365	0.0206	104.870
17	1700.00	0.390	67.325	0.0260	132.380
18	1800.00	0.475	71.285	0.0316	161.609

ECUACION DE LA RECTA : $y = mx + b$	b = -1.730
	m = 5164.958

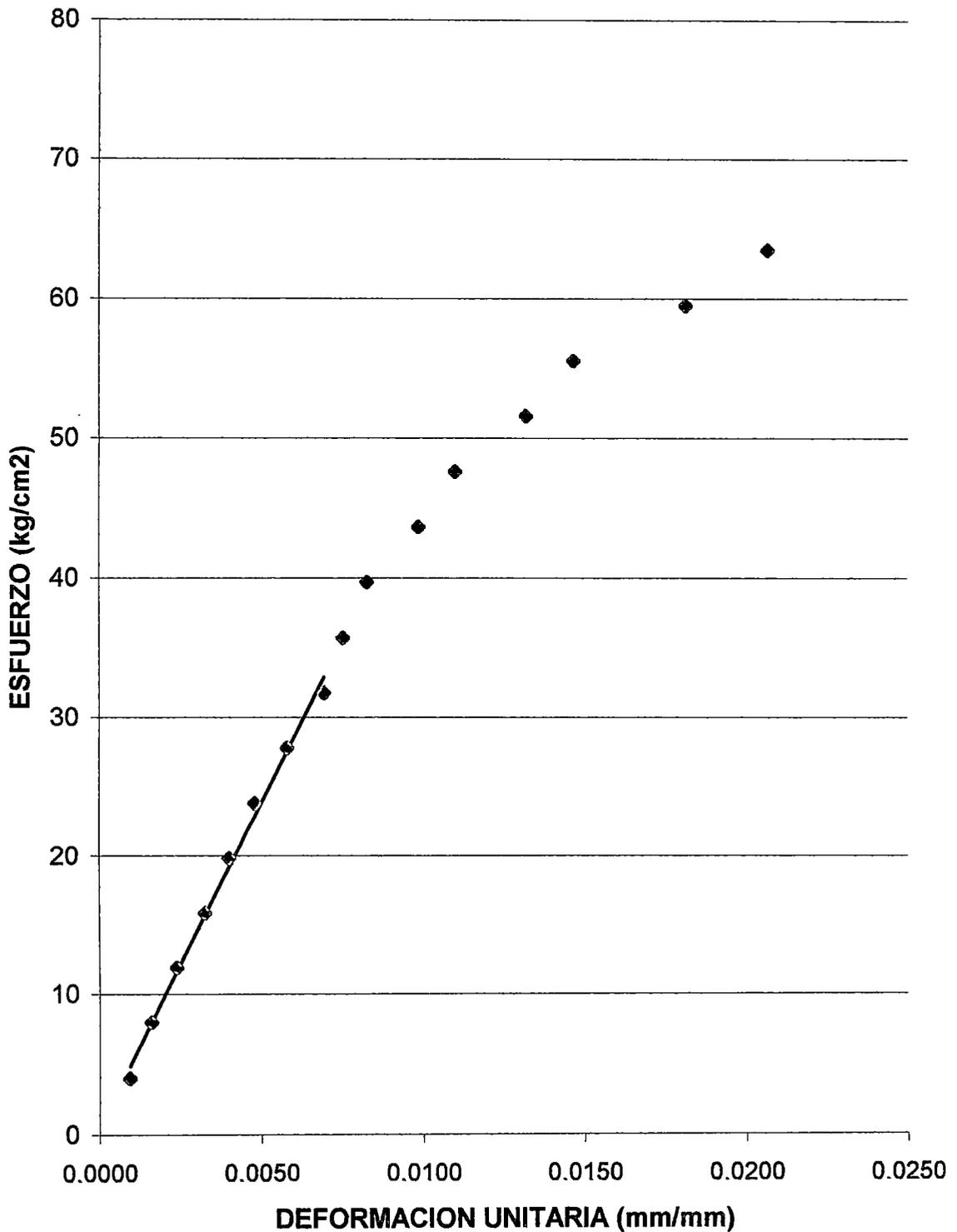
Coef. de Correlacion: 0.9983

ENSAYO DE COMPRESION PERPENDICULAR A LA FIBRA PROB N° 01



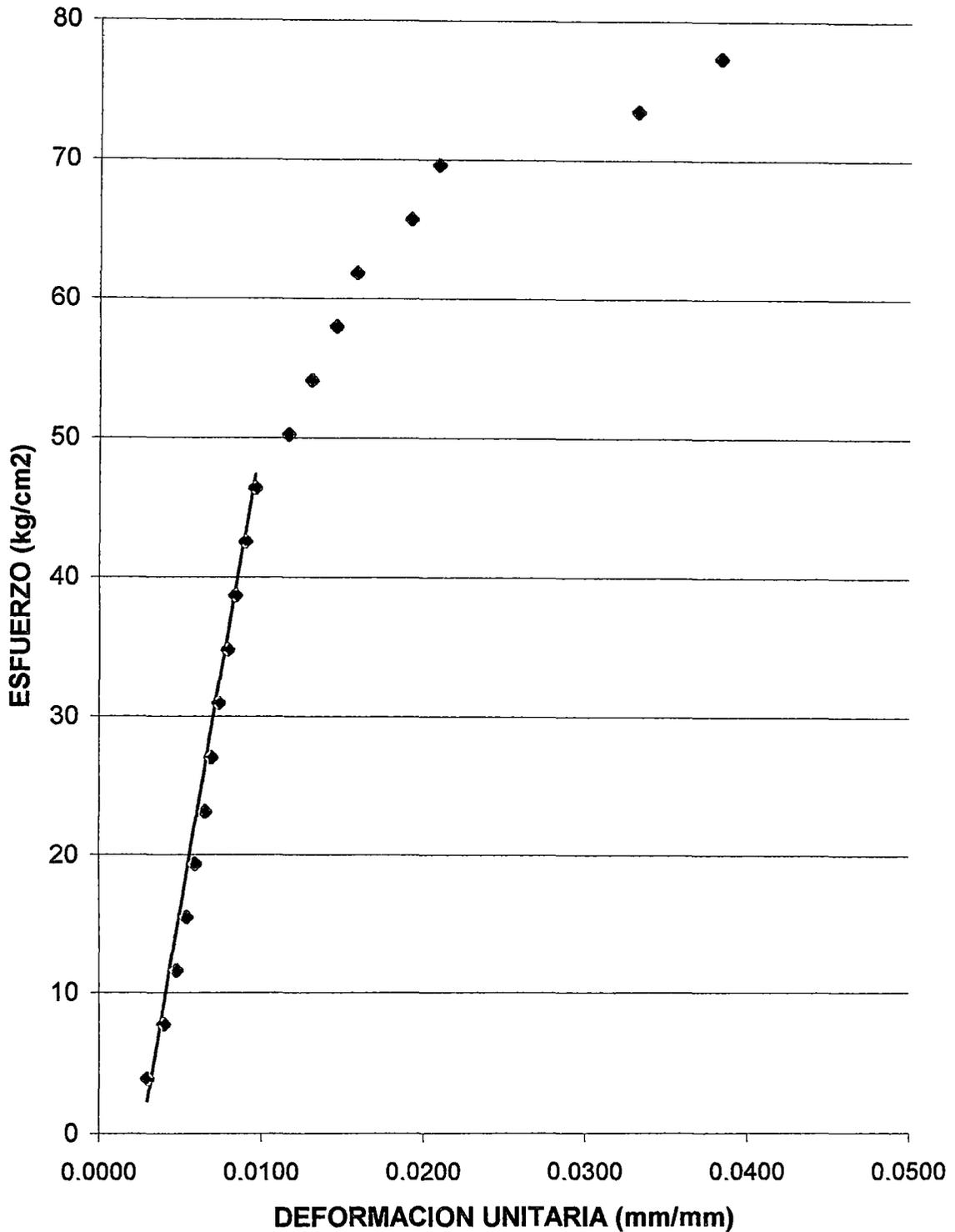
◆ ESFUERZO TEORICO — ESFUERZO CALCULADO

**ENSAYO DE COMPRESION
PERPENDICULAR A LA FIBRA
PROB N° 02**



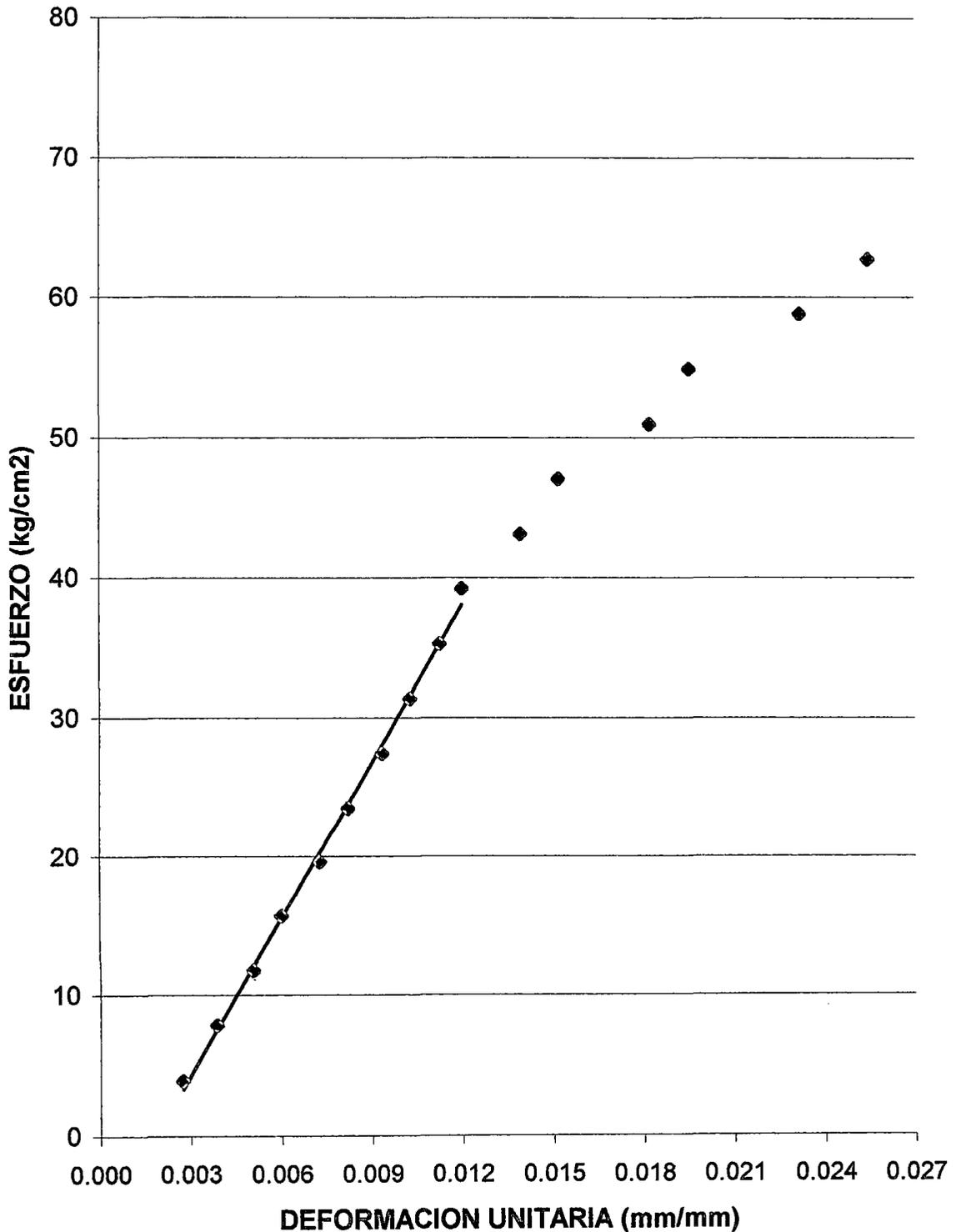
◆ ESFUERZO TEORICO — ESFUERZO CALCULADO

ENSAYO DE COMPRESION PERPENDICULAR A LA FIBRA PROB N° 03



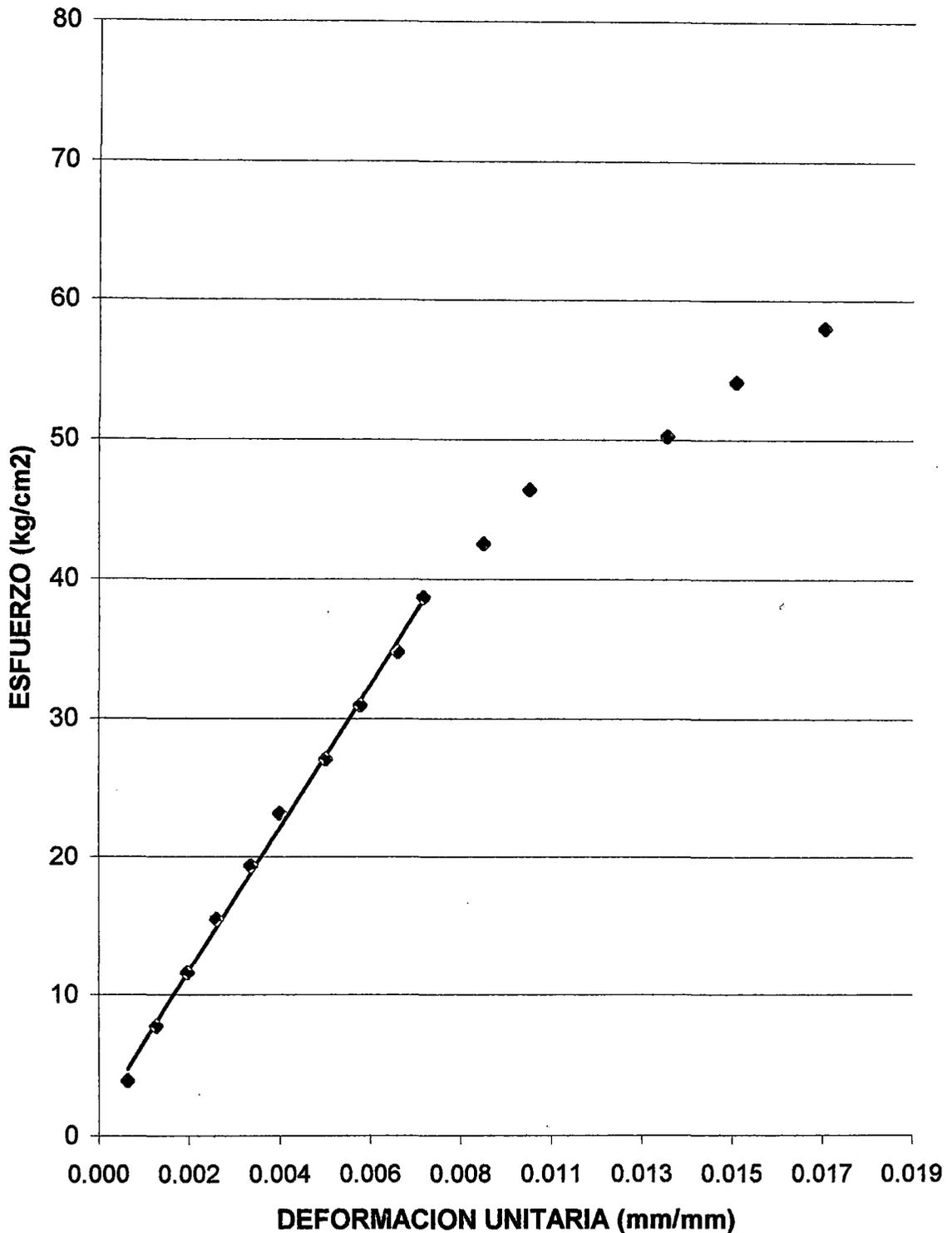
◆ ESFUERZO TEORICO — ESFUERZO CALCULADO

**ENSAYO DE COMPRESION
PERPENDICULAR A LA FIBRA
PROB N° 04**



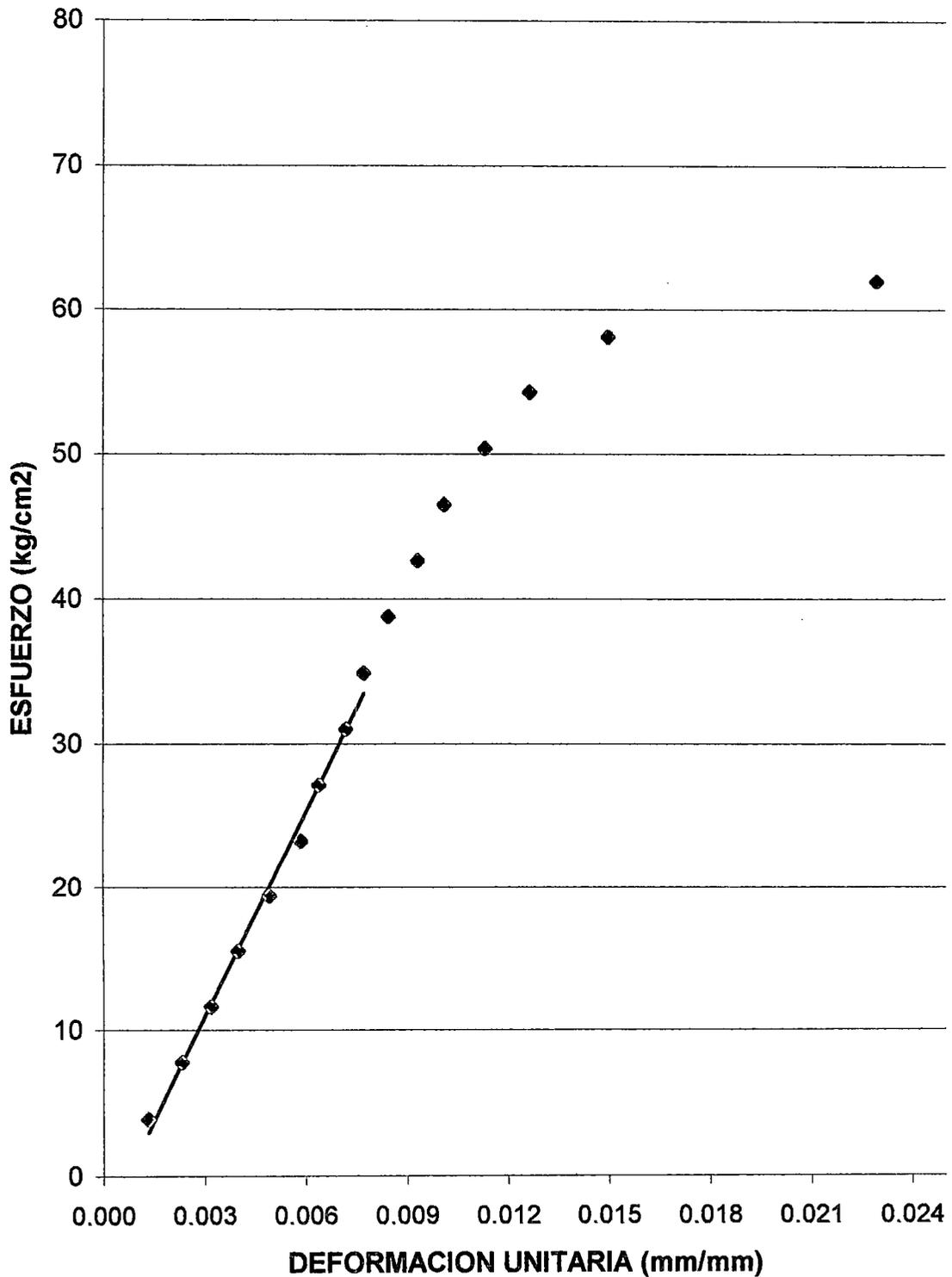
◆ ESFUERZO TEORICO — ESFUERZO CALCULADO

ENSAYO DE COMPRESION PERPENDICULAR A LA FIBRA PROB N° 05



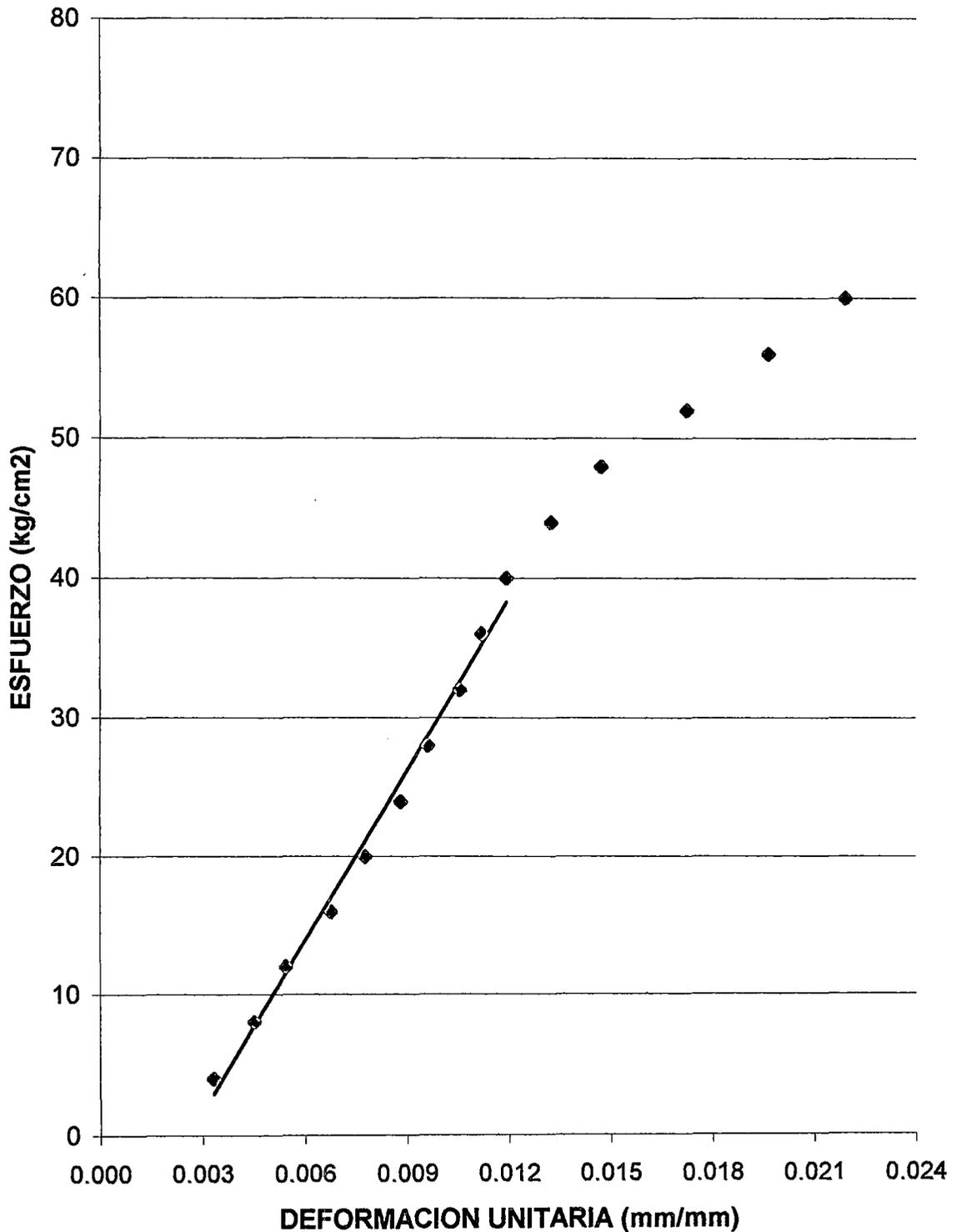
◆ ESFUERZO TEORICO — ESFUERZO CALCULADO

ENSAYO DE COMPRESION PERPENDICULAR A LA FIBRA PROB N° 06



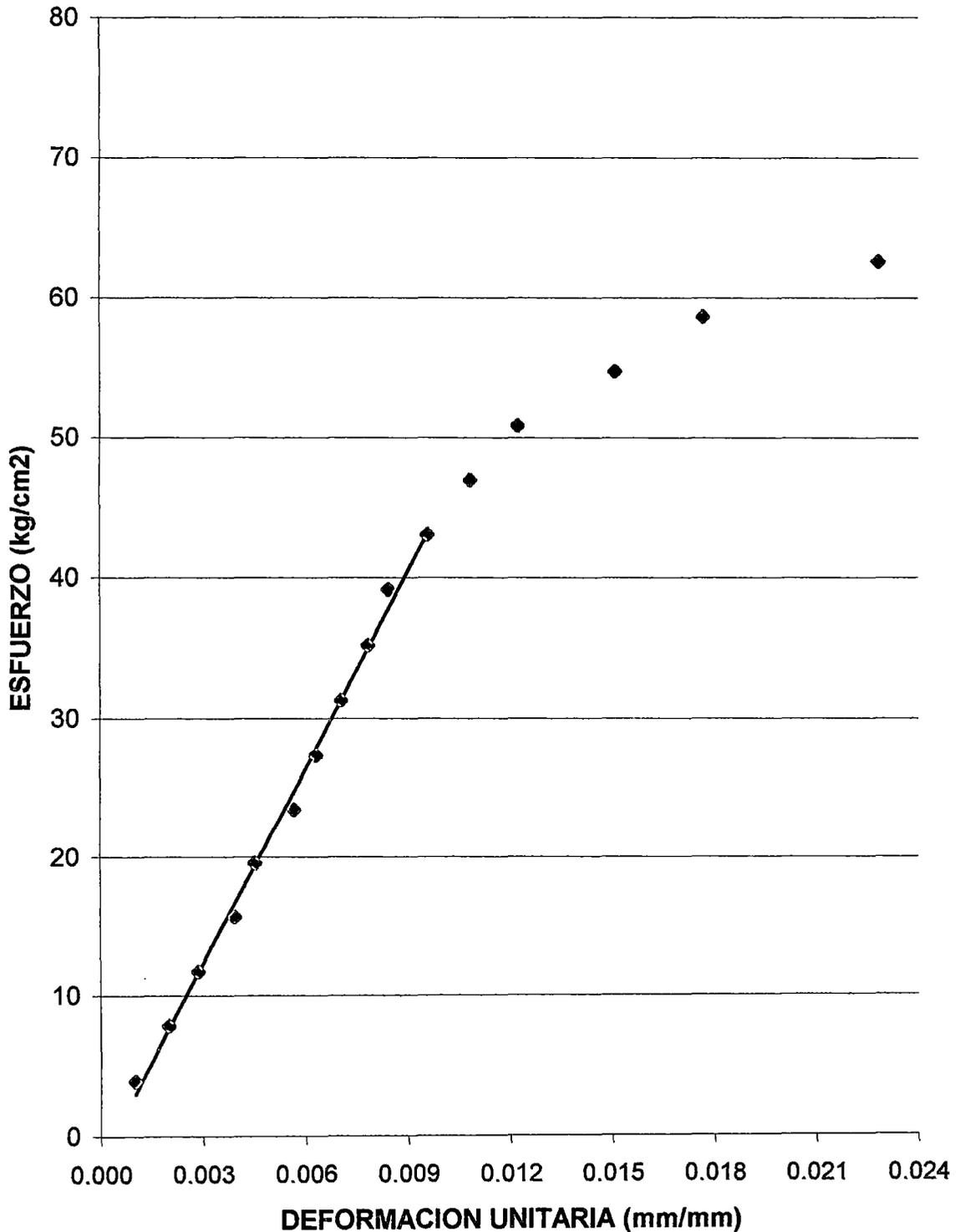
◆ ESFUERZO TEORICO — ESFUERZO CALCULADO

ENSAYO DE COMPRESION PERPENDICULAR A LA FIBRA PROB N° 07



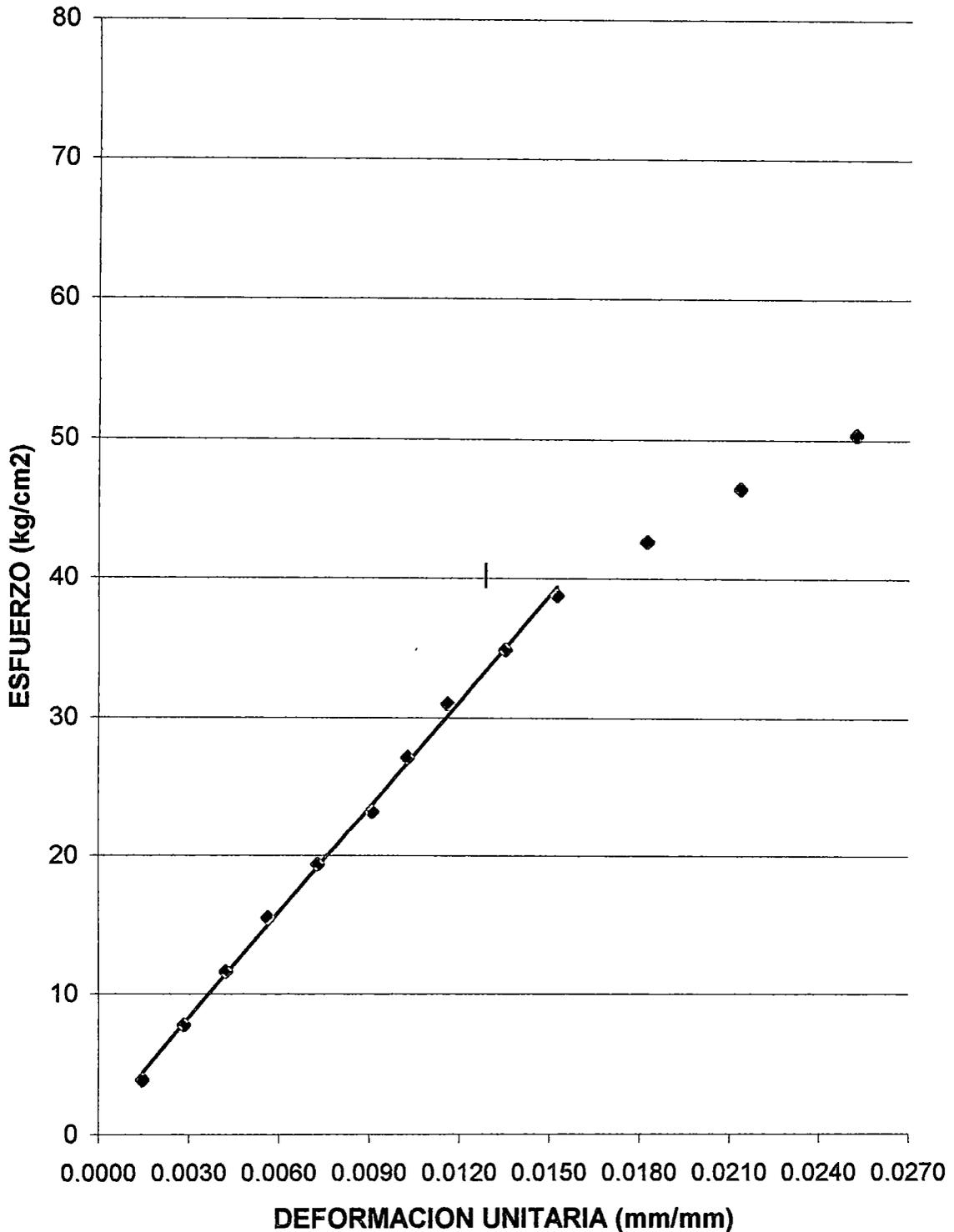
◆ ESFUERZO TEORICO — ESFUERZO CALCULADO

**ENSAYO DE COMPRESION
PERPENDICULAR A LA FIBRA
PROB N° 08**



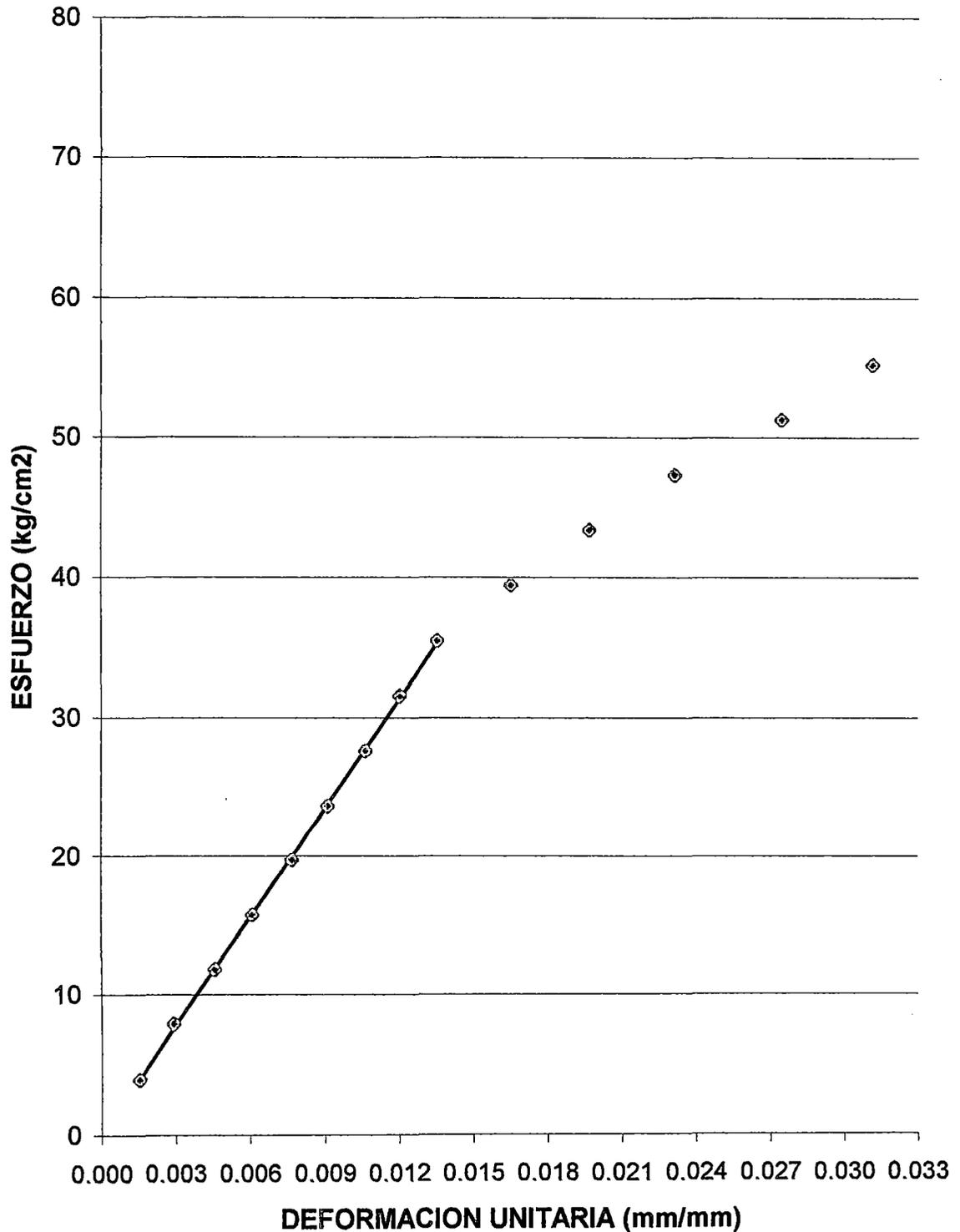
◆ ESFUERZO TEORICO — ESFUERZO CALCULADO

ENSAYO DE COMPRESION PERPENDICULAR A LA FIBRA PROB N° 09



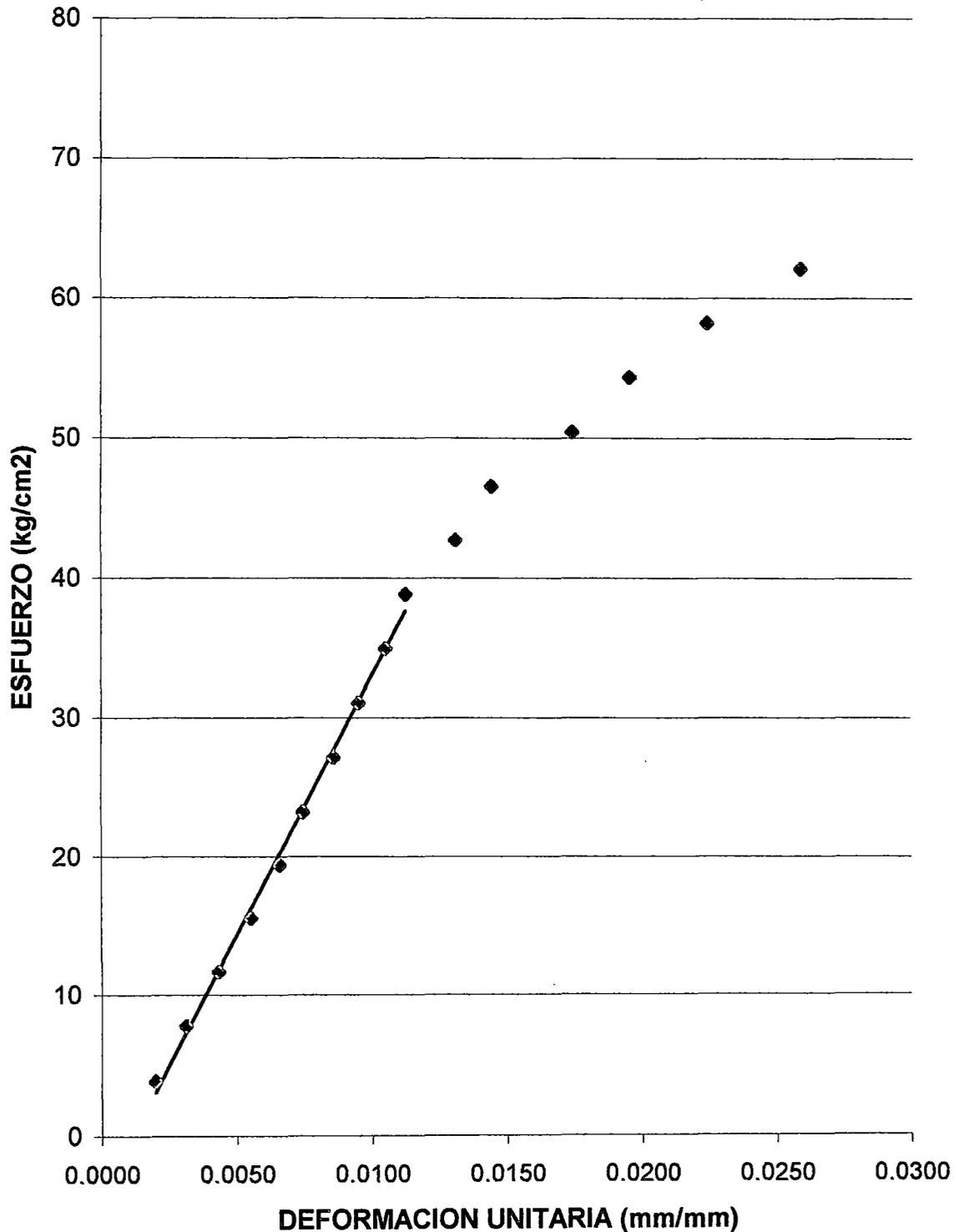
◆ ESFUERZO TEORICO — ESFUERZO CALCULADO

ENSAYO DE COMPRESION PERPENDICULAR A LA FIBRA PROB N° 10



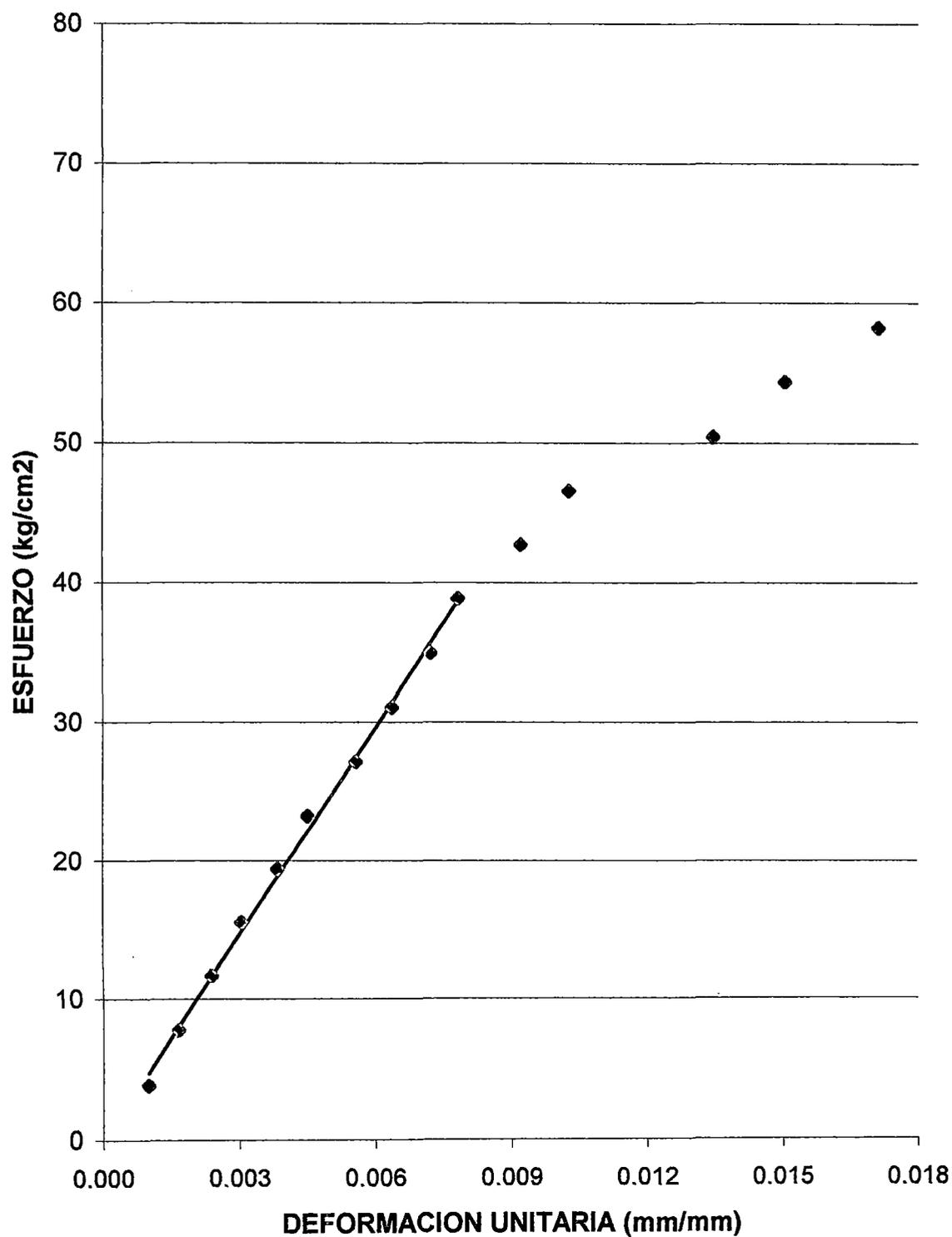
◆ ESFUERZO TEORICO — ESFUERZO CALCULADO

ENSAYO DE COMPRESION PERPENDICULAR A LA FIBRA PROB N° 11



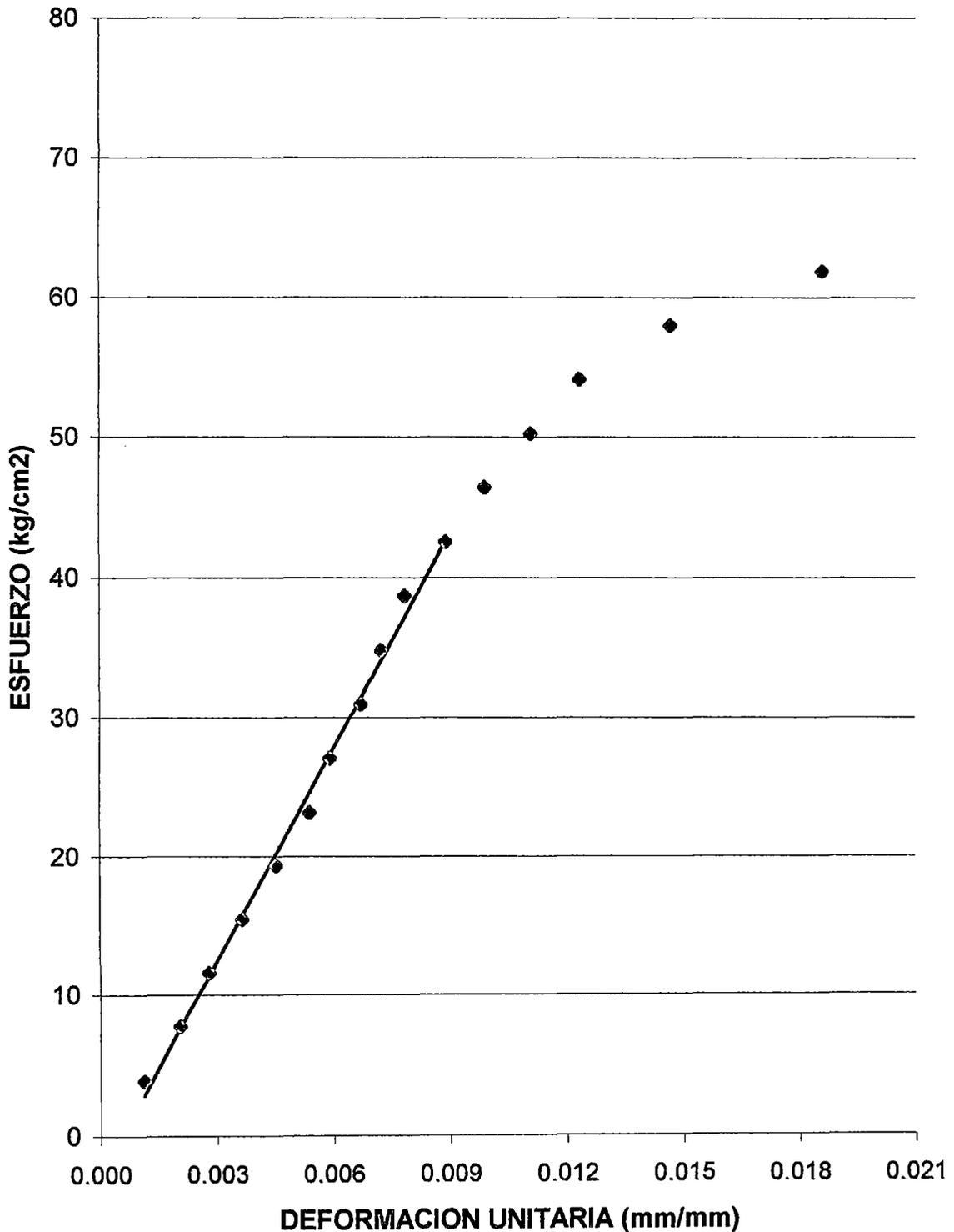
◆ ESFUERZO TEORICO — ESFUERZO CALCULADO

ENSAYO DE COMPRESION PERPENDICULAR A LA FIBRA PROB N° 12



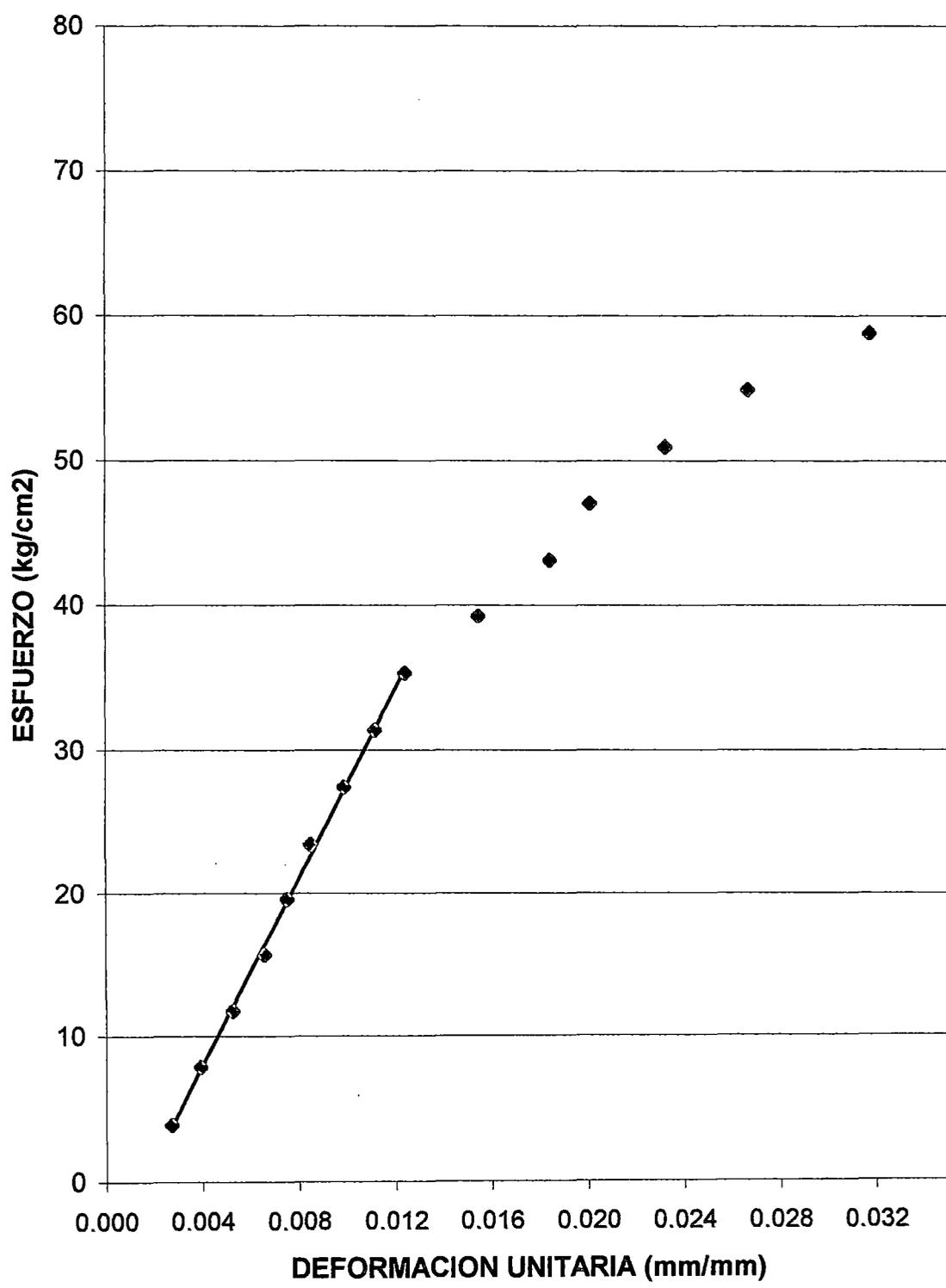
◆ ESFUERZO TEORICO — ESFUERZO CALCULADO

ENSAYO DE COMPRESION PERPENDICULAR A LA FIBRA PROB N° 13



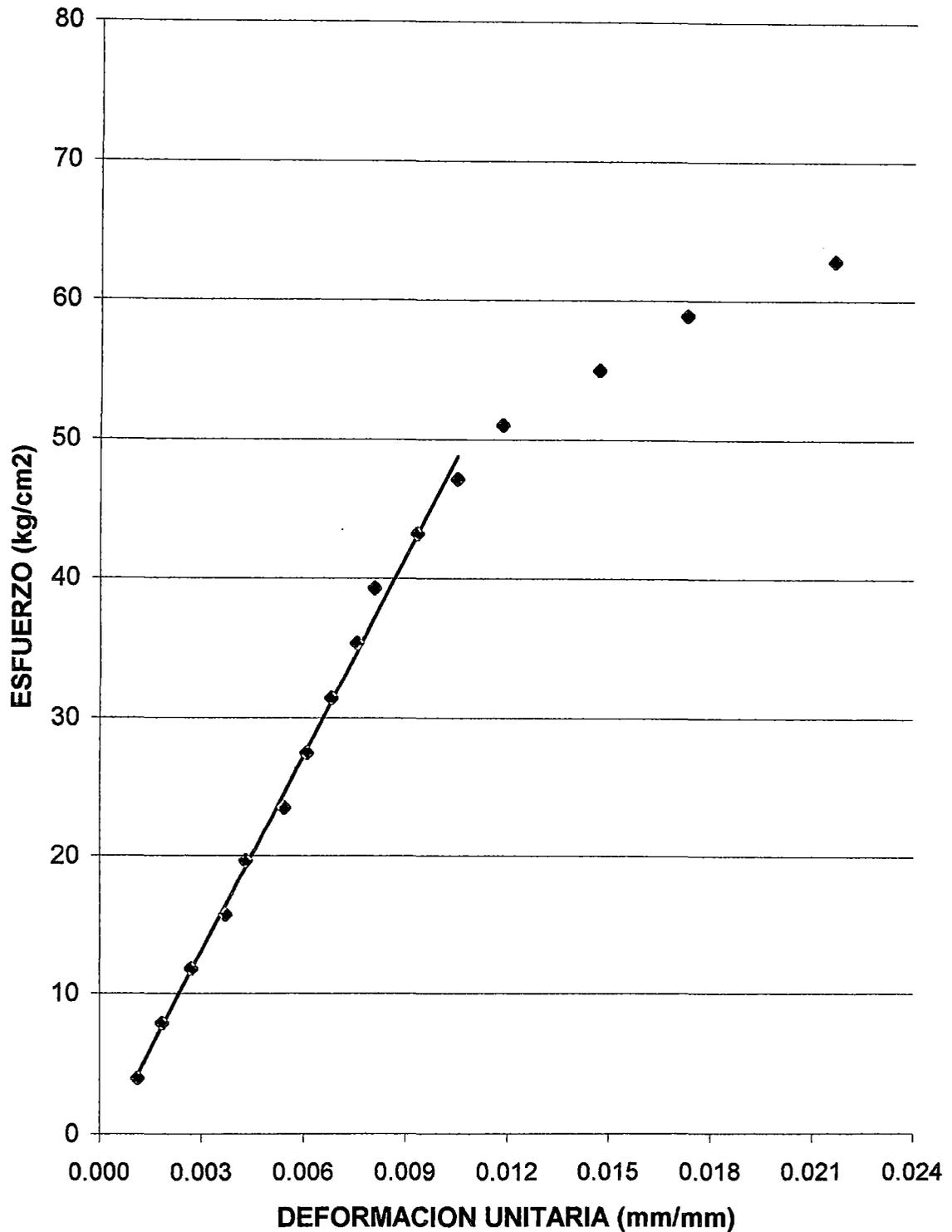
◆ ESFUERZO TEORICO — ESFUERZO CALCULADO

ENSAYO DE COMPRESION PERPENDICULAR A LA FIBRA PROB N° 14



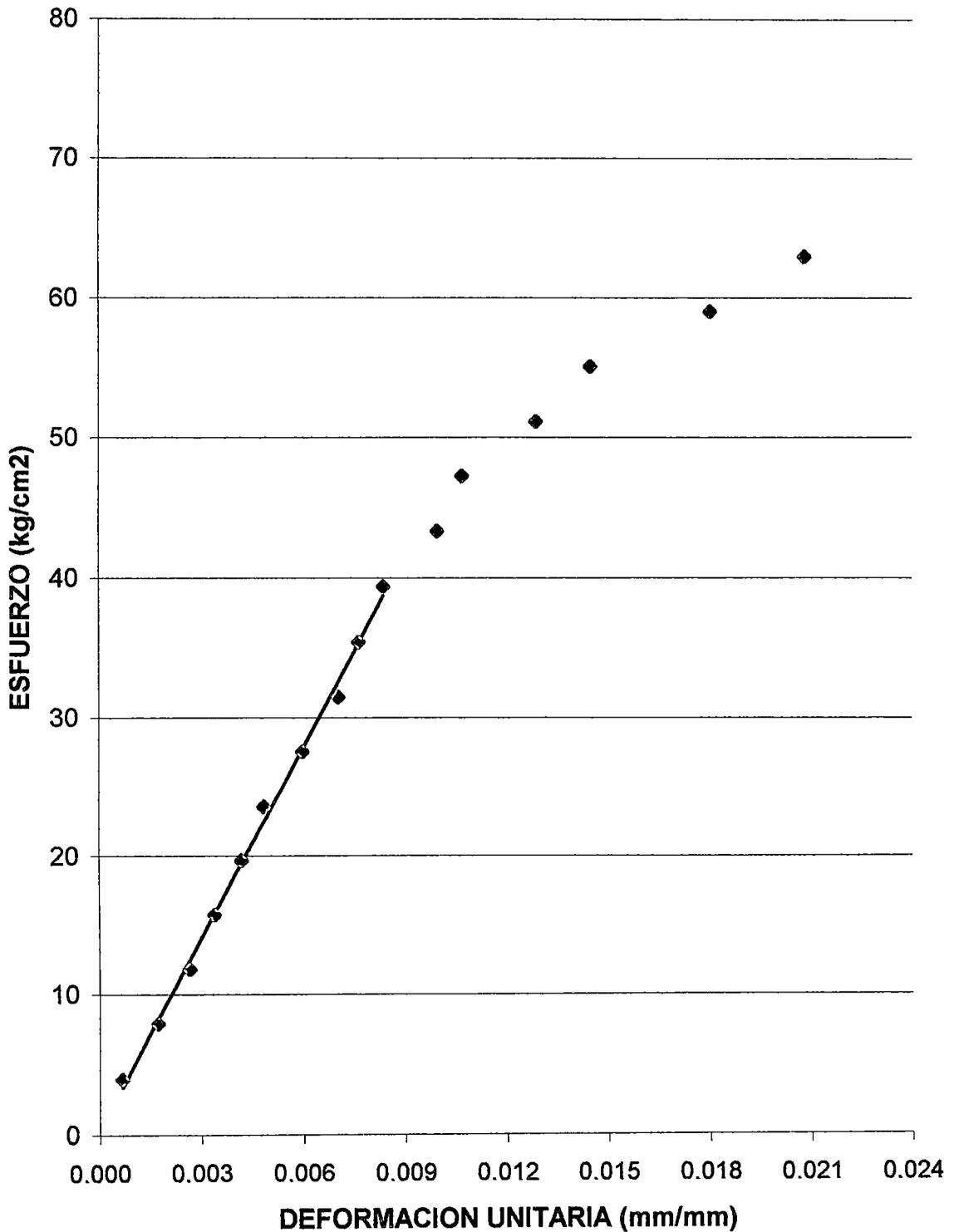
◆ ESFUERZO TEORICO — ESFUERZO CALCULADO

**ENSAYO DE COMPRESION
PERPENDICULAR A LA FIBRA
PROB N° 15**



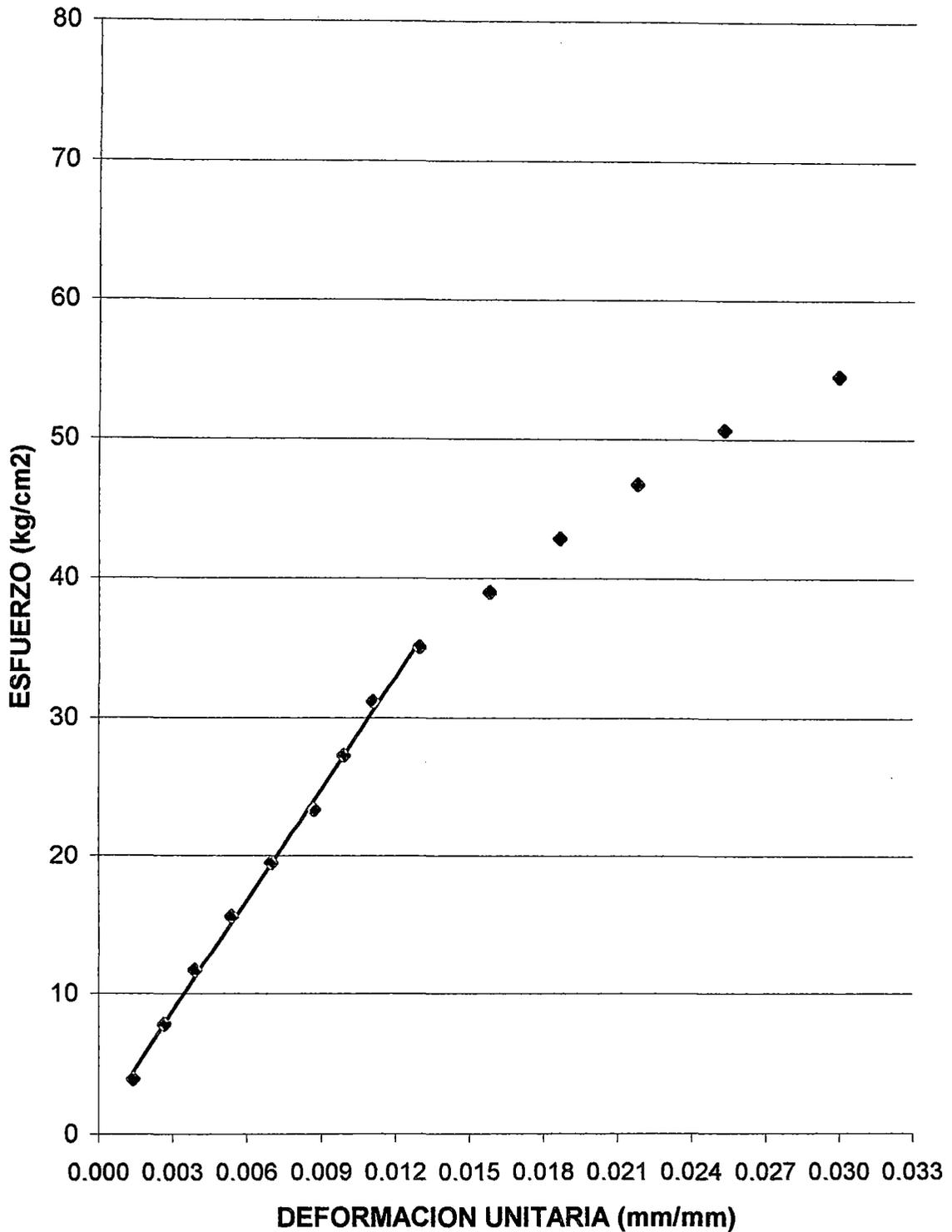
◆ ESFUERZO TEORICO — ESFUERZO CALCULADO

**ENSAYO DE COMPRESION
PERPENDICULAR A LA FIBRA
PROB N° 16**



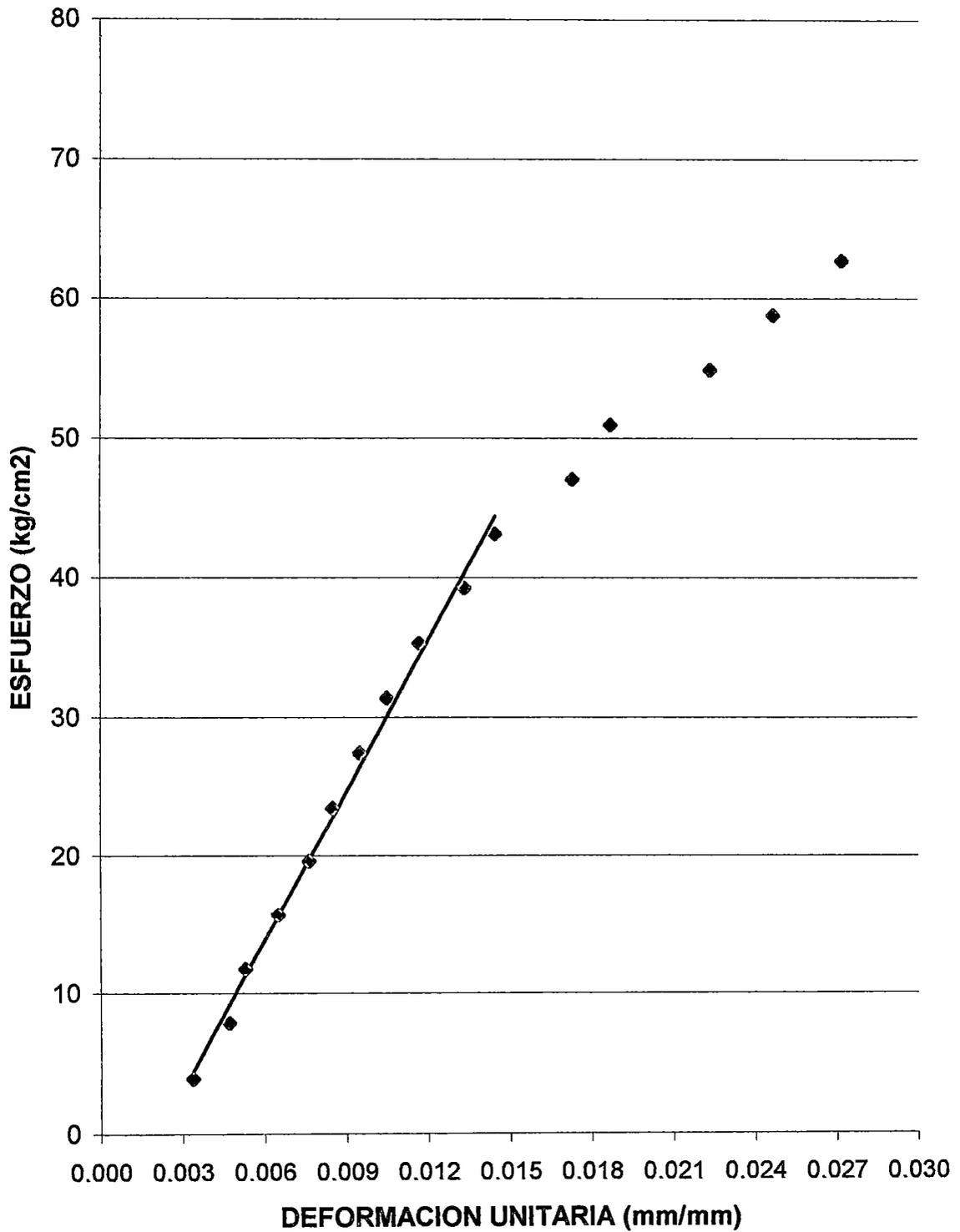
◆ ESFUERZO TEORICO — ESFUERZO CALCULADO

ENSAYO DE COMPRESION PERPENDICULAR A LA FIBRA PROB N° 17



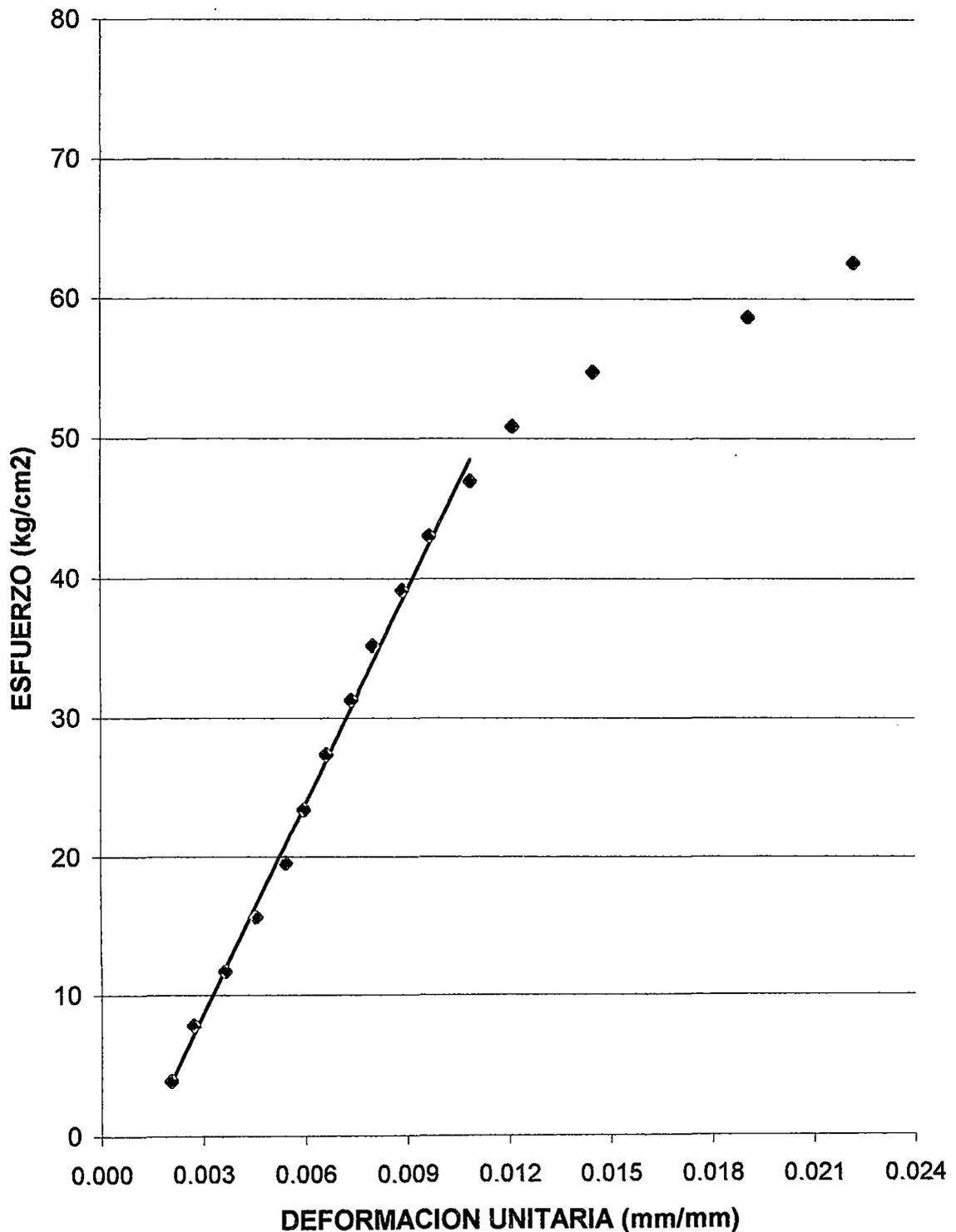
◆ ESFUERZO TEORICO — ESFUERZO CALCULADO

ENSAYO DE COMPRESION PERPENDICULAR A LA FIBRA PROB N° 18



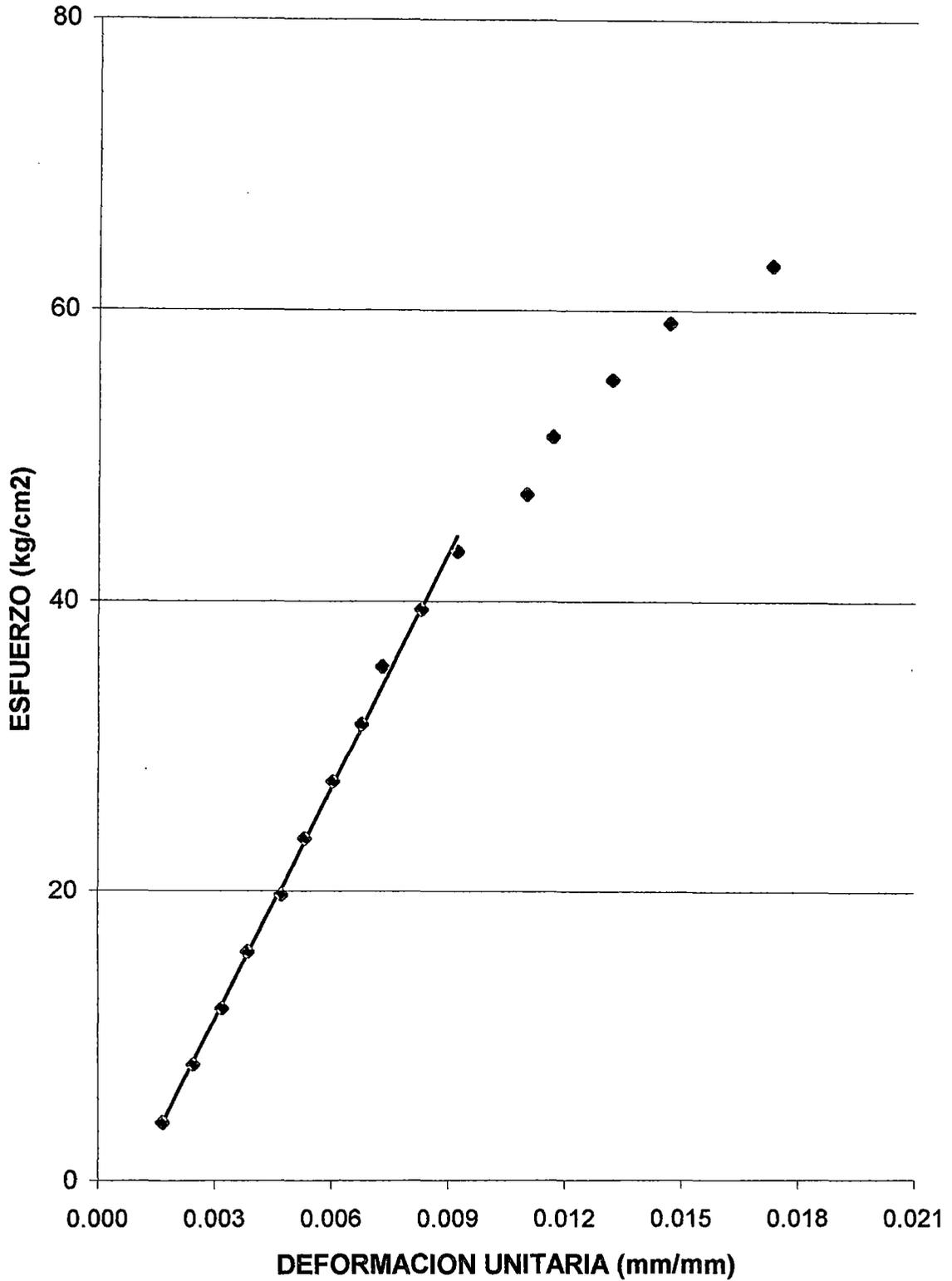
◆ ESFUERZO TEORICO — ESFUERZO CALCULADO

ENSAYO DE COMPRESION PERPENDICULAR A LA FIBRA PROB N° 19



◆ ESFUERZO TEORICO — ESFUERZO CALCULADO

**ENSAYO DE COMPRESION
PERPENDICULAR A LA FIBRA
PROB N° 20**



◆ ESFUERZO TEORICO — ESFUERZO CALCULADO

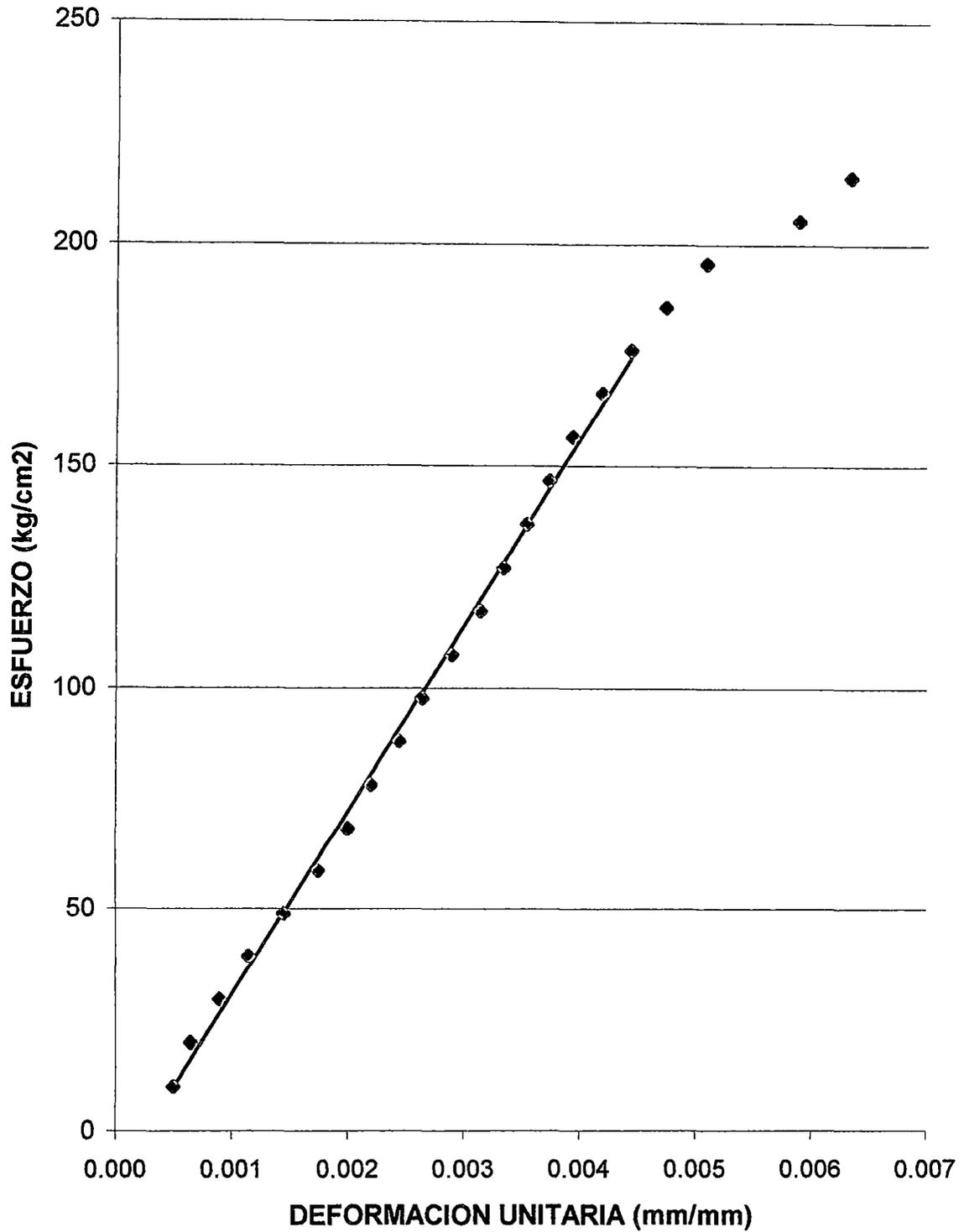
ENSAYOS MECANICOS

ENSAYO DE COMPRESION PARALELA LA FIBRA

CARACTERISTICAS DE LAS PROBETAS

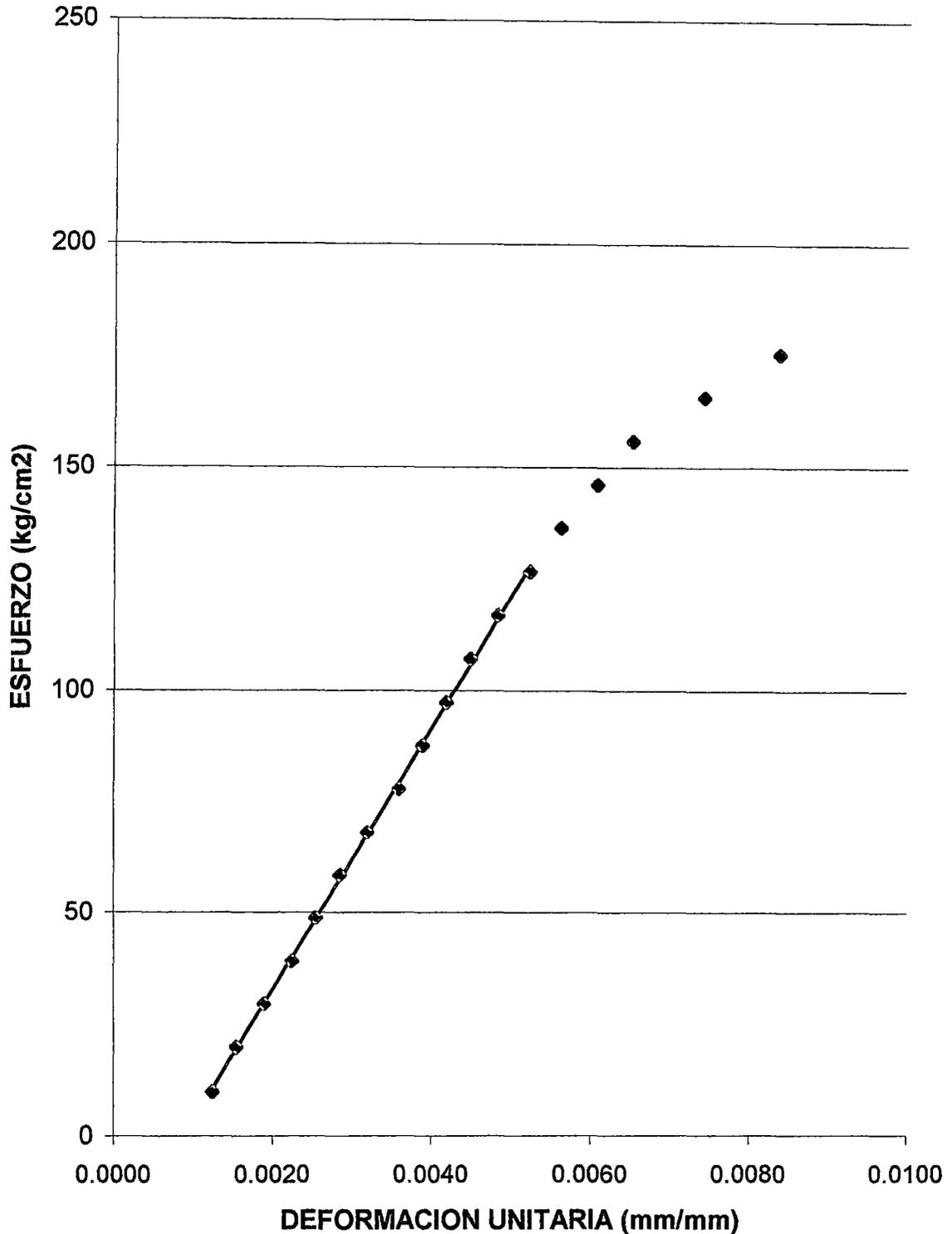
PROBETA N°	ANCHO b (cm)	ESPESOR h (cm)	LONGITUD l (cm)	AREA A (cm ²)	VOLUMEN VERDE (cm ³)	PESOS (gr)	
						VERDE	ANHIDRO
1	5.09	5.02	20.04	25.55	512.06	295.5	247.0
2	5.03	5.10	20.03	25.65	513.83	214.5	182.5
3	5.01	5.11	20.03	25.60	512.79	227.5	194.0
4	5.11	5.09	20.00	26.01	520.20	220.0	187.5
5	5.10	5.03	20.10	25.65	515.63	307.0	254.5
6	5.05	5.06	20.12	25.55	514.13	303.5	250.5
7	5.07	5.02	20.06	25.45	510.56	309.0	257.0
8	5.03	5.07	20.03	25.50	510.81	264.5	220.5
9	5.01	5.02	20.08	25.15	505.02	293.0	243.0
10	5.00	5.04	20.03	25.20	504.76	212.0	180.5
11	5.08	5.06	20.00	25.70	514.10	280.4	238.5
12	5.04	5.07	20.07	25.55	512.84	300.5	256.0
13	5.02	5.08	20.11	25.50	512.84	305.0	254.5
14	5.04	5.09	20.08	25.65	515.12	227.0	189.5
15	5.03	5.06	20.01	25.45	509.29	237.5	200.0
16	5.05	5.00	20.06	25.25	506.52	214.0	181.5
17	5.03	5.03	20.07	25.30	507.79	277.5	232.5
18	5.02	5.01	20.05	25.15	504.26	298.5	252.5
19	5.09	5.02	20.06	25.55	512.57	243.0	204.5
20	5.03	5.10	20.04	25.65	514.09	261.5	219.5

ENSAYO DE COMPRESION PARALELA A LA FIBRA PROB N° 01



◆ ESFUERZO TEORICO — ESFUERZO CALCULADO

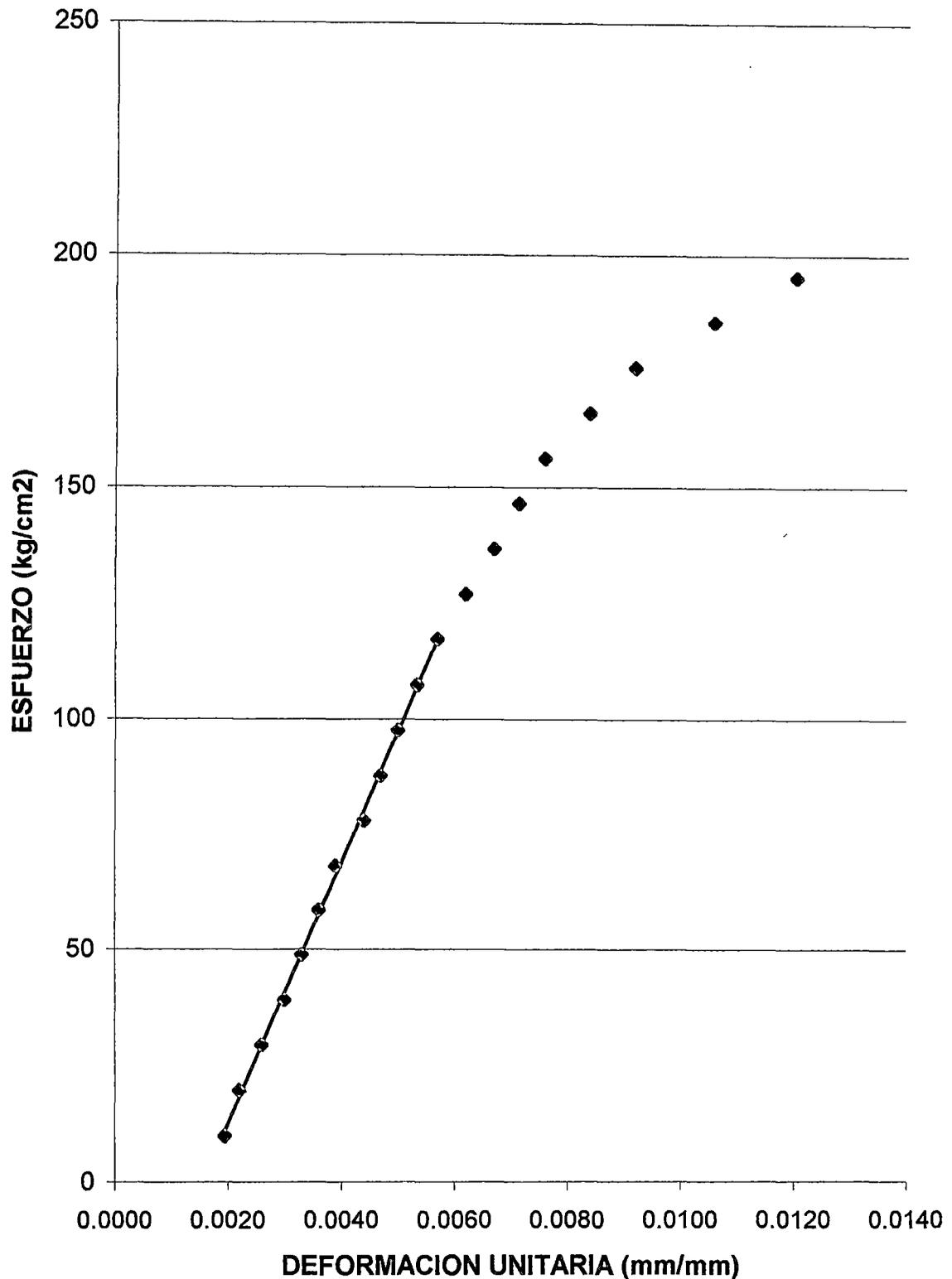
**ENSAYO DE COMPRESION
PARALELA A LA FIBRA
PROB N° 02**



◆ ESFUERZO TEORICO — ESFUERZO CALCULADO

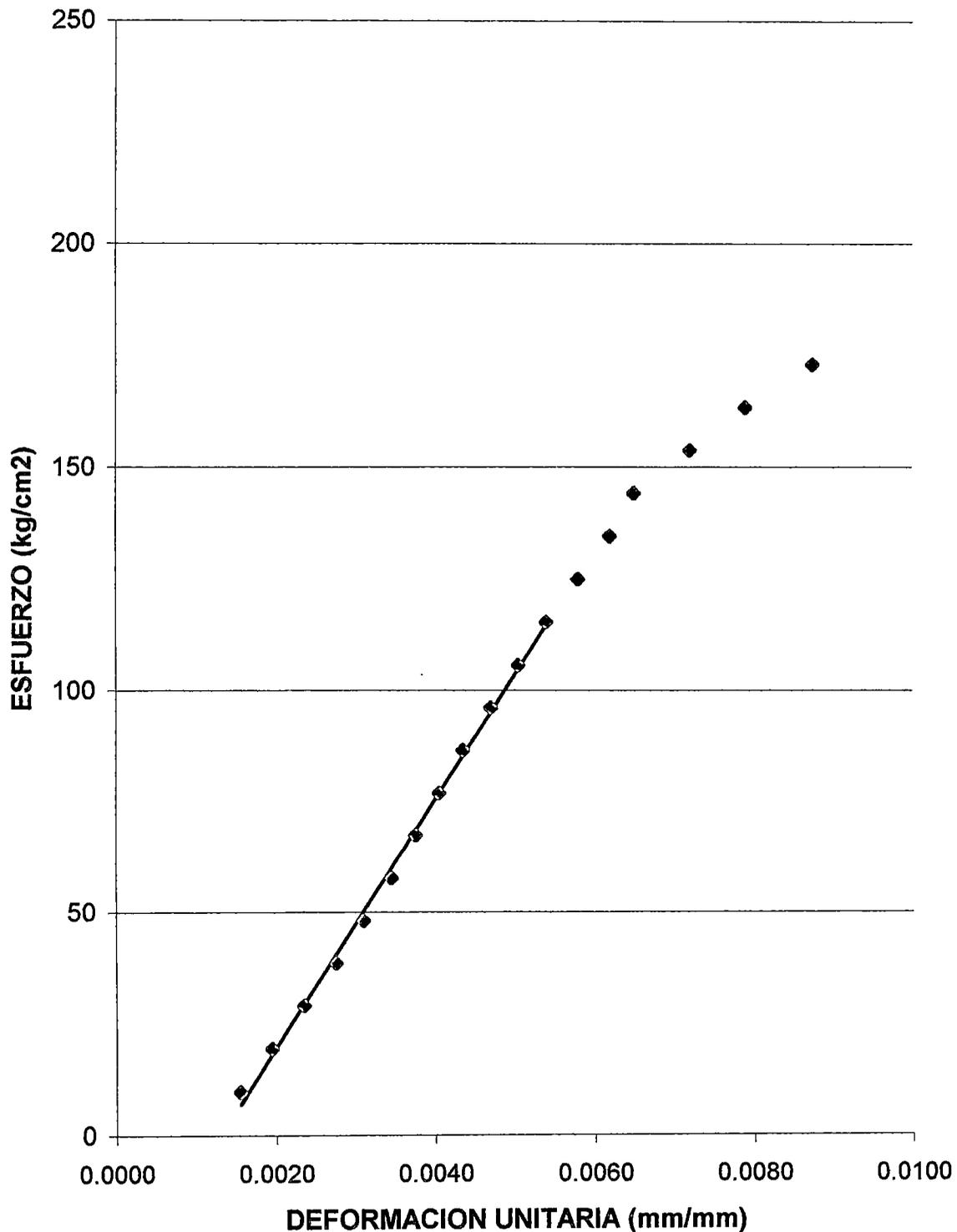
ENSAYO DE FLEXION ESTATICA

PROB N° 03



◆ ESFUERZO TEORICO — ESFUERZO CALCULADO

ENSAYO DE COMPRESION PARALELA A LA FIBRA PROB N° 04



◆ ESFUERZO TEORICO — ESFUERZO CALCULADO

**ENSAYO DE COMPRESION PARALELA A LA FIBRA
CATAHUA AMARILLA - SATIPO**

AREA = 25.65 cm²
 LONGITUD = 20.10 cm
 HUMEDAD = 20.63 %

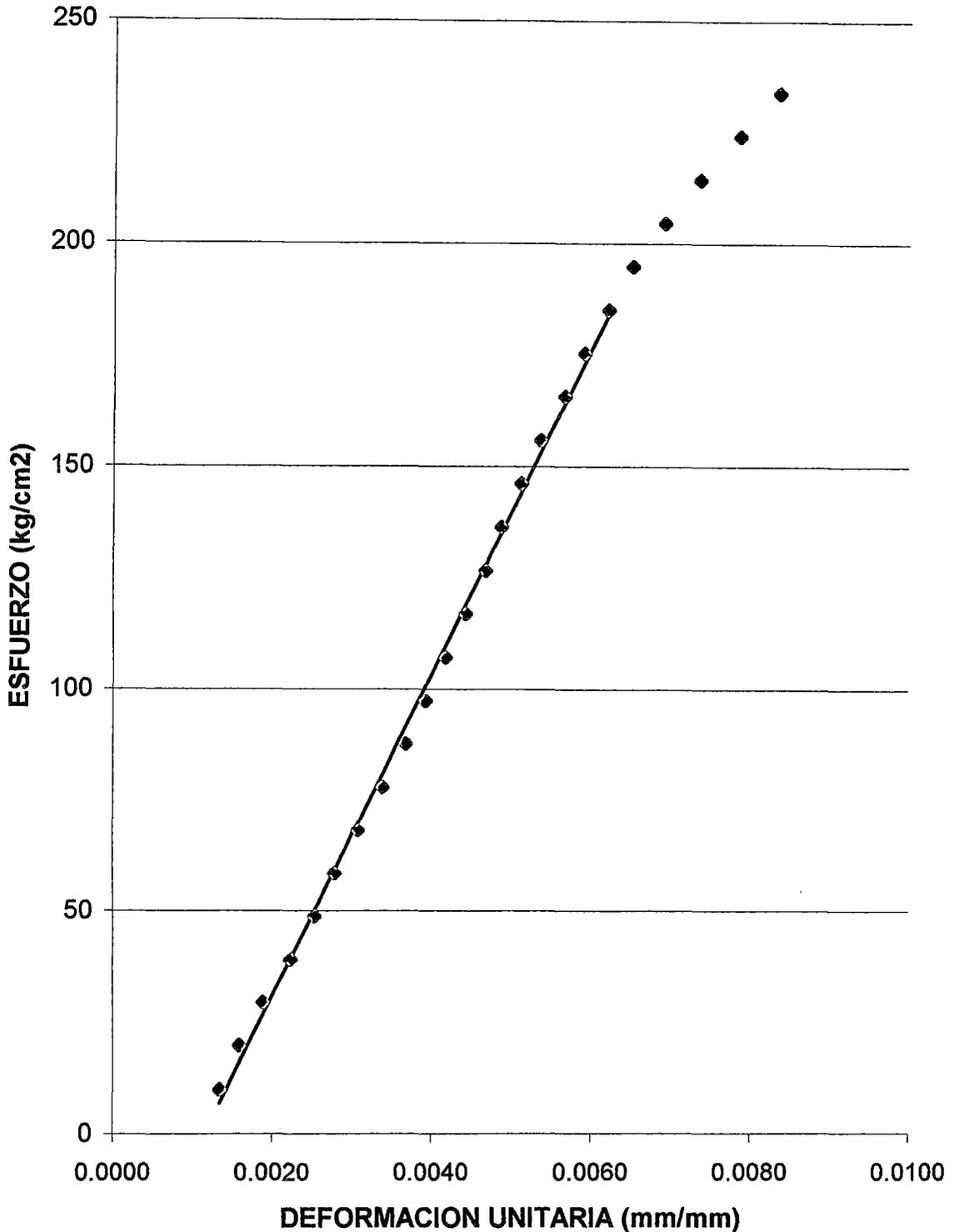
PROBETA N° 05

Nro	CARGA (kg)	DEF. REAL (cm)	ESFUERZO (kg/cm ²)	e (mm/mm)	ESF. CALCUL (kg/cm ²)
01	250.00	0.027	9.745	0.0013	6.754
02	500.00	0.032	19.491	0.0016	15.802
03	750.00	0.038	29.236	0.0019	26.658
04	1000.00	0.045	38.982	0.0022	39.324
05	1250.00	0.051	48.727	0.0025	50.181
06	1500.00	0.056	58.473	0.0028	59.228
07	1750.00	0.062	68.218	0.0031	70.084
08	2000.00	0.068	77.964	0.0034	80.941
09	2250.00	0.074	87.709	0.0037	91.797
10	2500.00	0.079	97.454	0.0039	100.844
11	2750.00	0.084	107.200	0.0042	109.892
12	3000.00	0.089	116.945	0.0044	118.939
13	3250.00	0.094	126.691	0.0047	127.986
14	3500.00	0.098	136.436	0.0049	135.223
15	3750.00	0.103	146.182	0.0051	144.271
16	4000.00	0.108	155.927	0.0054	153.318
17	4250.00	0.114	165.673	0.0057	164.174
18	4500.00	0.119	175.418	0.0059	173.221
19	4750.00	0.125	185.164	0.0062	184.078
20	5000.00	0.131	194.909	0.0065	194.934
21	5250.00	0.139	204.654	0.0069	209.410
22	5500.00	0.148	214.400	0.0074	225.695
23	5750.00	0.158	224.145	0.0079	243.789
24	6000.00	0.168	233.891	0.0084	261.883

ECUACION DE LA RECTA :	$y = mx + b$	b = -42.100
		m = 36369.408

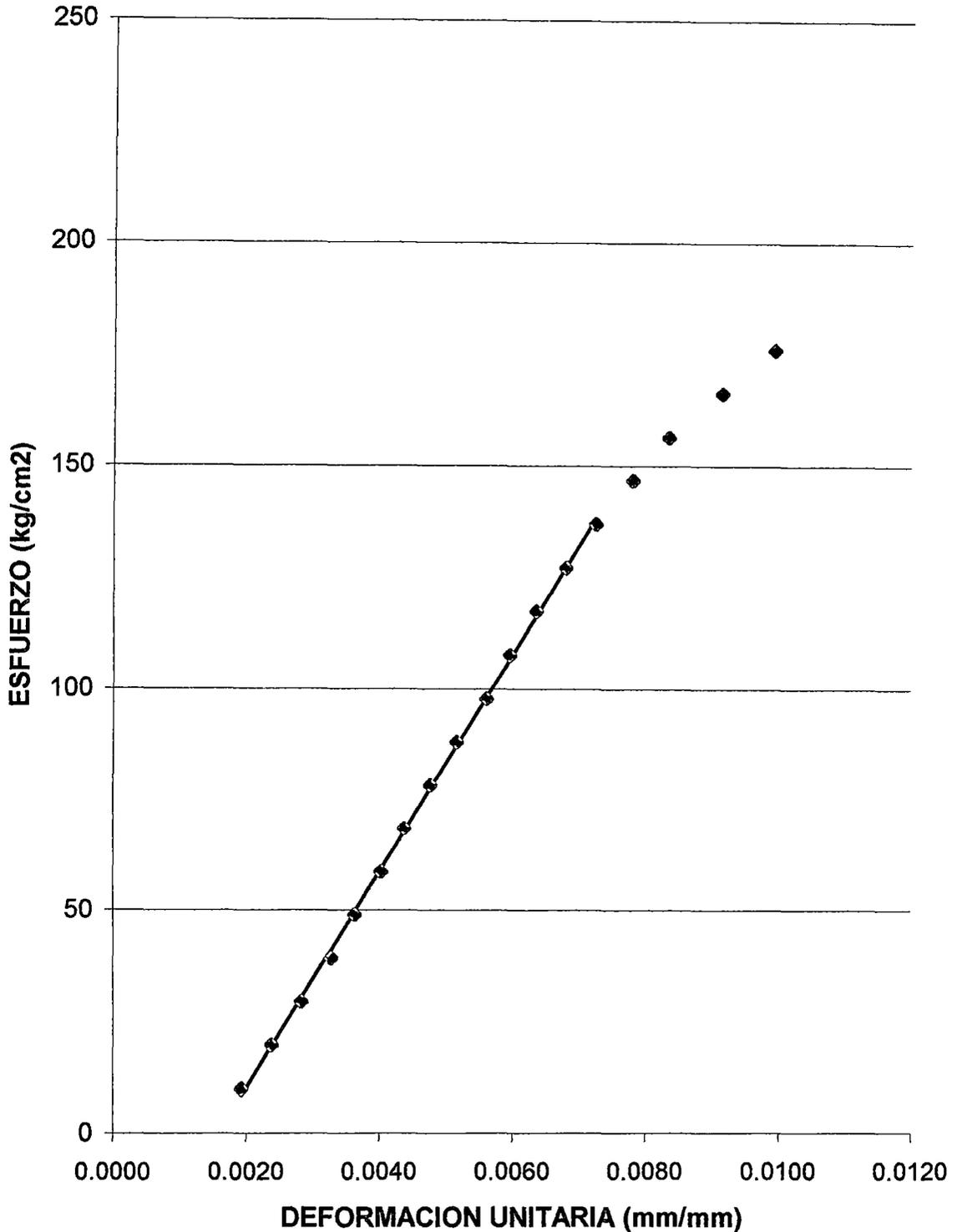
Coef. de Correlacion: 0.9990

ENSAYO DE COMPRESION PARALELA A LA FIBRA PROB N° 05



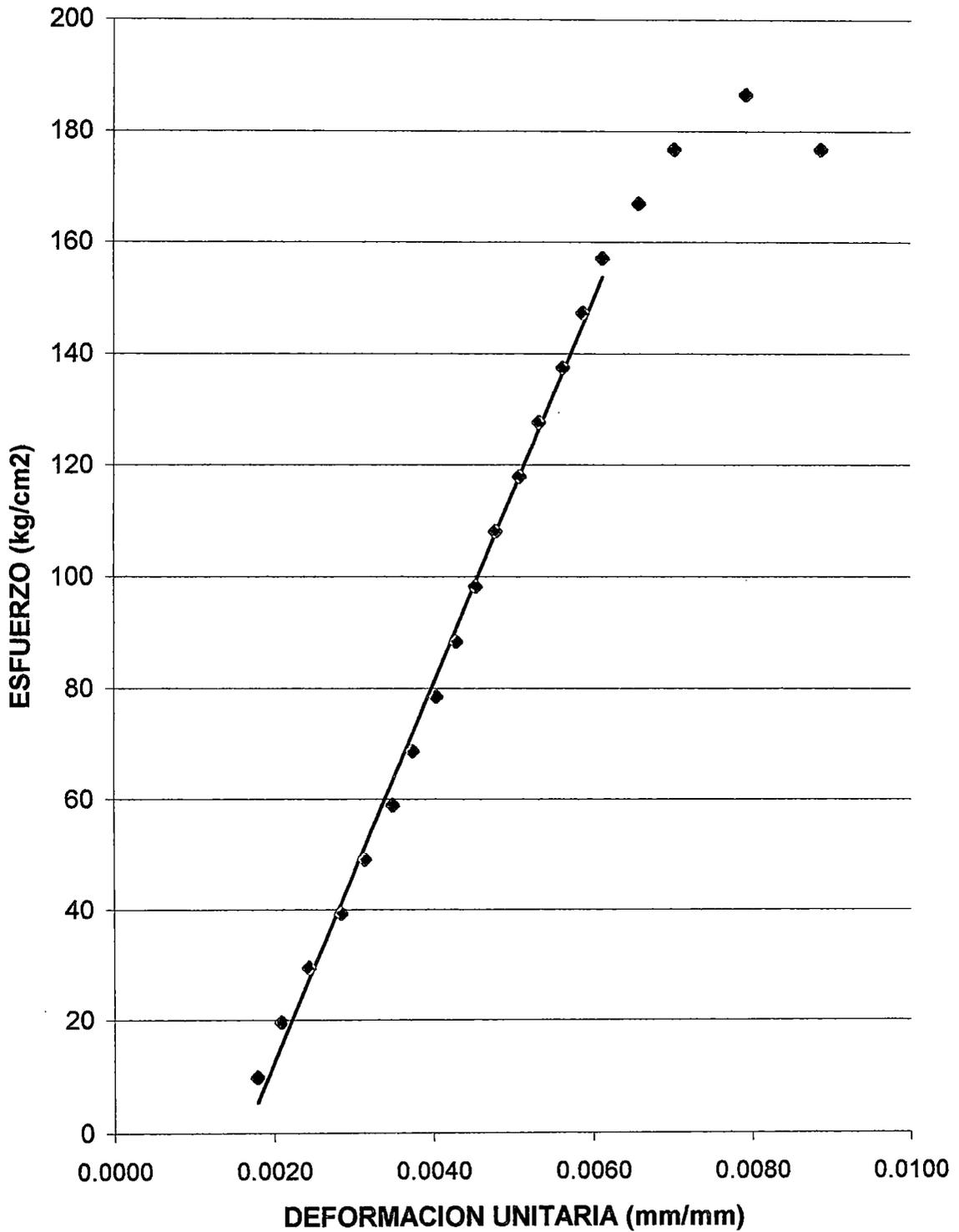
◆ ESFUERZO TEORICO — ESFUERZO CALCULADO

**ENSAYO DE COMPRESION
PARALELA A LA FIBRA
PROB N° 06**



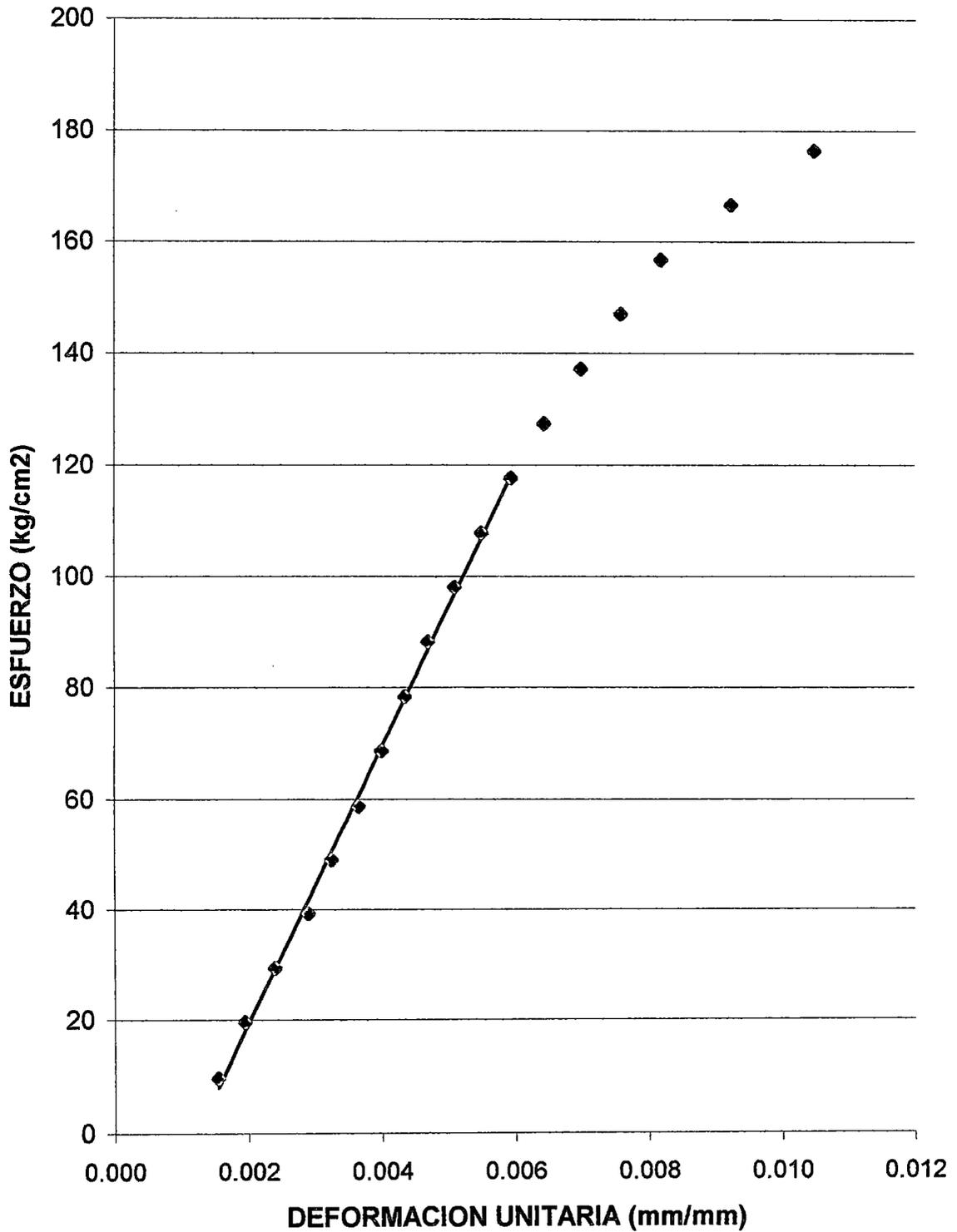
◆ ESFUERZO TEORICO — ESFUERZO CALCULADO

**ENSAYO DE COMPRESION
PARALELA A LA FIBRA
PROB N° 07**



◆ ESFUERZO TEORICO — ESFUERZO CALCULADO

ENSAYO DE COMPRESION PARALELA A LA FIBRA PROB N° 08



◆ ESFUERZO TEORICO — ESFUERZO CALCULADO

**ENSAYO DE COMPRESION PARALELA A LA FIBRA
CATAHUA AMARILLA - SATIPO**

AREA = 25.15 cm²
 LONGITUD = 20.08 cm
 HUMEDAD = 20.58 %

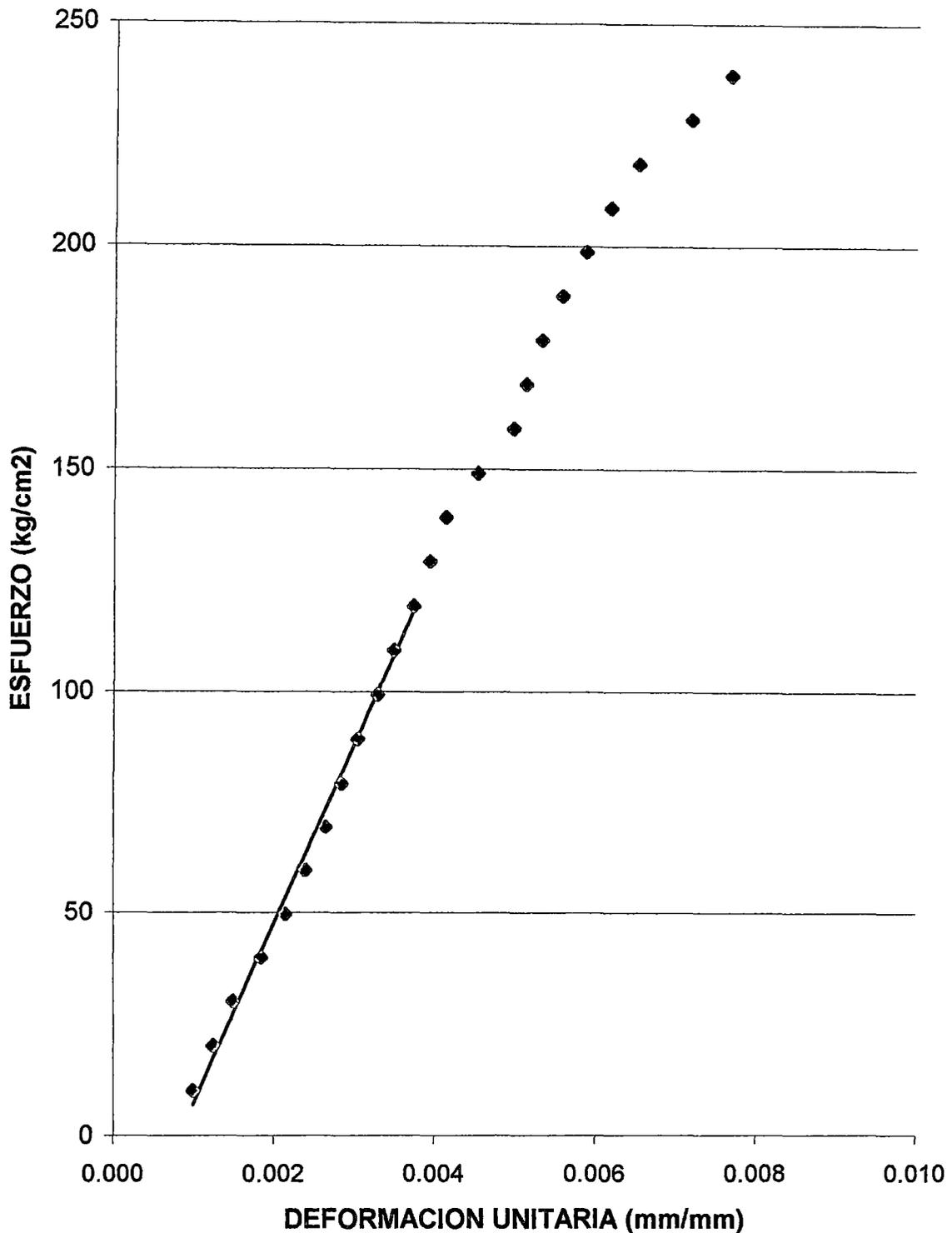
PROBETA N° 09

Nro	CARGA (kg)	DEF. REAL (cm)	ESFUERZO (kg/cm ²)	e (mm/mm)	ESF. CALCUL (kg/cm ²)
01	250.00	0.020	9.940	0.0010	6.852
02	500.00	0.025	19.881	0.0012	16.990
03	750.00	0.030	29.821	0.0015	27.128
04	1000.00	0.037	39.761	0.0018	41.321
05	1250.00	0.043	49.701	0.0021	53.486
06	1500.00	0.048	59.642	0.0024	63.624
07	1750.00	0.053	69.582	0.0026	73.762
08	2000.00	0.057	79.522	0.0028	81.873
09	2250.00	0.061	89.463	0.0030	89.983
10	2500.00	0.066	99.403	0.0033	100.121
11	2750.00	0.070	109.343	0.0035	108.231
12	3000.00	0.075	119.283	0.0037	118.369
13	3250.00	0.079	129.224	0.0039	126.480
14	3500.00	0.083	139.164	0.0041	134.590
15	3750.00	0.091	149.104	0.0045	150.811
16	4000.00	0.100	159.044	0.0050	169.059
17	4250.00	0.103	168.985	0.0051	175.142
18	4500.00	0.107	178.925	0.0053	183.252
19	4750.00	0.112	188.865	0.0056	193.390
20	5000.00	0.118	198.806	0.0059	205.556
21	5250.00	0.124	208.746	0.0062	217.721
22	5500.00	0.131	218.686	0.0065	231.914
23	5750.00	0.144	228.626	0.0072	258.273
24	6000.00	0.154	238.567	0.0077	278.549

ECUACION DE LA RECTA :	$y = mx + b$	b = -33.700
		m = 40713.988

Coef. de Correlacion: 0.9979

**ENSAYO DE COMPRESION
PARALELA A LA FIBRA
PROB N° 09**



◆ ESFUERZO TEORICO — ESFUERZO CALCULADO

**ENSAYO DE COMPRESION PARALELA A LA FIBRA
CATAHUA AMARILLA - SATIPO**

AREA = 25.20 cm²
 LONGITUD = 20.03 cm
 HUMEDAD = 17.45 %

PROBETA N° 10

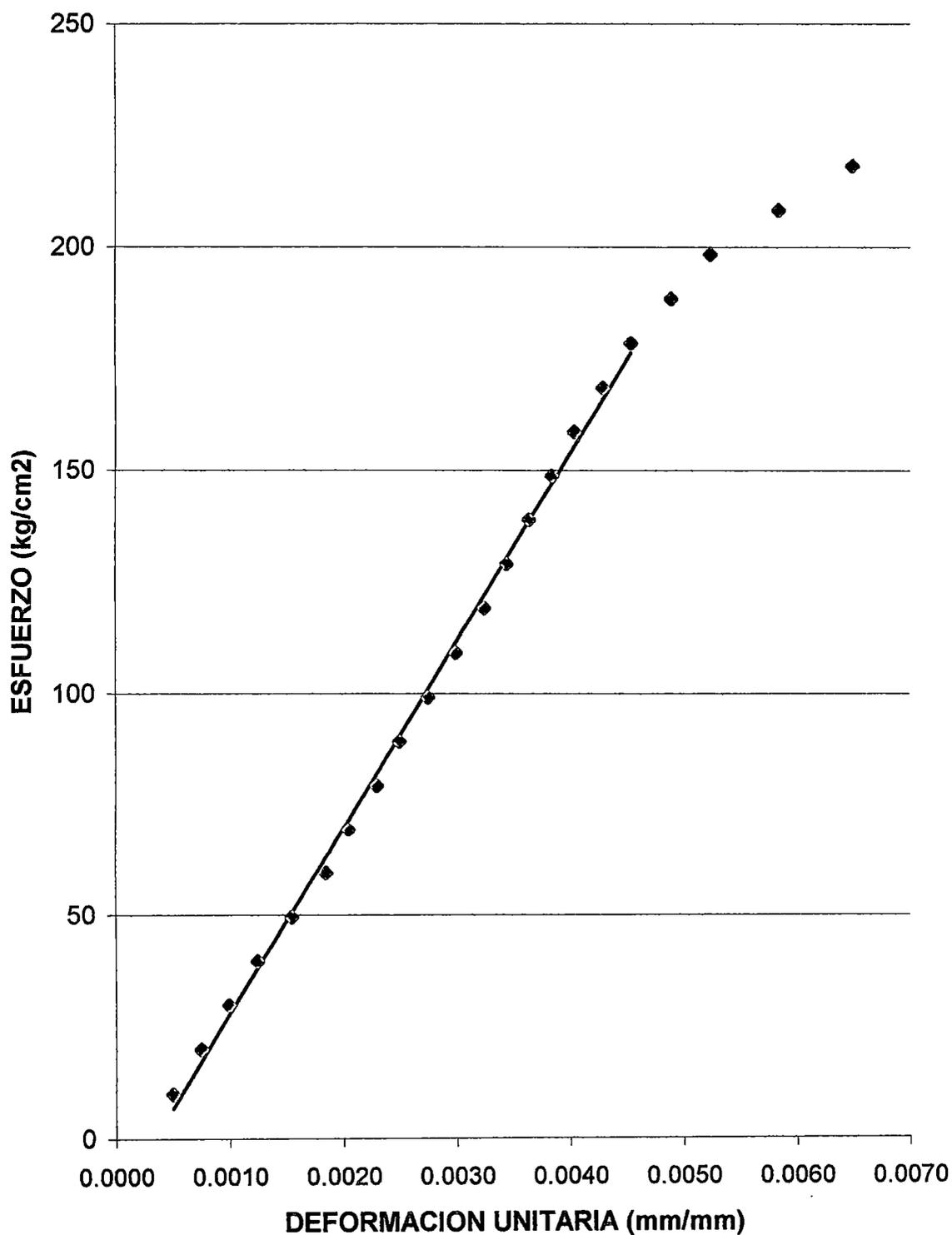
Nro	CARGA (kg)	DEF. REAL (cm)	ESFUERZO (kg/cm ²)	e (mm/mm)	ESF. CALCUL (kg/cm ²)
01	250.00	0.010	9.921	0.0005	6.664
02	500.00	0.015	19.841	0.0007	17.147
03	750.00	0.020	29.762	0.0010	27.629
04	1000.00	0.025	39.683	0.0012	38.111
05	1250.00	0.031	49.603	0.0015	50.690
06	1500.00	0.037	59.524	0.0018	63.268
07	1750.00	0.041	69.444	0.0020	71.654
08	2000.00	0.046	79.365	0.0023	82.136
09	2250.00	0.050	89.286	0.0025	90.522
10	2500.00	0.055	99.206	0.0027	101.004
11	2750.00	0.060	109.127	0.0030	111.487
12	3000.00	0.065	119.048	0.0032	121.969
13	3250.00	0.069	128.968	0.0034	130.355
14	3500.00	0.073	138.889	0.0036	138.740
15	3750.00	0.077	148.810	0.0038	147.126
16	4000.00	0.081	158.730	0.0040	155.512
17	4250.00	0.086	168.651	0.0043	165.994
18	4500.00	0.091	178.571	0.0045	176.476
19	4750.00	0.098	188.492	0.0049	191.151
20	5000.00	0.105	198.413	0.0052	205.826
21	5250.00	0.117	208.333	0.0058	230.984
22	5500.00	0.130	218.254	0.0065	258.237

ECUACION DE LA RECTA :	$y = mx + b$	b = -14.300 m = 41991.737
------------------------	--------------	------------------------------

Coef. de Correlacion: 0.9990

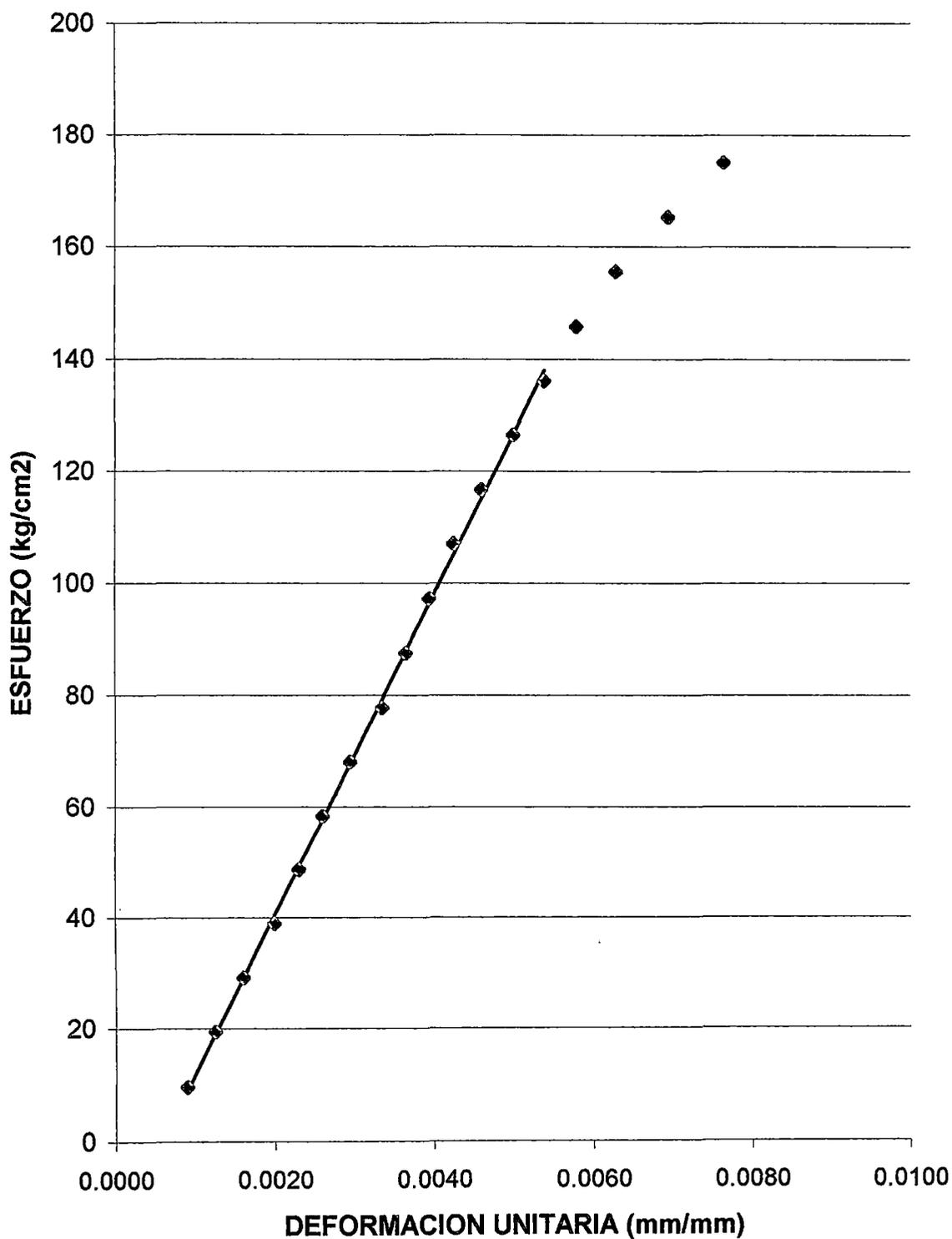
ENSAYO DE COMPRESION PARALELA A LA FIBRA

PROB N° 10



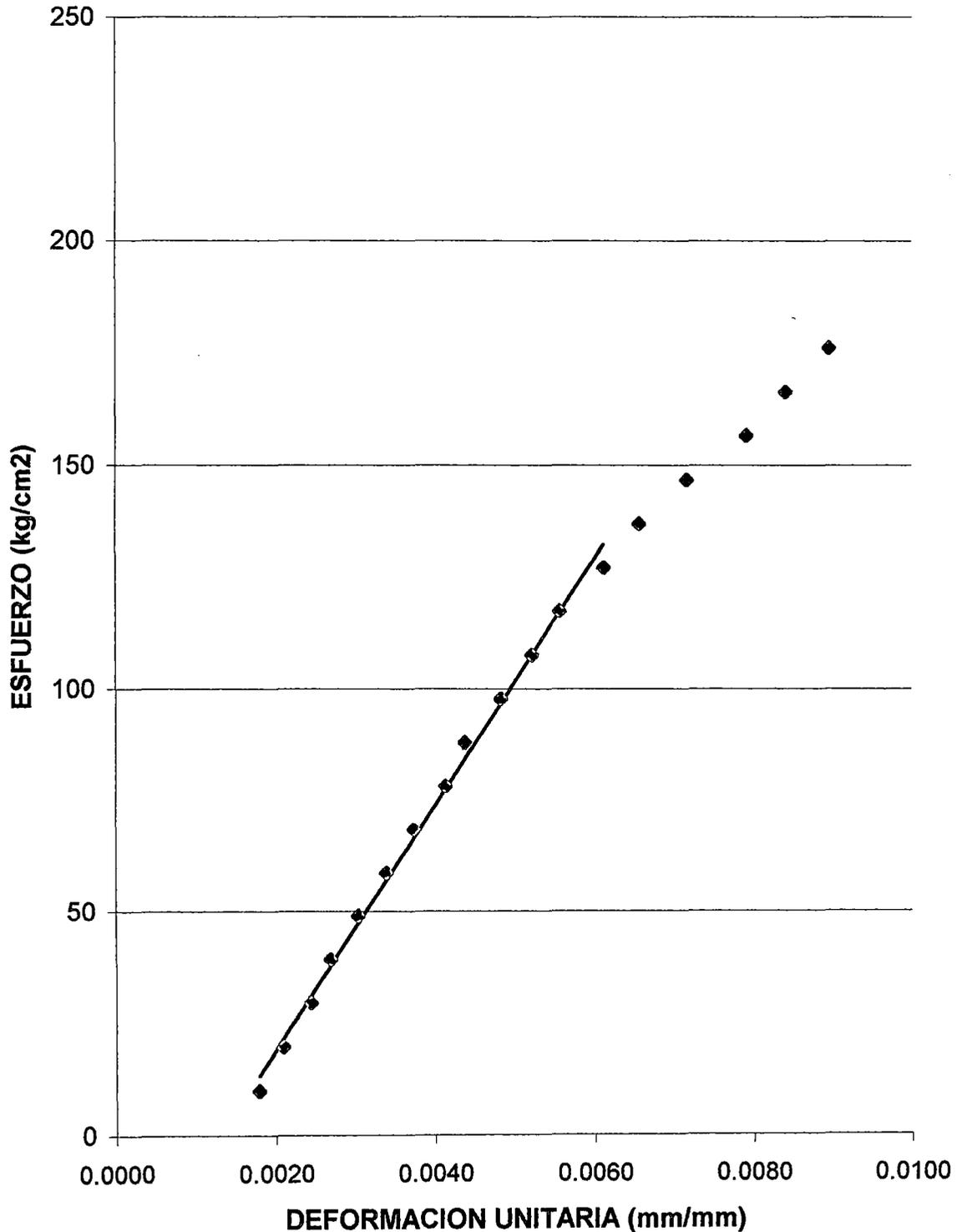
◆ ESFUERZO TEORICO — ESFUERZO CALCULADO

ENSAYO DE COMPRESION PARALELA A LA FIBRA PROB N° 11



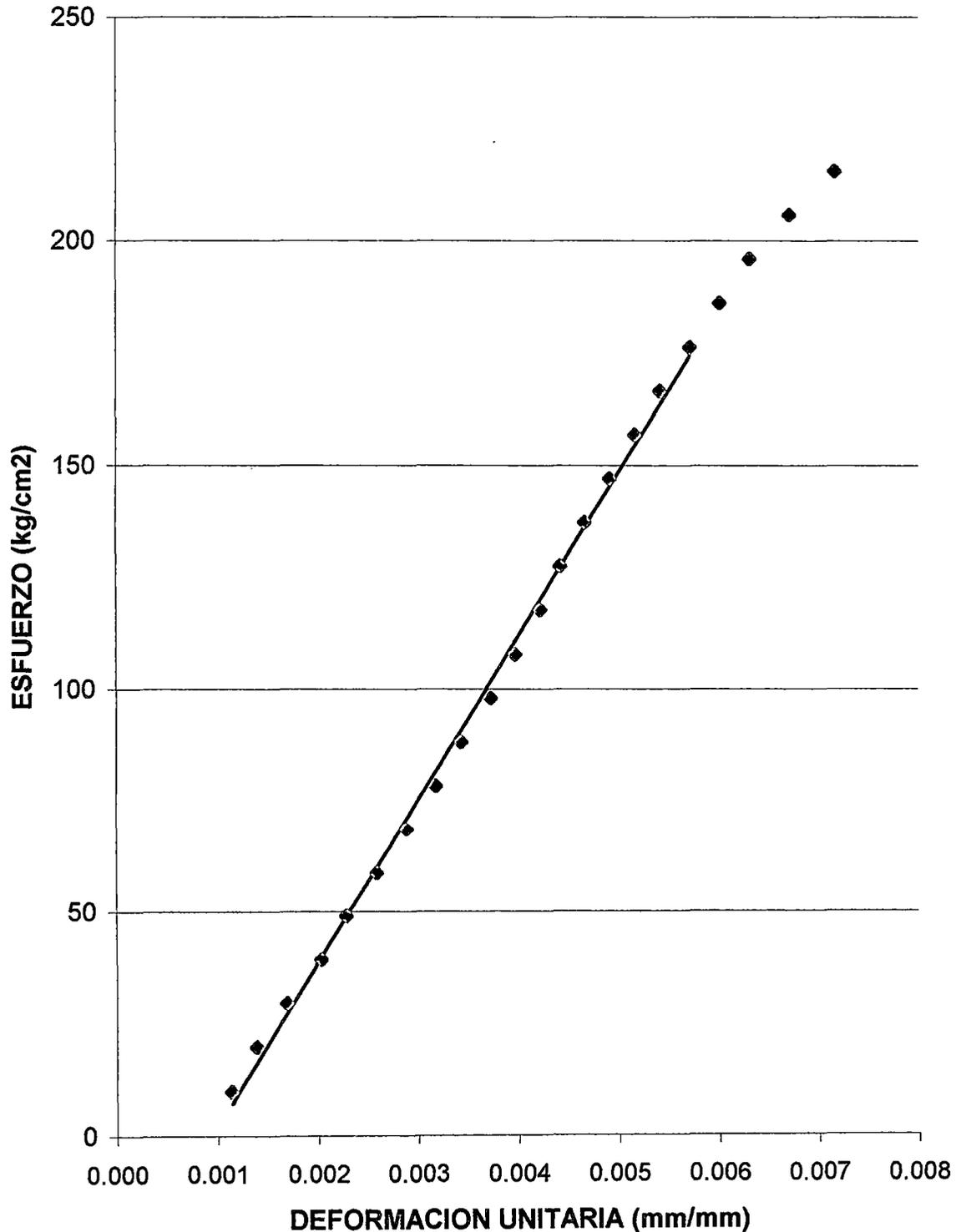
◆ ESFUERZO TEORICO — ESFUERZO CALCULADO

ENSAYO DE COMPRESION PARALELA A LA FIBRA PROB N° 12



◆ ESFUERZO TEORICO — ESFUERZO CALCULADO

ENSAYO DE COMPRESION PARALELA A LA FIBRA PROB N° 13



◆ ESFUERZO TEORICO — ESFUERZO CALCULADO

**ENSAYO DE COMPRESION PARALELA A LA FIBRA
CATAHUA AMARILLA - SATIPO**

AREA = 25.65 cm²
 LONGITUD = 20.08 cm
 HUMEDAD = 19.79 %

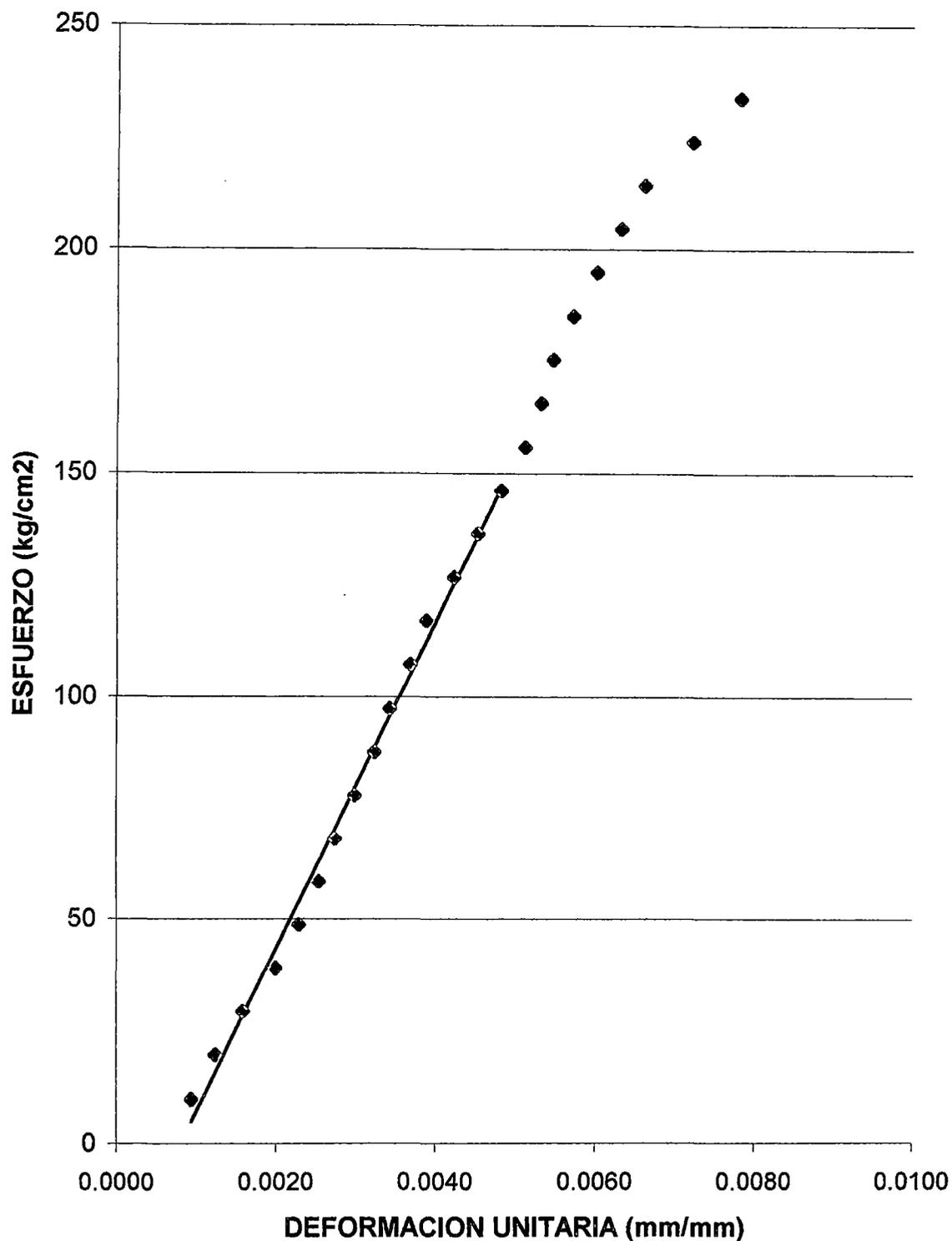
PROBETA N° 14

Nro	CARGA (kg)	DEF. REAL (cm)	ESFUERZO (kg/cm ²)	e (mm/mm)	ESF. CALCUL (kg/cm ²)
01	250.00	0.019	9.745	0.0009	4.828
02	500.00	0.025	19.490	0.0012	15.764
03	750.00	0.032	29.236	0.0016	28.522
04	1000.00	0.040	38.981	0.0020	43.102
05	1250.00	0.046	48.726	0.0023	54.037
06	1500.00	0.051	58.471	0.0025	63.150
07	1750.00	0.055	68.217	0.0027	70.440
08	2000.00	0.060	77.962	0.0030	79.553
09	2250.00	0.065	87.707	0.0032	88.666
10	2500.00	0.069	97.452	0.0034	95.956
11	2750.00	0.074	107.197	0.0037	105.068
12	3000.00	0.078	116.943	0.0039	112.359
13	3250.00	0.085	126.688	0.0042	125.117
14	3500.00	0.091	136.433	0.0045	136.052
15	3750.00	0.097	146.178	0.0048	146.987
16	4000.00	0.103	155.924	0.0051	157.922
17	4250.00	0.107	165.669	0.0053	165.213
18	4500.00	0.110	175.414	0.0055	170.680
19	4750.00	0.115	185.159	0.0057	179.793
20	5000.00	0.121	194.904	0.0060	190.728
21	5250.00	0.127	204.650	0.0063	201.663
22	5500.00	0.133	214.395	0.0066	212.599
23	5750.00	0.145	224.140	0.0072	234.469
24	6000.00	0.157	233.885	0.0078	256.340

ECUACION DE LA RECTA : $y = mx + b$	b = -29.800 m = 36596.746
-------------------------------------	------------------------------

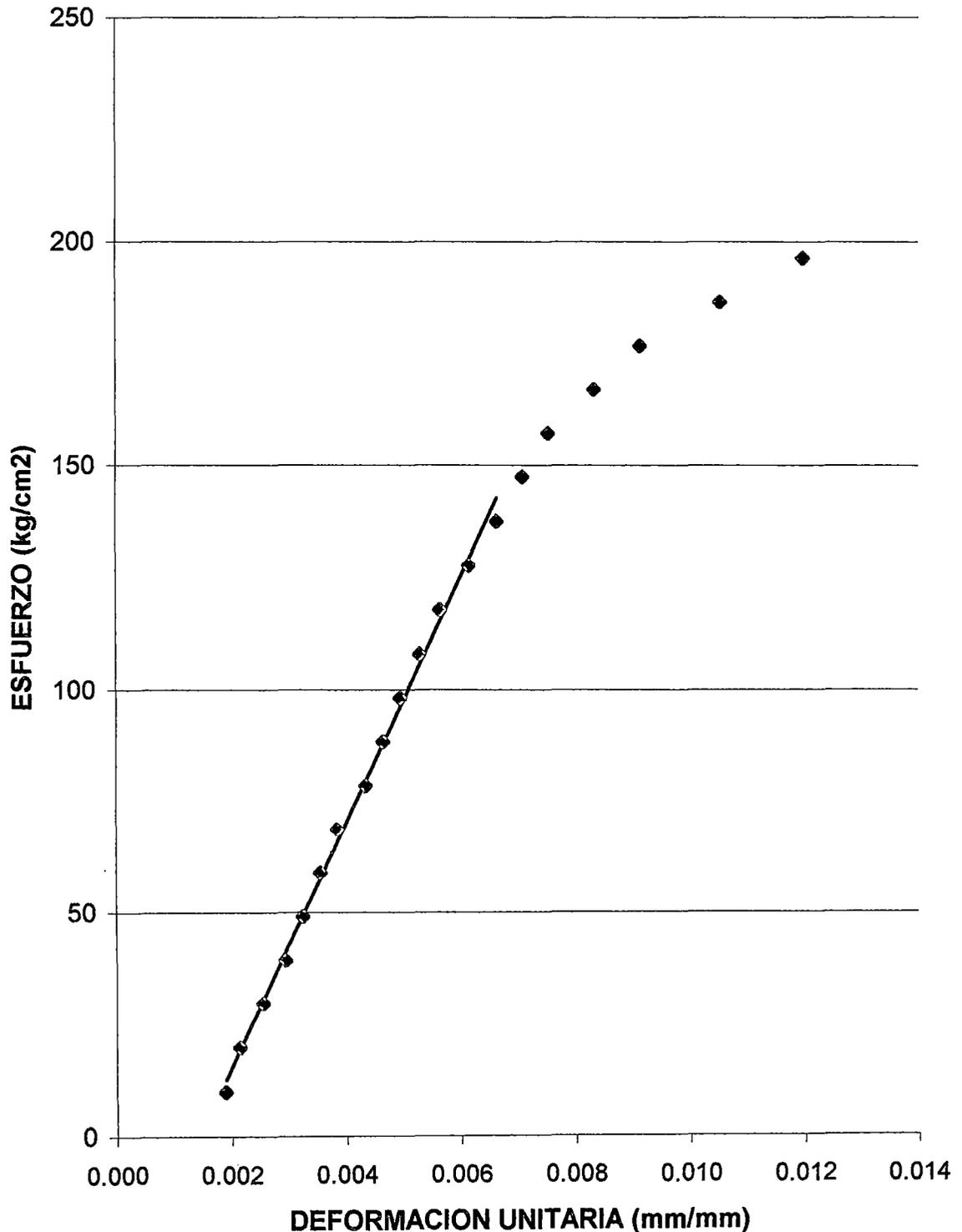
Coef. de Correlacion: 0.9973

ENSAYO DE COMPRESION PARALELA A LA FIBRA PROB N° 14



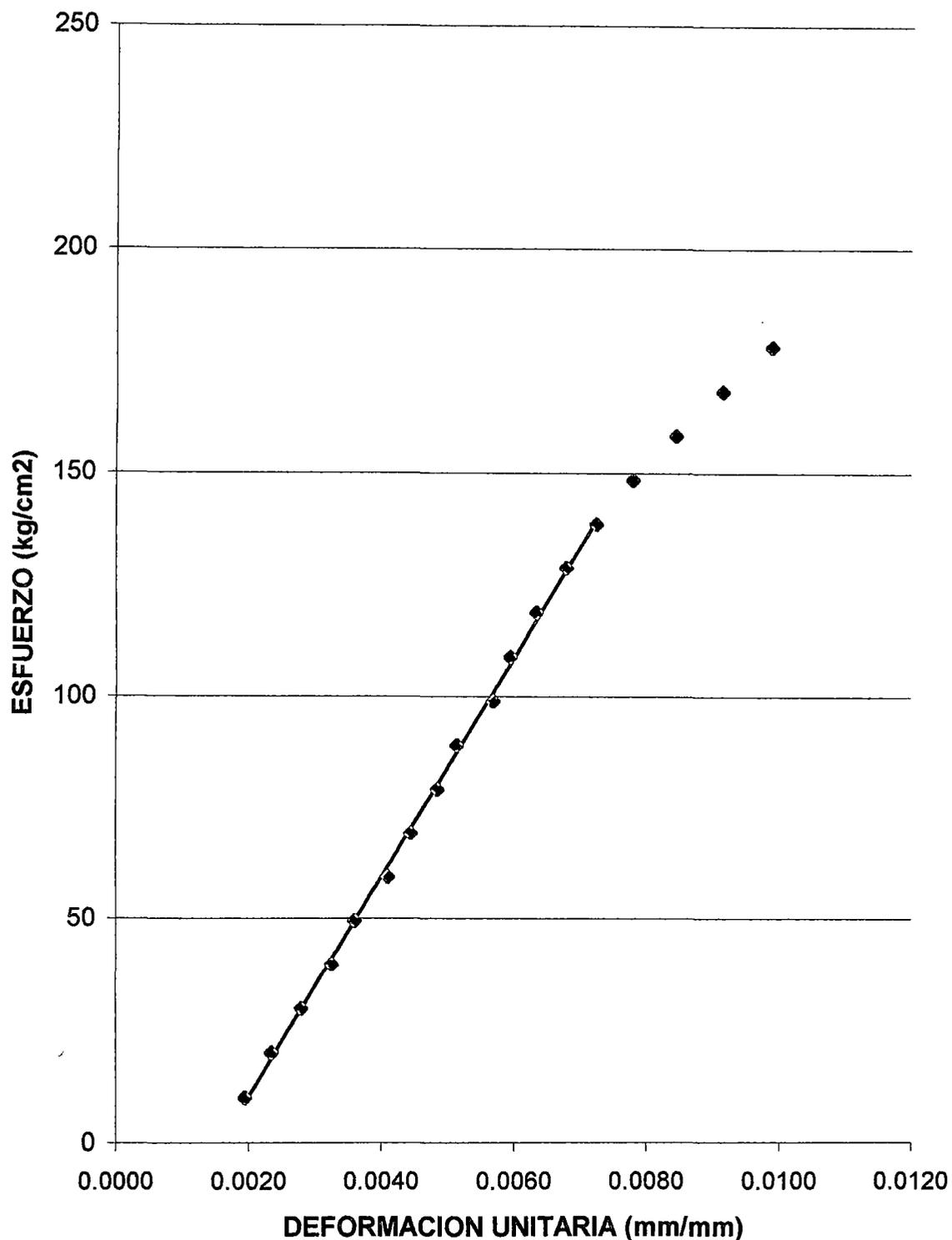
◆ ESFUERZO TEORICO — ESFUERZO CALCULADO

ENSAYO DE COMPRESION PARALELA A LA FIBRA PROB N° 15



◆ ESFUERZO TEORICO — ESFUERZO CALCULADO

ENSAYO DE COMPRESION PARALELA A LA FIBRA PROB N° 16



◆ ESFUERZO TEORICO — ESFUERZO CALCULADO

**ENSAYO DE COMPRESION PARALELA A LA FIBRA
CATAHUA AMARILLA - SATIPO**

AREA = 25.30 cm²
 LONGITUD = 20.07 cm
 HUMEDAD = 19.35 %

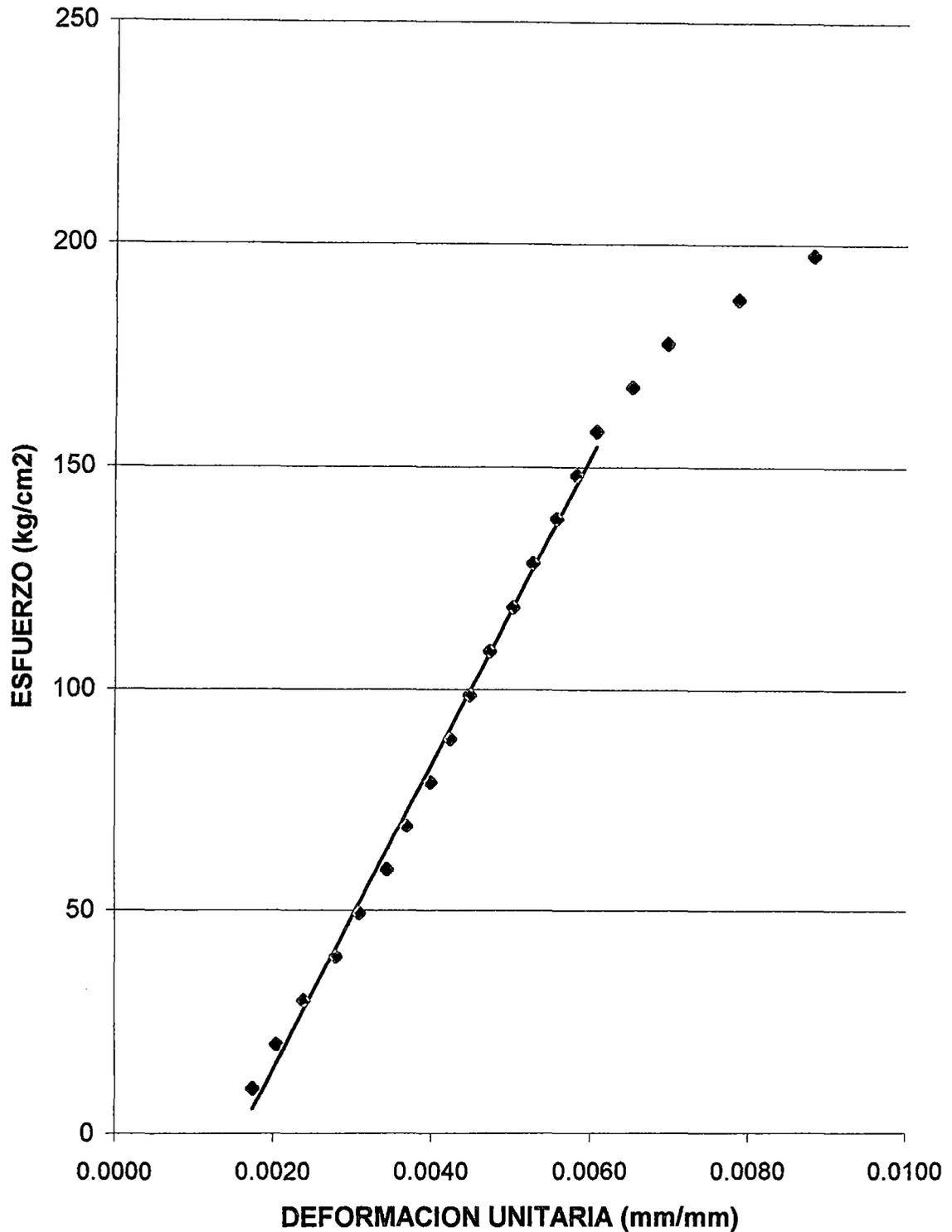
PROBETA N° 17

Nro	CARGA (kg)	DEF. REAL (cm)	ESFUERZO (kg/cm ²)	e (mm/mm)	ESF. CALCUL (kg/cm ²)
01	250.00	0.035	9.881	0.0017	5.442
02	500.00	0.041	19.762	0.0020	15.735
03	750.00	0.048	29.643	0.0024	27.744
04	1000.00	0.056	39.524	0.0028	41.468
05	1250.00	0.062	49.405	0.0031	51.761
06	1500.00	0.069	59.286	0.0034	63.769
07	1750.00	0.074	69.167	0.0037	72.347
08	2000.00	0.080	79.049	0.0040	82.640
09	2250.00	0.085	88.930	0.0042	91.217
10	2500.00	0.090	98.811	0.0045	99.795
11	2750.00	0.095	108.692	0.0047	108.372
12	3000.00	0.101	118.573	0.0050	118.665
13	3250.00	0.106	128.454	0.0053	127.242
14	3500.00	0.112	138.335	0.0056	137.535
15	3750.00	0.117	148.216	0.0058	146.113
16	4000.00	0.122	158.097	0.0061	154.690
17	4250.00	0.131	167.978	0.0065	170.130
18	4500.00	0.140	177.859	0.0070	185.569
19	4750.00	0.158	187.740	0.0079	216.448
20	5000.00	0.177	197.621	0.0088	249.043

ECUACION DE LA RECTA : $y = mx + b$	b = -54.600 m = 34429.978
-------------------------------------	------------------------------

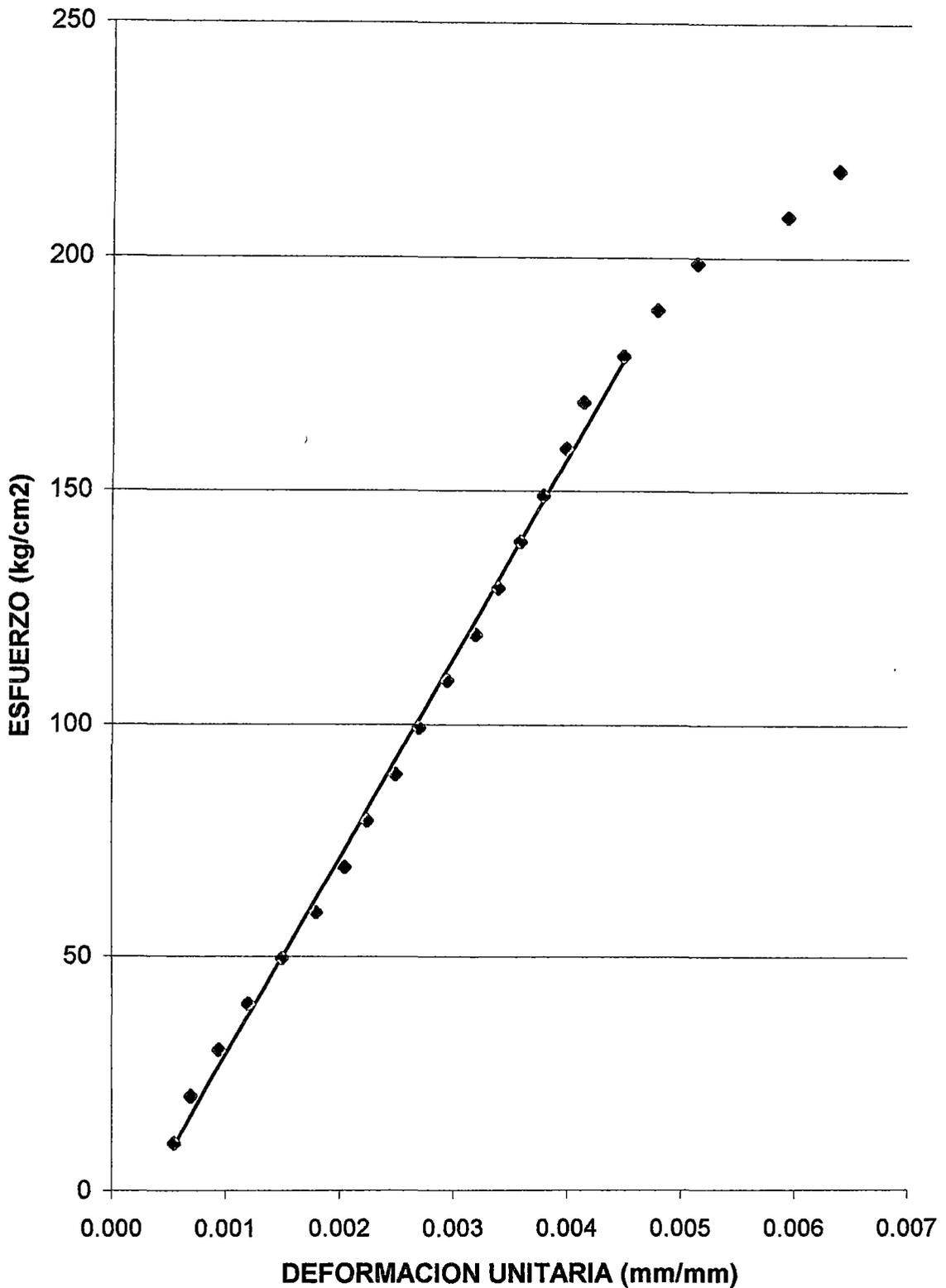
Coef. de Correlacion: 0.9982

ENSAYO DE COMPRESION PARALELA A LA FIBRA PROB N° 17



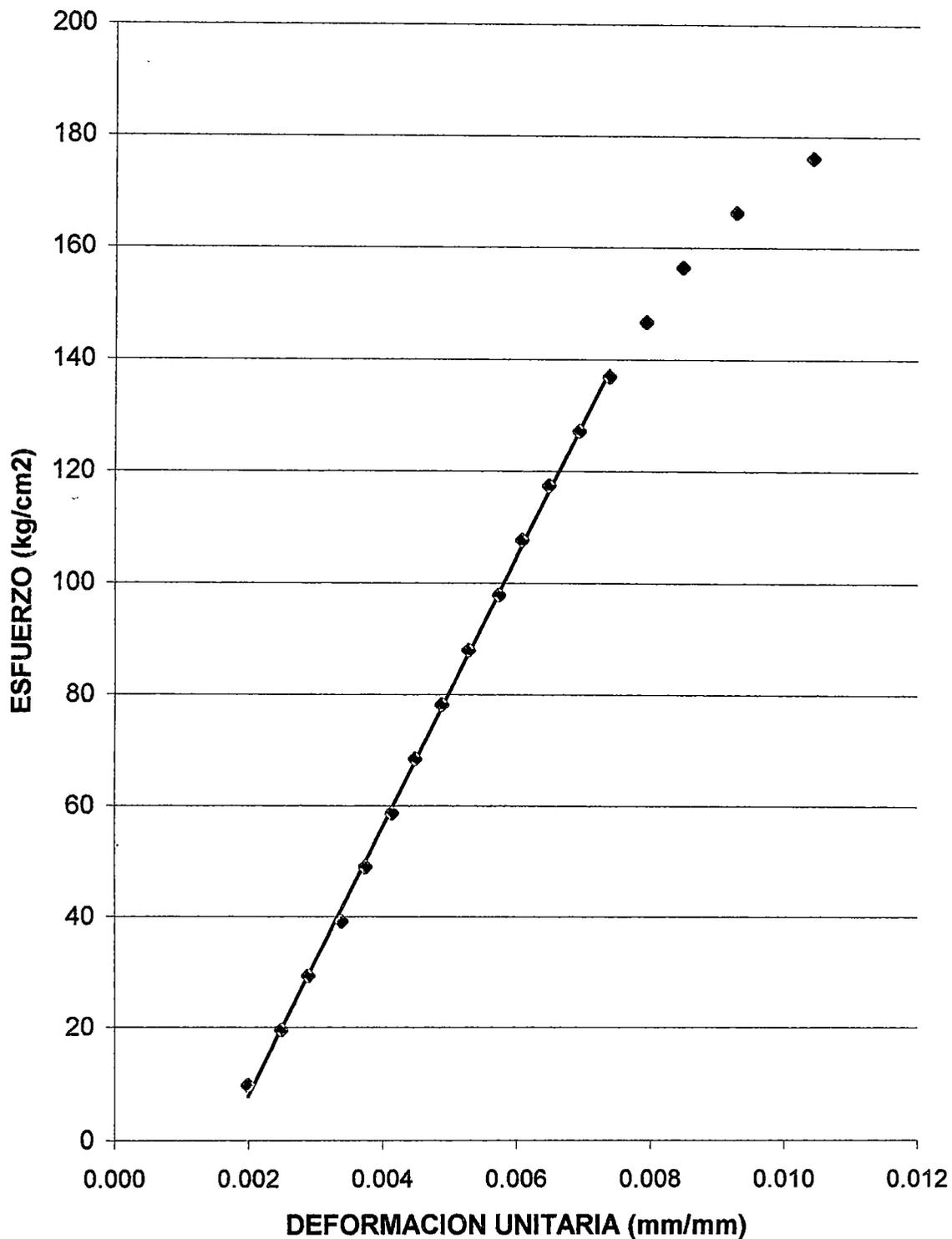
◆ ESFUERZO TEORICO — ESFUERZO CALCULADO

ENSAYO DE COMPRESION PARALELA A LA FIBRA PROB N° 18



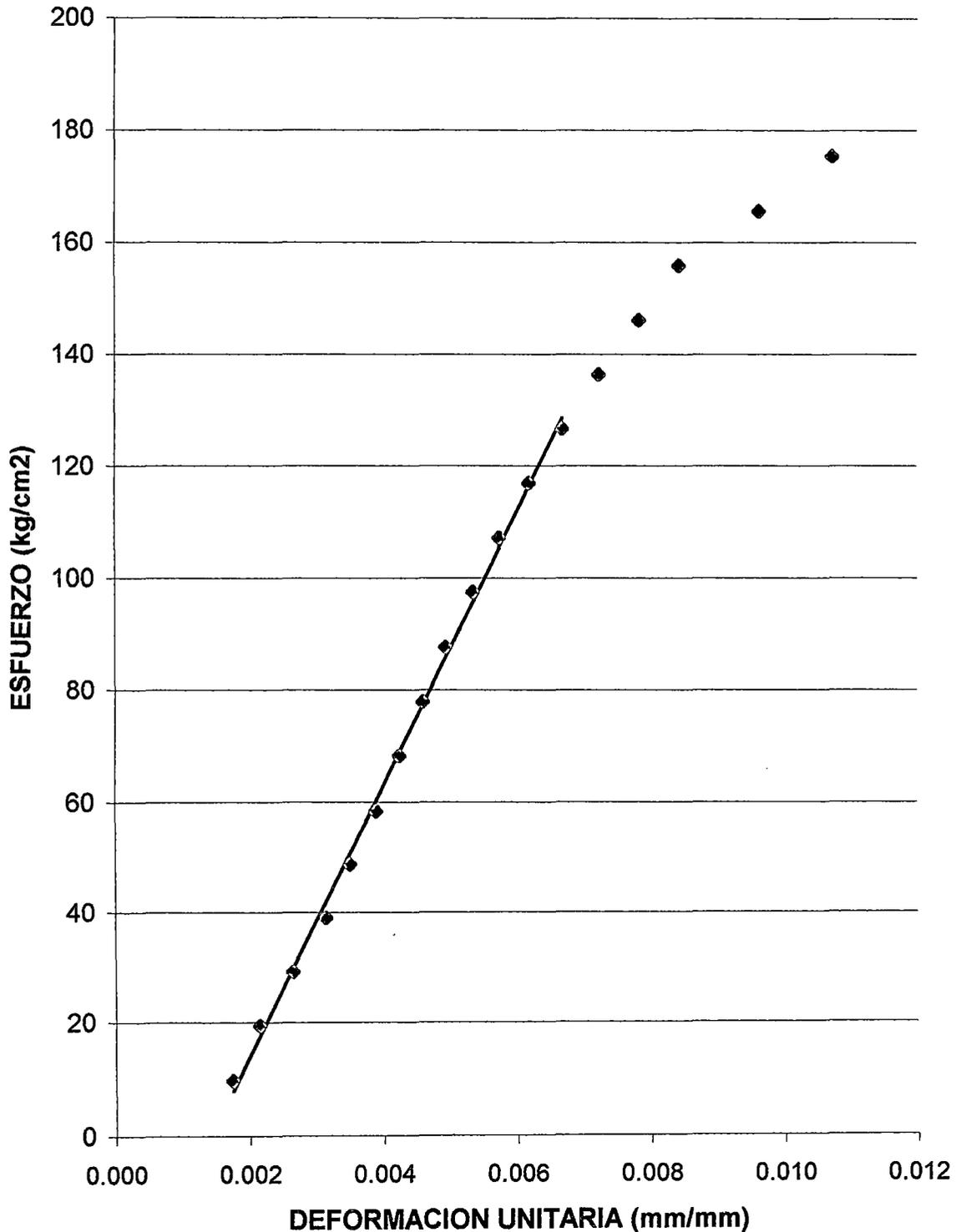
◆ ESFUERZO TEORICO — ESFUERZO CALCULADO

ENSAYO DE COMPRESION PARALELA A LA FIBRA PROB N° 19



◆ ESFUERZO TEORICO — ESFUERZO CALCULADO

ENSAYO DE COMPRESION PARALELA A LA FIBRA PROB N° 20



◆ ESFUERZO TEORICO — ESFUERZO CALCULADO

ENSAYOS MECANICOS

ENSAYO DE FLEXION ESTATICA

CARACTERISTICAS DE LAS PROBETAS

PROBETA Nº	ANCHO b (cm)	ESPESOR h (cm)	LONGITUD l (cm)	AREA A (cm ²)	VOLUMEN VERDE (cm ³)	PESOS (gr)		C.H. (%)
						VERDE	ANHIDRO	
1	5.09	5.02	75.03	25.55	1917.15	105.5	90.1	17.09
2	5.03	5.10	75.05	25.65	1925.26	146.0	124.0	17.74
3	5.01	5.11	75.04	25.60	1921.11	136.0	113.8	19.51
4	5.11	5.07	75.03	25.91	1943.85	148.5	126.8	17.11
5	5.10	5.03	75.11	25.65	1926.80	142.5	120.4	18.36
6	5.05	5.06	75.00	25.55	1916.48	126.0	105.3	19.66
7	5.07	5.02	75.01	25.45	1909.11	109.5	92.4	18.51
8	5.03	5.07	75.06	25.50	1914.19	103.5	86.9	19.10
9	5.01	5.02	75.03	25.15	1887.02	134.5	113.9	18.09
10	5.00	5.04	75.07	25.20	1891.76	130.0	109.7	18.51
11	5.08	5.06	75.04	25.70	1928.89	143.3	120.9	18.53
12	5.04	5.07	75.03	25.55	1917.23	116.7	98.7	18.24
13	5.02	5.08	75.09	25.50	1914.92	121.4	103.3	17.52
14	5.04	5.09	75.01	25.65	1924.28	133.5	112.4	18.77
15	5.03	5.06	75.02	25.45	1909.39	144.6	121.9	18.62
16	5.05	5.00	75.01	25.25	1894.00	131.5	111.0	18.47
17	5.03	5.03	75.09	25.30	1899.84	146.5	124.8	17.39
18	5.02	5.01	75.02	25.15	1886.77	140.0	118.5	18.14
19	5.09	5.02	75.12	25.55	1919.45	128.5	108.0	18.98
20	5.03	5.10	75.03	25.65	1924.74	138.5	117.5	17.87

**ENSAYO DE FLEXION ESTATICA
CATAHUA AMARILLA - SATIPO**

AREA = 25.55 cm²
 LONGITUD = 75.03 cm
 HUMEDAD = 17.09 %

PROBETA N° 01

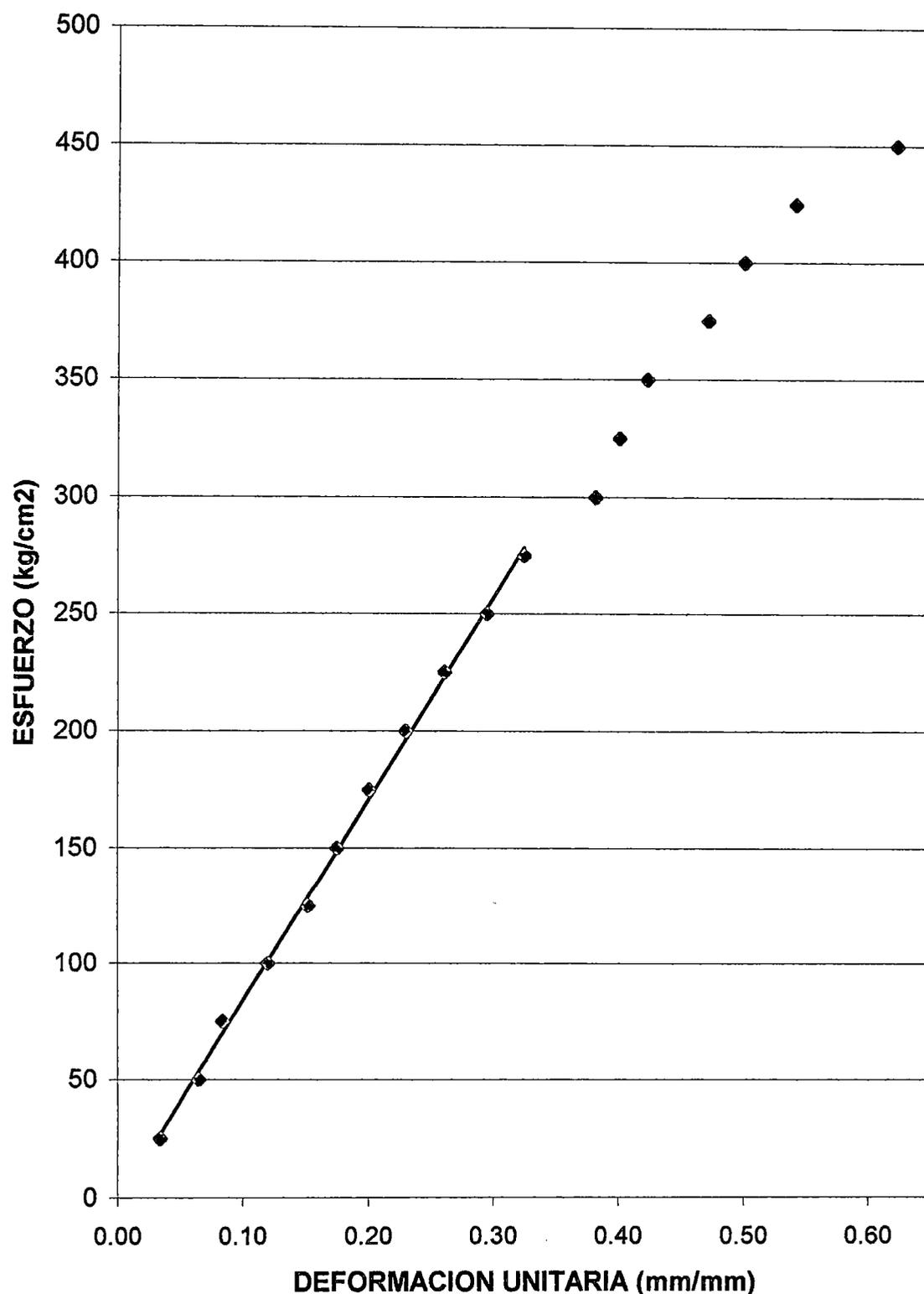
Nro	CARGA (kg)	DEF. REAL (cm)	CARGA CALCUL (kg)
01	25.00	0.034	26.732
02	50.00	0.065	53.540
03	75.00	0.084	69.971
04	100.00	0.120	101.103
05	125.00	0.152	128.776
06	150.00	0.175	148.666
07	175.00	0.201	171.150
08	200.00	0.230	196.229
09	225.00	0.261	223.037
10	250.00	0.295	252.439
11	275.00	0.325	278.382
12	300.00	0.382	327.675
13	325.00	0.401	344.105
14	350.00	0.423	363.130
15	375.00	0.472	405.504
16	400.00	0.501	430.583
17	425.00	0.542	466.039
18	450.00	0.623	536.086
Pultimo	465.00		

ECUACION DE LA RECTA :	$y = mx + b$	b =	-2.670
		m =	864.776

Coef. de Correlacion: 0.9992

ENSAYO DE FLEXION ESTATICA

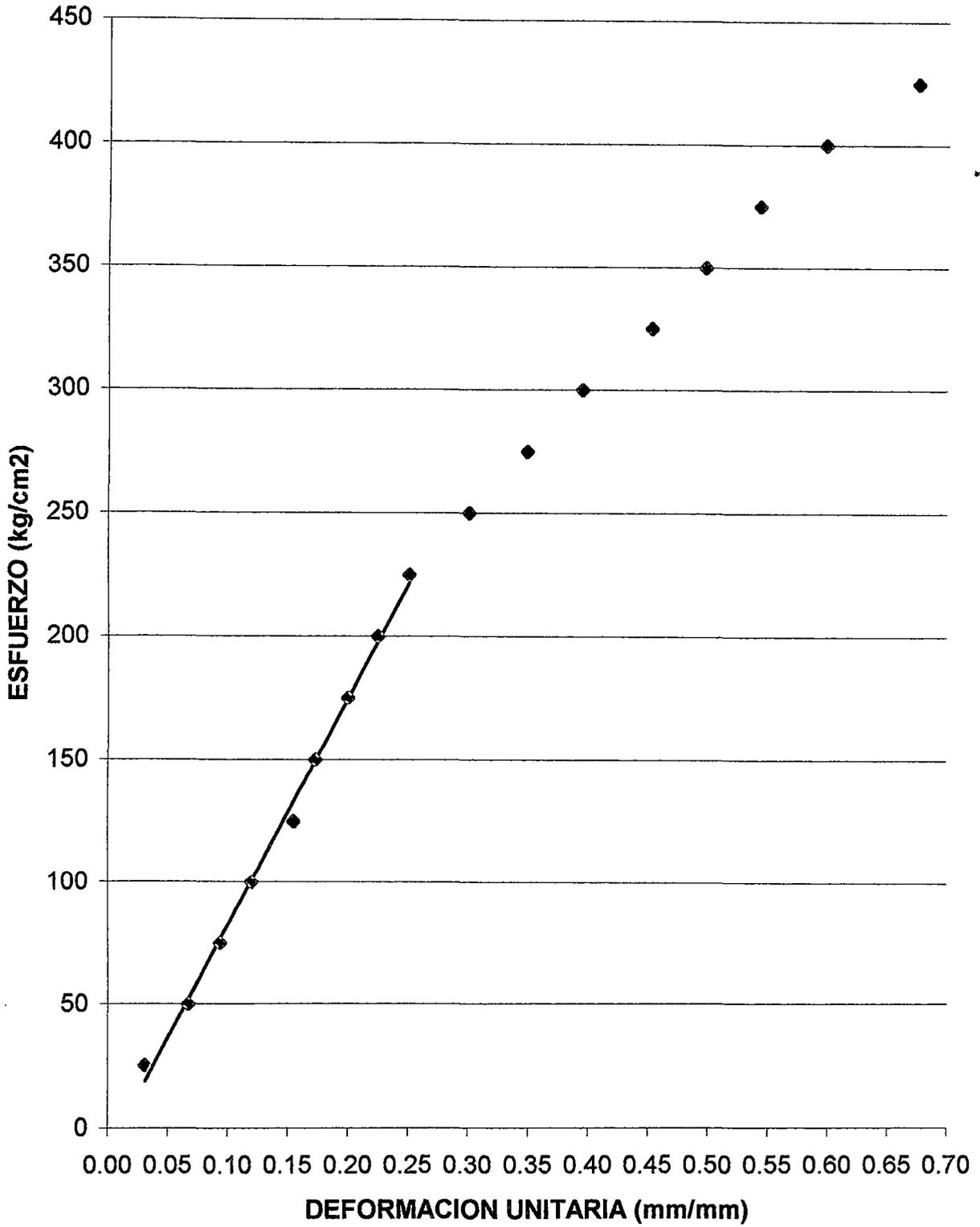
PROB N° 01



◆ ESFUERZO TEORICO — ESFUERZO CALCULADO

ENSAYO DE FLEXION ESTATICA

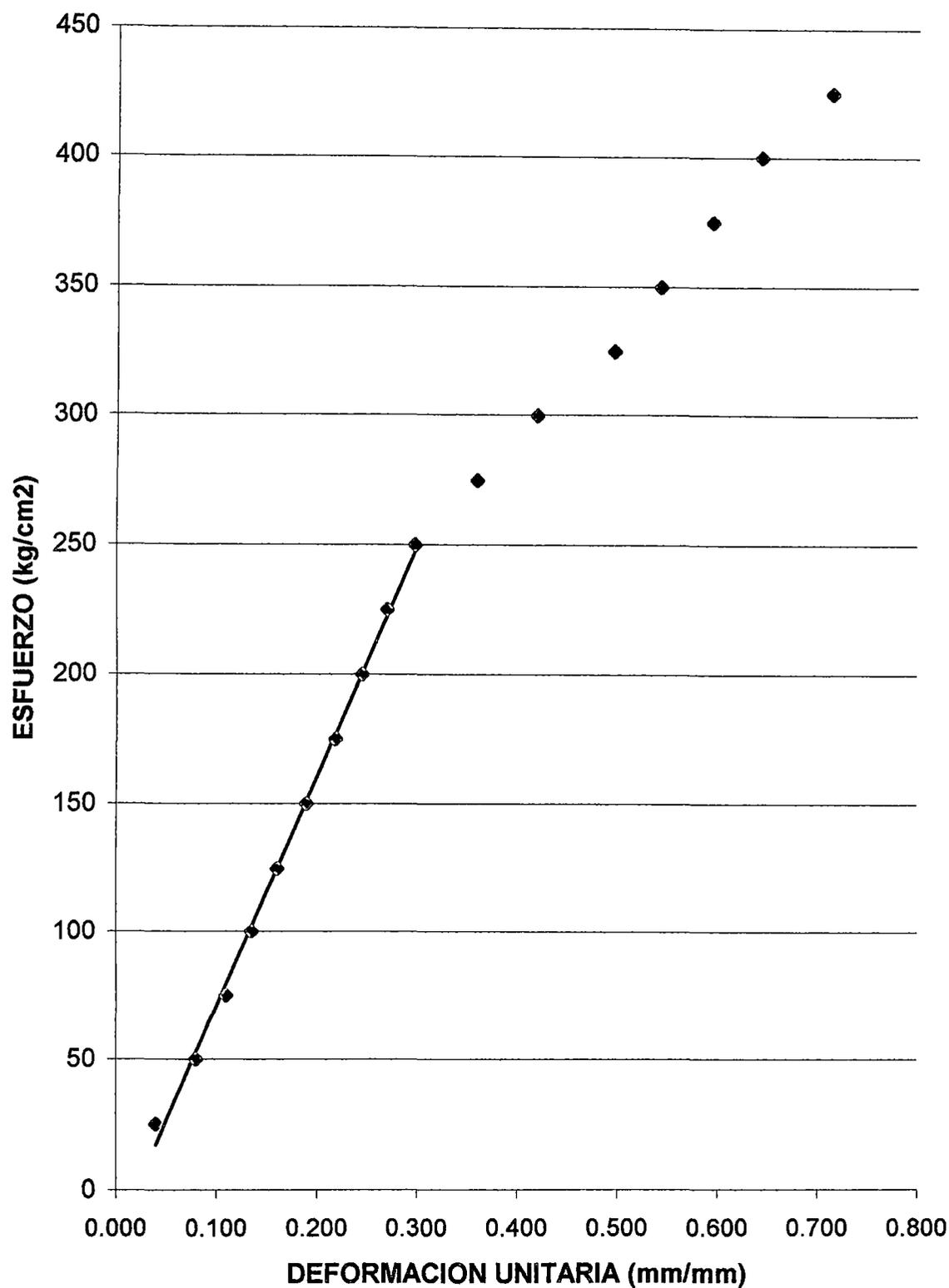
PROB N° 02



◆ ESFUERZO TEORICO — ESFUERZO CALCULADO

ENSAYO DE FLEXION ESTATICA

PROB N° 03



◆ ESFUERZO TEORICO — ESFUERZO CALCULADO

ENSAYO DE FLEXION ESTATICA
CATAHUA AMARILLA - SATIPO

AREA = 25.91 cm²
LONGITUD = 75.03 cm
HUMEDAD = 17.11 %

PROBETA N° <u>04</u>

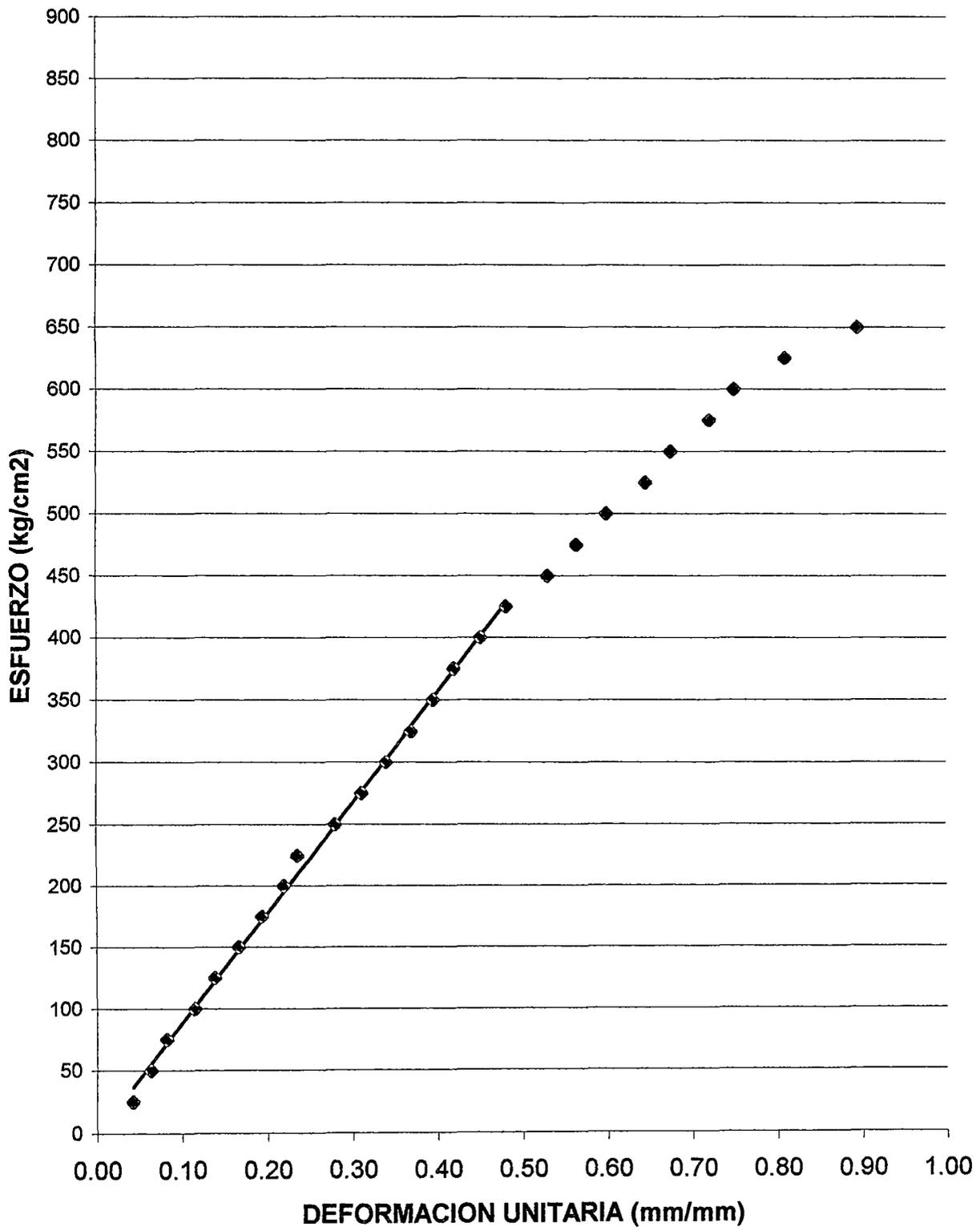
Nro	CARGA (kg)	DEF. REAL (cm)	CARGA CALCUL (kg)
01	25.00	0.042	36.231
02	50.00	0.063	54.988
03	75.00	0.082	71.958
04	100.00	0.115	101.433
05	125.00	0.139	122.869
06	150.00	0.167	147.878
07	175.00	0.194	171.993
08	200.00	0.220	195.216
09	225.00	0.236	209.506
10	250.00	0.280	248.806
11	275.00	0.311	276.494
12	300.00	0.340	302.396
13	325.00	0.370	329.191
14	350.00	0.396	352.414
15	375.00	0.420	373.850
16	400.00	0.451	401.538
17	425.00	0.481	428.333
18	450.00	0.531	472.992
19	475.00	0.565	503.360
20	500.00	0.600	534.621
21	525.00	0.646	575.706
22	550.00	0.676	602.502
23	575.00	0.721	642.694
24	600.00	0.750	668.596
25	625.00	0.810	722.186
26	650.00	0.896	798.999
Pultimo	655.00		

ECUACION DE LA RECTA :	$y = mx + b$	b = -1.282
		m = 893.171

Coef. de Correlacion:	0.9990
-----------------------	--------

ENSAYO DE FLEXION ESTATICA

PROB N° 04



◆ ESFUERZO TEORICO — ESFUERZO CALCULADO

**ENSAYO DE FLEXION ESTATICA
CATAHUA AMARILLA - SATIPO**

AREA = 25.65 cm²
 LONGITUD = 75.11 cm
 HUMEDAD = 18.36 %

PROBETA N° <u>05</u>

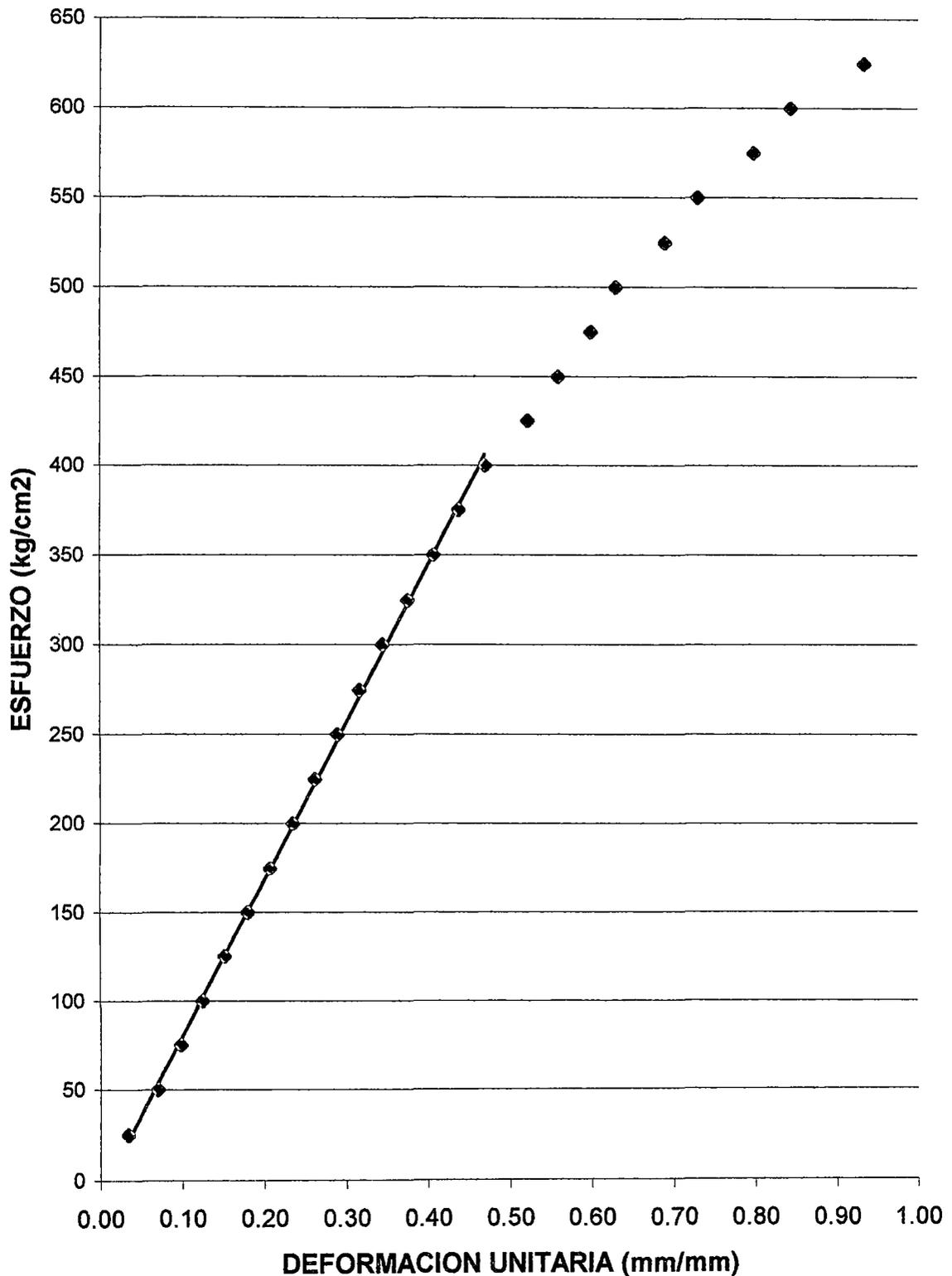
Nro	CARGA (kg)	DEF. REAL (cm)	CARGA CALCUL (kg)
01	25.00	0.034	22.019
02	50.00	0.070	53.719
03	75.00	0.098	78.375
04	100.00	0.125	102.150
05	125.00	0.152	125.925
06	150.00	0.180	150.581
07	175.00	0.207	174.356
08	200.00	0.235	199.012
09	225.00	0.262	222.787
10	250.00	0.290	247.443
11	275.00	0.317	271.218
12	300.00	0.345	295.874
13	325.00	0.376	323.171
14	350.00	0.407	350.469
15	375.00	0.438	377.766
16	400.00	0.470	405.944
17	425.00	0.523	452.614
18	450.00	0.560	485.194
19	475.00	0.600	520.417
20	500.00	0.630	546.834
21	525.00	0.690	599.667
22	550.00	0.730	634.890
23	575.00	0.799	695.649
24	600.00	0.845	736.154
25	625.00	0.934	814.524
Pultimo	630.00		

ECUACION DE LA RECTA : $y = mx + b$	b = -7.920 m = 880.561
-------------------------------------	---------------------------

Coef. de Correlacion: 0.9997

ENSAYO DE FLEXION ESTATICA

PROB N° 05



◆ ESFUERZO TEORICO — ESFUERZO CALCULADO

**ENSAYO DE FLEXION ESTATICA
CATAHUA AMARILLA - SATIPO**

AREA = 25.55 cm²
 LONGITUD = 75.00 cm
 HUMEDAD = 19.66 %

PROBETA N° 06

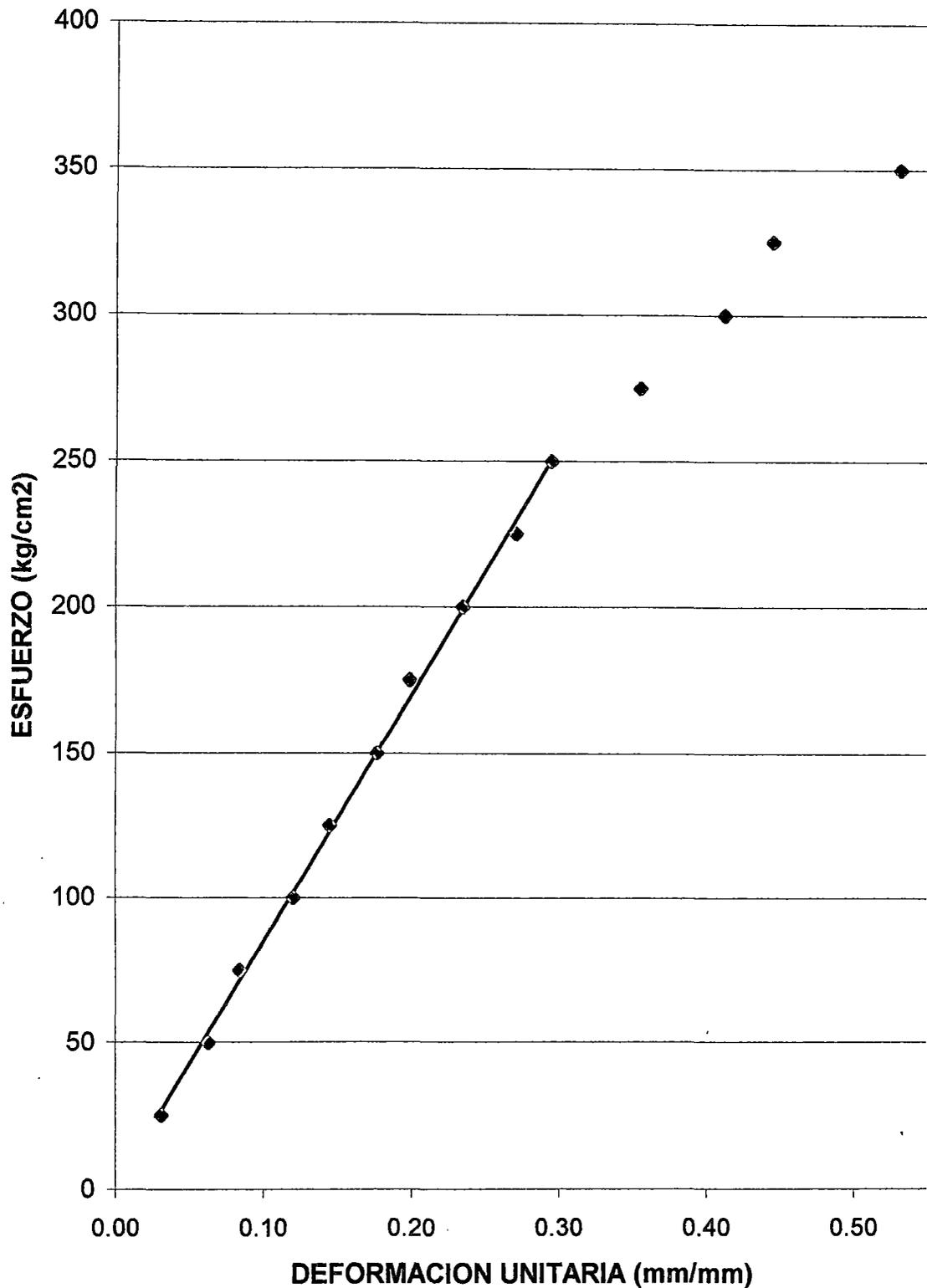
Nro	CARGA (kg)	DEF. REAL (cm)	ESF. CALCUL (kg/cm ²)
01	25.00	0.031	26.424
02	50.00	0.063	53.555
03	75.00	0.084	71.360
04	100.00	0.120	101.883
05	125.00	0.145	123.080
06	150.00	0.177	150.211
07	175.00	0.199	168.864
08	200.00	0.235	199.387
09	225.00	0.271	229.910
10	250.00	0.295	250.259
11	275.00	0.355	301.130
12	300.00	0.412	349.458
13	325.00	0.445	377.438
14	350.00	0.531	450.354
Pultimo	370.00		

ECUACION DE LA RECTA :	$y = mx + b$	b = 0.140
		m = 847.860

Coef. de Correlacion:	0.9991
-----------------------	--------

ENSAYO DE FLEXION ESTATICA

PROB N° 06



◆ ESFUERZO TEORICO — ESFUERZO CALCULADO

ENSAYO DE FLEXION ESTATICA
CATAHUA AMARILLA - SATIPO

AREA = 25.45 cm²
 LONGITUD = 75.01 cm
 HUMEDAD = 18.51 %

PROBETA N° <u>07</u>

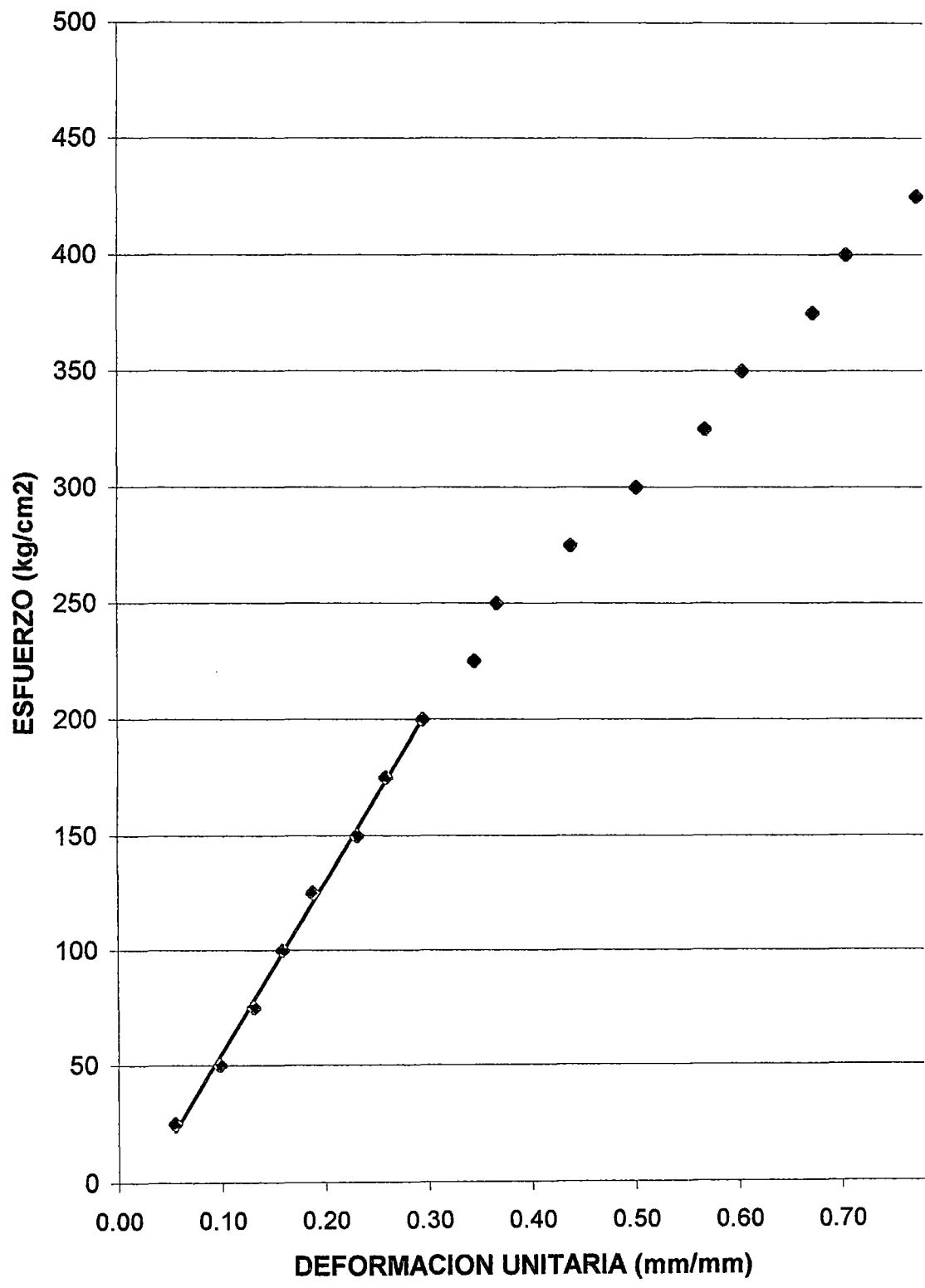
Nro	CARGA (kg)	DEF. REAL (cm)	CARGA CALCUL (kg)
01	25.00	0.055	21.744
02	50.00	0.098	53.756
03	75.00	0.131	78.322
04	100.00	0.159	99.167
05	125.00	0.188	120.756
06	150.00	0.231	152.767
07	175.00	0.259	173.611
08	200.00	0.295	200.411
09	225.00	0.345	237.633
10	250.00	0.367	254.011
11	275.00	0.439	307.611
12	300.00	0.502	354.511
13	325.00	0.569	404.389
14	350.00	0.605	431.189
15	375.00	0.674	482.556
16	400.00	0.706	506.378
17	425.00	0.774	557.000
Pultimo	435.00		

ECUACION DE LA RECTA : $y = mx + b$	b = -19.200 m = 744.444
-------------------------------------	----------------------------

Coef. de Correlacion: 0.9988

ENSAYO DE FLEXION ESTATICA

PROB N° 07



◆ ESFUERZO TEORICO — ESFUERZO CALCULADO

ENSAYO DE FLEXION ESTATICA
CATAHUA AMARILLA - SATIPO

AREA = 25.50 cm²
 LONGITUD = 75.06 cm
 HUMEDAD = 19.10 %

PROBETA N° <u>08</u>

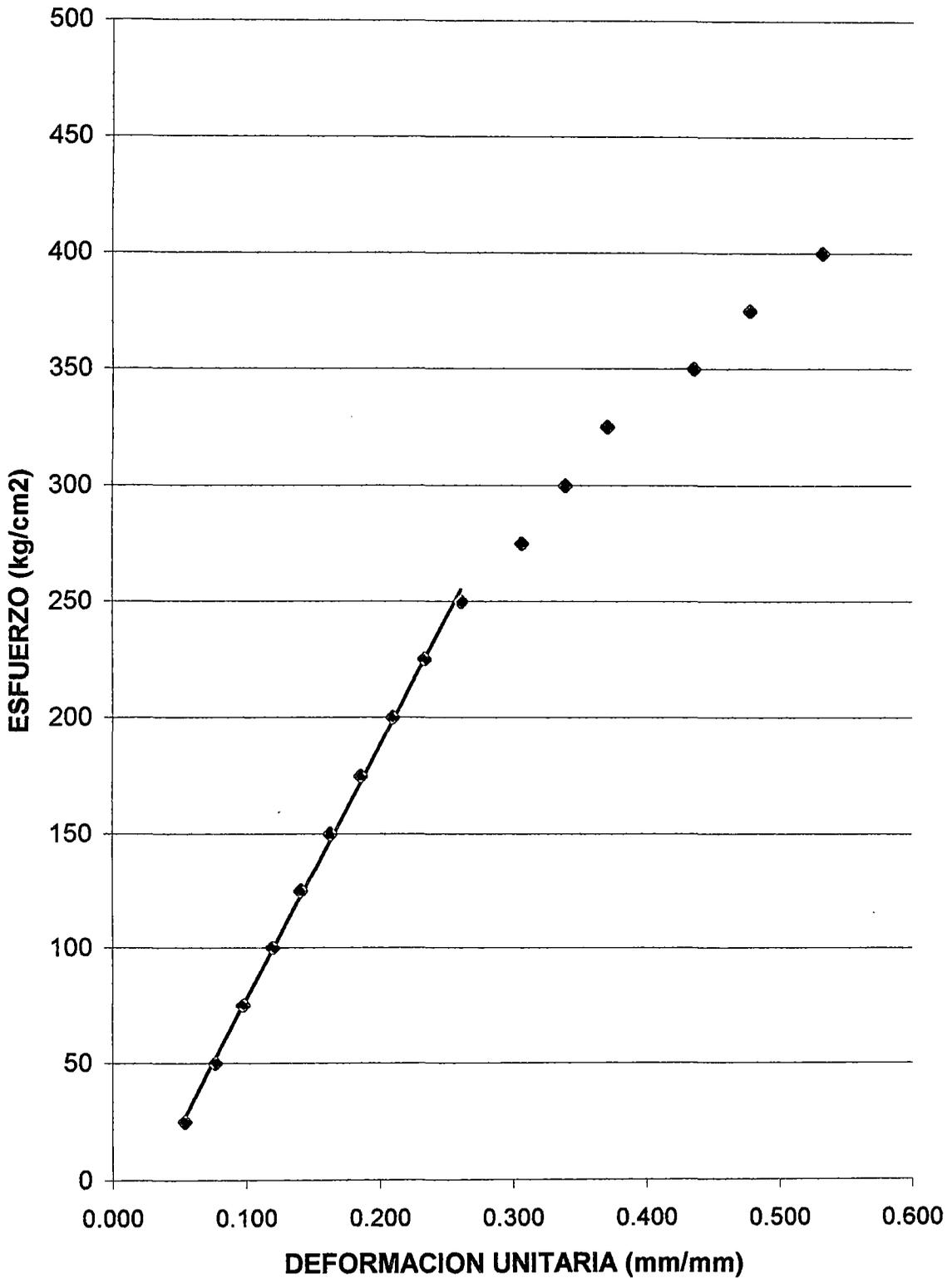
Nro	CARGA (kg)	DEF. REAL (cm)	ESFUERZO (kg/cm ²)	e (mm/mm)	CARGA CALCUL (kg)
01	25.00	0.054			26.962
02	50.00	0.077			52.288
03	75.00	0.098			75.412
04	100.00	0.120			99.638
05	125.00	0.141			122.762
06	150.00	0.163			146.987
07	175.00	0.186			172.314
08	200.00	0.210			198.741
09	225.00	0.234			225.169
10	250.00	0.261			254.900
11	275.00	0.307			305.552
12	300.00	0.340			341.890
13	325.00	0.371			376.026
14	350.00	0.436			447.600
15	375.00	0.478			493.849
16	400.00	0.533			554.412
Pultimo	415.00				

ECUACION DE LA RECTA : $y = mx + b$	b = -32.500 m = 1101.148
-------------------------------------	-----------------------------

Coef. de Correlacion: 0.9995

ENSAYO DE FLEXION ESTATICA

PROB N° 08



◆ ESFUERZO TEORICO — ESFUERZO CALCULADO

**ENSAYO DE FLEXION ESTATICA
CATAHUA AMARILLA - SATIPO**

AREA = 25.15 cm²
 LONGITUD = 75.03 cm
 HUMEDAD = 18.09 %

PROBETA N° 09

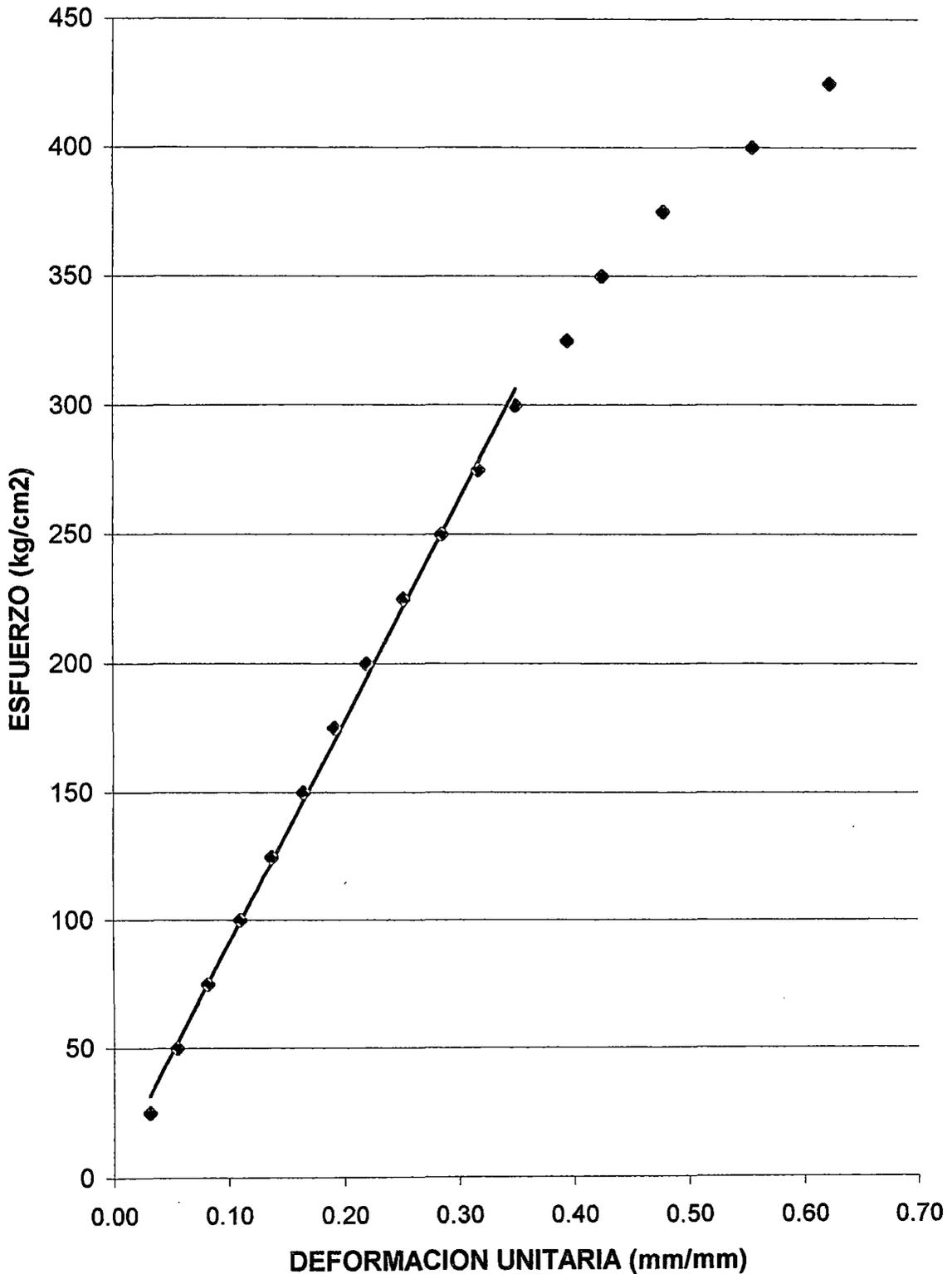
Nro	CARGA (kg)	DEF. REAL (cm)	CARGA CALCUL (kg)
01	25.00	0.031	31.396
02	50.00	0.055	52.096
03	75.00	0.082	75.382
04	100.00	0.110	99.531
05	125.00	0.137	122.818
06	150.00	0.165	146.967
07	175.00	0.192	170.253
08	200.00	0.220	194.402
09	225.00	0.252	222.001
10	250.00	0.285	250.462
11	275.00	0.317	278.061
12	300.00	0.350	306.523
13	325.00	0.395	345.333
14	350.00	0.425	371.207
15	375.00	0.478	416.918
16	400.00	0.556	484.190
17	425.00	0.623	541.975
Pultimo	440.00		

ECUACION DE LA RECTA :	$y = mx + b$	b = 4.660
		m = 862.464

Coef. de Correlacion: 0.9990

ENSAYO DE FLEXION ESTATICA

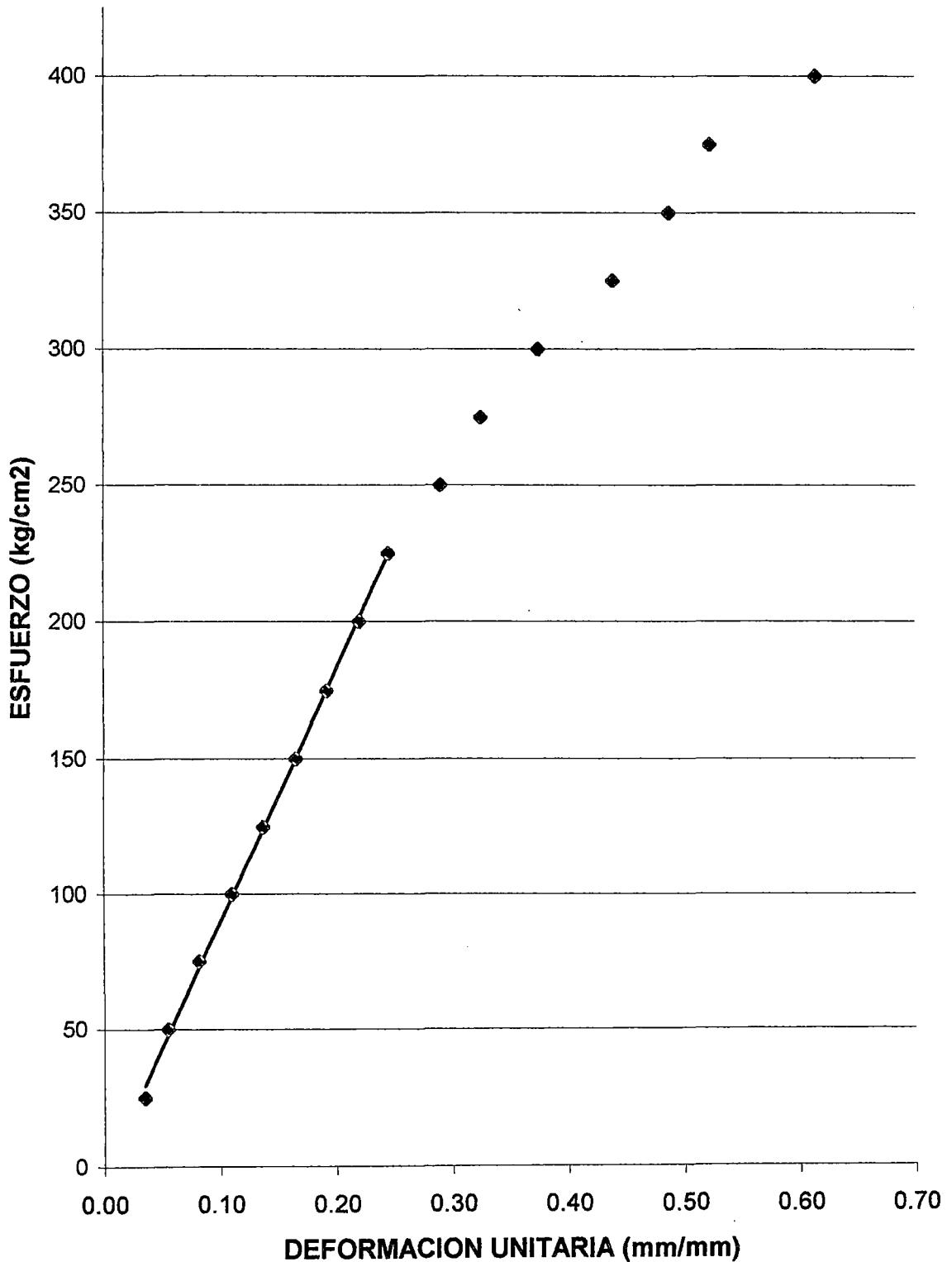
PROB N° 09



◆ ESFUERZO TEORICO — ESFUERZO CALCULADO

ENSAYO DE FLEXION ESTATICA

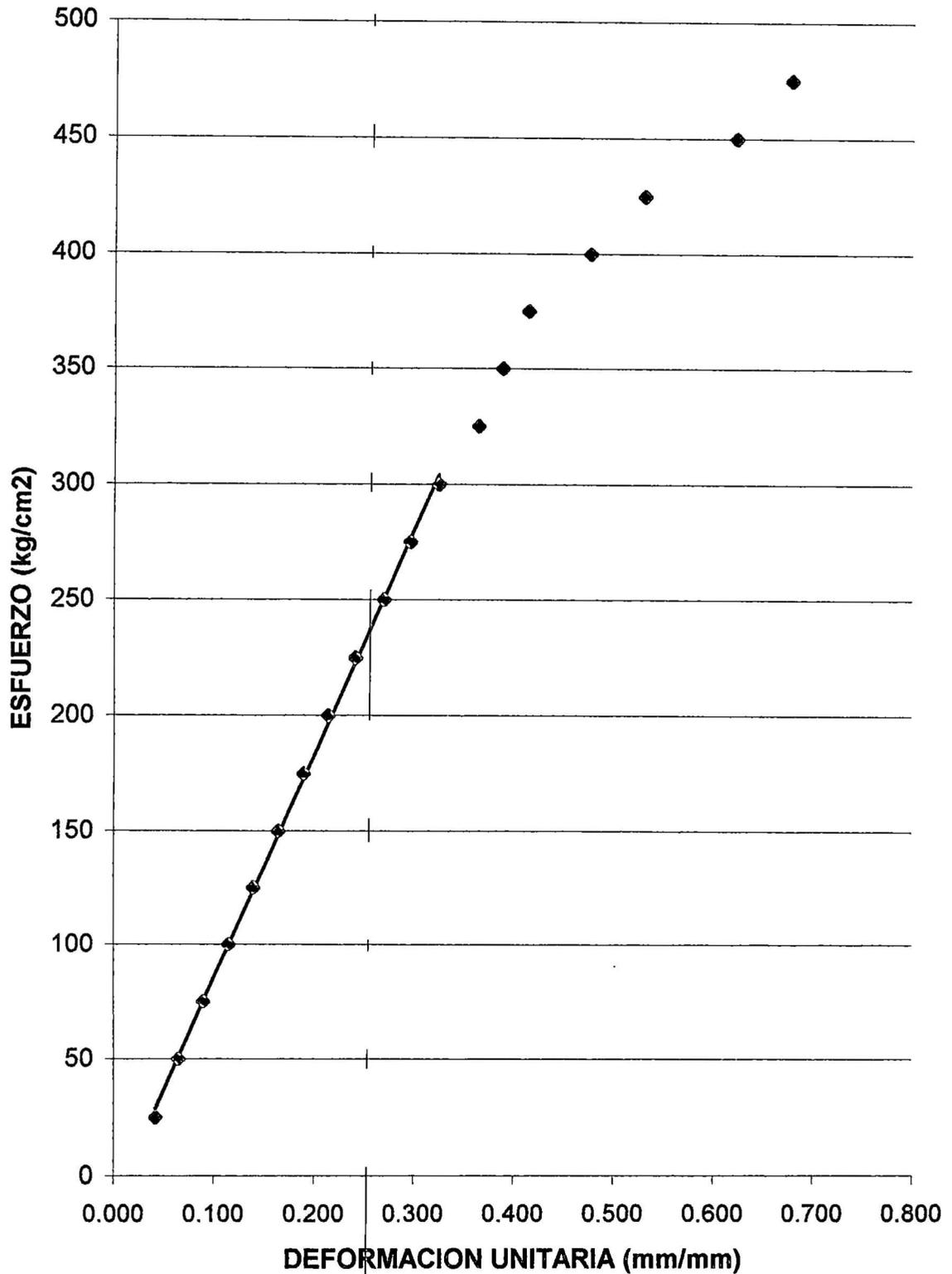
PROB N° 10



◆ ESFUERZO TEORICO — ESFUERZO CALCULADO

ENSAYO DE FLEXION ESTATICA

PROB N° 11



◆ ESFUERZO TEORICO — ESFUERZO CALCULADO

**ENSAYO DE FLEXION ESTATICA
CATAHUA AMARILLA - SATIPO**

AREA = 25.55 cm²
 LONGITUD = 75.03 cm
 HUMEDAD = 18.24 %

PROBETA N° 12

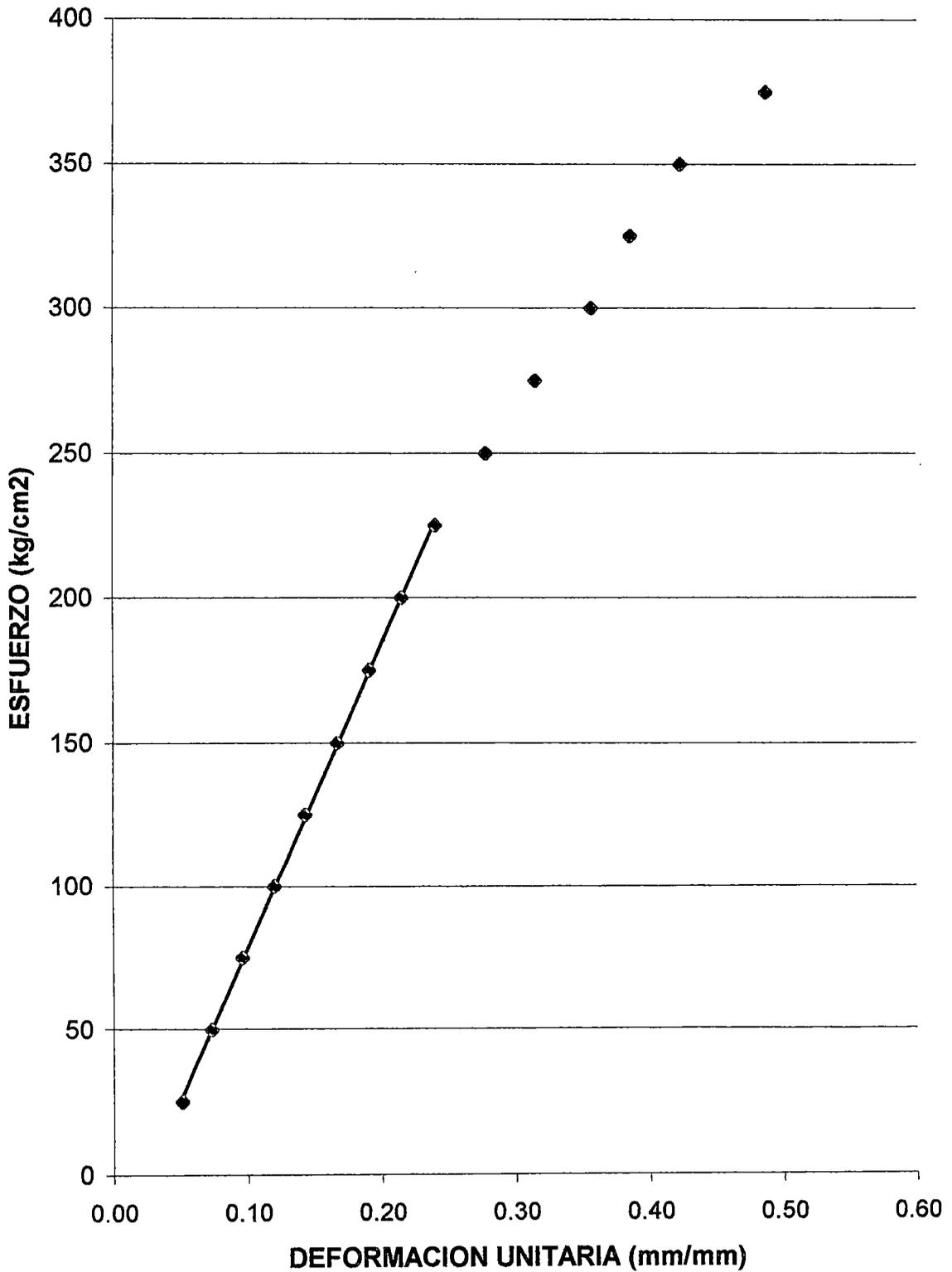
Nro	CARGA (kg)	DEF. REAL (cm)	CARGA CALCUL (kg)
01	25.00	0.051	26.601
02	50.00	0.073	49.852
03	75.00	0.096	74.160
04	100.00	0.120	99.525
05	125.00	0.143	123.833
06	150.00	0.167	149.198
07	175.00	0.191	174.563
08	200.00	0.215	199.928
09	225.00	0.240	226.350
10	250.00	0.278	266.511
11	275.00	0.315	305.615
12	300.00	0.357	350.004
13	325.00	0.386	380.653
14	350.00	0.423	419.757
15	375.00	0.487	487.397
Pultimo	390.00		

ECUACION DE LA RECTA :	$y = mx + b$	b = -27.300
		m = 1056.873

Coef. de Correlacion: 0.9999

ENSAYO DE FLEXION ESTATICA

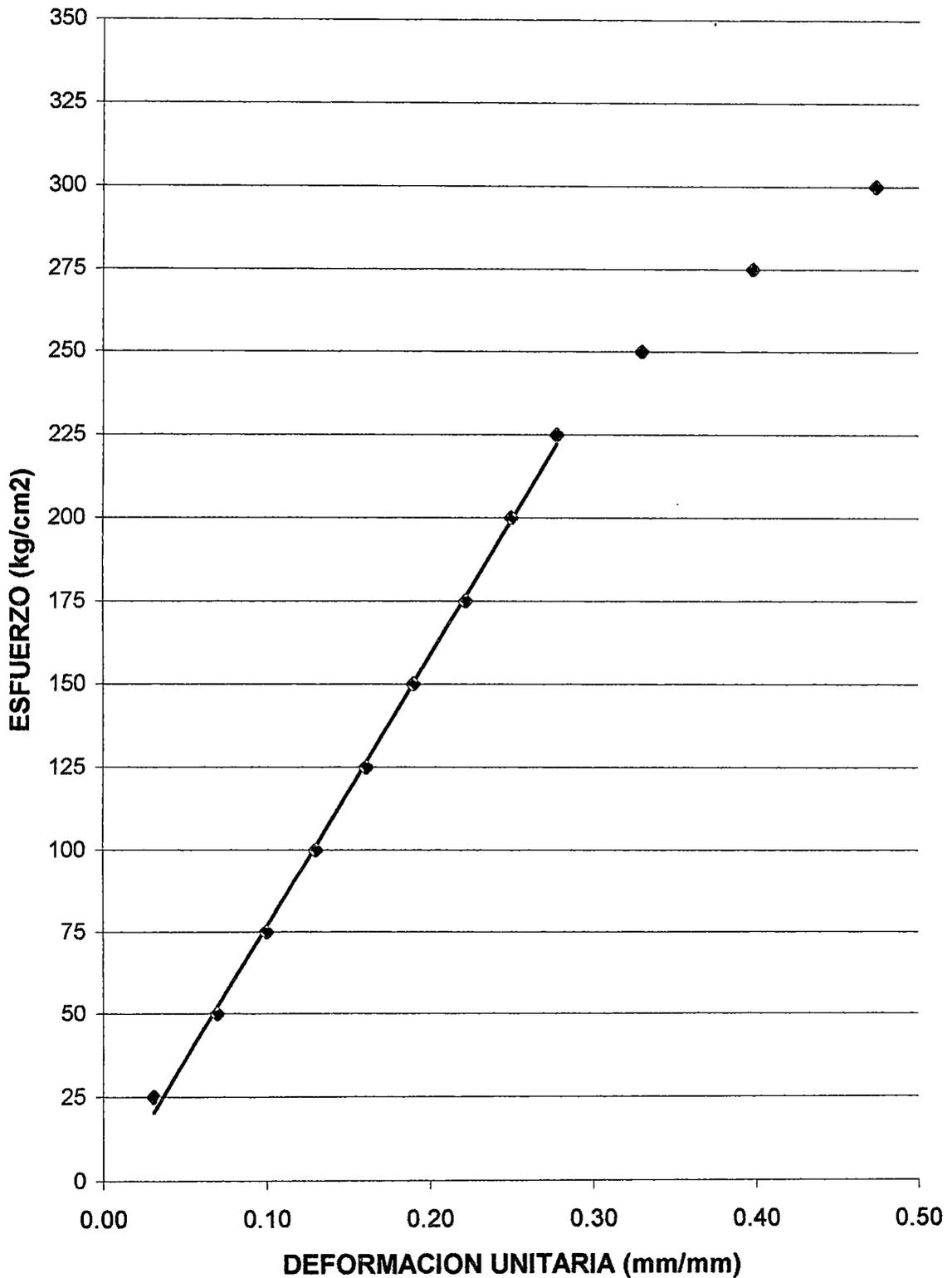
PROB N° 12



◆ ESFUERZO TEORICO — ESFUERZO CALCULADO

ENSAYO DE FLEXION ESTATICA

PROB N° 13



◆ ESFUERZO TEORICO — ESFUERZO CALCULADO

**ENSAYO DE FLEXION ESTATICA
CATAHUA AMARILLA - SATIPO**

AREA = 25.65 cm²
 LONGITUD = 75.01 cm
 HUMEDAD = 18.77 %

PROBETA N° 14

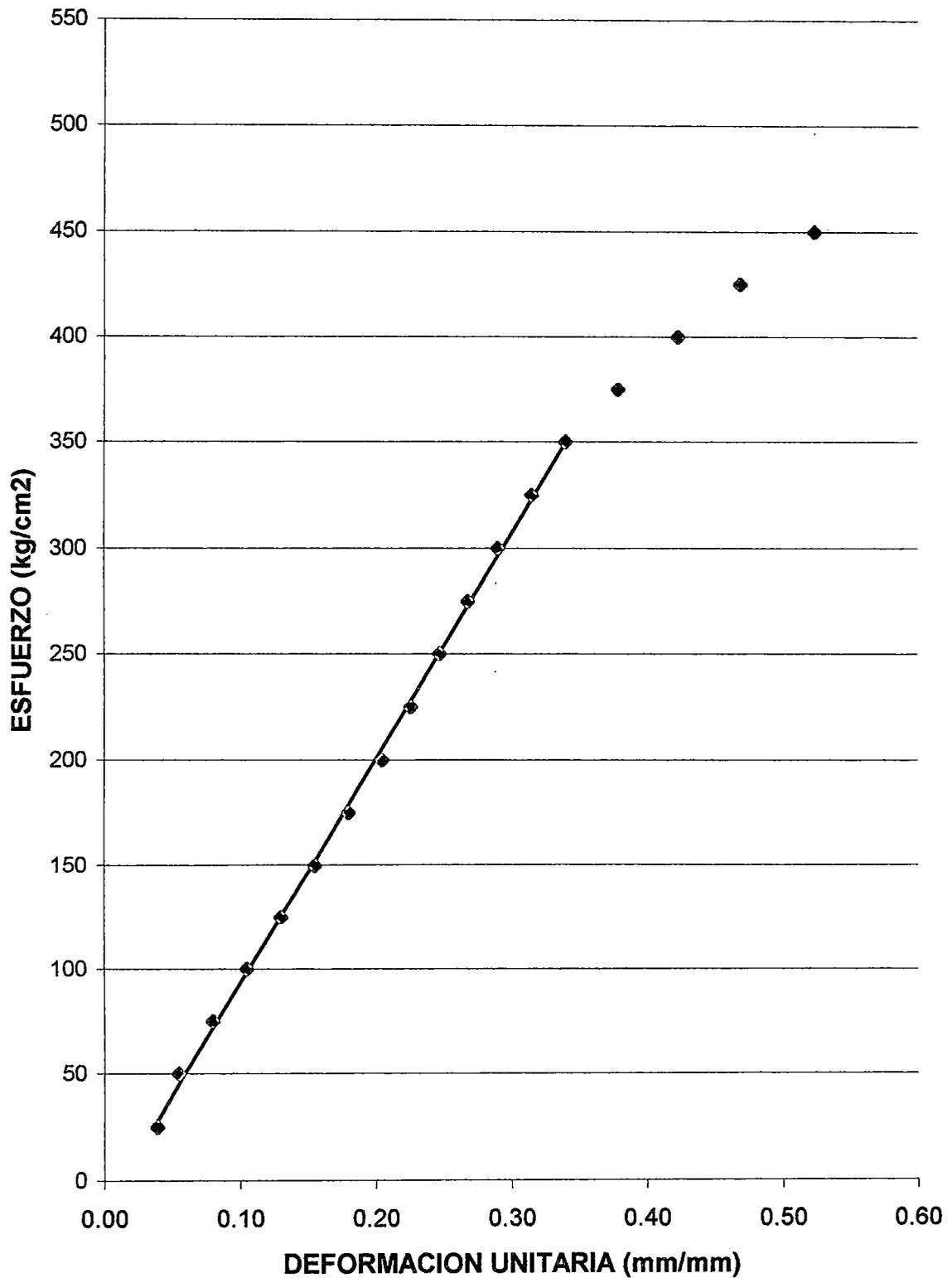
Nro	CARGA (kg)	DEF. REAL (cm)	CARGA CALCUL (kg)
01	25.00	0.039	28.009
02	50.00	0.055	45.120
03	75.00	0.080	71.856
04	100.00	0.105	98.593
05	125.00	0.130	125.329
06	150.00	0.155	152.066
07	175.00	0.180	178.802
08	200.00	0.205	205.538
09	225.00	0.226	227.997
10	250.00	0.247	250.456
11	275.00	0.268	272.914
12	300.00	0.290	296.442
13	325.00	0.315	323.179
14	350.00	0.340	349.915
15	375.00	0.379	391.624
16	400.00	0.423	438.680
17	425.00	0.469	487.875
18	450.00	0.524	546.695
Pultimo	465.00		

ECUACION DE LA RECTA :	$y = mx + b$	b = -13.700
		m = 1069.456

Coef. de Correlacion: 0.9996

ENSAYO DE FLEXION ESTATICA

PROB N° 14



◆ ESFUERZO TEORICO — ESFUERZO CALCULADO

ENSAYO DE FLEXION ESTATICA
CATAHUA AMARILLA - SATIPO

AREA = 25.45 cm²
LONGITUD = 75.02 cm
HUMEDAD = 18.62 %

PROBETA N° 15

Nro	CARGA (kg)	DEF. REAL (cm)	CARGA CALCUL (kg)
01	25.00	0.049	34.872
02	50.00	0.070	57.875
03	75.00	0.090	79.782
04	100.00	0.110	101.689
05	125.00	0.130	123.596
06	150.00	0.150	145.503
07	175.00	0.170	167.410
08	200.00	0.190	189.317
09	225.00	0.215	216.701
10	250.00	0.240	244.085
11	275.00	0.265	271.468
12	300.00	0.290	298.852
13	325.00	0.315	326.236
14	350.00	0.340	353.620
15	375.00	0.365	381.004
16	400.00	0.390	408.387
17	425.00	0.425	446.725
18	450.00	0.455	479.585
19	475.00	0.487	514.637
20	500.00	0.520	550.783
21	525.00	0.552	585.834
22	550.00	0.585	621.981
23	575.00	0.617	657.032
24	600.00	0.650	693.179
25	625.00	0.713	762.186
Pultimo	635.00		

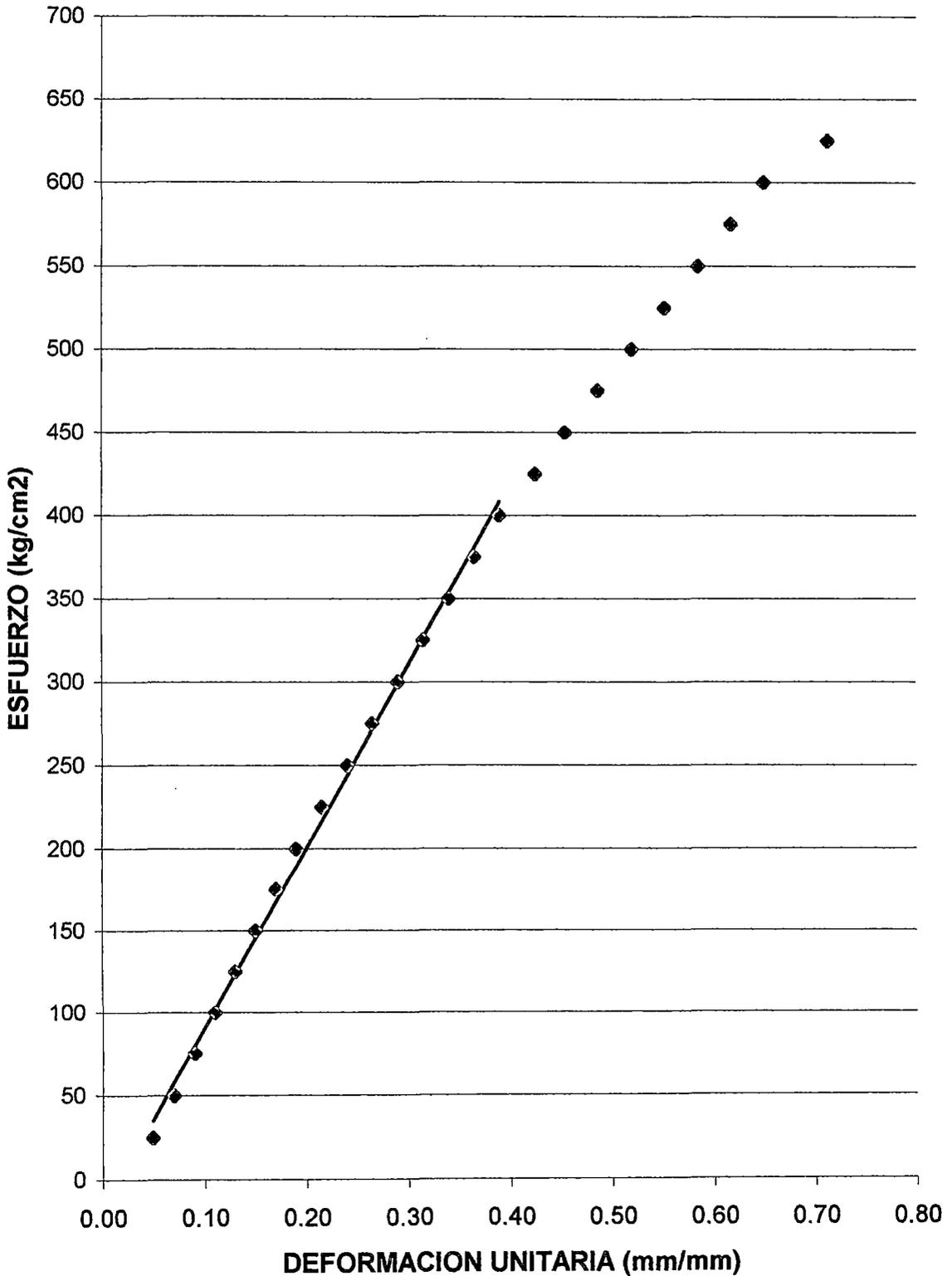
ECUACION DE LA RECTA : $y = mx + b$

b = -18.800
m = 1095.352

Coef. de Correlacion: 0.9985

ENSAYO DE FLEXION ESTATICA

PROB N° 15



◆ ESFUERZO TEORICO — ESFUERZO CALCULADO

ENSAYO DE FLEXION ESTATICA
CATAHUA AMARILLA - SATIPO

AREA = 25.25 cm²
 LONGITUD = 75.01 cm
 HUMEDAD = 18.47 %

PROBETA N° 16

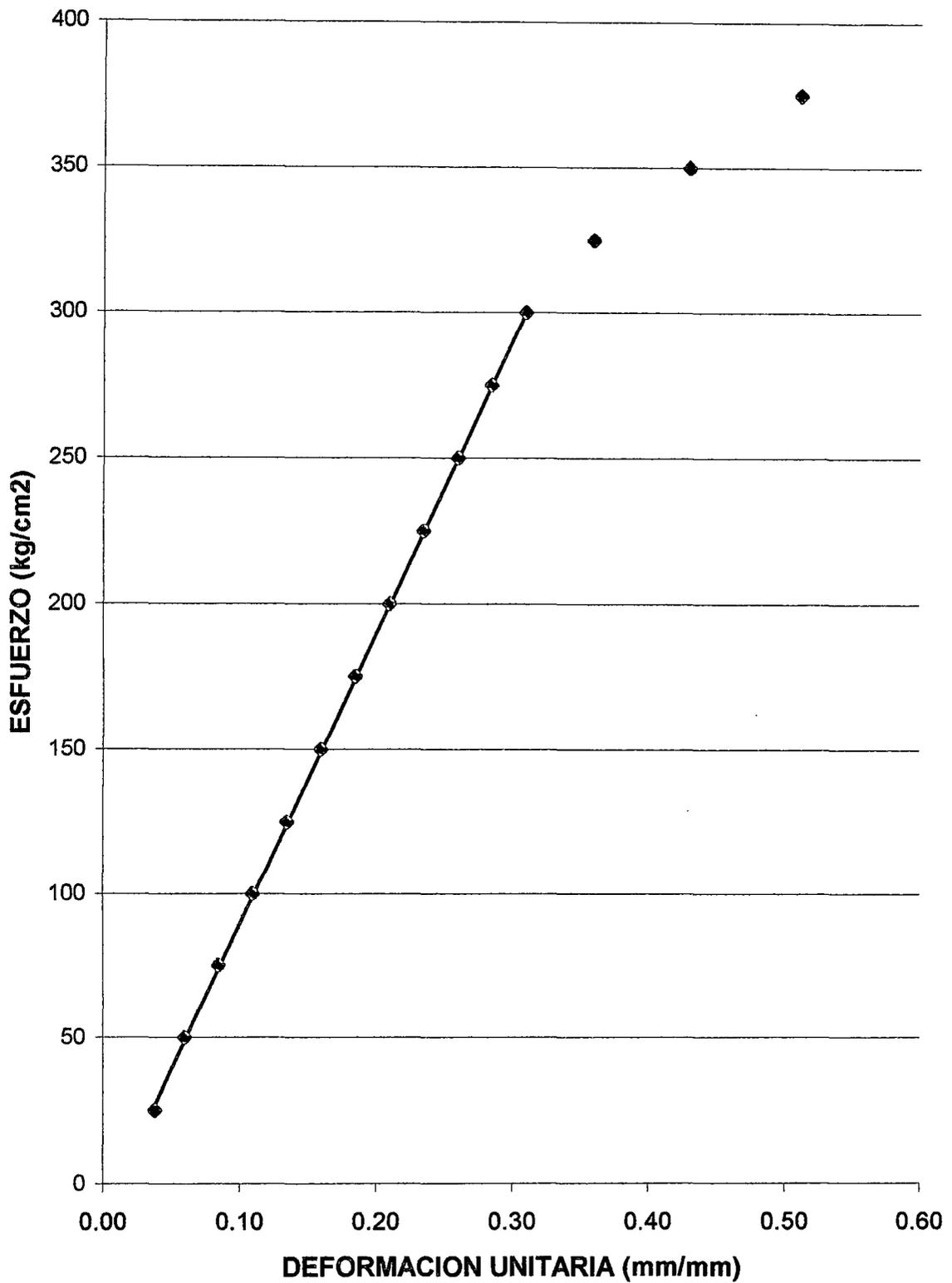
Nro	CARGA (kg)	DEF. REAL (cm)	CARGA CALCUL (kg)
01	25.00	0.038	26.573
02	50.00	0.060	48.674
03	75.00	0.085	73.788
04	100.00	0.110	98.902
05	125.00	0.135	124.016
06	150.00	0.160	149.130
07	175.00	0.185	174.244
08	200.00	0.210	199.359
09	225.00	0.235	224.473
10	250.00	0.260	249.587
11	275.00	0.285	274.701
12	300.00	0.310	299.815
13	325.00	0.360	350.043
14	350.00	0.430	420.363
15	375.00	0.512	502.737
Pultimo	385.00		

ECUACION DE LA RECTA :	$y = mx + b$	b = -11.600
		m = 1004.565

Coef. de Correlacion: 1.0000

ENSAYO DE FLEXION ESTATICA

PROB N° 16



◆ ESFUERZO TEORICO — ESFUERZO CALCULADO

**ENSAYO DE FLEXION ESTATICA
CATAHUA AMARILLA - SATIPO**

AREA = 25.30 cm²
 LONGITUD = 75.09 cm
 HUMEDAD = 17.39 %

PROBETA N° 17

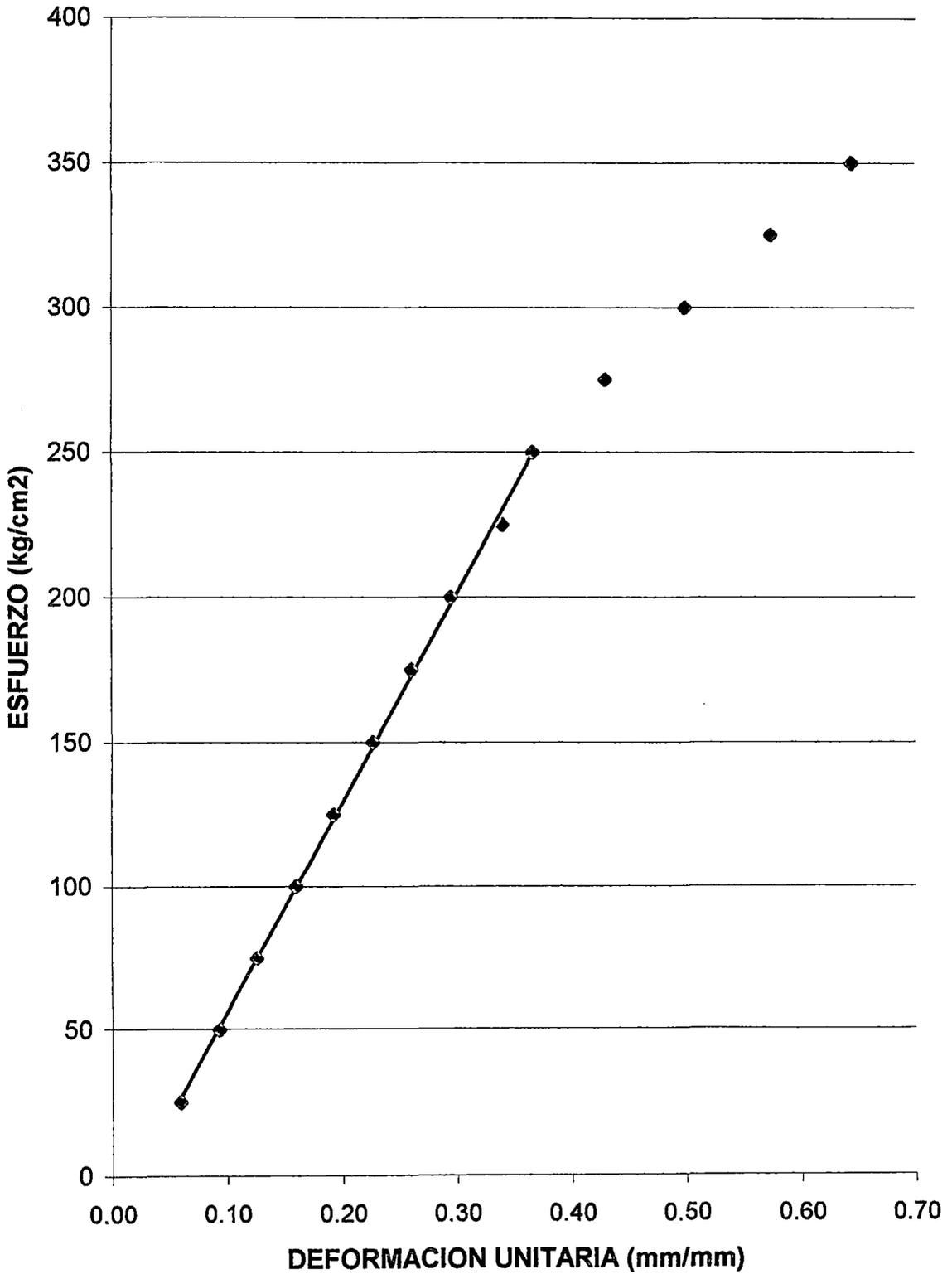
Nro	CARGA (kg)	DEF. REAL (cm)	CARGA CALCUL (kg)
01	25.00	0.059	26.487
02	50.00	0.093	51.144
03	75.00	0.126	75.076
04	100.00	0.160	99.733
05	125.00	0.193	123.665
06	150.00	0.227	148.322
07	175.00	0.261	172.979
08	200.00	0.295	197.636
09	225.00	0.340	230.270
10	250.00	0.367	249.851
11	275.00	0.430	295.539
12	300.00	0.499	345.578
13	325.00	0.574	399.968
14	350.00	0.645	451.458
Pultimo	370.00		

ECUACION DE LA RECTA :	$y = mx + b$	b =	-16.300
		m =	725.206

Coef. de Correlacion: 0.9996

ENSAYO DE FLEXION ESTATICA

PROB N° 17



◆ ESFUERZO TEORICO — ESFUERZO CALCULADO

**ENSAYO DE FLEXION ESTATICA
CATAHUA AMARILLA - SATIPO**

AREA = 25.15 cm²
 LONGITUD = 75.02 cm
 HUMEDAD = 18.14 %

PROBETA N° 18

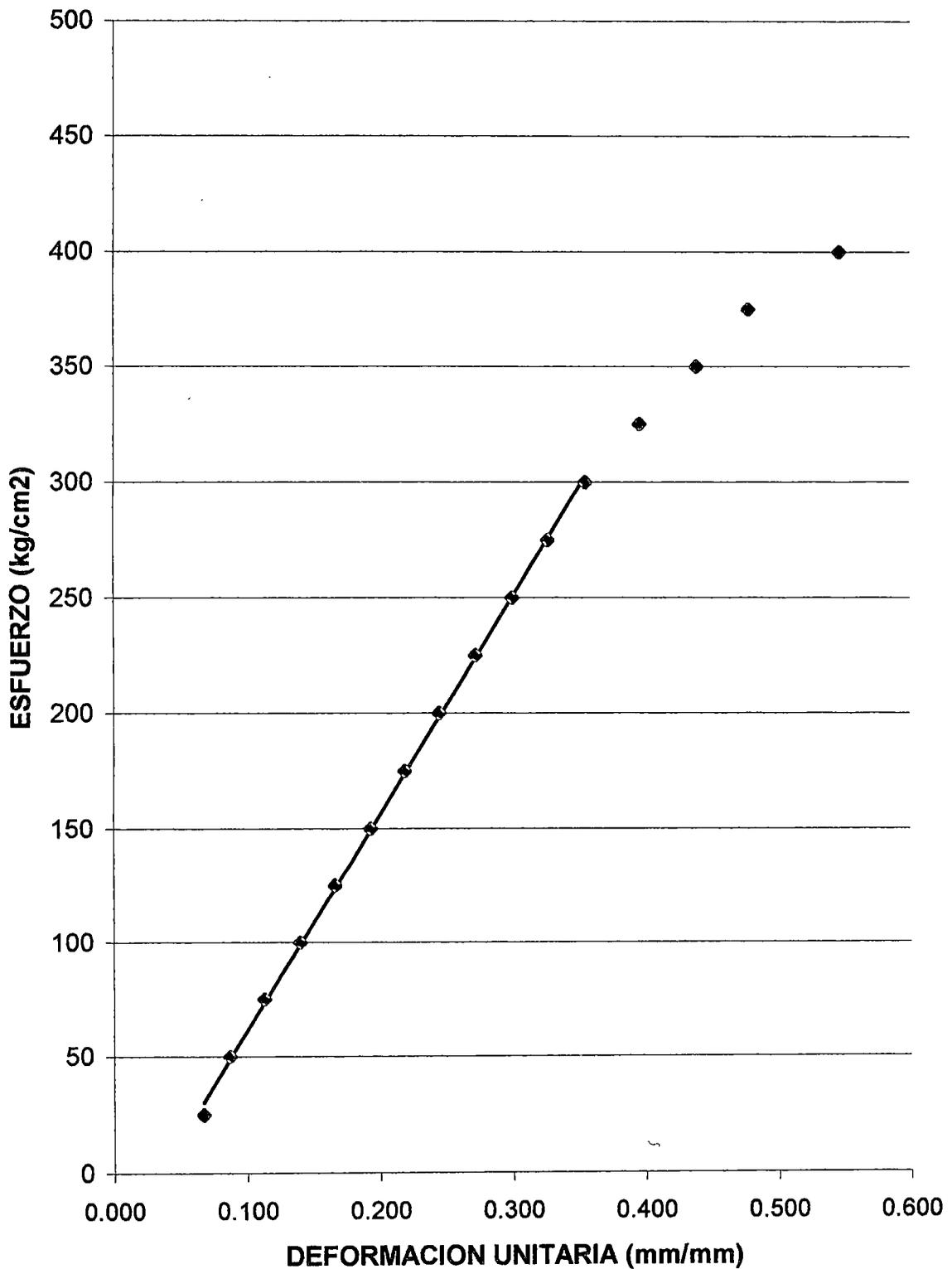
Nro	CARGA (kg)	DEF. REAL (cm)	CARGA CALCUL (kg)
01	25.00	0.067	30.135
02	50.00	0.087	49.041
03	75.00	0.113	73.619
04	100.00	0.140	99.142
05	125.00	0.166	123.720
06	150.00	0.193	149.243
07	175.00	0.219	173.821
08	200.00	0.245	198.399
09	225.00	0.272	223.922
10	250.00	0.300	250.391
11	275.00	0.327	275.914
12	300.00	0.355	302.382
13	325.00	0.396	341.140
14	350.00	0.439	381.788
15	375.00	0.478	418.655
16	400.00	0.547	483.880
Pultimo	420.00		

ECUACION DE LA RECTA :	$y = mx + b$	b = -33.200
		m = 945.302

Coef. de Correlacion: 0.9998

ENSAYO DE FLEXION ESTATICA

PROB N° 18



◆ ESFUERZO TEORICO — ESFUERZO CALCULADO

ENSAYO DE FLEXION ESTATICA
CATAHUA AMARILLA - SATIPO

AREA = 25.55 cm²
 LONGITUD = 75.12 cm
 HUMEDAD = 18.98 %

PROBETA N° <u>19</u>

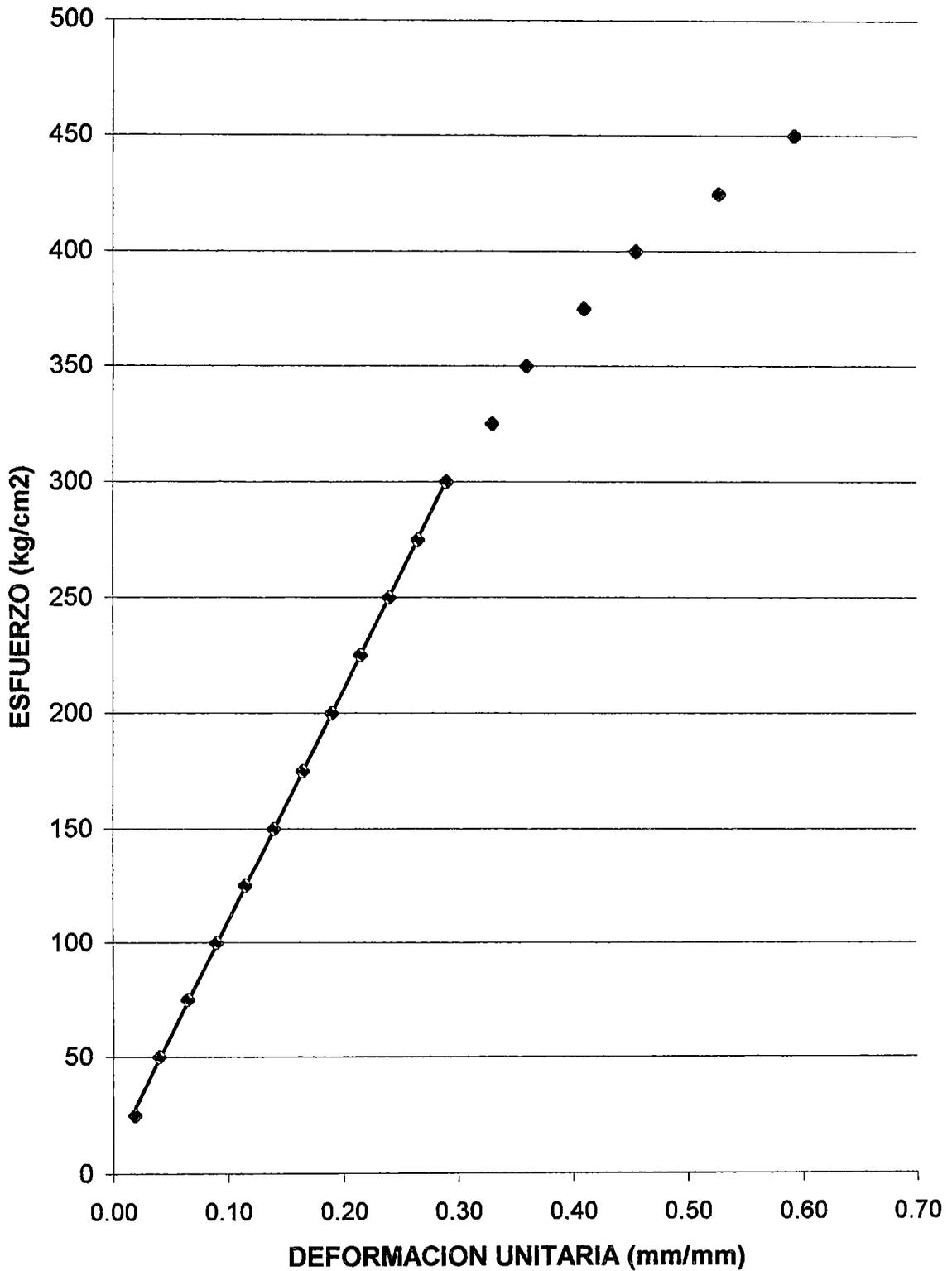
Nro	CARGA (kg)	DEF. REAL (cm)	CARGA CALCUL (kg)
01	25.00	0.019	27.845
02	50.00	0.040	48.973
03	75.00	0.065	74.124
04	100.00	0.090	99.276
05	125.00	0.115	124.427
06	150.00	0.140	149.579
07	175.00	0.165	174.730
08	200.00	0.190	199.882
09	225.00	0.215	225.034
10	250.00	0.240	250.185
11	275.00	0.265	275.337
12	300.00	0.290	300.488
13	325.00	0.330	340.731
14	350.00	0.360	370.913
15	375.00	0.410	421.216
16	400.00	0.455	466.489
17	425.00	0.527	538.925
18	450.00	0.593	605.326
Pultimo	460.00		

ECUACION DE LA RECTA :	$y = mx + b$	b = 8.730
		m = 1006.063

Coef. de Correlacion:	0.9999
-----------------------	--------

ENSAYO DE FLEXION ESTATICA

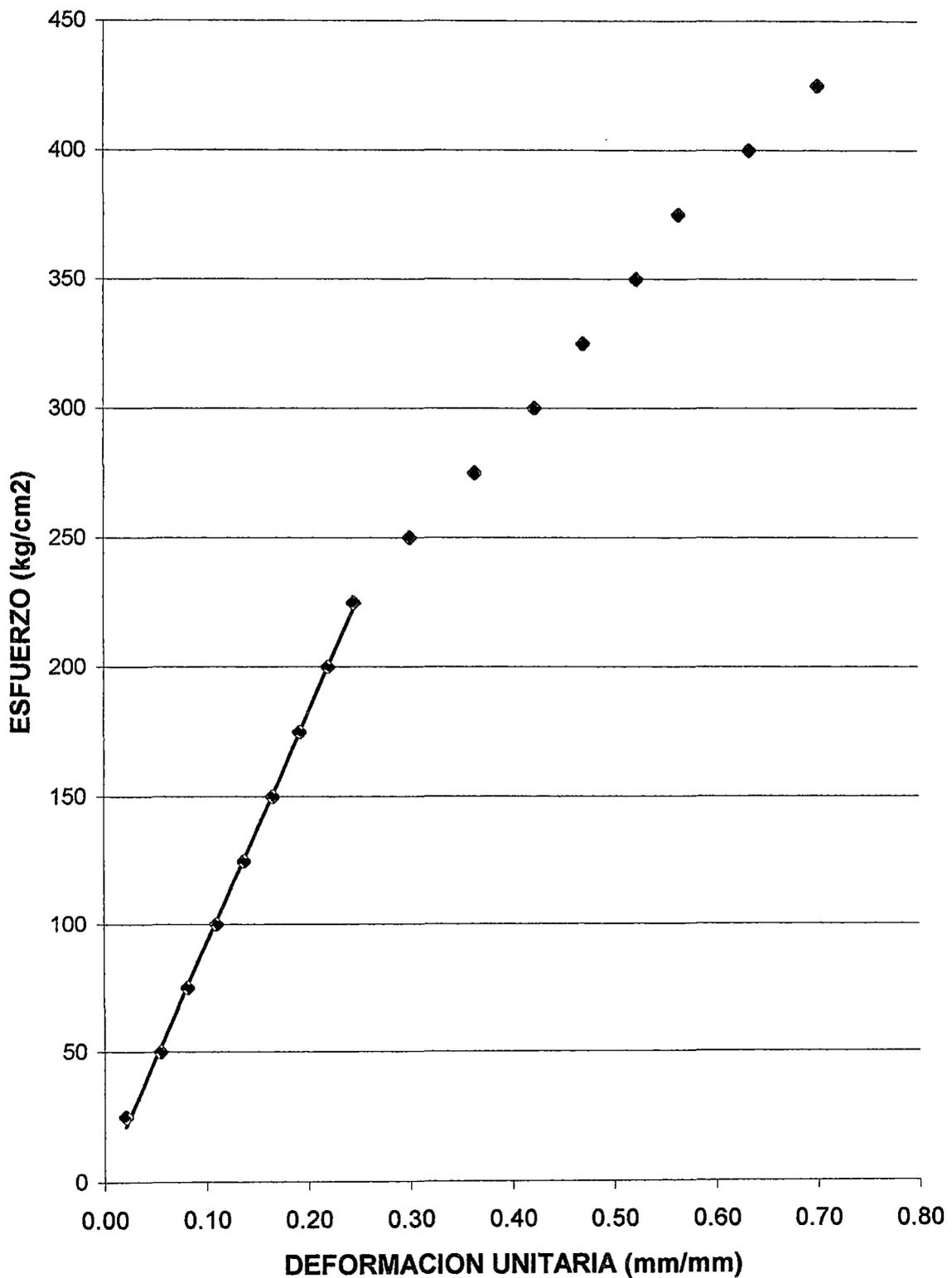
PROB N° 19



◆ ESFUERZO TEORICO — ESFUERZO CALCULADO

ENSAYO DE FLEXION ESTATICA

PROB N° 20



◆ ESFUERZO TEORICO — ESFUERZO CALCULADO

BIBLIOGRAFIA

- Descripción general y anatómicas de las maderas del grupo andino; Junta del Acuerdo de Cartagena 1988
- Manual del grupo andino para la preservación de la madera; Junta del Acuerdo de Cartagena 1988
- Manual de identificación de especies forestales de la sub - región andina; INIA 1996
- Manuale di identificazione di 45 specie forestali della comunita andina; Istituto nazionale peri l Commmercio Estero - Italia
- Perú forestal en números; INRENA - 2001
- Programas andinos de desarrollo tecnológicos en el área de recursos forestales tropicales; Manual de diseño para maderas del grupo andino; Junta del Acuerdo de Cartagena; Lima 1984
- Descripción de las propiedades físico mecánicas y usos de madera del Perú; Ing° Antonio Arostegui; Lima 1970
- Instituto de Investigación Tecnológica Industrial y de Normas Técnicas, Lima 1990.
- Instituto Nacional Investigación de la Vivienda; Norma Técnica E-101
- Utilización industrial de nuevas especies forestales en el Perú; Organización Internacional de las Maderas Tropicales.