

# FACTOR DE CORRECCIÓN DIMENSIONAL EN MADERA EN ROLLO DELGADA DE USO ESTRUCTURAL DE PINO LARICIO

Mier, R.; Fernández-Golfín, J.I.; Díez, M.R.; Hermoso, E.; Iñiguez, G.; Conde, M.  
Laboratorio de Ensayos de Madera Estructural. (CIFOR-INIA).  
Apto. 8111, 28080 Madrid – España.  
(Tlfn: 91-3476880).  
mier@inia.es

## Resumen

Aunque tradicionalmente la madera en rollo ha sido un material empleado con frecuencia, actualmente su uso en la construcción es escaso debido a su falta de regulación y desconocimiento de sus propiedades resistentes. Las mejoras efectuadas en los métodos de evaluación de estas propiedades, así como la normativa recientemente desarrollada, se centran en madera escuadrada y productos derivados. Por ello, este artículo aborda como objetivo, el análisis de la caracterización tecnológica de la madera en rollo frente a la aserrada. Al igual que en ésta última se utiliza un parámetro corrector de la resistencia denominado “factor de altura” (UNE-EN 384), estudiamos la influencia que distintos tamaños diamétricos puedan tener en la resistencia de madera en rollo y la necesidad de aplicación de un factor dimensional. Dicho análisis se efectúa mediante el estudio de modelos de regresión no lineales entre la resistencia y las dimensiones de 340 rollizos de *Pinus nigra* Arn. de Cuenca de distintas clases diamétricas, aportándose los parámetros y coeficientes de determinación obtenidos. Finalmente, comparamos los resultados alcanzados con los de estudios anteriores realizados sobre piezas de madera aserrada de pino laricio y silvestre, concluyendo las diferencias en la determinación de propiedades mecánicas resistentes en secciones de morfología distintas.

## PALABRAS CLAVE

Propiedades mecánicas, madera aserrada, rollizo de madera, *Pinus nigra* Arn.

## MESA TEMÁTICA Nº 9

Tecnología e industrialización de los productos forestales.

## INTRODUCCIÓN

La madera en rollo de pequeña dimensión procede, en su mayor parte, de las operaciones selvícolas que en las masas deben efectuarse para una correcta gestión forestal. Los destinos habituales para este tipo de producto, fundamentalmente, la fabricación de tableros de partículas, pasta de celulosa y palets, proporcionan escasos rendimientos económicos para el propietario forestal, por lo que habría que fomentar el incremento de su rentabilidad para que el propietario vea interesante la práctica de esas labores selvícolas necesarias cubriendo los gastos de intervención y generando, a su vez, riqueza y empleo en las poblaciones rurales.

Con este fin de incentivar la capacidad productiva de los ecosistemas, se evalúa en este trabajo la posibilidad de la utilización estructural de la madera rolliza delgada sabiendo que es un material abundante y barato en los montes españoles. La búsqueda de otros destinos más rentables y “dignos” a los actuales para éste producto no es contraria a los principios mencionados. Es más, la necesidad de realizar operaciones selvícolas en la masa forestal para su extracción la favorece en términos de calidad, sanidad y seguridad frente al fuego.

Siendo conscientes de ello, en Europa, desde hace varios años, se considera la investigación en nuevos usos y aplicaciones de la madera de pequeña dimensión como totalmente prioritaria.

De hecho, diversos estudios efectuados (BOREN & BARNARD, 2000), así como proyectos europeos recientemente finalizados (VTT, 1999), obtienen conclusiones muy relevantes en este campo. Apuntan al sector de la construcción como el mercado más rentable posible para la utilización de este tipo de producto, e igualmente aprueban el uso de la madera rolliza de pequeña dimensión como material estructural cumpliendo las actuales exigencias de la Directiva de Productos de la Construcción. Para ello, dictaminan que es necesario salvar la falta de información existente sobre métodos adecuados de procesamiento y de cálculo de sus propiedades.

La norma UNE-EN 384: 1996 determina un método de cálculo preciso de los valores

característicos, para madera sólida. Evalúa las propiedades mecánicas de la madera, a través de una configuración de ensayo concreta (UNE-EN 408: 1996), (Figura 1), estimando las propiedades mecánicas de determinadas combinaciones de especies, procedencias y calidades, y se conviene expresar los resultados referenciados a una altura de probeta de valor constante. La resistencia de vigas de diferentes tamaños queda pues ajustada a la del tamaño de referencia a través del denominado “factor de altura  $k_h$ ”, cuyo valor la norma establece en:  $k_h=(150/h)^{0,2}$ , para madera aserrada. El parámetro asignado se comprueba que es adecuado como valor medio para todas las especies y calidades de material, conforme dicta la experiencia empírica de los múltiples ensayos efectuados.

La búsqueda de factores correctores que hacen que la resistencia de partidas homogéneas de madera no presente diferencias significativas en función de los diversos tamaños de piezas evaluados ha sido ampliamente estudiado por numerosos autores, siendo sus explicaciones a menudo contrapuestas.

Diversas teorías tratan de explicar desde los años 20 (NEWLIN & TRAYER, 1924) la pérdida de resistencia que se produce en vigas de madera aserrada conforme aumenta el tamaño de la pieza. Según éstas, ello se debe a la mayor contribución en la resistencia que aporta la mayor cercanía, en vigas de menor altura de sección, de las fibras de la línea neutra respecto a la parte comprimida de la pieza durante el ensayo a flexión.

Otras, (TUCKER, 1927), (WEIBULL, 1939), explican la pérdida de resistencia observada conforme aumentaba el tamaño de la pieza ensayada, mediante la teoría del “eslabón débil” de forma que, al aumentar el tamaño de la pieza sometida a carga, más probable será encontrar un defecto crítico en alguna sección de la misma que comprometa gravemente su resistencia y provoque el fallo estructural. Posteriormente, nuevos estudios efectuados (ROUGER & FEWELL, 1994) descartan la validez del modelo matemático planteado por Weibull debido a que sus hipótesis iniciales partían de incorrecciones al considerar la madera un material frágil (sólo son catalogables como roturas frágiles del 10 al 40% de los casos e incluso menos, a medida que aumenta la calidad de madera evaluada (FERNÁNDEZ-GOLFÍN, HERMOSO *et al.*, 2002)), y homogéneo (lo cual en la madera es, como mínimo, dudoso).

Recientemente, (MADSEN, 1992) en su experimentación con probetas de abeto Douglas, encontró efectos significativos de aumento de resistencia conforme ensanchaba la sección evaluada, debido, según su propuesta, a que el efecto relativo de un defecto en el material en secciones de menor escuadría es proporcionalmente más grave que en otras de mayor cuantía.

(CURRY & TORY, 1976), en cambio, ensayando pino silvestre, abeto y tsuga y (BÖSTROM, 1994) con picea abies, descartaron un efecto apreciable de la anchura de la sección sobre el incremento de resistencia en las probetas evaluadas.

Al igual que en madera “laminada”, la norma UNE-EN 384, y por tanto el Eurocódigo 5 – (UNE-ENV1995-1-1, 1997), por herencia de la primera, contemplan un factor de altura específico distinto del anterior:  $k_h=(600/h)^{0,2}$ , se plantea la duda, sobre cual será el parámetro corrector válido para cualquier otro producto de madera que vaya a ser utilizado con fines estructurales.

Este es precisamente el objetivo propuesto, analizar y cuantificar la necesidad de la corrección precisa de los valores resistentes al utilizar como material estructural la madera en rollo de distintas clases diamétricas. Se debe tener en cuenta, que una correcta predicción de sus propiedades estructurales garantiza un mejor empleo en la construcción, así como una rentabilidad óptima para los intereses del productor.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El presente trabajo se encuadra dentro del proyecto de investigación AGL2001-0354, de “Caracterización de madera en rollo de pequeña dimensión para su aplicación como material estructural”, que se lleva a cabo en las instalaciones del Laboratorio de Madera Estructural del CIFOR-INIA, y es cofinanciado por el MCyT.

El material necesario para la realización del trabajo corrió a cargo de aprovechamientos maderables ejecutados por el aserradero colaborador “Ayuntamiento de Cuenca Maderas S.A.” durante el año 2002/03.

La muestra de estudio (Tabla 1) se compone de 340 piezas de maderas en rollo delgadas torneadas

de *Pinus nigra* Arn. (pino laricio) de diámetros 8, 10 y 12 cm. y longitudes de 2, 2.5 y 3 m., extraídos de árboles procedentes de claras y puntas delgadas de los montes de Cuenca.

En cada pieza de rollizo torneado, en primer lugar, se midió su contenido de humedad con un xilohigrómetro, lo que permitirá realizar las correcciones exigidas en norma. Asimismo se aplicó en cada lote de material los criterios de la normativa de clasificación visual alemana DIN 4074, los de la propuesta finlandesa del VTT y los del reciente proyecto de norma europeo prEN 14544, puesto que no existe una norma española establecida para este fin.

A continuación se midió la velocidad de transmisión longitudinal de ondas ultrasónicas.

Posteriormente se realizaron ensayos a flexión estática según (UNE-EN 14.251) para obtener el módulo de elasticidad y la resistencia a la rotura mediante una máquina universal de ensayos (Figura 2).

La fórmula utilizada para el cálculo de la resistencia última a flexión (ó Módulo de Rotura, “MoR”) de cada rollo torneado es:

$$MoR \text{ (MPa)} = \frac{16 \cdot F \cdot a}{\pi \cdot D_{med}^3}$$

Siendo, F, la carga instantánea que ejerce durante el ensayo el puente de carga (en N);  
a, la distancia a la que están separados los apoyos superiores de carga (en mm);  
 $D_{med}$ , el diámetro medio del rollo(en mm).

Finalmente, se extrajo un disco por rollo de 10 cm de altura para el cálculo de la densidad.

En cuanto a los métodos estadísticos utilizados para apreciar diferencias significativas en la resistencia de probetas de distintos tamaños diamétricos, se ha recurrido al análisis de varianza jerarquizado simple. El método se basa en el modelo:  $y_{ij} = \mu + \varphi_i + \varepsilon_{j(i)}$ , donde

$y_{ij}$ , resistencia de cada pieza.

$\mu$ , la resistencia media de los rollizos.

$\varphi_i$ , el efecto en la resistencia por pertenecer a una clase diamétrica determinada.

$\varepsilon_{j(i)}$ , residuo o error experimental.

De esta forma se contrasta si los distintos niveles del factor (ó tamaños diamétricos) influyen significativamente, o no, en la variable respuesta (o resistencia).

Probada su influencia, se modeliza esta relación resistencia-diámetro mediante técnicas de regresión simple (no lineal) obteniendo el “factor de altura” óptimo para la madera en rollo. Tras ello, se comprueba que aplicando este “factor de altura” obtenido a los datos de resistencia de las probetas, el tamaño diamétrico de las mismas deja de tener efectos significativos en la resistencia. Por último, se compara el factor de altura obtenido para la madera en rollo con resultados anteriores para madera aserrada.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se presentan a continuación un resumen de las propiedades mecánicas de los rollizos de madera que integran la muestra, antes de realizar la corrección en su resistencia (Tabla 1).

La tabla ANOVA descompone la variancia de la resistencia (MoR) en la variancia entre las clases diamétricas (ó del factor) y la de las probetas dentro de cada clase diamétrica (ó error experimental). El estadístico formado por el cociente entre el cuadrado medio del factor y el cuadrado medio del error sigue una distribución  $F_{i-1, n-i}$  de Fisher, y será el que nos permita contrastar la igualdad de medias para cada nivel del factor.

Se muestran (Tabla 2) los resultados obtenidos, donde observamos un ratio  $F=5.82$ , que se traduce en diferencias de resistencias entre clases diamétricas estadísticamente importantes al 95% de confianza (Figura 3). Observamos, al contrario de lo que sucede en madera aserrada, que las resistencias son significativamente más altas a medida que aumenta el tamaño de la pieza ó diámetro medio. Ello puede deberse a varias causas.

Por una parte, la calidad de la madera aserrada estructural obtenida del árbol depende en gran medida de la altura de la troza de donde es extraída (DÍEZ, 2000). La resistencia en el árbol aumenta al disminuir la altura de la troza y al alejarnos de su interior (WOLFE, 2000). La disminución del diámetro en punta delgada provoca el aumento de su nudosidad relativa y la disminución de sus

valores característicos. Cuanto mas delgada es la madera generalmente mayor probabilidad de ser punta y por tanto menor calidad estructural. Entre otras razones, las fibras de la base del árbol son más alargadas que las de alturas superiores y además es frecuente la disminución de su ángulo axial (WAGNER & TAYLOR, 1995), lo que se traduce en un aumento exponencial de resistencia.

Por otra, la madera mas delgada tiene mayor facilidad de presentar madera de reacción o madera juvenil que suponen alteraciones de su estructura, dando lugar a comportamientos físico-mecánicos diferentes. Además provoca contracciones longitudinales anormalmente altas, modificando igualmente su capacidad resistente. La médula del tronco contenida en el rollo provoca la existencia de un tejido blando parenquimatoso correspondiente al tallo inicial de la plántula, que también puede alterar su capacidad portante. La madera de puntas es madera muy joven que aún no ha sufrido el proceso de duraminización natural, lo que se traduce en la escasez de células muertas, impregnadas de sustancias incrustantes, que le concederían mayor dureza y durabilidad. En definitiva, la carencia de este tejido de sostén, confiere a la madera de rollizo de pequeña dimensión unas propiedades mecánicas particulares de menor rigidez.

Comprobada la existencia de diferencias significativas en la resistencia de rollos de distintas clases diamétricas, buscamos ahora ese “factor de altura (o diámetro)” capaz de hacer que estas diferencias no sean significativamente apreciables en función del tamaño de la pieza. Para ello, ajustamos paramétricamente un modelo de regresión no lineal a los datos de la muestra, y que sean las iteraciones de cálculo las que exploren los parámetros idóneos del modelo. Comenzamos con un modelo genérico, cuyos resultados mostramos (Tabla 3).

$$MoR \text{ (MPa)} = A \times \left( \frac{B}{D_{med}} \right)^C \times MOE$$

Observamos, que durante la optimización del modelo encontramos una relación apropiada considerando un diámetro de referencia de B=12 cm. Tras ello intentamos ahora determinar el valor preciso del exponente “C”, (Tabla 4):

$$MoR \text{ (MPa)} = A \times \left( \frac{12}{D_{med}} \right)^C, \text{ luego el “factor de altura (k}_d\text{)” propuesto para madera en rollo:}$$

$$k_d = \left( \frac{12}{D_{med}} \right)^{-0,297}, \text{ y la corrección necesaria será: } MoR_{k_d} \text{ (MPa)} = \left( \frac{MoR}{k_d} \right)$$

Encontrado y aplicado el factor de altura a los datos de la muestra, presentamos un resumen de las propiedades mecánicas de los rollizos que la integran (Tabla 5). Tras haber realizado la corrección mencionada, no existen diferencias significativas (Tabla 6) en la resistencia de los rollos pertenecientes a distintas clases diamétricas (F=0,65).

## CONCLUSIONES

La madera en rollo de pequeña dimensión es un material abundante y barato en los montes españoles, favoreciendo, su extracción, el desarrollo de la masa.

Requiere un procesado industrial mínimo, destacando entre sus cualidades la inherente eficiencia que le otorga la continuidad que mantienen sus fibras, sacrificada en madera aserrada a fin de lograr unas dimensiones normalizadas. Esta continuidad inhibe la presencia de fendas, deformaciones y concentraciones de tensiones, así como favorece una menor producción de astillas, lo que puede ser útil en mobiliario urbano y parques infantiles.

Respecto a la presencia de madera juvenil o de reacción, es importante destacar que, en la madera en rollo existe simetría. Esto se traduce en la disminución de las tensiones internas de crecimiento, decisivo para evitar futuras curvaturas o alabeos indeseados, aparte de proporcionar una mayor estabilidad dimensional.

Las secciones circulares macizas son, en términos de resistencia, secciones eficaces que responden adecuadamente a los efectos de torsión. Durante su desarrollo natural, los árboles soportan elevadas cargas de viento o nieve, comportándose en este caso, el árbol, como voladizos y/o columnas, y al mantener la continuidad de fibras y la fisonomía original, se les confiere unos valores resistentes satisfactorios.

La correcta predicción de las propiedades estructurales de la madera en rollo garantiza su

apropiado empleo en la construcción. Para poder evaluar adecuadamente las características mecánicas de la madera en rollo, es imprescindible obtener sus factores correctores que hagan que la resistencia de partidas homogéneas no presente diferencias significativas en función de los diversos tamaños de las piezas ensayadas.

Estudios anteriormente efectuados con madera aserrada de pino laricio (FERNANDEZ-GOLFÍN, HERMOSO *et al.*, 2002) y silvestre de diversas procedencias (HERMOSO, FERNÁNDEZ-GOLFÍN *et al.*, 2002) comprueban la validez del “factor de altura ( $k_h$ )” que propone la norma UNE-EN 384.

En nuestro caso, el factor encontrado para la madera en rollo delgada de pino laricio de Cuenca, posee ciertas peculiaridades:

- i. El factor de altura hallado para la madera en rollo delgada de pino laricio de Cuenca, tiene un formato similar al de la madera aserrada que propone la norma:

$$K_d = \left( \frac{12}{D_{med}} \right)^{-0,297}, \text{ madera en rollo.} \quad K_h = \left( \frac{15}{h} \right)^{0,2}, \text{ madera aserrada (UNE-EN 384).}$$

- ii. Las diferencias fundamentales entre ambos estriban principalmente en:

- ii.1. El tamaño de probeta que se toma de referencia: Para madera en rollo, encontramos una aproximación óptima del modelo a los datos muestrales cuando el diámetro de los rollos queda referenciado en los 12 cm de altura. Bien es cierto, que podíamos haber fijado otro por defecto, y sería esperable que el resto de parámetros hubieran absorbido la variación producida, recalculándose los nuevos valores.

- ii.2. El exponente encontrado para la madera en rollo delgada, es de valor absoluto algo mayor al que figura en la norma para madera aserrada y además de signo contrario. Ambos hechos son fundamentales.

- ii.2.1. El primero porque desde hace tiempo se discute que en la norma para madera aserrada un valor más próximo al 0,3 hubiera sido más correcto como valor medio para todas las especies, procedencias y calidades del material evaluado.

- ii.2.2. El segundo debido a que parece lógico pensar que la calidad estructural de rollizos más delgados es inferior a la de los más gruesos, por las causas evidentes que se han mencionado en la discusión de resultados. Pero este hecho, es justamente el contrario a lo que ocurre en madera aserrada y que los autores vienen explicando con diversas teorías desde los años 20, como ha quedado reflejado en la introducción. Con lo que finalmente, se concluye que al contrario a lo que ocurre en la madera aserrada, en la madera en rollo delgada, las propiedades mecánicas mejoran al aumentar el tamaño de la pieza ensayada.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BOREN, H. & G. BARNARD; (2000). *Analysis of the strength and stiffness properties for small diameter round Scots pine timber tested in bending and compression parallel to the grain*. Paperi Ja Puu-Paper and Timber 82(1): 48-56.

BÖSTROM, L.; (1994). *Machine strength grading: comparasion of four different systems*. B. T. SP, Swedish National Testing and Research Institute: 57.

CURRY, W. T. & J. R. TORY; (1976). *The relation between the modulus of rupture (ultimate bending stress) and mudulus of elasticity of timber*. Princes Risborough Laboratory.

DÍEZ, R.; (2000). *Rendimiento de madera estructural en función del diámetro de punta delgada de las trozas de aserrío*. V Congreso Forestal Español, Granada.

FERNÁNDEZ-GOLFÍN, J. I., E. HERMOSO y M. R. DIEZ; (2002). *Análisis del efecto del volumen sobre la resistencia característica a flexión de la madera de los pinos silvestre y laricio de procedencia española*. Materiales de Construcción 52(268): 43-55.

HERMOSO, E., J. I. FERNÁNDEZ-GOLFÍN y R. DÍEZ; (2002). *Análisis del factor altura  $k_{sub}(h)$  en la madera aserrada estructural de pino silvestre*. Investigación Agraria. Sistemas y Recursos Forestales. 11(2): 441-448.

MADSEN, B.; (1992). *Structural behaviour of timber*, Timber Engineering LTD.

NEWLIN, J. A. & G. W. TRAYER; (1924). *Form factors of beams subjected to transverse loading*

only. U.S National Advisory Committee for Aeronautics Report. 181.

ROUGER, F. & A. T. FEWELL (1994). *Size effects in timber: Novelty never ends*. Proceedings of the CIB-W18A/27-5-2, Sydney (Australia).

TUCKER, J.; (1927). *A study of the compressive strength dispersion of material with applications*. Journal of the Franklin Institute. 204: 751-781.

UNE-EN 384. (1996). *Madera estructural. Determinación de los valores característicos de las propiedades mecánicas y la densidad*.

UNE-EN 408. (1996). *Estructuras de madera. Madera aserrada y madera laminada encolada para uso estructural. Determinación de algunas propiedades físicas y mecánicas*.

UNE-EN 14251 *Madera en rollo estructural. Métodos de ensayo*.

UNE-ENV1995-1-1. (1997). *EUROCÓDIGO 5: Proyecto de estructuras de madera. Parte 1-1: Reglas generales y reglas para edificación*.

VTT, T. R. C. o. F. (1999). *Final report of project FAIR CT 95-0091*. ESPOO.

WAGNER, F. G. & F. W. TAYLOR; (1995). *Impact of Log Sweep on Warp in Southern Pine Structural Lumber*. Forest Products Journal 45(2): 59-62.

WEIBULL, W.; (1939). *A statistical theory of the strength of materials*. Royal Swedish Institute for engineering research.

WOLFE, R.; (2000). *Research challenges for structural use of small-diameter round timbers*. Forest Products Journal 50(2): 21-29.

## FIGURAS ANEXAS

Figura 1 - Configuración de ensayo en flexión estática según EN-UNE408.

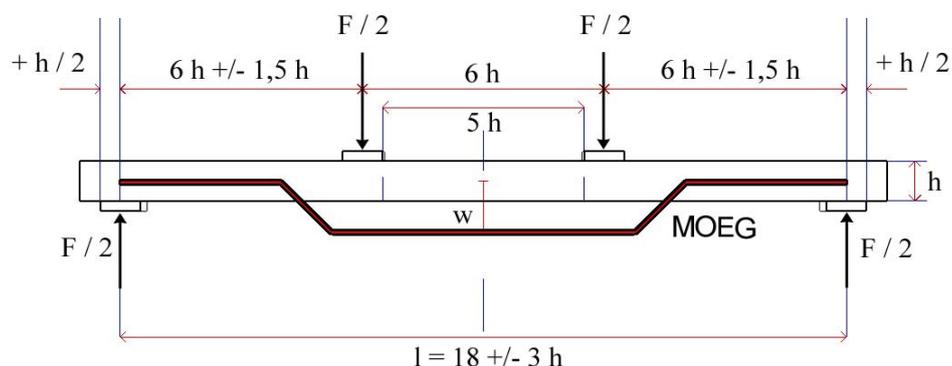


Figura 2 - Ensayo de rollizos según prEN 14251.



Figura 3 – Gráfico ANOVA que muestra la diferencia de medias en resistencia por clases diamétricas, antes de realizar la corrección del factor de diámetro ( $k_d$ ) en la muestra.

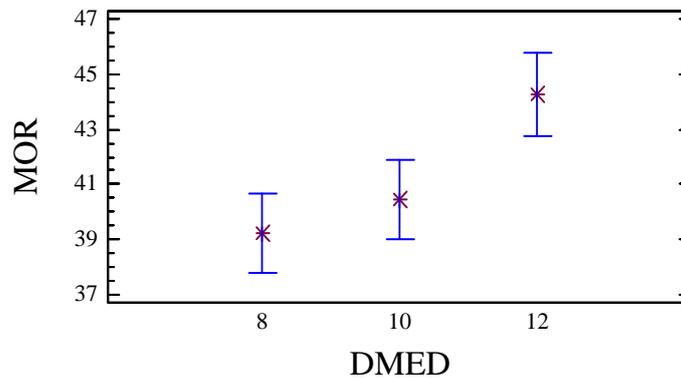
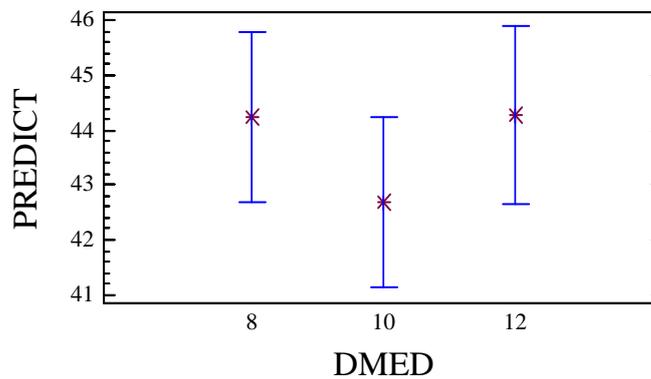


Figura 4 – Gráfico ANOVA que muestra la diferencia de medias en resistencia por clases diamétricas, después de realizar la corrección del factor de diámetro ( $k_d$ ) en la muestra.



### TABLAS ANEXAS

Tabla 1- Propiedades mecánicas de los rollos torneados de la muestra ensayada (n=340), por clases diamétricas, antes de realizar la corrección del factor de diámetro ( $k_d$ ) en la muestra.

<i>Propiedades mecánicas</i>
------------------------------

$\Phi$ (cm.)	Longitud (cm.)	Nº muestras	$\overline{MoR}$ (MPa)	C.V. %	$\overline{MoR}_{5\%}$ (MPa)
8	200 cm.	117	39,22	24,85	23,97
10	250 cm.	117	40,44	28,91	24,97
12	300 cm.	106	44,27	28,84	25,25
<b>TOTAL</b>	-	340	<b>41,22</b>	28,12	<b>24,59</b>

Tabla 2- Tabla ANOVA de descomposición de la varianza, antes de aplicar el factor corrector “ $k_h$ ”.

<b>Tabla ANOVA de Análisis de Varianza</b>					
Origen	Suma de Cuadrados	G°L <sup>a</sup>	Media Cuadrados	F-Ratio	P-Valor (95%)
Entre Grupos	1519,63	2	759,814	5,82	0,0033
Dentro Grupos	43880,5	337	130,597		
<b>TOTAL</b>	<b>45400,1</b>	339			

Tabla 3- Modelo de ajuste óptimo. Tabla de ajustes paramétricos en regresión simple no lineal.

<b>Tabla de Análisis de Regresión Simple no lineal.</b>			
Parámetro	Estima	$\epsilon$	R <sup>2</sup>
A	5,39765	0,0528166	57,33 %
B	12,13370	6,27 E10 <sup>-5</sup>	
C	0,439187	961,134	
<b>MODELO</b>	<b>MOR=5,39765*(12,1337/DMED)<sup>0,439187</sup>*(MOE)</b>		

Tabla 4- Modelo de ajuste óptimo. Tabla de ajustes paramétricos en regresión simple no lineal.

<b>Tabla de Análisis de Regresión Simple no lineal.</b>			
Parámetro	Estima	$\epsilon$	R <sup>2</sup>
A	43,7107	0,995838	2,98 %
C	-0,297019	0,0921113	
<b>MODELO</b>	<b>MOR = 43,7107 * (12/DMED)<sup>-0,297019</sup></b>		

Tabla 5- Propiedades mecánicas de los rollos torneados de la muestra ensayada (n=340), por clases diamétricas, después de realizar la corrección del factor de diámetro ( $k_d$ ) en la muestra.

<b>Propiedades mecánicas</b>					
$\Phi$ (cm.)	Longitud (cm.)	Nº muestras	$\overline{MoR}$ (MPa)	C.V. %	$\overline{MoR}_{5\%}$ (MPa)
8	200 cm.	117	44,24	24,85	27,04
10	250 cm.	117	42,69	28,91	26,35
12	300 cm.	106	44,27	28,84	25,25
<b>TOTAL</b>	-	340	<b>43,71</b>	27,50	<b>26,35</b>

Tabla 6- Tabla ANOVA de descomposición de la varianza, después de aplicar el factor corrector “ $k_h$ ”.

<b>Tabla ANOVA de Análisis de Varianza</b>					
Origen	Suma de Cuadrados	G°L <sup>a</sup>	Media Cuadrados	F-Ratio	P-Valor (95%)
Entre Grupos	187,136	2	93,568	0,65	0,53
Dentro Grupos	48667,1	337	144,843		
<b>TOTAL</b>	<b>48854,3</b>	339			