

Medición de Madera en Base a Peso

Ventajas y Desventajas

Por: **Froylán Castañeda¹**

RESUMEN

Este artículo trata de la importancia de la medición de madera en peso, considerando sus ventajas. El sistema no es nuevo puesto que desde hace unos 25 años se le ha dado la importancia debida en los Estados Unidos y en el Canadá. Este método es bastante conveniente y ahora con la posible realización del proyecto de pulpa y papel en Honduras, es importante que se estudien con cuidado las alternativas de cubicar la madera. Definitivamente debería dársele énfasis a este método ya que puede resultar el más práctico y el más económico.

Se da una breve idea, apoyada en los resultados e investigaciones pertinentes, en los Estados Unidos, de como empezar un estudio de predicción del peso de la madera en pie. También se incluye una descripción de cómo adaptar este sistema a madera de construcción directamente en el aserradero. Este tipo de investigación es relativamente económico, sencillo de realizar, y no requiere el uso de grandes computadoras para sus cálculos.

INTRODUCCION

La idea del uso del peso en libras, kilogramos o toneladas como otra alternativa en la medición de madera especialmente para pulpa, no es nueva. La medición en peso se ha estado practicando en Europa por mucho tiempo. En los Estados Unidos la idea fué propuesta y finalmente aceptada a mediados de 1950 (Guttemberg, 1973). En la actualidad en los Estados Unidos y en el Canadá este método es altamente practicado en la

¹ El autor es estudiante de post-grado en Dendrometria-Silvicultura en la Universidad de West Virginia, U.S.A. Anteriormente sirvió como catedrático del CURLA y de la ESNACIFOR.

industria de la pulpa y papel, y pasos similares se han estado dando desde los sesenta para adaptarlo a madera de construcción. A estas alturas la cubicación de madera para pulpa en base a volumen es escasamente practicada.

Con la creación del tan deseado proyecto de pulpa y papel en Honduras, es importante tomar decisiones acertadas sobre los métodos apropiados de compra de madera y venta del producto final.

REVISION DE LITERATURA

El método convencional de cubicar madera para pulpa —la cuerda no da resultados consistentes— la describió Avery (1975) como un bulto de madera que contiene 128 pies cúbicos; de éstos, normalmente 75 a 100 pies cúbicos son madera sólida, y el resto es ocupado por espacio libre o aire (Panshin et al, 1962). Avery (1967) dijo que la cuerda se ha usado simplemente por conveniencia. Williams y Hopkins (1968) en un estudio realizado en pino en el Sur de los Estados Unidos determinaron que en una cuerda de madera, el espacio ocupado por el aire era de 14 a 40 por ciento, sus resultados indicaron que el rango del volumen de madera sólida era de 56 a 94 pies cúbicos. Esta inconsistencia y variación en el contenido de madera sólida puede obedecer a varias razones: diferencias en la longitud, diámetro y forma de los trozos; en la cantidad de nudos y en el arreglo que se les dé a los trozos al momento de ser medidos. La cantidad de corteza y el error de medición de la persona encargada de cubicar también contribuyen a esas variaciones. Esto demuestra que si la cuerda ha de adaptarse como el método oficial de cubicar madera para pulpa, deberá tomarse una información mucho más detallada y precisa en cada bulto, con el objeto de convertirla en un sistema más justo tanto para el vendedor como para el comprador. Lo apuntado demuestra que este método convencional de cubicación es más caro y menos preciso. Otra razón importante por la cual el peso es preferible al volumen, es que el producto final de esta industria se vendería en base a libras o toneladas y la cuerda no es proporcional al peso del producto final.

Son muchas las razones por las cuales el uso del peso es más aceptado actualmente. Los productos secundarios como lo son las tablas de orilla, el aserrín, la corteza, las ramas, las hojas o las acículas, los toconés y las raíces fueron considerados, por muchos años, como productos desechables. Con la introducción del aprovechamiento total del árbol y del uso de esos subproductos por industrias forestales secundarias era necesari-

rio un método de cubicación más eficiente. Es mucho más barato y más fácil medir estos desperdicios con base a peso que al volumen.

VENTAJAS

En los años de experimentación y de prueba de este nuevo método, la cantidad de ventajas que se han observado sobrepasa a las pocas desventajas, convirtiéndolo por lo tanto en un sistema fácil de adaptar. La medición en peso es más fácil, exacta, consistente y conveniente. En los Estados Unidos y en Europa, por ejemplo, se ha podido determinar que su uso reduce los costos de administración y de producción (Pearce y Stonzel, 1972) y facilita además las labores de contabilidad y de inventario. Se reduce la espera al dueño del camión en el patio de recibo, permitiéndole más viajes por unidad de tiempo. Entre otras cosas, el uso del peso entusiasma al camionero al entregar con mayor rapidez la madera verde para así lograr más peso. Esta condición es beneficiosa también para la industria, pues estudios realizados por el Servicio Forestal de los Estados Unidos, U.S.F.S., en 1974 indican que la medición en peso resulta más barata y es más exacta, considerando que la cubicación en volumen requiere más conocimiento, capacidad, juicio propio y tiempo por parte de la persona encargada de medir los trozos.

Otras ventajas que este método ofrece son las siguientes:

1. Los pagos son más exactos.
2. En el futuro, se harían los inventarios forestales basados en Peso, y por lo tanto el peso promedio de un árbol sería el factor más importante para determinar el costo de producción de una tonelada de madera (Curtis, 1975).
3. El peso promedio de un árbol se podría usar para determinar el costo de apeo, trozado, desrame, arrastre y de cargado por tonelada.
4. El peso es una variante muy importante en la toma de decisiones sobre la compra de maquinaria pesada y equipo de arrastre o de extracción, especialmente en aquellos casos en donde se desea implantar un sistema de cable-vías.
5. Su uso estimula la entrega de la madera en mejores condiciones.

DESVENTAJAS

A pesar de que el sistema presenta muchas ventajas, la cubicación en peso no es perfecta, y no es la solución completa a todos los problemas de medición. Algunas de las desventajas son las siguientes:

1. El contenido de humedad de la madera varía según la especie, la posición en el árbol, y el tiempo transcurrido desde el momento de apeo hasta el momento de entrega. Resultados obtenidos con *Prunus serotina* Ehrh. y con *Acer rubrum* L. indican que el porcentaje de humedad es mayor en la primera troza (16 pies) y menor en las trozas superiores (Castañeda, 1977). Según Peck (1953), el porcentaje de humedad de la madera puede variar desde un 30% a un 250%. Este factor, sin embargo, sirve de incentivo para que el camionero evite contratiempos en la entrega de la materia prima. Debido a esta variación, es necesario que al diseñar tablas de cubicación por peso, las predicciones se expresen en base a peso verde, para madera de construcción, y aún mejor, en base a peso seco en el caso de madera para pulpa y papel.
- Otros factores que afectan el contenido de humedad de la madera son: estación del año, sitio, edad, elevación y la posición del árbol. La densidad y la cantidad de defectos en la madera también son factores determinantes. Algunos autores, sin embargo, han encontrado que la estación del año no afecta el contenido de humedad presente en ciertas especies (Peck, 1953). Estas observaciones o factores indican que las tablas de peso y las tablas volumétricas tienden a ser regionales solamente, y que la adaptación de las mismas a otro lugar del país requiere pruebas preliminares para determinar las diferencias existentes al respecto.
 - La cubicación en peso no establece la diferencia entre la calidad de las trozas o entre las especies y por lo tanto podría causar insatisfacción entre los compradores. Esto requeriría cierto grado de inspección en el sitio de la balanza a la entrada del molino antes de acordar el precio. En aquellas industrias forestales en donde las trozas son clasificadas, el tamaño de cada una y su calidad serían factores importantes que afectarían el precio final de la misma y los costos de manufactura.

LA CUBICACION EN PESO EN LA PLANTA

FACTOR DE CONVERSION

Muchos estudios de cubicación en peso directamente en el aserradero o en el molino, incluyen uno o más factores de conversión de peso ya sea en pies cúbicos, en pies tablares o en cuerdas. El peso de un pie tablar o de una cuerda cambia de acuerdo a variantes existentes en algunas características de la madera, como lo son la densidad y el contenido de humedad. La relación de peso versus volumen también será determinada por las diferencias existentes entre las reglas de cubicación comúnmente usadas. Los resultados obtenidos por Blair (1965) con especies de pino del Sur de los Estados Unidos, indican que el peso neto de mil pies tablares (M.P.T.) de madera es de 15,280 libras cuando se usa la regla Doyle-Scribner, y de 10,140 libras cuando se usa la Internacional-1/4. Para eliminar esa diferencia debe adoptarse una misma regla de cubicación en la compra y en la venta de la materia prima. Blair (1965) indicó que el peso de M.P.T. de una misma especie, cubicada con la misma regla, varía también en diferentes localidades. Esto significa que cada aserradero deberá determinar distintos factores de conversión para madera proveniente de zonas diferentes.

COMO DETERMINAR EL FACTOR DE CONVERSION

Una vez establecida la balanza en la entrada del aserradero o del molino, procédase de la siguiente manera:

1. Anótese el número de trozas en cada camión.
2. Determínese el volumen de la madera, en pies cúbicos, pies tablares o en cuerdas, de cada troza y de cada camión según la regla de cubicación deseada.
3. Anótese el peso total de cada camión cargado (P_t).
4. Descárguese el camión y pésese vacío (P_v).
5. El peso neto de las trozas por camión será igual a
$$P_n = P_t - P_v$$
6. Anótese el número de trozas por camión.

Pésese cierta cantidad de camionadas según la exactitud del factor de conversión que se desea. Dobie (1965) recomienda que, para determinar el tamaño de la muestra o número de camionadas (N), se use la siguiente fórmula: $N = (DS/ESD)^2$, en

la que DS es la desviación estándar estimada y ESD es el error estándar de lo estimado dispuesto a aceptarse. Por ejemplo, si se desea estimar el peso por pie cúbico a un nivel de confianza del 95%, $N = 2.5^2/0.5^2 = 25$ camionadas para una DS de ± 2.5 libras. Si se estima que la variación en libras por pie cúbico será más grande, por ejemplo ± 5 libras, $N = 5.0^2 / 0.5^2 = 100$ camionadas.

Determinese un factor de conversión, peso/volumen, para cada camión y luego calcúlese un factor promedio. En el futuro el P_n de cada camión dividido por el factor daría el volumen por camionada. Un factor por separado deberá calcularse por especie y uno mixto para grupos de especies cuando así vengan en los camiones.

Si se desea desarrollar tablas de predicción de volumen según el peso, la ecuación deberá ser la siguiente:

$$V = a + b P_n + c N_t$$

en la que $V =$ Volumen en las unidades deseadas.

$a, b, y c =$ coeficientes de regresión.

$N_t =$ Número de trozas por camionada.

OTROS CUIDADOS QUE DEBEN CONSIDERARSE

1. Revítese el sistema a menudo una vez que éste esté operando. Al principio, revítese cada semana y, eventualmente, cada mes. Para tal efecto, selecciónese al azar un número de camionadas y determinese si su contenido de madera equivale aproximadamente a lo obtenido con el factor o con la ecuación.
2. Una nueva revisión debe efectuarse cada vez que las trozas vengan de una nueva zona de apeo.
3. Ejecútense revisiones cada vez que se susciten cambios drásticos en la longitud promedio de las trozas. Es decir, si cuando se determinó el volumen que se usó para calcular el factor o para desarrollar la ecuación, se trabajó con una longitud promedio de las trozas de 16 pies y, de repente, se empieza a traer trozas de 32 pies, deberán desarrollarse un nuevo factor y una nueva ecuación.

COMO DESARROLLAR UNA TABLA DE PESO PARA ARBOLES EN PIE

USO DE VARIANTES EN LA REGRESION

La primera decisión que deberá tomarse antes de desarrollar una tabla de predicción de peso para madera de pulpa o de construcción, es la de seleccionar un local o una estándar. Basándose en esto, las dos variantes más comunmente usadas son el diámetro de altura de pecho (DAP) y la altura total o comercial. En muchos casos la inclusión del DAP como la única variante sería suficiente ya que el uso de otra adicional no aumentaría necesariamente la precisión de la predicción a un grado que justifique el costo adicional (Brown, 1976). Como lo ha expresado Lyre (1973) la idea no es solamente la de emplear variantes que puedan medirse en forma fácil y rápida, sino que la selección de las mismas debe ser tal que permita un uso más fácil de las tablas de predicción desarrolladas.

Con relación a madera para pulpa, es importante que se desarrollen los siguientes parámetros o variantes dependientes: 1. El peso total húmedo que incluye el peso total del árbol y sus componentes y generalmente excluye el peso del tocón y de las raíces. 2. El peso total seco con corteza o sin ella. 3. El peso húmedo de la corteza de todo el árbol y de sus componentes. 4. El peso seco de la corteza de todo el árbol y de sus componentes. 5. El peso húmedo y seco de las ramas. 6. El peso seco de las ramas. 7. El peso seco de la corteza de las ramas. 8. El peso húmedo y seco de la altura comercial. 9. El peso seco sin corteza de dicha altura comercial. 10. El peso seco de la corteza de la altura comercial. Con madera de construcción, generalmente solo es necesario el primer parámetro antes mencionado.

TAMAÑO DE LA MUESTRA

Contrario a lo que las investigaciones anteriores han usado en el pasado, estudios más recientes indican que la muestra no necesariamente tiene que ser grande. Una muestra grande, (100 árboles de cada especie), no aumenta la exactitud de la predicción en grado apreciable comparándola con otra muestra pequeña de unos 20 árboles, para que se justifique el costo adicional de obtener más datos en el bosque. En tablas de peso locales diseñadas para nueve especies de hoja ancha en el estado de West Virginia, U.S.A., el tamaño de la muestra consistió en 21 árboles de cada especie. El rango de los resultados de las regresiones indicó valores de R^2 de 0.996 — 0.881, con 0.978 como promedio, para peso total húmedo, y de 0.992 — 0.730,

con 0.953 como promedio, para peso húmedo comercial (Wiant et al, 1977). Según Schreuder y Swank (1976), la muestra debe consistir por lo menos de unos 20 árboles de cada especie si se desea un error estándar ($S_{\bar{x}}$) alrededor de un 10% de lo estimado. En los resultados por Wiant et al, para esos dos parámetros antes mencionados, el ($S_{\bar{x}}$) fue de 11% y 14% respectivamente. Más importante que un número determinado de árboles es el que la muestra incluya unos tres a cuatro árboles de cada una de las clases diamétricas en el rango del DAP que la tabla de predicción incluiría (Young, 1976).

MATERIALES Y METODOS

Una vez seleccionados, cada árbol muestra debe cortarse a una misma altura y seccionarse en trozos cortos, generalmente de 4 pies para madera de pulpa y de 16 pies para madera de construcción. Esta longitud debe ser tal que no resulte muy pesada cuando los obreros tengan que poner los trozos en la balanza. Los trozos pueden ser más largos si se emplea algún medio mecánico para levantarlos. Cada trozo debe pesarse individualmente hasta un diámetro superior especificado. Las ramas y otros pedazos menores al diámetro superior deben pesarse también. Estos constituirían el peso verde de las ramas o de la copa. Otras medidas que deben tomarse son el DAP con corteza o sin ella y el diámetro superior de cada trozo, al igual que el grosor doble de la corteza en el mismo punto también deben medirse la altura total y la comercial, la longitud y diámetro de la copa.

Para un análisis posterior en el laboratorio, se deben obtener las siguientes muestras: de la parte superior de cada trozo deberá extraerse una muestra de madera en forma de cuña que contenga la corteza, y otra de las ramas. Esta última consiste generalmente de tres secciones escogidas al azar, también con corteza. Las muestras deben identificarse y guardarse temporalmente en bolsas plásticas para luego ser llevadas al laboratorio.

PROCEDIMIENTO EN EL LABORATORIO

Cada muestra debe pesarse con corteza o sin ella, con una balanza de precisión, y luego secarse en un horno a 103 grados centígrados por espacio de 48 horas o hasta que cada una alcance un equilibrio en el contenido de humedad. Luego deben pesarse individualmente. La relación del peso seco con la del peso húmedo, con corteza o sin ella, servirá para

determinar el peso seco de cada árbol o de sus componentes. La determinación del peso de las muestras debe ser lo más precisa posible.

EQUIPO QUE DEBE USARSE

El equipo que se usa en este tipo de investigación es poco. Se necesitará una balanza portátil de plataforma o de resorte con una capacidad determinada por la magnitud de los árboles que van a pesarse. Para madera para pulpa ésta es generalmente de unas 500 a 750 libras. Se utilizarán además, una cinta diamétrica, un medidor de corteza, una cinta para medir longitud (altura), una motosierra, un hacha, bolsas plásticas, un horno eléctrico y una balanza de precisión.

MODELOS DE REGRESION

Existen varios modelos de regresión que pueden usarse en este tipo de estudios. Los más simples y comunes, para árboles en pie, son una relación lineal ($\text{Peso} = a + bX$), una relación exponencial ($\text{Peso} = X^b$) y la relación curvilínea o polinomial de segundo grado ($\text{Peso} = a + bX + cX^2$) en las que a , b y c son coeficientes de regresión y X es el DAP. Cuando se usa la altura como una segunda variante independiente, los modelos más usados son $\text{Peso} = a + bX^2 + A$ o $\text{Peso} = a + bX + cX^2 + A$, en las que A es altura total o comercial. La forma más efectiva de formarse una idea sobre el modelo que debe usarse es mediante un gráfico preliminar de la información obtenida. En un estudio hecho en el estado de West Virginia, U.S.A., se pudo determinar que entre esos modelos, el exponencial registró resultados más exactos para peso total y comercial húmedo o seco en especies de hoja ancha. La inclusión de la altura en el modelo de regresión no aumentó la precisión de lo estimado en forma significativa. La relación curvilínea resultó mejor para el peso de la corteza y de las ramas. En todos los casos la relación lineal no produjo la exactitud deseada (Castañeda, 1977). Una vez que se haya decidido sobre el modelo que deberá usarse, se efectúa la regresión usando los valores de los parámetros para las predicciones deseadas. Una tabla de esta clase determinaría la cantidad de libras o de toneladas de madera en pie en un bosque dado.

CONCLUSION

Con la creación del proyecto de pulpa y papel, es importante que se estudie y se considere el uso del "peso" como otra alternativa de medición de la materia prima. Este método por

ser más exacto y más económico, además de estar más directamente relacionado al producto final (en comparación a la cuérda), és bien aceptado actualmenté en ésta industria en Norteamérica y Europa.

LITERATURA CITADA

EVERY, T. E. 1967. Forest Measurements. McGraw-Hill Book Company. New York. 290 pp.

———. 1975. Forest Resource Measurements. McGraw-Hill Book Company. New York. 339 pp.

BAIR, W. M. Weight-scaling pine saw-logs in Texas. Southern Lumberman 210 (2618): 27-32. 1965.

BROWN, J. K. 1976. Predicting crown weights for 11 Rocky Mountain conifers. U.S.A.D. For. Serv. Res. Paper. Intermountain For. and Range Exp. Sta. Int.-12. 9 pp .

DOBIE, J. 1965. Factors influencing the weight of longs. Canada Department of Forestry. Reprint from British Columbia Lumberman. CAN-DF.

CASTAÑEDA, F. 1977. Weight tables for black cherry and red maple trees in Northern West Virginia. Masters Thesis. West Virginia Univ., School of Forestry Library. Morgantown, W. V. 99 pp.

CURTIS, F. H. 1965. Tree weight equations — their development and use in forest management planning. Proceedings of the Society of American Foresters. 189 - 191 pp.

GUTTEMBERG, S. 1973. Evolution of weight-scaling. Proceedings of the 8th. Texas Industrial Wood Seminar. Texas Forest Products Laboratory. Lufkin, Texas.

LYRE, G. L. 1973. Weight-scaling: some operational aspects. Proceedings of the 8th. Texas Industrial Wood Seminar. Texas Forest Products Laboratory. Lufkin, Texas.

- PANSHIN, A. J., E. S. HARRAR, BETHEL, AND W. J. BAKER. 1962. Forest Products. McGraw-Hill Book Company. New York. 538 pp.
- PEARCE, J. K., AND G. STENZEL. 1972. Logging and Pulwood Production. The Ronald Press Company. New York. 453 pp.
- PECK, E. C. 1953. The sap and moisture in wood. U.S.D.A. For. Serv. Prod. Lab. Report D-768. 13 pp.
- SCHREUDER, H. T., AND W. T. SWANK. 1976. Statistical considerations in sampling biomass and surface area over time for *Pinus strobus* L. forest. U.S.D.A. For. Serv. Southeastern For. Exp. Sta. SE-99.
- U.S.D.A. Forest Service. 1974. Buying pulpwood by weight. Forest Research News of the South. South and Southeastern For. Exp. Sta.
- WIANT, H. V., C. E. SCHEETZ A. COLANINNI, et al 1977. Estimating weights of some Appalachian hardwoods in Northern West Virginia. West Virginia Agr. and For. Exp. Sta. (En imprenta).
- WILLIAMS, L. D., AND C. D. HOPKINS, 1968. Converting factors for southern pine products. Louisiana State University and Agric. and Mechanical College. Bulletin 626. 90 pp.
- YOUNG, H. E. 1976. A summary and analysis of weight tables studies. Complete Tree Institute, University of Maine School of Forestry. Orono, Maine.