



Ministerio de Educación
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado

Proyectos UTN sin incorporación al Programa de Incentivos

Informe Final 2019

Título del Proyecto: Desarrollo de una metodología para la caracterización y predicción de confiabilidad estructural para uniones con pernos en madera laminada y en madera maciza, usando ensayos no destructivos y modelos numéricos		Código ECUTNGP0004745
Programa: Estructuras y Construcciones Civiles		
Facultad Regional: FACULTAD REGIONAL GENERAL PACHECO		
Fecha de Inicio: // 1/1/2018	Fecha de Finalización: // 31/12/2019	Fecha de Prórroga: //31/12/20

Director: Enrique Vera

a) **GRADO DE AVANCE:** Porcentaje de ejecución sobre lo programado **100 %**

2. ACTIVIDAD EN INVESTIGACIÓN Y/O DESARROLLO

a) Producción y Desarrollo:

Especificaciones Técnicas de los Desarrollos Realizados (prototipo, equipo, proceso, modelo, patente, etc.)

Indicar:

Título	Desarrollo de una metodología para la caracterización y predicción de confiabilidad estructural para uniones con pernos en madera laminada y en madera maciza, usando ensayos no destructivos y modelos numéricos
Lugar/es donde desarrolla/n el proyecto – Fotos del desarrollo	Laboratorio de maderas de la Fac.Reg.G.Pacheco
Institución/es requirente/s	Depto. Ing.Civil Fac.Reg.Gral.Pacheco
Investigadores/Desarrolladores	Vera, Enrique Pereiras, José Santelli, José Marino, Ricardo Borda, Agustina Serraioco, Leandro Taroni, Pablo Morales, Esteban
Resumen del contenido	Se desarrolló una metodología numérica para la caracterización de uniones en maderas laminadas y uniones con pernos en maderas macizas para el Álamo Australiano 129 y Álamo Stoneville 67/72 cultivados en el Delta del Paraná. Esta metodología se basa en la correlación entre ensayos a plena escala con el ajuste de parámetros en modelos numéricos. El primer modelo numérico propuesto fue el ensayo virtual según Norma EN 383, cuyos resultados se muestran en el presente trabajo. Dicho ensayo se implementó en ANSYS Mechanical utilizando un modelo constitutivo que, al computar deformaciones

		/ /
Firma Director/a	Aclaración	Fecha



Proyectos UTN sin incorporación al Programa de Incentivos

	<p>elásticas, utiliza ortotropía lineal, con sus respectivas constantes en las direcciones cartesianas, y al computar las deformaciones plásticas, las mismas se adicionan a las elásticas, siendo basadas en la plasticidad anisotrópica (R. Hill), con una generalización que tenga en cuenta la distorsión de la superficie de fluencia (C.F. Shih), lo cual hace que dicho modelo sea apto para materiales naturales del tipo madera. Las constantes plásticas anisótropas son difíciles de obtener en ensayos, por lo que se implementó un código en MATLAB con una optimización multi-objetivo de dichas constantes, que obtuvo unos resultados compatibles con las restricciones que impone el modelo de Hill Generalizado. Los resultados de la simulación se correlan con los experimentos y se discuten durante el trabajo.</p>																								
<p>Resultados obtenidos (cantidad – calidad) en función de los objetivos del proyecto</p>	<p>Se han alcanzado los resultados esperados destacándose las siguientes particularidades encontradas en los estudios del modelo numérico. Se definirán tres casos de estudio:</p> <ul style="list-style-type: none"> •Perpendicular-Tangencial •Perpendicular-Radial •Perpendicular-Semicorte <p>Se muestran diferentes resultados para cada caso en particular. En este trabajo se muestran los resultados únicamente de la probeta de diámetro de perno 6 mm y espesor 12 mm, o sea, las dimensiones mínimas de la normativa EN 383</p> <p>Caso 1. Aplastamiento Perpendicular-Tangencial Deformación Plástica</p> <p>Caso 2. Aplastamiento Perpendicular-Radial Deformación Plástica.</p> <p>Caso 3. Aplastamiento Perpendicular-Semicorte Deformación Plástica.</p> <p>A continuación, se enumeran otros 2 casos con diámetro de perno mayor, pero por una cuestión de espacio, sólo se mostrarán resultados en la gráfica comparativa. Los casos son los siguientes:</p> <p>Caso 1A– Aplastamiento Perpendicular-Tangencial diámetro 12,7 mm. Caso 1B– Aplastamiento Perpendicular-Tangencial diámetro 8 mm.</p> <p>Discusión de los resultados</p> <table border="1" data-bbox="699 1301 1369 1503"> <thead> <tr> <th></th> <th>Máx SX [MPa]</th> <th>Máx SY [MPa]</th> <th>Máx SZ [MPa]</th> <th>Máx SYZ [MPa]</th> <th>Máx.Def.Plást.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Caso 1</td> <td>70,774</td> <td>74,11</td> <td>68,227</td> <td>12,156</td> <td>0,80062</td> </tr> <tr> <td>Caso 2</td> <td>52,601</td> <td>55,158</td> <td>65,521</td> <td>17,189</td> <td>0,77335</td> </tr> <tr> <td>Caso 3</td> <td>8,3954</td> <td>31,166</td> <td>60,693</td> <td>1,6695</td> <td>1,0071</td> </tr> </tbody> </table> <p>Tabla 2. Resultados de tensión y deformación para los tres casos bajo estudio.</p> <p>Las zonas de máximas tensiones significativas en la probeta, se dan siempre en la dirección Z (que es la dirección de la fibra con mayor resistencia). En los resultados se puede apreciar que siempre las probetas romperán perpendicularmente a esta dirección. En el Caso 3 (semicorte), la caída de la tensión cortante es significativa. Se encontró diferencia en plasticidad producida por la inclinación de los anillos de crecimiento. A los efectos prácticos, en cuanto a los resultados de resistencia al aplastamiento, dicha diferencia es muy baja.</p> <p>Correlación con el ensayo de laboratorio.</p> <p>A continuación se muestran los resultados del ensayo virtual vs. ensayo real, para las propiedades de material optimizadas, entendidos como fuerza vs. desplazamiento:</p>		Máx SX [MPa]	Máx SY [MPa]	Máx SZ [MPa]	Máx SYZ [MPa]	Máx.Def.Plást.	Caso 1	70,774	74,11	68,227	12,156	0,80062	Caso 2	52,601	55,158	65,521	17,189	0,77335	Caso 3	8,3954	31,166	60,693	1,6695	1,0071
	Máx SX [MPa]	Máx SY [MPa]	Máx SZ [MPa]	Máx SYZ [MPa]	Máx.Def.Plást.																				
Caso 1	70,774	74,11	68,227	12,156	0,80062																				
Caso 2	52,601	55,158	65,521	17,189	0,77335																				
Caso 3	8,3954	31,166	60,693	1,6695	1,0071																				

		/ /
Firma Director/a	Aclaración	Fecha



	<p style="text-align: center;">Correlación ensayo físico vs. mod. numérico</p> <p>Figura 1. Correlación Fuerza-Desplazamiento para el ensayo vs. Modelo, para un diámetro de bulón de 12,7 mm. Adicionalmente, se muestra el efecto de reducción de diámetro en el ensayo virtual.</p> <p>En la figura anterior se observa una correlación modelo-experimento, que presenta diferencias en cuanto a pendientes, tanto de módulos elásticos como de módulos tangentes (plasticidad). También el coeficiente de fricción entre perno-madera y los valores de la tensión de fluencia en sí, influyen en el resultado de esta curva. Sin embargo, a pesar de estas diferencias, se puede observar un comportamiento aceptablemente similar al caso de laboratorio.</p>
<p>Proyección de continuidad - transferencias</p>	<p>Se analizará la posibilidad de incorporar estos resultados al código CIRSOC.</p>
<p>Conclusiones</p>	<p>El modelo constitutivo de Hill Generalizado presenta un comportamiento bilineal, cuyos valores pueden ajustarse hasta hacerlos coincidir aceptablemente con los de un ensayo real, respetando todas las pautas correspondientes del caso. En la correlación se observa que la parte plástica podría ajustarse mediante valores de modulo tangente ajustados para que coincidan de forma más precisa con el ensayo. La visualización del campo de tensiones en el modelo numérico, permite observar la influencia de cada componente de la tensión. En particular, se observa la alta tensión en la dirección de la fibra (dirección ZZ). Las deformaciones plásticas observadas en el modelo numérico, sobre todo las observadas en el semicorte, muestran que prácticamente las propiedades en la dirección paralela-tangencial y paralela-radial, no presentan grandes diferencias. A pesar de la mayor resistencia en la dirección paralela-radial, la otra dirección no presenta un comportamiento sensiblemente diferente.</p>

<p>Título</p>	
<p>Lugar/es donde desarrolla/n el proyecto – Fotos del desarrollo</p>	
<p>Institución/es requirente/s</p>	
<p>Investigadores/Desarrolladores</p>	
<p>Resumen del contenido</p>	
<p>Resultados obtenidos (cantidad – calidad) en función de los objetivos del proyecto</p>	
<p>Proyección de continuidad – transferencias</p>	
<p>Conclusiones</p>	

		/ /
<p>Firma Director/a</p>	<p>Aclaración</p>	<p>Fecha</p>



**Ministerio de Educación
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado**

Proyectos UTN sin incorporación al Programa de Incentivos

		/ /
Firma Director/a	Aclaración	Fecha



Ministerio de Educación
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado

Proyectos UTN sin incorporación al Programa de Incentivos

b) Producción en Investigación:

Libros	
Autor/autores	
Título del libro	
Editorial	
Edición: Nacional o Internacional	
Código ISBN	
Año	
Lugar de publicación	
Número de ejemplares	
Palabras clave	

Libros	
Autor/autores	
Título del libro	
Editorial	
Edición: Nacional o Internacional	
Código ISBN	
Año	
Lugar de publicación	
Número de ejemplares	
Palabras clave	

Capítulos de libros	
Autor/autores	
Capítulo/s	
Título del libro	
Editorial	
Compilador (si lo hubiere)	
Edición: Nacional o Internacional	
Código ISBN/ Año	
Lugar de publicación	
Número de ejemplares	

		/ /
Firma Director/a	Aclaración	Fecha



**Ministerio de Educación
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado**

Proyectos UTN sin incorporación al Programa de Incentivos

Palabras clave	
----------------	--

Capítulos de libros	
Autor/autores	
Capítulo/s	
Título del libro	
Editorial	
Compilador (si lo hubiere)	
Edición: Nacional o Internacional	
Código ISBN/ Año	
Lugar de publicación	
Número de ejemplares	
Palabras clave	

Revistas	
Autor/autores	
Título del artículo	
Nombre de la Revista	
Fecha de Publicación	
Con/Sin referato	
Ámbito de la publicació	
Código ISSN	
Palabras clave	

Revistas	
Autor/autores	
Título del artículo	
Nombre de la Revista	
Fecha de Publicación	
Con/Sin referato	
Ámbito de la publicació	
Código ISSN	
Palabras clave	

Difusión en Congresos, Simposios, reuniones científicas, conferencias	
Título del trabajo	Test de modelo constitutivo ortotrópico de Hill Generalizado aplicado a maderas estructurales
Institución organizadora	Asociación Argentina de Mecánica Computacional
Nombre del evento	XXIV Congreso sobre Métodos Numéricos y sus Aplicaciones

		/ /
Firma Director/a	Aclaración	Fecha



Ministerio de Educación
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado

Proyectos UTN sin incorporación al Programa de Incentivos

Carácter	Internacional
Fecha	5 al 7 de Noviembre de 2019
Lugar	Centro de Convenciones "Estación Belgrano", Ciudad de Santa Fe
Autores de la presentación	José A. Santelli, Ricardo Marino, Esteban Morales
Publicado en actas, memorias – (páginas)	Presentación en la sesión de modelización de fallas de materiales
Con/Sin referato	
Año	2019
Comité científico	<u>Presidente:</u> Dr. Mario Storti ; <u>Vicepresidentes:</u> Dr. Luciano Garelli ; Dr. Juan M. Giménez. <u>Miembros:</u> Alejandro Albanesi; Guillermo Etse; Ronald O'Brien; Gonzalo Ares; Víctor Fachinotti; Antonio Orlando; Gustavo Balastro; Daniel Félix; Rodrigo Paz; Jorge Ballaben; Sebastián Ferreyra; Jorge Perez Villalobo; Diana Bambill; Eduardo Garau; Marcelo Piovan; Laura Battaglia; Luciano Garelli; Martín Pucheta; Pablo Blanco; Leonardo Giovanini; Damián Ramajo; Facundo Bre; Sebastián Giusti; Juan Ramos Nervi; Carlos Bulant; María Hinalaf; Gustavo Ríos Rodríguez; Gustavo Buscaglia; Alfredo Huespe; Javier Salomone; Mariano Cantero; Martín Idiart Rubens Sampaio; Alberto Cardona; José Inaudi; Pablo Sánchez; Hugo Castro; Rossana Jaca; Sofía Sarraf; Federico Cavalieri; Pablo Kler; Ana Scarabino; Adrián Csilino; Ezequiel López; Fernando Schroeter; Víctor Cortínez; Bibiana Luccioni; Javier Signorelli; Santiago Corzo; Santiago Márquez; Damián Mario Storti; Miguel Coussirat; María Martín; Fabián Tommasini; María Crespo; Gonzalo Mognol; Santiago Urquiza; Marcela Cruchaga; Leonardo Molisani; Victoria Vampa; Jorge D'Elía; Oscar Moller; Nicolás Wolovick.
Institución	Asociación Argentina de Mecánica Computacional
Palabras clave	EN 383 Standard, bolted joints, finite elements, Generalized Hill model, correlation, objective function.

Difusión en Congresos, Simposios, reuniones científicas, conferencias

Título del trabajo	
Institución organizadora	
Nombre del evento	
Carácter	
Fecha	
Lugar	
Autores de la presentación	
Publicado en actas, memorias – (páginas)	
Con/Sin referato	
Año	
Comité científico	
Institución	
Palabras clave	

		/ /
Firma Director/a	Aclaración	Fecha



Ministerio de Educación
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado

Proyectos UTN sin incorporación al Programa de Incentivos

La documentación probatoria de lo declarado se incorporará a un CD/DVD para ser enviada acompañando al Informe Final presentado.

		/ /
Firma Director/a	Aclaración	Fecha



Ministerio de Educación
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado

Proyectos UTN sin incorporación al Programa de Incentivos

c) Tesistas:

Apellido y Nombre	
Tipo de tesis	Doctoral
Título	
Director	
Fecha de inicio	dd/mm/aaaa
Fecha de finalización	dd/mm/aaaa
Calificación	

Apellido y Nombre	
Tipo de tesis	Doctoral
Título	
Director	
Fecha de inicio	dd/mm/aaaa
Fecha de finalización	dd/mm/aaaa
Calificación	

d) Becarios:

Apellido y Nombre	
Tipo de beca	Doctorado
Fecha de inicio	dd/mm/aaaa
Fecha de finalización	dd/mm/aaaa

Apellido y Nombre	
Tipo de beca	Doctorado
Fecha de inicio	dd/mm/aaaa
Fecha de finalización	dd/mm/aaaa

		/ /
Firma Director/a	Aclaración	Fecha



Ministerio de Educación
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado

Proyectos UTN sin incorporación al Programa de Incentivos

3. GESTIÓN DEL PROYECTO (Para ser informado por el Director)

Tareas Desarrolladas:

Si tuvo dificultades en el desarrollo de las tareas previstas en este proyecto de investigación le agradeceremos que indique:

Problemas de ejecución del presupuesto	Demoras en la compra del material para elaboración de probetas de ensayo.
Problemas con los integrantes	Ninguno
Especificar otros	Ninguno
Monto del financiamiento recibido durante el desarrollo del proyecto	
Porcentaje de metas cumplidas respecto a los objetivos propuestos en el proyecto acreditado	100%
Agentes facilitadores (si los hubiere)	Ninguno

		/ /
Firma Director/a	Aclaración	Fecha



Ministerio de Educación
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado

Proyectos UTN sin incorporación al Programa de Incentivos

Evaluación de los integrantes:

Nómina del personal que interviene en el proyecto		
Nº	Apellido y Nombre	Evaluación Director (*)
1	José Santelli	Muy buena
2	Ricardo Marino	Muy buena
3	Esteban Morales	Muy buena
4	José Pereiras	Muy buena
5	Borda Agustina	Muy buena
6	Serraioco Leandro	Muy buena
7	Taroni Pablo	Muy buena

Nota: El Director es responsable de la asignación de tareas del proyecto por lo que se sugiere revisar si corresponden a cada investigador las tareas informadas.

		/ /
Firma Director/a	Aclaración	Fecha



Ministerio de Educación
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado

Proyectos UTN sin incorporación al Programa de Incentivos

Resultados obtenidos

El proyecto permitió aplicar técnicas de modelización en un material natural como la madera , poco estudiado en el país. Así mismo, conformar un grupo de trabajo formado por docentes, investigadores de diferentes disciplinas y alumnos de esta Fac. Reg. que en forma colaborativa aportaron sus conocimientos y experiencias para el desarrollo de este proyecto.

Conclusiones

El modelo constitutivo de Hill Generalizado presenta un comportamiento bilineal, cuyos valores pueden ajustarse hasta hacerlos coincidir aceptablemente con los de un ensayo real, respetando todas las pautas correspondientes del caso.

		/ /
Firma Director/a	Aclaración	Fecha