

ANÁLISIS COMPARATIVO DE TÉCNICAS Y PROCEDIMIENTOS DE INSPECCIÓN PARA MADERA DIMENSIONADA DE PINO RADIATA IMPREGNADA CON SALES CCA

CARLOS TORRES NAVARRO¹
CATHERINE MENADIER ST.²
CÉSAR PALACIOS MONTTI³

Universidad del Bío-Bío, Concepción - Chile

RESUMEN

El presente artículo aborda el proceso de impregnación para madera dimensionada^{1,16} de pino radiata utilizando la técnica Bethell con sales CCA. El propósito principal del proyecto fue identificar la presencia de diferencias estadísticas significativas al contrastar dos criterios alternativos para la definición del tamaño de muestra que se someterá posteriormente a ensayos de retención y penetración.

El primer criterio fue la utilización de la normativa NCh 631 Of 95 y el criterio alternativo fueron las indicaciones que emanan de la aplicación de los procedimientos para inspección por atributos según las normativas NCh 44/MIL STD 105D/NCh 2237/ISO 2859/1. Además, se procedió a realizar un análisis de sensibilidad con el propósito de reducir el tamaño de muestra y detectar aquel tamaño de muestra a partir del cual se comienza a producir diferencias significativas considerando distintos tipos de escuadrías.

1. INTRODUCCIÓN

La comercialización de madera impregnada de pino radiata en el mercado nacional exige cumplir por parte de los agentes que realizan tratamientos de impregnación con ciertas garantías de calidad técnica^{2,3,5,13}, específicamente con relación a sus indicadores de penetración y retención con sales CCA (cobre- cromo- arsénico), madera impregnada que requiere ser inspeccionadas en terreno a través de metodologías mundialmente aceptadas.

En este sentido, el objetivo del artículo es dar a conocer los resultados de una investigación realizada en terreno respecto del comportamiento de estos indicadores de calidad de modo de comparar los resultados de la inspección obtenidos al aplicar la metodología que sugiere⁴ la norma MIL STD 105 D (ISO 2859/1, NCh 44 ó NCh 2237 Of 1999) y la metodología de inspección que sugiere la Norma NCh 631 Of 95, esta última especialmente diseñada para productos de madera dimensionada.

El motivo de la investigación surge dado que la normativa NCh 631 determina un tamaño de muestra independiente del tamaño de lote que entra a una cámara de impregnación en circunstancias que la MIL STD 105 D y otras normas relacionadas promueven un tamaño muestral proporcional a la magnitud del lote.

¹ Departamento de Ingeniería industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad del Bío-Bío, Chile
e-mail: ctorres@ubiobio.cl

² Licenciada en Ciencias de la construcción, Universidad del Bío-Bío, Chile
e-mail: catherine78@uole.com

³ Facultad de Arquitectura y Construcción, Universidad del Bío-Bío, Chile
e-mail: cpalacio@ubiobio.cl

Con el propósito de analizar el comportamiento de cada una de estas dos técnicas o procedimientos de inspección se desarrollaron experiencias y mediciones en un aserradero de la zona, contemplando diferentes tipos de escuadrías, y respetando los principios de aleatoriedad y representatividad al momento de seleccionar y definir las muestras para propósitos de ensayo.

Por otra parte, el análisis de resultados consideró la aplicación de diferentes test de hipótesis estadísticos apoyados a través del software Statgraphics, además, se procedió a realizar un análisis de sensibilidad para identificar el punto de inflexión a partir del cual comienzan a presentarse evidencias de diferencias estadísticas significativas al disminuir el tamaño de muestra mas allá de lo contemplado en la norma técnica para impregnación de madera dimensionada y por ende determinar una alternativa más económica de inspección de calidad.

2. METODOLOGÍA

Para el desarrollo del estudio se planteó la siguiente hipótesis “que el método para certificar madera aserrada y elaborada de pino radiata impregnada con sales CCA^{14,15} (cobre- cromo- arsénico) , a través de la norma chilena NCh 631 Of 95, no otorga la confianza necesaria a las empresas constructoras respecto de los verdaderos parámetros de retención y penetración”, ya que esta norma no discrimina el tamaño del lote para establecer el tamaño de muestra a extraer.

El instrumento técnico utilizado para contrastar la hipótesis del estudio fue la norma NCh 44 Of 1978⁸ que ofrece un criterio que es dependiente del tamaño del lote y que además, estos criterios figuran también en normativas mas actualizadas, tales como las normas NCh 2237 Of 1999 e ISO 2859/1¹².

Para el desarrollo de las experiencias de medición de las variables de retención y penetración, se contó con la colaboración de un aserradero de la zona y el laboratorios del Depto. de Ingeniería en Maderas de la Ubb, además, en este estudio se consideró madera de pino radiata, descortezada y dimensionada, de duramen, con un contenido de humedad de 10% y el proceso de impregnación Bethell.

Para respetar los criterios de representatividad y aleatoriedad⁶ que debían tener las muestras para la realización de los diferentes ensayos, se consideraron las siguientes normas técnicas:

NCh 44, Of1978 Inspección por atributos - Tablas y procedimientos de muestreo / NCh 43,Of 1961- Selección de muestras al azar / NCh 631, Of 1995 - Madera preservada - Extracción de muestras / NCh 819 Of 96 Madera preservada - Pino radiata - Clasificación y requisitos / NCh 755 Of Madera - Preservación - Medición de la penetración de preservantes en la madera^{7,8,9,10,11}

Estas normas técnicas se utilizaron en las siguientes situaciones:

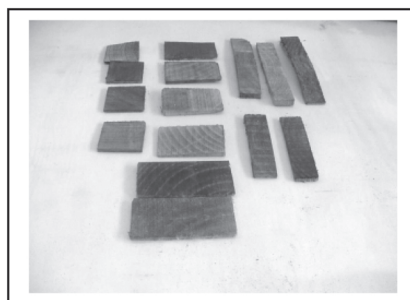
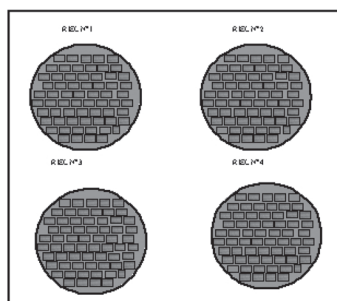
- * En la definición de la cantidad de días mínimo para la toma de muestras de madera impregnada durante un mes de operación (NCh44).
- * En la definición de la cantidad de muestra a extraer de cada carga desde la cámara de impregnación. (Nch 44 con Nivel de Inspección II indicando que el tamaño representativo debe ser $n = 8$)
- * En el tamaño de muestra sugerido de $n= 6$ según norma NCh 631,
- * En la selección aleatoria de los días del mes para la toma de muestras y para la selección de las muestras que fueron reducidas sistemáticamente con el propósito de realizar comparaciones entre muestras (Nch 43)
- * Para la selección de las maderas impregnadas, dado un tamaño muestral de $n=4$, se aplicó el criterio de la diagonal.
- * Para los ensayos de laboratorio en retención y penetración se consideraron las directrices según NCh 819 y NCh 755

3. RESULTADOS

En definitiva, siguiendo el protocolo señalado en las normativas indicadas precedentemente, se logró reunir un tamaño muestral de 80 piezas ordenadas según: identificación de la carga, fecha y característica dimensional.

Por otra parte, en la etapa de comparación de resultados entre diversos tamaños de muestra, se aplicaron los siguientes test estadísticos disponibles en Statgraphics: test T para comparación entre medias, test F para comparación de desviaciones estándar, test de Wilconson para comparación de medianas y test de Kolmogorov-Smirnov para comparación de distribuciones.

Las siguientes imágenes ilustran las instalaciones de: cámara de impregnación, individualización de las muestras y ensayo de penetración relacionadas con el desarrollo in situ del presente estudio.



En el cuadro que se presenta más adelante, se observan los resultados de los ensayos de retención, señalándose con los símbolos “N” o “S”, la conclusión de los diferentes test de hipótesis como producto de comparar estadísticamente tamaños de muestra de $n = 8$ v/s $n = 6$ para cada escuadría y/o carga. Lo anterior con el propósito de analizar la existencia o no de diferencias estadísticas significativas entre la aplicación del criterio muestral según la norma Nch 44 y el criterio muestral según la norma Nch 631, esta última especialmente diseñada para tratamientos de madera.

Lo anterior obedece a la hipótesis del estudio, que en su primera etapa, se planea que los resultados de penetración y retención son diferentes si se aplica un criterio de proporcionalidad muestral y la hipótesis alternativa que señala un tamaño muestral fijo de 6 unidades independiente del tamaño del lote de origen.

N: Indica que No existe diferencia estadística significativa, con 95% de confianza, al comparar cada escuadría o lote total con $n = 8$ v/ $n = 6$.

S: Indica que Si existe diferencia estadística significativa, con 95% de confianza, al comparar cada escuadría o lote total con $n = 8$ v/ $n = 6$.

Test	Identificación de las Cargas										Total
	2	3	4	44	46	5	54	55	82	83	
Test T	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Wilcoxon	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Test F	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Test K-S	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N

Del análisis de los resultados se observó que no existieron diferencias significativas entre los resultados obtenidos al aplicar la norma Nch 44, que establece un tamaño muestral igual a 8 para el Lote bajo análisis y los resultados al considerar la norma Nch 631 que establece un tamaño muestral fijo de n = 6, independiente del tamaño de lote que entra a la cámara de impregnación.

Por otra parte, en una segunda fase se procedió a reducir sistemática y aleatoriamente el tamaño muestral de modo de comparar los resultados entre un tamaño de muestra de n=6 v/s n= 5,4,3 y 2 con el propósito de identificar el momento donde se produce un quiebre en la significancia de las diferencias estadísticas. En el cuadro siguiente se presenta un resumen de esas comparaciones, detectándose que solo se produce una diferencia significativa al comparar para n = 6 v/s n = 3, situación detectada en la carga N° 82.

Test aplicado	Carga 82 6 v/s 3	Resto de las cargas
Test T	N	N
Wilcoxon	N	N
Test F	S	N
Test K-S	N	N

Con relación a los ensayos de penetración los resultados obtenidos fueron los siguientes

Efectividad de la Penetración
(Frecuencia de resultados exitosos / total de ensayos)*100

Tamaño muestrales	Identificación de las cargas										Todas las cargas
	2	3	4	44	46	5	54	55	82	83	
NCh 44; n= 8	87,5%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	50,0%	75,0%	87,5%	100,0%	0,0%	80,0%
Nch 631; n=6	83,3%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	33,3%	83,3%	100,0%	100,0%	0,0%	83,3%

4. CONCLUSIONES

Del estudio se concluye que para los ensayos de retención, no se presentaron diferencias estadísticas significativas entre aplicar un criterio muestral fijo de $n=6$, según NCh 631 y un criterio muestral más proporcional al tamaño del lote como lo define la norma técnica NCh 44 (ó versiones similares, tales como: Nch 2237 Of 99 e ISO 2859/1).

Además, el análisis de sensibilidad para el tamaño muestral indicó que sólo se observaron diferencias estadísticas significativas (con nivel de confianza de 95%) a partir de un tamaño muestral de $n = 3$, indicando que al tomar incluso tamaños muestras fijos de $n=4$, no se observan diferencias, con el consiguiente beneficio económico.

Respecto de los experimentos para penetración, tampoco se observaron diferencias de consideración al enfrentar dos metodologías que presentan criterios diferentes en la definición del tamaño muestral.

Finalmente se puede decir que el instrumento técnico (NCh 631), que si bien no discrimina en el tamaño del lote para establecer el tamaño muestral, como sucede en varias otras normativas técnicas, sí proporciona confianza para inferir resultados respecto de ensayos de penetración y retención con sales CCA que se practiquen para madera de pino radiata.

5. BIBLIOGRAFÍA

1. Hunt, G. (1962), *Preservación de la Madera*, Ed. Salvat Editores S.A., Primera Edición, Barcelona, España, 1962.
2. González, C. (2001), *Ley y Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones*, (2001) Ediciones Publiley
3. *Manual del Grupo Andino para la Preservación de Maderas*, (1988), Junta de Acuerdo de Cartagena, Ed. Subregional de Promoción Industrial de la Madera para la Construcción (PRID-MADERA), Primera Edición, Lima, Perú,
4. Menadier, C.(2001), *Evaluación del método de extracción de muestras de madera de pino radiata impregnada con sales CCA, para su certificación, con referencia a NCh 631 of 95*, Tesis de Licenciatura en Ciencias de la Construcción, Escuela de Ingeniería en Construcción, U. del Bío-Bío
5. Ministerio de Vivienda y Urbanismo, (2000), *Instructivo y pauta para la Inscripción Gestión y Control de las Instituciones Oficiales de Control Técnico de Calidad de los Materiales y Elementos Industrial para la Construcción (IOCT)*”, Santiago, Noviembre
6. Montgomery, D.C. y Runger G. C, (1998), *Probabilidad y Estadística*, Ed. Mc Graw - Hill Interamericana editores, México D.F.
7. Norma técnica NCh 43,Of 1961- *Selección de muestras al azar*, , INN-Chile
8. Norma técnica NCh 44, Of1978 -*Inspección por atributos - Tablas y procedimientos de muestreo*, INN-Chile.
9. Norma técnica NCh 631, Of 1995 - *Madera preservada - Extracción de muestras*, INN-Chile
10. Norma técnica NCh 755, *Madera - Preservación - Medición de la penetración de preservantes en la madera*, INN-Chile.
11. Norma técnica NCh 819 Of 96, *Madera preservada - Pino radiata - Clasificación y requisitos*, INN-Chile.
12. Norma técnica NCh 2237 Of 99, ISO 2859/0 - *Procedimientos de muestreo para inspección por atributos - Introducción al sistema de muestreo por atributos de ISO 2859*, INN-Chile
13. *Revista Lignum*, Diversos artículos sobre Pino Radiata y Proceso de Impregnación: 1995 a 1999.
14. Henríquez E., L., (1998). *Seminarios de Título Depto. Ingeniería en Maderas*, U. del Bío-Bío.
15. Soto L, J. L. (2001). *Seminarios de Título Depto. Ingeniería en Maderas*, U. del Bío-Bío.
16. Thomas, H., (1995), *¿Porqué usar Madera Impregnada?*, Boletín de Inf. Tecnológica, Noviembre 1995.

