

CONTROL EN PLANTA DE LA CALIDAD DE FABRICACIÓN DE VIGAS LAMINADAS DE *Eucalyptus grandis* CON PERFIL DOBLE T, MEDIANTE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

Esteban Morales^(1,2), Antonio Pedro⁽³⁾

emorales@inti.gob.ar

⁽¹⁾Departamento de Industria de La Madera y El Mueble - INTI,

⁽²⁾Grupo Maderas, Depto. Ingeniería Civil, UTN-FRGP, Gral. Pacheco, Buenos Aires, Argentina

⁽³⁾Departamento de Industria de La Madera y El Mueble – INTI

Palabras Clave: Eucalipto, vigas laminadas, ensayos no destructivos, control de calidad.

INTRODUCCIÓN

En la fabricación de elementos de madera laminada encolada intervienen factores que deben ser manejados adecuadamente para lograr un producto aceptable. La madera debe ser manejada en sus mejores condiciones para ser encolada y alcanzar su máxima expresión en cuanto a su resistencia mecánica. El adhesivo, debe ser de la formulación adecuada. El funcionamiento del equipamiento de corte y frezado de la madera, dosificación y esparcido del adhesivo, y de prensado de uniones y láminas, deben trabajar correctamente. Se deben controlar la duración de los procesos que intervienen en el encolado, las condiciones ambientales en las cuales se realizan estas tareas y durante el almacenaje para curado final. [1].

Se muestran en este trabajo los resultados logrados en la implementación práctica de un método confiable para determinar, a través de la obtención del módulo de elasticidad, el nivel de calidad de fabricación de vigas laminadas encoladas de perfil doble T, adoptando métodos no destructivos de bajo costo y rápida implementación, como ultrasonidos y vibraciones. Estos a su vez fueron comparados con ensayos de flexión estática convencionales. Estos métodos han dado resultados satisfactorios en cuanto a su confiabilidad en diferentes especies de coníferas y latifoliadas.[2].

OBJETIVOS

Es objetivo de este trabajo exponer los resultados de un método no destructivo, de aplicación sencilla y de bajo costo para la implementación en planta del control de calidad en la fabricación de vigas laminadas .

Para ello se determinaron el módulo de elasticidad dinámico por medio de los métodos de vibraciones y por ultrasonidos (US). También el módulo de elasticidad estática por el método de ensayos a flexión.

DESARROLLO

Materiales. En este estudio se emplearon como cuerpos de prueba 30 vigas laminadas encoladas con perfil doble T. Sus dimensiones nominales son de 67x200x4000 mm.

Métodos. Se realizaron la determinación de densidad por método gravimétrico, el contenido de humedad (CH) con xilohigrómetro. Los módulos de elasticidad se determinaron mediante los métodos no destructivos con el equipo Sylvatest de ultrasonidos [3], y con Da Tuner y FFT Analyzer para vibraciones [4]. Por último, los ensayos de flexión estática, aplicando la metodología de la norma IRAN 9663:2011 con equipo Shimadzu [5]. Los resultados de estas técnicas fueron corregidas a un contenido de humedad del 12%, con el método de la Norma IRAM 9664:2011, [6], [7]. Se determinó el tipo de distribución, el grado de asociación y correlación estadística y fue comprobado por un test de hipótesis [8].

RESULTADOS

Estadística descriptiva de los resultados de cada método de evaluación.

	Ens.Flex.	DaTuner	FFT Anal.	Sylvatest D.
Mediciones	30	20	30	30
Promedio	10554,9	15124,4	15031,8	17314,6
Desv.Est.	523,07	777,698	786,675	912,507
Coef.Var.	4,95%	5,14%	5,23%	5,27%
Mínimo	9788,21	14060,5	13738,4	15803,1
Máximo	11821,6	16548,5	16723,3	19332,8
Rango	2033,38	2487,98	2984,88	3529,72
Sesgo Est.	1,663	0,641	0,417	0,269
Curtos Est.	-0,0491	-0,8929	-0,6851	-0,7857

Tabla 1: resultados de las mediciones

Los coeficientes de variación indican en cada caso que las mediciones tienen baja variabilidad. Los valores de Sesgo y curtosis indican que sus distribuciones son estadísticamente normales. El grado de asociación entre los ensayos no destructivos (END) y el ensayo de flexión dieron los modelos ajustados de la tabla 2.

Técnicas asociadas	Modelo ajustado	Coef. de determinación (r ²)
E.Flex/DaTuner	DaTuner = 4388,07 + 1,02489 * Ens.Flexión	0,38
E.Flex/FFT.Analyzer	FFT Analyzer = 6039,22 + 0,851982 * Ens.Flexión	0,32
E.Flex/Sylvat.Duo	SylvatestDuo = 12062,7 + 0,497584 * Ens.Flexión	0,80
DaTuner/FFT.Analyzer	FFT Analyzer = -796,895 + 1,03971 * DaTuner	0,92

Tabla 2. Análisis de regresión entregado por Statgraphics.

La tabla 3 muestra las correlaciones, entre cada par de variables. a fuerza de la relación lineal entre las variables.

		DaTuner	FFTAnalyzer	Sylvatest Duo
Ens. Flexión	Coef. Correlación(r)	0,62	0,57	0,29
	Tamaño de Muestra	(20)	(30)	(30)
	Valor-P	0,004	0,001	0,127
DaTuner	Coef. Correlación(r)	-	0,96	0,58
	Tamaño de Muestra	-	(20)	(20)
	Valor-P	-	0,0000	0,008
FFT Analyzer	Coef. Correlación(r)	-	-	0,54
	Tamaño de Muestra	-	-	(30)
	Valor-P	-	-	0,002

Tabla 3. Coeficientes de correlación y valores P

El test de hipótesis de los coef. de correlación de la tabla 3 son estadísticamente significativos.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Las mediciones de módulo de elasticidad obtenidas con las cuatro técnicas de medición tienen una distribución estadísticamente normal. De los análisis de regresión y correlación se encontró que el mayor grado de asociación fue el de la relación entre la técnica de vibraciones del DaTuner y en segundo lugar del FFT Analyzer, con el ensayo de flexión respectivamente. En el caso del estudio de la asociación entre los dos métodos que emplean la técnica de las vibraciones se encontró que entre FFT Analyzer y DaTuner dieron un coef. de regresión (r²) de 0,92 y un coef. de correlación (r) de 0,96.

El nivel de calidad de las vigas producidas puede determinarse empleando estas técnicas como una herramienta de valiosa utilidad para su uso en planta, la cual, es de simple implementación y de bajo costo.

La técnica que dio el mejor ajuste en este estudio fue la que utiliza las vibraciones, empleando los software FFT Analyzer, soportado por un ordenador portátil con un micrófono acoplado; y el DaTuner, soportado por un teléfono inteligente de uso corriente. El estudio adicional por el cual se relacionaron los resultados del FFT Analyzer con DaTuner permitiría el intercambio de ambas técnicas para poner en práctica este control de calidad. Estas técnicas deberían ser probadas en el futuro no solo al final de la última etapa de la producción de las vigas doble T, sino que también en el control de las etapas intermedias, como la de encolado de Finger-Joint y en la etapa de armado completo de cada lámina de la viga.

BIBLIOGRAFÍA

- [1]. RITIM, FMFA, GTZ. Proyecto vigas laminadas, curso de capacitación.(2003).
- [2]. Sandos J.L, Benoit Y; AUS Timbergrading: Industrial aplicación. The 15th International Symposium on Nondestructive Testing of Wood, 19-21 August 2002, University of California, Berkeley Campus, California, USA.
- [3]. Oliveira F.G.R, de Campos J.A.O, Pletz E, Sales A; Nondestructive evaluation of Wood using ultrasonic technique. Maderas. Ciencia y tecnología. 4(2):133-139, 2002.
- [4]. Iñiguez González G, Arriaga Martitegui F, Herrero M.E; Los métodos de vibración como herramienta no destructiva para La estimación de las propiedades resistentes de La madera aserrada estructural. Informes de La construcción, vol. 59,506,97-105, abril-junio 2007. ISSN:0020-0883.
- [5]. Instituto Argentino de Racionalización de Materiales. Norma IRAM 9663:2011, Estructuras de Madera, Madera aserrada y madera laminada encolada para uso estructural, Determinación de las propiedades físicas y mecánicas. Buenos Aires, 2011.
- [6]. Instituto Argentino de Racionalización de Materiales. Norma IRAM 9664:2011, Madera Estructural. Determinación de los valores característicos de las propiedades mecánicas y la densidad. Buenos Aires, 2011.
- [7]. Instituto Argentino de Racionalización de Materiales. Norma IRAM 9660-2:2006, Madera laminada encolada estructural, Parte 2: métodos de ensayo. IRAM, Buenos Aires, 2006.
- [8]. Berenson Mark L. y Levine David M. (1996). Estadística básica en administración. Concepto y aplicaciones. Prentice Hall Hispano Americana S.A., p 950, México.