

PROCYP Programa de Investigación de Celulosa y Papel

Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales.

Universidad Nacional de Misiones. República Argentina

<http://www.unam.edu.ar/procyp.html>

<http://www.fceqyn.unam.edu.ar/> www.unam.edu.ar



Texto libre para usos sin fines de lucro, si se cita de la siguiente manera: 'por Carlos Eduardo Núñez – PROCYP – Universidad Nacional de Misiones –Argentina -2004'.

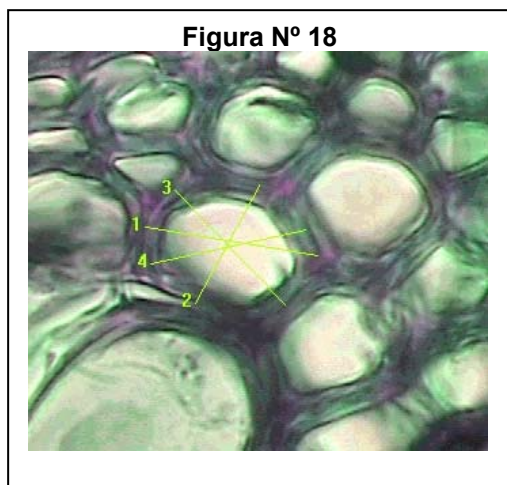
Por favor comuniquen errores, sugerencias etc. a: c_e_nunez@fceqyn.unam.edu.ar

MICROESTRUCTURA DE LA MADERA.

(Continuación de Microestructura 02 2005)

Ancho de fibra.

El ancho de fibra es un parámetro variable a lo largo de la longitud de la fibra, e inclusive en el mismo sitio puesto que ésta no tiene una sección circular. Es por eso que es necesario trabajar con valores promedios de varias determinaciones. Existen dos maneras de determinar el ancho de fibra; en los tejidos de la madera por medio de cortes trasversales hechos con el micrótopo, Figura N° 18, y en los disgregados. Las mediciones tienen una gran diferencia, siendo las realizadas en el material disgregado mucho mayores, debido a que, por un lado las células en la madera están tensionadas expandiéndose al deslignificarse, y por otro lado en el disgregado los elementos están colapsados debido a su posición y en alguna medida a la presión que ejerce el cubreobjeto. Para los fines papeleros recomendamos medir los anchos disgregados, dado que es como los vamos a encontrar en la hoja de papel y de esa manera se pueden comparar con los preparados de pulpa que eventualmente se realicen. La magnitud de los anchos de fibra se halla



comprendida entre 7 a 20 μ en las fibras de latifoliadas y en el rango de 20 a 60 μ en las traqueidas de coníferas.

Espesor de pared. Esta medición es la más dificultosa de realizar debido a su pequeña magnitud como se puede apreciar en la imagen de la Figura N° 18 que fue sacada con el máximo aumento del microscopio óptico, es decir alrededor de 1200 X. Los espesores de pared se hallan en el rango de 2 a 6 μ en las fibras y de 3 a 10 μ en las traqueidas. No se mide directamente sino restando el ancho del lumen del ancho total de fibras y dividiendo por 2. También se dificulta en los disgregados porque se confunde con estrías y sombras propias del método óptico, particularmente en las fibras finas de paredes gruesas que no se colapsan completamente, Figura N° 19.

Coefficientes relacionados: Para tratar de relacionar mejor las propiedades de la hoja y los parámetros fibrosos se han creado una serie de relaciones matemáticas entre ellos. De las varias publicadas hay tres que se usan con frecuencia, que se pasarán a describir:

Coefficiente de flexibilidad: Es la relación entre el ancho del lumen y el ancho total de fibra.

$$f = \frac{\lambda}{A} = \frac{A - 2e}{A}$$

donde **f** es el coeficiente de flexibilidad, λ es el ancho del lumen, **A** el ancho total de fibra y **e** el espesor de pared de fibra. Una variante del coeficiente de flexibilidad es el llamado índice de Runkel

$$\text{Índice Runkel} = \frac{2e}{\lambda} = \frac{(A - \lambda)}{\lambda}$$

Coefficiente de fieltabilidad: Se define como la relación entre la longitud de la fibra y su ancho, y está relacionado con el carácter de fibra textil con la que se realizan las telas tipo fieltro es decir las que no están tejidas. Dichas fibras textiles poseen un coeficiente de flexibilidad muy alto del orden de 300 -500. En contrapartida una célula parenquimática posee un coeficiente de fieltabilidad cercano a uno y un elemento vascular entre 2 y 10.

$$F = \frac{L}{A}$$

Donde **F** representa el coeficiente de fieltabilidad y **L** la longitud de fibra.

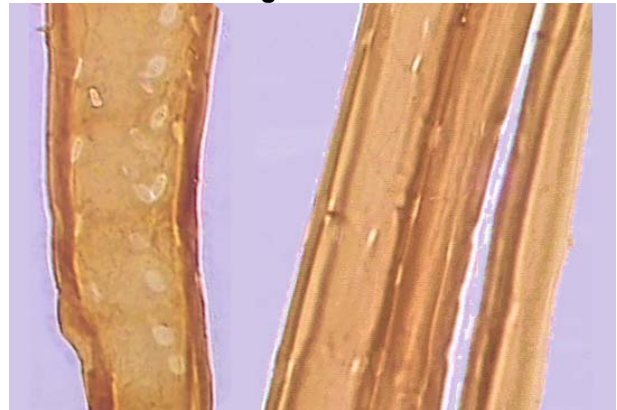
Coarseness. El Coarseness, palabra inglesa que no encuentra una fácil traducción castellana pero sería la 'grosura' o la 'bastedad' de una fibra, se define como el peso por unidad de longitud, y por lo tanto tiene que ver con el ancho y el espesor de pared, es decir con el coeficiente de flexibilidad.

$$\text{Coarseness} = \frac{\text{Peso}}{\text{Longitud}}$$

Un parámetro relacionado al *coarsness* es el llamado **área ocupada**, que es el área transversal total de la fibra menos el área del lumen.

$$\text{Área ocupada} = \text{Área total sección} - \text{Área del lumen}$$

Figura N° 19



Resistencia individual de Fibra.

Se define como resistencia individual de fibra, a la resistencia a la tracción que cada fibra. Se suele expresar en gramos. Ésta no es un valor teórico, sino que se puede medir colocando una (o unas pocas) fibras, entre pequeñas mordazas, y cargando un platillo que pende de ellas con pesos crecientes hasta que se rompan. Para fibras que no han sufrido tratamientos químicos o mecánicos que las hayan dañado, la resistencia individual de fibras es función del coarseness, o del área transversal ocupada. es decir de la cantidad de material de la pared, y de una constante del material que depende principalmente de lo que se llama "ángulo fibrilar" (Figura N° 44).

$$R_i = f (C, \tau)$$

Donde R_i es la resistencia individual de fibra, C el coarseness y τ el ángulo fibrilar.

o también $R_i = f (AO, \tau)$

siendo AO el área ocupada.

Relación entre parámetros fibrosos y propiedades de la hoja.

Se describirán a continuación algunos de los ensayos físicos, físico – mecánicos y ópticos que se le realizan a la hoja de pulpa o papel.

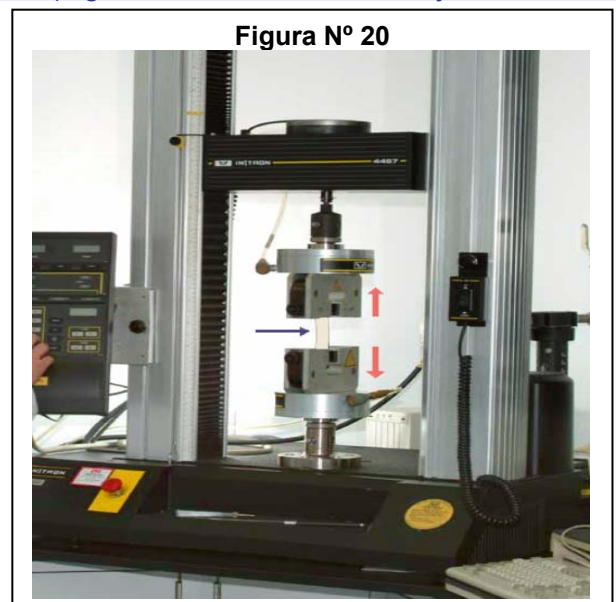
Resistencia a la tracción: Es la resistencia de una tira de material cuando se la tracciona tomada entre dos mordazas que tratan de separarse entre ellas (Figura N° 20. Las flechas rojas indican el sentido de la tracción y la flecha violeta la tira de papel ensayado). Experimentalmente se ha comprobado que en este caso hay más trabajo de arrancamiento que de rotura de las fibras.

Resistencia al rasgado: Es la resistencia que ofrece la hoja a la rotura por medio de una fuerza que actúe para rasgarla cuando el corte ya está iniciado (Figura N° 21). En este caso la importancia de la rotura individual de fibras es más importante que en la tracción.

Resistencia a la explosión: Es la resistencia que ofrece una hoja a ser rota por una fuerza no puntual cuyo vector es perpendicular a su plano (Figura N° 22).

Opacidad: Se define como la aptitud de un material para no permitir el paso de la luz a su través. Experimentalmente se determina determinando la relación entre la reflectancia de una hoja de papel sobre un cuerpo negro y sobre muchos pliegos del mismo papel.

Porosidad: Es el contenido de poros, es decir de espacios libres de fibras que hay dentro de la hoja de papel. Se mide por medio de la velocidad de fluido del aire a su través, utilizando un equipo que tiene un émbolo de peso normalizado y un cronómetro (Figura N° 23. La flecha verde señala el émbolo, la flecha azul la dirección de movimiento del émbolo, y la flecha roja el lugar donde se aprisiona la muestra de papel).



Lisura: Es la menor o mayor existencia de crestas y valles en la superficie de la hoja, o dicho de otra manera el menor o mayor acercamiento de la superficie de la hoja a un plano perfecto. Se mide en el mismo equipo que la porosidad, pero cerrando la salida de aire de abajo de la probeta, y permitiendo que el aire que desplaza el émbolo salga solamente a través de la rugosidad de la superficie.

Resistencia al doble plegado: Ésta es un parámetro poco utilizado en la actualidad, que consiste en plegar repetidamente en forma mecánica una hoja hacia los dos lados, es decir unos 300°, hasta que se quiebre.

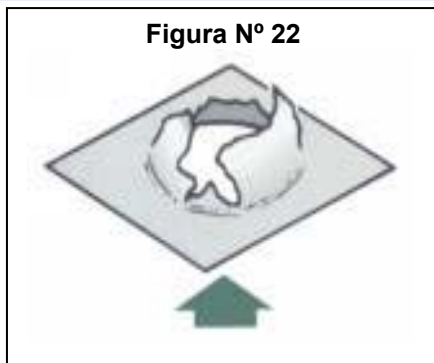


Figura N° 22

Superficie de unión (Bonding) : Alude a la cantidad de superficie que se pone en contacto

entre fibras contiguas. La capacidad y la calidad de ese contacto es una propiedad substancial de la hoja, puesto que de ella dependen, de una u otra manera, la mayoría de las propiedades. Como se verá posteriormente es una unión de tipo puente hidrógeno, potenciada en las fibras que están deslignificadas, que posee un considerable valor, puesto que las moléculas de celulosa están rodeadas de oxhidrilos.

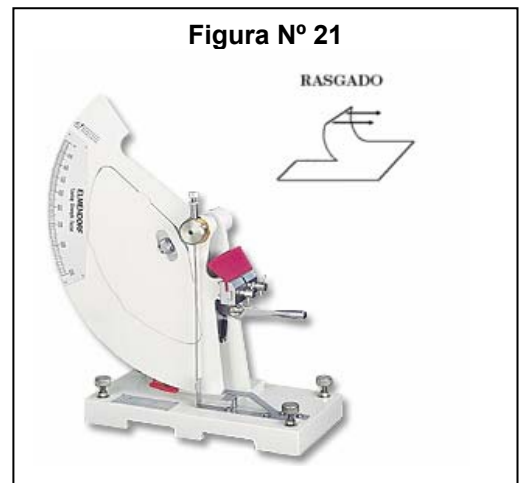


Figura N° 21

Algunas consideraciones sobre la predicción de las propiedades en función a la morfología fibrosa

Dada la cantidad de variables en juego en el proceso de transformación del recurso fibroso a hoja de papel, sería prácticamente imposible aislar la relación que en producto final tienen los parámetros fibrosos. Con el objetivo de aislar la mayor cantidad posible de ellas se han realizado muchos trabajos a lo largo de la historia de la tecnología papelera, dentro de los cuales los más importantes son aquellos que partiendo de maderas que poseen morfología fibrosa similar han conseguido variar uno o unos pocos de ellos. Sin embargo así y todo los resultados hallados son muy diversos y hasta con frecuencia incongruentes y contrapuestos. Ello se puede explicar por las metodologías diversas utilizadas, entre las que se encuentran los procesos de pulpa.

De todo ello se pueden sacar solamente algunas cosas en limpio con una aceptable certidumbre, que son las que se pasan a describir:

- 1) Las maderas de fibra larga (coníferas) dan pulpas de altas resistencias físico mecánica, alta porosidad, baja lisura y mala formación.
- 2) Las maderas de fibras cortas (latifoliadas) dan pulpas de mucho menor resistencias físico mecánica que las de coníferas, pero poseen menos porosidad y mejor formación y lisura.
- 3) Un coeficiente que aparece con mucha frecuencia en las regresiones múltiples como responsable importante de muchas propiedades físico mecánicas es el de fiabilidad.
- 4) El coeficiente de flexibilidad aparece con cierta frecuencia como responsable parcial de la opacidad y la dispersión de luz en la hoja.

Las siguientes son de carácter más general:

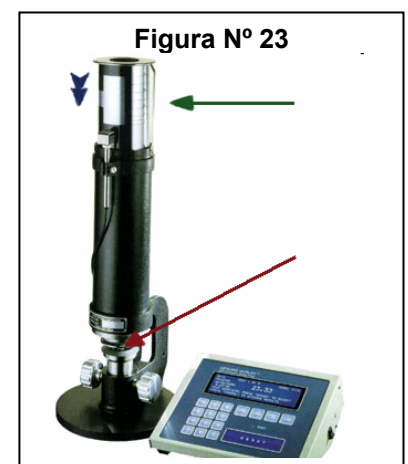


Figura N° 23

5) La resistencia a la tracción depende principalmente de la fiabilidad, de la longitud de fibra, del coeficiente de flexibilidad y en menor medida de la resistencia individual de fibras. Al analizar las zonas de rotura por tracción se puede observar que hay más fibras arrancadas del entramado que rotas por el esfuerzo. Por lo tanto será más importante la longitud y el coeficiente de flexibilidad que la resistencia individual. También por ello la resistencia a la tracción de las fibras de coníferas es siempre mayor que la de latifoliadas.

6) La resistencia al rasgado depende además del coeficiente de fiabilidad, de la resistencia individual de fibras, y en menor grado de la longitud y el coeficiente de flexibilidad. Ello es debido a que el rasgado se produce más por rotura de las fibras que por deslizamiento de las mismas en la trama de la hoja. El hecho de que se pierda con relativa facilidad en los pulpos químicos es coincidente con la degradación de la celulosa en estos procesos.

7) La explosión del papel se produce por una mezcla de los dos mecanismos anteriormente descritos, es decir por arrancamiento y rotura de fibras. Por lo tanto la relación entre los parámetros fibrosos y esta resistencia serán también intermedios entre los de tracción y rasgado



Keywords (Thesaurus of Pulp and Paper Technology. Institute of Paper Science and Technology, Atlanta USA, 1991): Microscopy, microstructure, fiber dimensions, fiber length, fiber diameter, cell wall thickness, pulp properties, technical schools.