

ESTUDIO PRELIMINAR DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE 'CONTI 12' PARA SU USO COMO MATERIAL ESTRUCTURAL

PRELIMINARY STUDY OF THE MECHANICAL PROPERTIES OF 'CONTI 12' FOR USE AS STRUCTURAL MATERIAL

Ricardo D. Bassotti ⁽¹⁾ (P), Cristian O. Bay ⁽²⁾, Felipe V. Genovese ⁽³⁾

(1) Mg. Ing Estructural, Profesor Titular, UTN Facultad Regional San Rafael, San Rafael, Argentina

(2) Ing. Civil, Profesor Asociado, UTN Facultad Regional San Rafael, San Rafael, Argentina

(3) Mg. Ing. Civil, Profesor Asociado, UTN Facultad Regional San Rafael, San Rafael, Argentina

Dirección de contacto: rbassotti@frsr.utn.edu.ar; (P) Presentador

Código de identificación: T3-10

Resumen

Uno de los géneros forestales de mayor relevancia implantados en la provincia de Mendoza es el *Populus* y en particular uno de sus clones el *Populus x canadensis* 'Conti 12', por sus características de desarrollo y sanidad respecto del ataque de plagas. Desde la Dirección de Producción Forestal (DPF) del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación, se promueve la implantación de este tipo de forestales en los oasis norte, centro y sur de la provincia, con programas especiales de desarrollo. El uso como materia prima para la elaboración de sistemas estructurales (secciones aserradas o madera laminada encolada), despierta gran interés para la incorporación de valor agregado al producto obtenido de la tala. Se realizó un trabajo de investigación en forma conjunta con los profesionales de la DPF de la Región Cuyo, sobre material extraído de dos plantaciones del oasis centro de la provincia de Mendoza, ubicadas próximas a la ciudad de Tunuyán. Se presentan resultados preliminares de las propiedades físicas y mecánicas de la variedad indicada, como Módulo Resistente a Flexión (MOR), el Módulo de Elasticidad Global (MOE) y la Densidad, de ensayos a flexión realizados en tablas, obtenidas de los árboles talados, y siguiendo los requerimientos establecidos en las Normas IRAM 9663 y 9664.

Palabras clave: *Populus x canadensis* 'Conti 12'; MOR; MOE; densidad

Abstract

One of the most important forest genres implanted in the province of Mendoza is the Populus and in particular one of its clones Populus x canadensis 'Conti 12', due to its characteristics of development and health with regard to pest attack. From Forest Production Department (DPF) of the Ministry of Agriculture, Livestock and Fisheries of the Nation, the implementation of this type of forest in the north, central and southern oases, of the province is promoted, with special development programs. The use as raw material for the elaboration of structural systems (sawed sections or glued laminated wood), arouses great interest for the incorporation of added value to the product obtained from the logging. A research work was carried out jointly with the DPF professionals of the Cuyo Region, on material extracted from two plantations of the central oasis of the province of Mendoza, located near the city of Tunuyán. Preliminary results of the physical and mechanical properties of the indicated variety are presented, such as Modulus Resistant to Flexion (MOR), Modulus of Global Elasticity (MOE) and Density, of flexural tests made in boards, obtained from the felled trees, and following the requirements established in IRAM Standards 9663 and 9664.

Keywords: *Populus x canadensis* 'Conti 12'; MOR; MOE; density

1. INTRODUCCIÓN

Los datos aportados por la Subsecretaría de Desarrollo Foresto Industrial del Ministerio de Agroindustria de la Nación, indican que el álamo es una de las especies forestales de mayor importancia en la provincia de Mendoza, que ocupa más del 90% de los bosques cultivados y luego los eucaliptos que representan alrededor del 5%.

El uso que se da a las variedades forestales de álamo implantadas es variado y entre los industriales se destacan los de madera triturada para la realización de tableros aglomerados, madera debobinada para la elaboración de contrachapados, embalajes livianos, fósforos y palitos para helado y la madera aserrada utilizada para carpintería, cajonería, lápices, y en mucho menor medida para revestimientos machihembrados y secciones macizas y laminadas para uso estructural.

Una de las variables a tener en cuenta dentro de los programas forestales es sin lugar a dudas, la incorporación de valor agregado al producto obtenido de la tala, y el uso como material para la elaboración de sistemas estructurales, es uno de los que despiertan gran interés.

Un claro ejemplo de este objetivo se puede apreciar en la zona del Delta del Río Paraná, donde la industria maderera ha desarrollado el uso de la madera de álamo para la construcción de molduras, machihembrado para revestimientos, tableros de listones, tacos laminados y vigas estructurales de madera laminada encolada. Este desarrollo ha permitido la caracterización de dos clones implantados en la zona, como son el *Populus deltoides* ‘Australiano 129/60’ y ‘Stoneville 67’ [1, 2], que permitió la redacción y publicación de la Norma IRAM 9662-4 [3].

La aprobación del Reglamento CIRSOC 601-2013 – Reglamento Argentino de Estructuras de Madera, para el proyecto y la construcción de obras públicas de carácter nacional cualquiera sea su forma de contratación y de ejecución, por parte de la Secretaría de Obras Públicas dependiente del Ministerio del Interior, Obras Públicas y Viviendas de la Nación, exige el estudio de las propiedades físicas y mecánicas de las distintas especies forestales del territorio nacional, para ser utilizadas en la construcción de estructuras de madera, tanto con secciones aserradas como utilizando secciones realizadas con madera laminada encolada.

En la actualidad se ha logrado la caracterización física y mecánica de los clones de *Populus* indicados anteriormente y de las especies forestales Pino paraná, Eucalipto grandis y Pino taeda y elliotii, que han permitido la redacción de las Normas IRAM 9662-1/2/3 [4-6].

En esta línea de trabajo en la Facultad Regional San Rafael, de la Universidad Tecnológica Nacional, se han realizado trabajos de caracterización física y mecánica de madera de álamo que se comercializa en la zona sur de la provincia de Mendoza, que ha permitido la obtención de resultados de secciones aserradas y secciones laminadas encoladas [7].

En los oasis norte, centro y sur de la provincia de Mendoza, se ha promovido la plantación de bosques de la variedad *Populus x canadensis* ‘Conti 12’, por sus características referidas a la velocidad de crecimiento y sanidad respecto del ataque de plagas. Existen muchos estudios realizados referidos a este clon [8-10], pero se hace necesario poder obtener las propiedades físicas y mecánicas de secciones aserradas de dimensiones reales de uso, para poder caracterizar la misma para su aplicación en estructuras.

Se desarrolla un trabajo de investigación conjunto entre miembros de la Región Cuyo Forestal de la Subsecretaría de Desarrollo Foresto Industrial del Ministerio de Agroindustria de la Nación y el grupo GEDEC del Departamento de Ingeniería Civil de la Facultad Regional San Rafael de la Universidad Tecnológica Nacional, orientado específicamente a la especie forestal ‘Conti 12’, indicada anteriormente, con dos objetivos principales que son el de obtener resultados referidos al rendimiento del producido útil de los especímenes talados y determinar en las secciones aserradas obtenidas, sus propiedades mecánicas y la densidad, valores de interés desde el punto de vista estructural.

Se realiza el estudio inicial con secciones transversales aserradas en forma de tablas y se contrastan los valores obtenidos para un grupo de árboles y la variabilidad de los mismos según las distintas secciones en altura.

Se presentan resultados preliminares de las propiedades físicas y mecánicas de la variedad indicada, como Módulo Resistente a Flexión (MOR), el Módulo de Elasticidad Global (MOE) y la Densidad, con la finalidad que los mismos sirvan como valores de referencia para compararlos con otras variedades de la misma especie, como los caracterizados en la norma IRAM 9662-4 y poder alentar a la utilización de esta especie como material estructural.

2. OBTENCIÓN DE LAS MUESTRAS PARA ENSAYO

Para la obtención de las muestras a ensayar se procedió a la tala de cuatro árboles son la siguiente ubicación geográfica: dos árboles de una finca localizada en la zona denominada Capiz, en el departamento de San Carlos y los otros dos en otra finca de la zona denominada La Primavera, del departamento de Tunuyán. Los árboles presentaron presencia de poda hasta los 8 m de altura y un diámetro a la altura de pecho (DAP) promedio de 30 cm, con una edad entre 10 y 12 años. El peso promedio de cada árbol resulto de 700 kg.

En esta instancia se determinó lo que se puede definir como el rendimiento del proceso de tala, resultando que el 82%, en peso, fueron las distintas trozas y el 18% restante, resultó como residuo de ramas y puntas.

Las diversas trozas resultantes de la tala, de 2,4 m de longitud, fueron identificadas para diferenciarlas respecto del árbol al cual pertenecían como también en altura, identificándose los árboles con las letras A, B, C y D, y las trozas en altura con números correlativos desde el 1 hasta el 8, en los casos de árboles de mayor altura, desde la base hasta el extremo.

Las trozas se trasladaron hasta un aserradero de la zona, donde fueron pesadas y procesadas en tablas y alfajías de las siguientes dimensiones transversales: 1" x 4" y 1" x 5", en forma de tablas y 2" x 4", en forma de alfajías. Se pesaron las secciones aserradas, como así también los residuos de tapa y aserrín generados durante el proceso, obteniéndose un resultado en peso del 69% de tablas y alfajías y un 31% de aserrín y tapas. El resultado final de madera obtenida resultó de aproximadamente 1.000 pulgadas por tonelada, entendiéndose a la pulgada como un volumen de madera de 1" x 1" de sección, por 1 metro de longitud.



Figura 1: Tablas estibadas en el Laboratorio de Estructuras

La madera aserrada se trasladó posteriormente al Laboratorio de Estructuras de la Facultad Regional San Rafael de la Universidad Tecnológica Nacional, ubicado en la ciudad de San Rafael y se estibó en dicho lugar a los efectos de un secado natural hasta alcanzar la humedad de equilibrio y proceder a la realización de los ensayos. Se aprecia una imagen de la madera en el laboratorio en la Figura 1.

3. DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS Y LA DENSIDAD

3.1 Secciones aserradas con sección transversal en forma de tablas

Se realiza el estudio a un grupo de 126 probetas de madera aserrada de sección transversal aproximada de 125 mm de ancho y 25 mm de altura y 100 mm de ancho y 25 mm de altura, con una longitud de 500 mm. Los ensayos se realizan siguiendo las directivas establecidas en las normas IRAM 9664 – Madera Estructural – Determinación de los valores característicos de las propiedades mecánicas y la densidad e IRAM 9663 – Estructuras de Madera – Madera aserrada y madera laminada encolada para uso estructural – Determinación de algunas propiedades físicas y mecánicas [11,12].

Previo a la realización de los ensayos a flexión de las probetas, que se realizan hasta alcanzar la rotura, se caracteriza cada una de ellas, realizando una serie de mediciones y determinaciones, siendo las más significativas las correspondientes a la medición de la sección transversal promedio, la observación de la presencia o no de médula y la medición de la ubicación y las dimensiones de los nudos, a fin de determinar la nudosidad.

En los nudos individuales, se calcula el valor que se define como nudosidad, como el cociente entre la medida del nudo mayor y el ancho de la superficie en la cual se manifiesta. La medida del nudo se expresa como la distancia entre las tangentes a él que sean paralelas al eje de la pieza. Si un mismo nudo se manifiesta en distintas superficies de la pieza, la nudosidad se calcula en forma independiente en cada una de ellas. En los nudos de arista, la nudosidad se expresa como el menor valor de los correspondientes a las dos superficies donde se manifiesta.

Se realiza la determinación de la nudosidad de cada una de las probetas y se clasifican los resultados para los valores de nudosidad inferiores a 1/3 y sin presencia de médula, y los comprendidos entre valores de 1/3 y 2/3 de nudosidad, sin importar la presencia o no de médula. Por similitud a la clasificación establecida en la Normas IRAM 9662-4, se define a las probetas sin médula y nudosidad inferior a 1/3 como Clase 1 y las probetas con nudosidad mayor a 1/3 y menor a 2/3, como Clase 2, aceptándose la presencia de médula. Las cantidades de tablas correspondientes a cada una de las clases se detallan en la Tabla 1.

Tabla 1: Cantidad de tablas en función de la clase

TIPOLOGÍA	CANTIDAD
CLASE 1	110
CLASE 2 – SIN MÉDULA	7
CLASE 2 – CON MÉDULA	9

Se puede apreciar de los resultados de la tabla el predominio de las tablas de Clase 1 y esto es debido a la calidad que se obtiene en la madera cuando se realizan los trabajos de poda adecuados durante el desarrollo de los árboles. Para la realización del ensayo se cortan trozos de 500 mm de longitud de las tablas originales de aproximadamente 2.200 mm de longitud, y durante la preparación de las muestras para la realización de los ensayos, se hizo difícil obtener trozos que en base a la clasificación visual pudieran clasificarse como Clase 2. También como consecuencia de la poca cantidad de muestras de Clase 2, y el material obtenido de una cantidad muy limitada de árboles, los resultados obtenidos de los ensayos no deben considerarse como resultados representativos para la caracterización.

La determinación de la resistencia a flexión (MOR) se realiza para cada una de las probetas y posteriormente se realiza un ajuste para una altura de referencia de 150 mm, según se establece en la norma IRAM 9664. Los valores obtenidos no deben ser corregidos por el contenido de humedad.

La probeta se debe cargar en flexión sobre dos puntos simétricos separados una distancia igual a 6 veces la altura, en los tercios centrales, con una longitud total entre apoyos igual a 18 veces la altura. La probeta debe quedar simplemente apoyada y la carga se debe aplicar con una velocidad constante de avance del cabezal de carga que no debe superar los (0,003 de la altura) mm/s. El valor de la resistencia a flexión se corrige a una altura de referencia de 150 mm, dividiendo por

$$k_d = \left(\frac{150}{d} \right)^{0,2} \quad (1)$$

donde:

d = canto o altura de la probeta de ensayo

La determinación del módulo de elasticidad en flexión según lo establecido en la norma IRAM 9663 se puede realizarse de manera local o global. Se determina para cada una de las probetas y se realiza una corrección en función del contenido de humedad, según lo establecido en la norma IRAM 9664.

Para la determinación del módulo de elasticidad global (MOE), el ensayo se realiza con las mismas características que para el caso de la resistencia a flexión, realizándose la medición de la deformación en el centro de la luz y en el centro del borde traccionado. La carga máxima que se aplique no debe superar el 0,4 $P_{\text{máx}}$ y no debe dañar la probeta, siendo el valor de $P_{\text{máx}}$ el valor máximo estimado de resistencia de la probeta.

La expresión de cálculo es la siguiente:

$$E_{m,g} = \frac{3al^2 - 4a^3}{2bd^3 \left(2 \frac{w_2 - w_1}{P_2 - P_1} \right)} \quad (2)$$

donde:

$(P_2 - P_1)$ = el incremento de carga en Newtons en la recta de regresión con un coeficiente de correlación de 0,99 o mejor

$(w_2 - w_1)$ = el incremento de deformación en milímetros correspondiente a $P_2 - P_1$

a = distancia entre un punto de carga y el apoyo más próximo

l = luz en flexión, en milímetros

b = ancho de la sección transversal en un ensayo de flexión, en milímetros

d = altura de la sección en los ensayos de flexión, en milímetros

Se determina el contenido de humedad de cada una de las muestras ensayadas según lo establecido en la Norma IRAM 9532 – Maderas. Método de determinación de la humedad [13], y se corrigen los valores del módulo de elasticidad según lo establecido en la norma IRAM 9664 de la siguiente manera; las probetas cuyo contenido de humedad esté comprendido entre el 8% y el 18% deben ajustarse al 12%. Las probetas cuyo contenido de humedad sea mayor del 18% deben corregirse desde un contenido de humedad del 18% y no desde su contenido de humedad real. Para el módulo de elasticidad la corrección será del 1% por cada variación del 1% del contenido de humedad. Las correcciones deben realizarse de forma que las propiedades aumenten si los datos se corrigen desde un contenido de humedad mayor y viceversa.

La determinación de la densidad se realiza para cada una de las probetas, utilizando un trozo que se extrae de la misma una vez ensayada y próximo al tramo central. Luego se realiza una corrección en función del contenido de humedad y según lo especificado en la norma IRAM 9664, que establece que cuando el contenido de humedad sea menor del 12% la densidad debe aumentarse un 0,5% por cada 1% de variación del contenido de humedad y viceversa.

Se presentan los resultados obtenidos de los ensayos de las tablas, con el canto mayor (100/125 mm) dispuesto en el equipo de ensayo en forma horizontal y el canto menor (25 mm) en forma vertical, de resistencia a flexión (MOR), módulo de elasticidad global (MOE) y densidad, incluyéndose los valores mínimo, medio y máximo, corregidos, la desviación estándar, el coeficiente de variación (COV) y el valor del percentil 5% (P5%), de las distintas muestras.

En la Tabla 2 se incluyen los resultados de las 126 probetas.

Tabla 2: Todas las probetas

MOR N/mm ²	MOE N/mm ²	DENSIDAD Kg/m ³	
17.7	5467	340	Mínimo
37.9	8840	387	Medio
59.0	14144	456	Máximo
8.5	1285	27	Desviación
0.22	0.15	0.07	COV
22.7	6899	348	P5%

En la Tabla 3 se indican los valores correspondientes a las 110 probetas de Clase 1 y en la Tabla 4 los valores correspondientes a las 16 probetas de Clase 2.

Tabla 3: Probetas Clase 1

MOR N/mm ²	MOE N/mm ²	DENSIDAD Kg/m ³	
18	5941	340	Mínimo
38	8876	386	Medio
59	14144	456	Máximo
8	1247	27	Desviación
0.22	0.14	0.07	COV
22.7	7001	347	P5%

Tabla 4: Probetas Clase 2

MOR N/mm ²	MOE N/mm ²	DENSIDAD Kg/m ³	
19	5467	349	Mínimo
37	8600	392	Medio
51	11188	436	Máximo
9	1548	24	Desviación
0.24	0.18	0.06	COV
23.0	6177	359	P5%

Se observa que los valores obtenidos para las tablas Clase 2 pueden considerarse como similares a los de Clase 1, pero como se mencionó anteriormente la escasa cantidad de muestras impiden una correcta interpretación y valoración de los resultados, en particular del MOR y MOE.

Se obtiene un valor promedio de contenido de humedad de 9,5%, para todas las tablas ensayadas.

La relación entre la resistencia a flexión y el módulo de elasticidad en flexión se presenta en la Figura 2, para los resultados de todas las tablas ensayadas

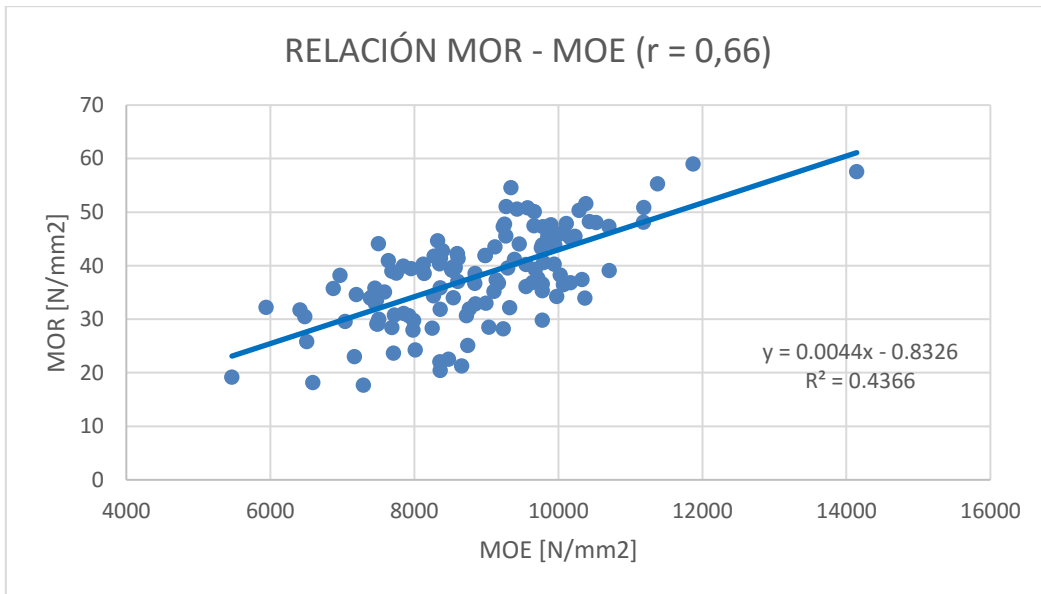


Figura 2: Relación MOR - MOE para todas las tablas

Se aprecia que el valor de la resistencia en flexión aumenta a medida que aumenta el módulo de elasticidad en flexión, situación común a los ensayos realizados con otros clones de madera de álamo, efectuados anteriormente.

Respecto de la variación del MOR en relación a los valores de densidad, se presentan los resultados en la Figura 3.

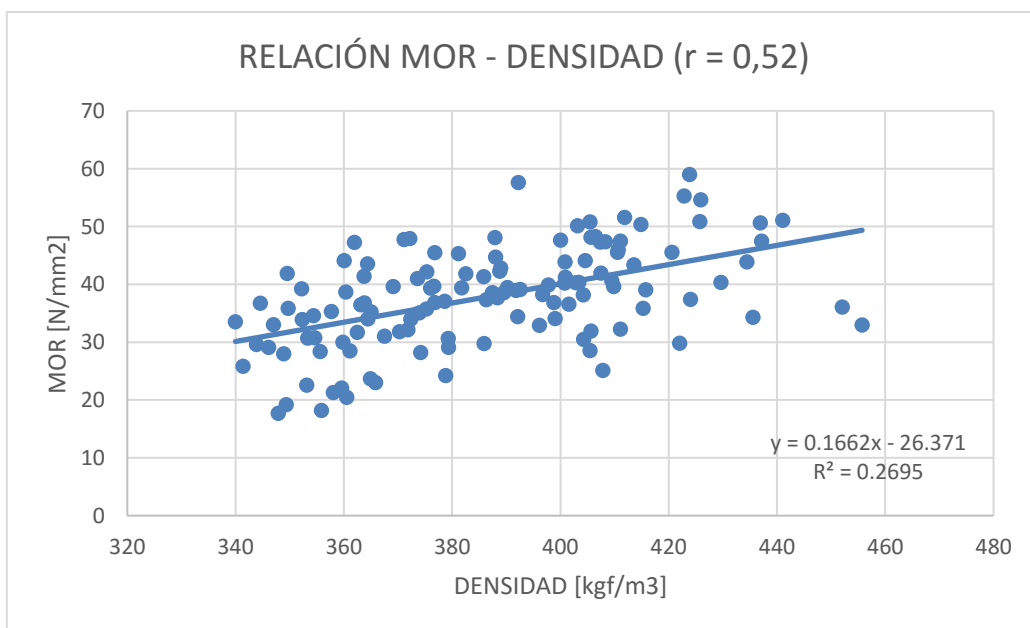


Figura 3: Relación MOR - DENSIDAD para todas las tablas

Se puede apreciar que los valores del MOR aumentan a medida que aumenta el valor de la densidad, de igual forma que los ensayos realizados anteriormente.

Otra relación de mucho interés desde el punto de vista estructural, es la que vincula la variación de la resistencia a flexión con la nudosidad. Se presentan en la Figura 4 los valores obtenidos para todas las tablas

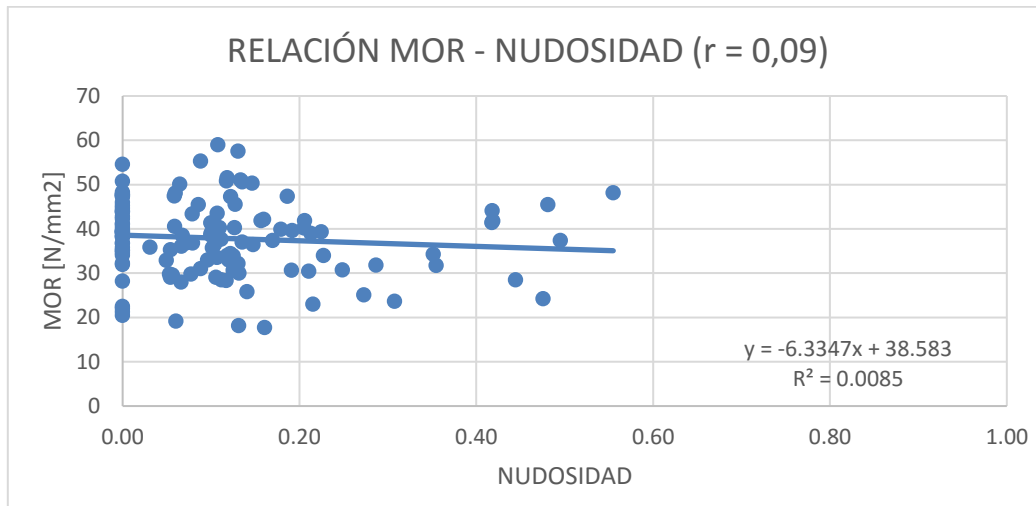


Figura 4: Relación MOR - NUDOSIDAD para todas las tablas

Se observa que a medida que aumenta el valor de la nudosidad, disminuye el valor del MOR, relación que se presenta en la mayoría de los ensayos de especies forestales.

Con el único propósito de realizar una comparación entre los valores preliminares obtenidos para el Conti 12 y los de dos especies forestales que ya se han caracterizado en una Norma, la IRAM 9662-4, para tablas de álamo (*Populus deltoides* ‘Australiano 129/60’ y ‘Stoneville 67’), se presentan las relaciones de MOR, MOE y Densidad en la Tabla 5, solo para los resultados obtenidos de los ensayos de las tablas de Clase 1.

Tabla 5: Relaciones de Valores Característicos - Conti 12 y Norma IRAM 9662-4

	MOR N/mm ²	MOE N/mm ²	DENSIDAD Kg/m ³
Conti 12	22,7	8.876	347
IRAM 9662-4	24,0	10.200	400
Diferencia [%]	-5,42	-12,99	-13,25

Se aprecia que los valores obtenidos de los ensayos de Conti 12, son menores que los establecidos en la norma IRAM para los clones especificados en la misma.

Debido a la metodología empleada para la obtención e identificación de las diferentes secciones aserradas, se puede analizar la variación de las propiedades mecánicas y densidad en relación a la posición de donde se han extraído las distintas tablas ensayadas.

Respecto de la metodología adoptada para la designación de las trozas, se hizo utilizando una numeración en orden creciente desde la parte inferior de los árboles hacia el extremo superior, por lo tanto, las trozas número 1 corresponden a las inferiores, alcanzando el valor 8 las trozas del extremo superior. Se recuerda que la longitud aproximada de cada troza es de 2,40 m.

Se indican en la Tabla 6 la cantidad de tablas ensayadas correspondientes a la Clase 1 y a cada una de las trozas. La mayor cantidad corresponde a las dos trozas inferiores, como ocurre generalmente, y disminuye considerablemente en las superiores.

Tabla 6: Cantidad de tablas ensayadas por troza

TROZA N°	CANTIDAD DE TABLAS
8	2
7	4
6	3
5	12
4	15
3	9
2	28
1	35

Se presentan en la Figura 5 los valores medios del MOR, MOE y Densidad, debido a la escasa cantidad de tablas involucradas en el análisis y su variación en la troza a la cual pertenecen los valores de ensayo.

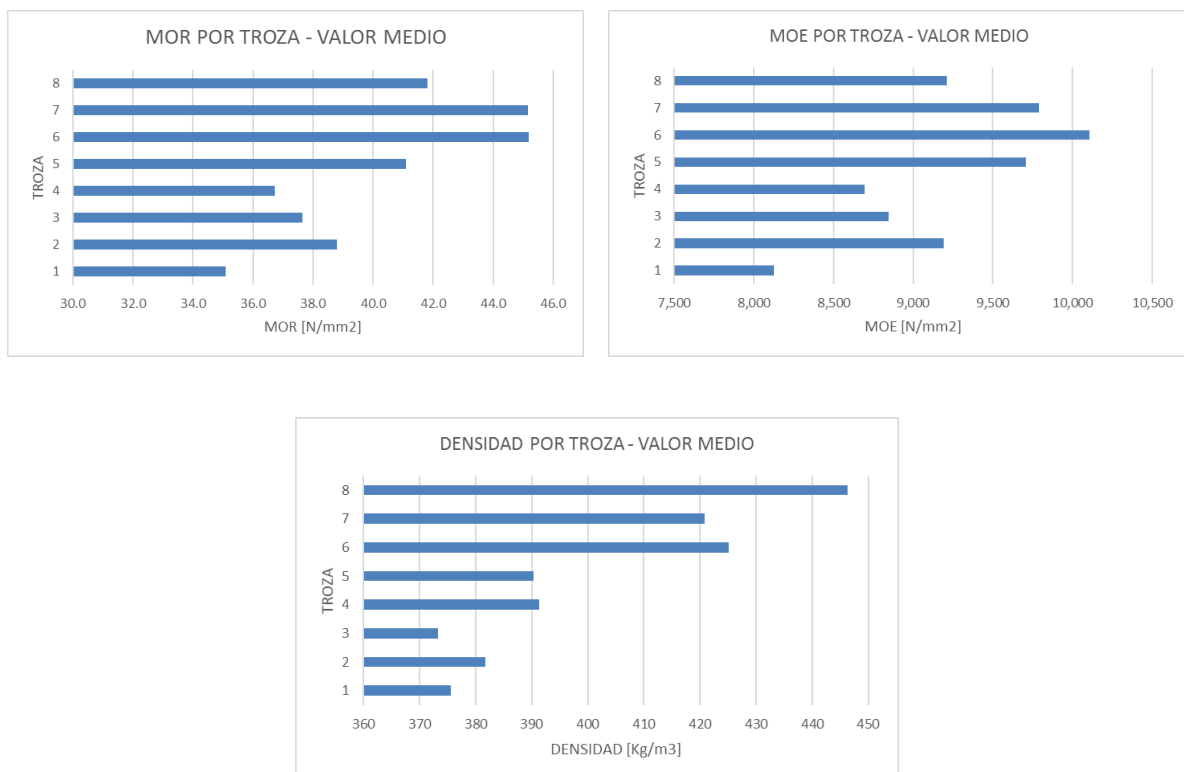


Figura 5: Variación de propiedades mecánicas y densidad en altura

Se puede apreciar de los gráficos, que en términos generales hay una leve tendencia al aumento de los valores de las distintas variables en las trozas superiores, y en la zona de las trozas medias los valores son menores a las superiores, pero siempre mayores a los valores de las dos trozas inferiores. Pero debido a la escasa cantidad de tablas ensayadas correspondientes a las trozas superiores, no se

puede determinar con certeza que haya una línea definida de tendencia que indique claramente la variación de las variables MOR, MOE y Densidad, en altura.

Se indica nuevamente que debido a que se han ensayado solamente cuatro árboles, hay que tomar todos estos valores solo como valores preliminares y deberán hacerse muchos más ensayos para poder confirmar en forma fidedigna, los mismos.

4. CONCLUSIONES

Se ensayan una serie de 126 probetas de sección transversal nominal de 1" x 4" y 1" x 5", obtenidas del aserrado de cuatro árboles implantados en el oasis centro de la provincia de Mendoza, en fincas cercanas a la ciudad de Tunuyán, correspondientes al clon *Populus canadensis* Conti 12.

La procedencia de las plantas que garantizan la tipología de la especie forestal, ha sido realizada por profesionales de la Dirección de Producción Forestal de la zona cuyo del Ministerio de Agricultura de la Nación.

En función de los resultados obtenidos, y teniendo presente que se trata solo de la evaluación de cuatro árboles, se hacen una serie de consideraciones que se detallan a continuación.

Se puede apreciar la calidad de la madera obtenida como consecuencia de las labores de poda realizadas durante el desarrollo del mismo, que arrojó como resultado que la mayoría de las tablas alcanzaran una clasificación visual de tipo Clase 1.

Se determinan el valor del percentil 5 de la resistencia a flexión, MOR, corregido a una altura de referencia de 150 mm, el valor del percentil 5 de la Densidad, corregido en relación al contenido de humedad y el valor medio del módulo de elasticidad en flexión, MOE, corregido también en relación al contenido de humedad.

Los valores para las tablas de Clase 1 resultan de 22.7 MPa para el MOR, de 8.840 MPa para el MOE y de 348 kg/m³ para la Densidad.

Se aprecia el aumento del valor del MOR en relación al aumento del valor del MOE, como así también el aumento del valor del MOR al aumentar el valor de la Densidad.

Respecto de la nudosidad, el aumento de la misma presenta una tendencia a la disminución del valor del MOR.

Se comparan los valores de MOR, MOE y Densidad, obtenidos respecto de los incluidos en la Norma IRAM 9662-4, correspondientes a otras dos especies forestales de *Populus*, solo para la Clase 1, con el solo propósito de contrastar los valores. Los obtenidos para el Conti 12 son en términos generales un 5% menores en el caso del MOR y un 13 % menores en el MOE y Densidad.

Se aprecia una leve tendencia al aumento de las propiedades determinadas a medida que aumenta la altura de donde se extrajo la muestra para ensayar, teniendo muy presente que las tablas obtenidas para ensayo de las trozas superiores son escasas.

Se remarca que se trata solo de ensayos realizados con material proveniente de solo cuatro árboles, y por lo tanto deben tomarse como resultados preliminares y continuar con los trabajos de investigación sobre muestras obtenidas de una mayor cantidad de árboles de bosques implantados en la misma región.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Tecnológica Nacional por el apoyo dado para el desarrollo del proyecto de investigación. Al Secretario de Ciencia y Tecnología de la Facultad Regional San Rafael, Ing. Felipe Genovese, por el soporte de financiamiento necesario para acceder al equipamiento y el apoyo para la realización del proyecto de investigación.

Al personal técnico profesional del Área de Extensión de la Región Cuyo Forestal de la Subsecretaría de Desarrollo Foresto Industrial del Ministerio de Agroindustria de la Nación, en particular a la Ing. Agr. Natalia Naves.

A los alumnos becarios de Ingeniería Civil, Florencia Prósperi, Adelina Serrano, Cristian Balastegui, Fernando Barrionuevo y Nicolás Cortizo, por su colaboración en la faz experimental y el procesamiento de la información, que hicieron posible el desarrollo experimental del proyecto.

REFERENCIAS

- [1] Ramos, R., Gómez, R., Torrán, E., Piter, J.C., ‘Propiedades físico-mecánicas de la madera laminada encolada estructural de álamo (*Populus deltoides* ‘Australiano 129/60’ y ‘Stoneville 67’). Análisis conforme al criterio adoptado por la normativa europea’. Jornadas de Salicáceas 2014, 18 al 21 de marzo de 2014, La Plata, República Argentina.
- [2] Fank, P., Stefani, P., Piter, J.C., ‘Resistencia y rigidez de tablas destinadas a la fabricación de madera laminada encolada estructural. Análisis comparativo entre el pino resinoso (*Pinus taeda/elliottii*) y el álamo (*Populus deltoides* ‘Australiano 129/60’ y ‘Stoneville 67’), Jornadas de Salicáceas 2014, 18 al 21 de marzo de 2014, La Plata, República Argentina.
- [3] Instituto Argentino de Normalización y Certificación. (2015). Norma IRAM 9662-4. Madera laminada encolada estructural. Clasificación visual de las tablas por resistencia. Parte 4: Tablas de álamo (*Populus deltoides* Australiano 129/60’ y ‘Stoneville 67’).
- [4] Instituto Argentino de Normalización y Certificación. (2015). Norma IRAM 9662-1. Madera laminada encolada estructural. Clasificación visual de las tablas por resistencia. Parte 1: Tablas de pino Paraná (*Araucaria angustifolia*).
- [5] Instituto Argentino de Normalización y Certificación. (2015). Norma IRAM 9662-2. Madera laminada encolada estructural. Clasificación visual de las tablas por resistencia. Parte 2: Tablas de eucalipto (*Eucalyptus grandis*).
- [6] Instituto Argentino de Normalización y Certificación. (2015). Norma IRAM 9662-3. Madera laminada encolada estructural. Clasificación visual de las tablas por resistencia. Parte 3: Tablas de pino taeda y *elliotti* (*Pinus taeda* y *elliottii*).
- [7] Bassotti, R., Bay, C., Reviglio, H., Genovese, F., ‘Caracterización físico mecánica de la madera de álamo del sur de la provincia de Mendoza, para la fabricación de elementos estructurales multilaminados encolados’, Jornadas Sudamericanas de Ingeniería Estructural, 19 al 21 de noviembre de 2014, Montevideo, Uruguay.
- [8] Barotto, J., Palazzini, A., Marquina, J., ‘Modelos Altura Total – Diámetro a la Altura del Pecho en *Populus x canadensis* “Conti 12” creciendo en 5 diferentes marcos de plantación, Jornadas de Salicáceas 2014, 18 al 21 de marzo de 2014, La Plata, República Argentina.
- [9] Davel, M., Arquero, D., ‘Efecto de la intensidad de poda sobre el crecimiento y la formación de rebrotes en plantaciones de *Populus x canadensis* ‘Conti 12’ e ‘I-214’ en el Valle del Río Negro’, Jornadas de Salicáceas 2014, 18 al 21 de marzo de 2014, La Plata, República Argentina.
- [10] Marquina, J., Barotto, J., Palazzini, D., ‘*Populus x canadensis* ‘Conti 12’ y *Populus deltoides* “Stoneville 66”, creciendo en 5 diferentes marcos de plantación’, Jornadas de Salicáceas 2014, 18 al 21 de marzo de 2014, La Plata, República Argentina.
- [11] Instituto Argentino de Normalización y Certificación. (2013). Norma IRAM 9664. Madera estructural. Determinación de los valores característicos de las propiedades mecánicas y la densidad.
- [12] Instituto Argentino de Normalización y Certificación. (2013). Norma IRAM 9663. Estructuras de madera. Madera aserrada y madera laminada encolada para uso estructural. Determinación de algunas propiedades físicas y mecánicas.
- [13] Instituto Argentino de Normalización y Certificación. (1963). Norma IRAM 9532. Maderas. Método de determinación de la humedad.