



Universidad de Valladolid



**PROGRAMA DE DOCTORADO EN CIENCIA E INGENIERÍA
AGROALIMENTARIA Y DE BIOSISTEMAS**

TESIS DOCTORAL:

**ESTUDIO DE PARQUET MULTICAPA DE *Eucalyptus
globulus* Labill.**

Presentada por
Fernando Sepliarsky Minadeo
Para optar al grado de
Doctor por la Universidad de Valladolid

Dirigida por:

**Dra. María Milagrosa Casado Sanz
Dr. Luis Acuña Rello**

2022

“NO TE DES POR VENCIDO, NI AÚN VENCIDO; NO TE SIENTAS ESCLAVO,
NI AÚN ESCLAVO. TRÉMULO DE PAVOR SIÉNTETE BRAVO. Y ARREMETE
FEROZ, YA MALHERIDO”.

ALMAFUERTE

1. AGRADECIMIENTOS

AGRADECIMIENTOS

A Nancy, compañera infatigable.

A Luis Acuña Rello, por su apoyo constante.

A la empresa INTASA y a mis compañeros del esfuerzo diario en la madera.

2. DIRECCION:

DIRECTOR

Dr. Luis Acuña Rello

Dr. Ingeniero de Montes.

Departamento de Ingeniería Agrícola y Forestal.

E.T.S. Ingenierías Agrarias.

Universidad de Valladolid.

TUTORA

Dra. María Milagrosa Casado Sanz

Dra. Ingeniera de Montes.

Departamento de Ingeniería Agrícola y Forestal.

E.T.S. Ingenierías Agrarias.

Universidad de Valladolid.

3. PRÓLOGO

PRÓLOGO

El documento sigue la estructura general establecida por la Escuela de Doctorado de la Universidad de Valladolid, pretendiendo justificar la cohesión temática de los distintos estudios realizados que han dado lugar a tres artículos científicos propios, publicados en revistas indexadas y que aparecen en el mismo:

1) **Sepliarsky, F.**, Acuña, L., Tapias, R. (2018). Parquet multicapa de "Eucalyptus globulus" y "Quercus robur". Resistencia al impacto para diversas tipologías de fabricación. *Maderas: Ciencia y tecnología*, ISSN 0717-3644, Vol. 20, Nº 1, págs., 103-116.

DOI: <https://doi.org/10.4067/s0718-221x2018005001901>

Maderas: Ciencia y Tecnología. Impact Factor= 0,944 5y Q2JCR Q2SJR

Imp. Factor = 0,914 SJR = 0,53 H Index: 26.

2) Acuña Rello, L., **F. Sepliarsky Minadeo**, F. Spavento E. Martínez R. Balmori, J-A. (2020). Modelling of Impact Falling Ball Test Response on Solid and Engineered Wood Flooring of Two Eucalyptus Species. *Forests*, 11(9), 933;

DOI: <https://doi.org/10.3390/f11090933>

Forests. Impact Factor = 2,804 5y Q1 JCR Q1SJR

Imp. Factor = 2,634 SJR = 0,676 H Index: 41

3) **Sepliarsky, F.**; Acuña, L.; Balmori, J.-A.; Martínez, R.D.; Spavento, E.; Keil, G.; Casado, M.; Martín-Ramos, P. (2022). Modeling of Falling Ball Impact Test Response on Solid, Veneer, and Traditional Engineered Wood Floorings of Several Hardwoods. *Forests* 2022, 13, 167 by *Forests* 2022, 13(2), 167;

DOI: <https://doi.org/10.3390/f13020167>

Forests. Impact Factor = 2,804 5y Q1 JCR Q1 SJR

Imp. Factor = 2,634; SJR = 0,676; H Index: 44

Esta tesis ha sido realizada en el marco del Programa de Doctorado en Ingeniería Agroalimentaria y de Biosistemas, en la Escuela Técnica Superior de Ingenierías Agrarias de Palencia (Universidad de Valladolid), dentro de la Unidad Docente de Estructuras y Tecnología de la madera.



4. INDICE

1. AGRADECIMIENTOS	4
2. DIRECCION:	6
3. PRÓLOGO	8
4. INDICE	12
5. TABLA DE ILUSTRACIONES	13
6. RESUMEN	15
7. ABSTRACT	18
8. INTRODUCCIÓN	21
8.1. Historia de los suelos de madera	22
8.2. Evolución en el diseño	24
8.3. Evolución en la instalación	26
8.4. La preferencia del roble	28
8.5. El eucalipto	30
8.6. La huella de Carbono	32
9. OBJETIVOS	36
9.1. Objetivo General	37
9.2. Objetivos específicos	37
10. Resultados publicados	38
10.1. CAPITULO 1: Parquet Multicapa de Eucalyptus globulus y Quercus robur. Resistencia al Impacto para diversas tipologías de fabricación.	39
10.3. CAPITULO 2: Modelling of Impact Falling Ball Test Response on Solid and Engineered Wood Flooring of Two Eucalyptus Species.	40
10.4. CAPITULO 3: Modeling of Falling ball impact test response on solid, veneer and traditional engineered wood floorings of several hardwoods.	41
10.5. CAPITULO 4: ANÁLISIS COMPLEMENTARIO. HUELLA DE CARBONO.	42
11. CONCLUSIONES	49
11.1. Conclusiones principales	50
11.2. Otras consideraciones	50
11.3. Vías de Investigación Futuras	51
12. BIBLIOGRAFIA	52
13. DECLARACION CO-AUTORES	55

5. TABLA DE ILUSTRACIONES

<i>Ilustración 1 Parquet Macizo encolado a la solera</i>	27
<i>Ilustración 2 Preferencia de maderas para parquet en Europa 2000-2020</i>	29
<i>Ilustración 3 Diversas construcciones de parquet multicapa para tres tipos de tablero soporte</i>	31
<i>Ilustración 4 Marco de referencia y etapas de un análisis del ciclo de vida. Fuente: Norma UNE-EN ISO 14040:2006</i>	33
<i>Ilustración 5 Límites del sistema</i>	44
<i>Ilustración 6 Huella de Carbono parquet para cada etapa del proceso productivo EUCA HDF</i>	47
<i>Ilustración 7 Huella de Carbono de 4 composiciones de parquet</i>	48

| 6. RESUMEN

RESUMEN

El parquet multicapa representa hoy día el estándar del suelo de madera. Está constituido por una capa noble de grosor variable, encolada a un soporte, de forma que la tabla resultante es más estable y más económica que una madera maciza de igual espesor, maximizando el rendimiento del componente más caro.

Dentro de la grandísima variedad de especies susceptibles de ser utilizadas en suelos, el roble (*Quercus robur* en Europa y *Quercus alba* en América del Norte) es la especie más demandada, representando para Europa un 82% del para 2020 (FEP , 2021). Existe una gran presión de compra de madera aserrada que ha forzado la aparición de versiones de capa noble más delgada que maximizan la cantidad de metros cuadrados por cada metro cúbico de materia prima. Se han desarrollado también, producto con colores o atributos similares en otras especies, que también apuntan a generar alternativas económicas que puedan sustituirlo. Éstas se caracterizan por tener tonos blanco amarillentos y poro marcado, como el Fresno (*Fraxinus sp.*), el Castaño (*Castanea sp.*), Hickory (*Carya sp.*) (American Hardwood Export Council, 2022) y, en el caso de España y Portugal, el *Eucalyptus globulus* es susceptible de ocupar una parte de dicha sustitución.

Utilizando como elemento de contraste un ensayo de impacto (AITIM, 2012), se realizaron ensayos para evaluar el comportamiento de esta especie, en diversas composiciones de parquet multicapa, utilizando como referente al roble. Para el parquet de formato más habitual, los resultados de impacto no mostraron diferencias significativas.

Se evaluó la interacción con diversos tipos de soporte disponibles en el mercado, como madera aserrada de conífera, tablero contrachapado y tablero de fibra de alta densidad, con resultados análogos para espesor de capa noble de 3 mm.

En composiciones de capa noble delgada (0,6 mm), utilizando como soporte tablero de fibra de alta densidad HDF, se comprobó que el soporte contribuye a la resistencia al impacto del conjunto, minimizando las variaciones entre las varias especies estudiadas.

Se analizó el comportamiento de especies representativas de alta y baja dureza, en modalidades de madera maciza, capa noble de 3 mm (parquet) y capa noble de 0,6 mm (suelo rechapado).

Asimismo, a los efectos de comprobar la precisión de funcionamiento del test de impacto, se realizaron ensayos utilizando un rango de alturas variables y tres tamaños distintos de bola.

7. ABSTRACT

ABSTRACT

The Engineered wood flooring represents today the most common type of wood floor. A hardwood top layer of variable thickness, glued to support, composes it. The result is more stable and economic than the solid Wood floor of similar thickness, maximizing the output from each cubic meter of the more expensive hardwood.

European or American Oak is the leader, representing about 82% of the European parquet market in 2020 (FEP, 2021). Due to the big demand for solid oak lumber, the industry has developed thinner top layer products as a way to increase the surface yield of Wood.

Other essences with similar appearance and density constitute economic alternatives for substitution. The main variables are White yellow color and similar Wood-grain, like Ash (*Fraxinus* sp.), Chestnut (*Castanea* sp.), and Hickory (*Carya* sp) (American Hardwood Export Council, 2022) For Spain and Portugal, *Eucalyptus globulus* represents a competitive alternative for domestic substitute.

Using an impact test (AITIM, 2012), the performance of several constructions of *Eucalyptus globulus* engineered wood flooring has been tested, using Oak parquet as a reference.

The interaction of the 3 mm top layer of both species and several support boards has been evaluated, using sawn softwood, hardwood plywood, and HDF (high-density fiberboard), without detecting significant differences between both species.

Veneer flooring with a 0,6 mm top layer was tested using HDF support. The impact test result showed that high-density fiberboard increases the impact resistance of these products and minimize the result variation between species of different density like walnut, oak, *Eucalyptus*, and Jatoba.

The analysis was enlarged by comparing the species in solid, veneer parquet of 0,6 mm top layer and Engineered of 3 mm top layer, representing the complete range of densities normally used for wood flooring.

ABSTRACT

Main variables of the test were analyzed, using three steel ball sizes and five different impact heights.

8. INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

8.1. HISTORIA DE LOS SUELOS DE MADERA

En la antigüedad los suelos de madera eran utilizados para protección de la humedad y el frío; es decir para generar un ambiente más cálido y acogedor. Existen referencias de su uso ya desde la época de los Hititas, hace unos 6500 años (Kushner, 2020), así como antecedentes en los palafitos, viviendas elevadas sobre terrenos pantanosos (AITIM, 1997). La Biblia menciona el uso de ciprés del Líbano como recubrimiento del suelo en el Templo de Jerusalén (1 Reyes 6,16) Su empleo por lo tanto acompaña a la historia de la humanidad, evolucionando con el desarrollo de la tecnología.

El parquet apareció en la edad media en castillos y durante el renacimiento vivió un esplendor en Europa. El estilo Tudor empleó grandes tarimas de configuración lineal y podría ser el origen de su imagen aristocrática (AITIM, 1997). La técnica de la marquetería tuvo un período de fulgor entre el 1700 y 1900 (Signorato, 1990).

En Francia se realizaron grandes obras tales como el Castillo de Fontainebleau, donde apareció por primera vez la instalación en forma de espina de pescado. En Versalles (1665-1685) se utilizaron paneles cuadrados con decoraciones geométricas, que a su vez dieron origen a otras obras señaladas tales como Chantilly, Arambert, Melezin, Saint-Frageau. Estos paneles se difundieron por Europa entera; podemos citar en España al Palacio Real de Madrid o el Palacio del Escorial; en Italia al Palacio Real de Turín; en Alemania al Castillo de Pommersfelden; en Austria al Palacio de Schönbrunn en Viena y en Rusia al del Museo Hermitage.

Durante el siglo XX lo que solía ser un lujo, se hizo popular en diversos tipos de vivienda. Aproximadamente a partir de 1950 se desarrolló desde Francia el producto y mercado del parquet taraceado, de pequeñas dimensiones, que le otorgó una enorme popularidad, apareciendo en los 70 del pasado siglo el lamparquet, tablas sin lengüeta que aprovecharon las mejoras de los sistemas de fijación a la solera (AITIM, 1997).

A mediados de este siglo el desarrollo tecnológico constante de maquinaria habilitó la producción de piezas de dimensiones precisas con sistema de encaje de lengüeta o

machihembrado que fija cada tabla en todos sus lados, permitiendo perfeccionar así la superficie resultante e incrementar la velocidad de instalación y dimensiones de los elementos.

La evolución del secado técnico de la madera aportó cada vez una mayor estabilidad a las piezas individuales, disminuyendo los defectos por contracción o hinchamiento.

A lo largo de la vida útil del pavimento, la madera puede ser sometida a procesos de re-lijado de forma de renovar la superficie y rectificar el desgaste producido por el uso.

Con los avances de sistemas de encolado de la madera surgieron entonces los suelos multicapa o ingeniería; patentados por primera vez por Gustav Kährs en 1943; que son más estables por estar conformados de varias capas de orientación alternada minimizando dilataciones y contracciones al punto que permiten una colocación flotante, es decir sin necesidad de encolar o clavar a la solera. La segunda ventaja de este sistema es que permite ubicar la madera dura valiosa exclusivamente en la zona en donde va a ser visible y susceptible de ser lijada en el futuro, o sea por encima de la altura de la lengüeta de unión, mientras que el soporte y resto de estructura se produce con maderas de menor coste.

Este sistema, que reduce sustancialmente el trabajo de instalación en la vivienda viene ganando porción en todos los mercados del mundo, con mayor incidencia en países desarrollados, donde es mayor el coste hora de la mano de obra.

A su vez el espesor de dicha capa noble ha ido disminuyendo desde las primeras versiones del producto hasta llegar al desarrollo de productos con capa noble de 0,6 mm. Los motivos de esta reducción son tres principalmente, el primero corresponde a la necesidad de colocar productos más económicos en el mercado, cosa que se logra reduciendo el espesor de la capa noble y por lo tanto disminuyendo la cantidad de hipotéticos re-lijados de la superficie instalada.

El segundo tiene que ver con la perfección y duración de los barnices aplicados en fábrica, que otorgan a la madera una alta resistencia al desgaste en condiciones de uso familiar, que protegen la madera prolongando la vida del producto y reflejándose en

períodos de garantía

El tercer factor está relacionado con el coste, tiempos e inconvenientes del proceso de re-barnizado y re-lijado; ya que cuanto mayor es el coste de la mano de obra para realizar estas tareas, su coste se asemeja al de la instalación nueva, incluyendo la adquisición de la madera.

Es decir, el suelo es parte de la decoración de una vivienda y por lo tanto está sujeto a las fuerzas de su mercado, en el que la obsolescencia estética tiende a reducir el tiempo de modificación aún en productos que puedan haber sido diseñados para una un mayor tiempo de uso.

No existen datos publicados por la Asociación Europea FEP según espesor de capa noble, pero según miembros de la Asociación Española de Pavimentos de Madera- FEPM (Hervás, 2022) para países del sur de Europa, aproximadamente un 5% del total del parquet multicapa es sujeto a re-barnizado. Esta situación podría generar una tendencia al crecimiento de productos que utilizan bajos espesores como capa noble ya que tendría poca justificación mantener la posibilidad de re-lijado que otorgan los espesores mayores, asociados a su consiguiente sobre-coste.

8.2. EVOLUCIÓN EN EL DISEÑO

Los primeros suelos de madera estaban constituidos por tablones de 19 a 25 mm de espesor, fijos a la solera directamente por clavos o a través de rastreles de madera que quedaban incluidos en la base de cemento.

El desarrollo de colas para fijar las piezas a la solera permitió la generación de productos económicos constituidos por tablas cortas y pequeñas como el **taraceado** o **damero** de 4-5 mm de espesor y el **lamparquet**, y de un espesor entre 14 mm y 10 mm. Estos productos tuvieron un gran auge durante los años 70, no obstante requerían una importante cantidad de obra en la vivienda, ya que era necesario encolar las piezas individuales, posteriormente realizar el calibrado y finalmente el acabado de la superficie con barnices con la consiguiente generación de polvos y vapores, además de

los largos tiempos para cada una de estas operaciones. Las tablas de pequeñas dimensiones producían contracción e hinchamientos limitados, pero en los años 80 el mercado empieza a pedir productos de mayores dimensiones, como listones de 7 cm x 42 cm y de hasta 20 cm de ancho por 2 m de longitud.

La mencionada aparición de parquet multicapa de Kährs (AITIM, 1997) aportó reducciones de coste y tiempos, ya que los procesos de calibrado y barnizado pasaron a realizarse en fábrica en lugar la vivienda. Además los formatos de tablonetes de grandes dimensiones en construcciones multicapa son suficientemente estables como para no requerir el encolado a la solera, lo que vuelve a minimizar los costes de instalación.

La idea desarrollada por el parquet multicapa es la siguiente: la tabla para parquet sólido comienza con madera maciza de 25 mm, en bruto, que se convierte en 19 mm finales de los cuales sólo 3 o 4 mm permitirán ser re-lijados; mientras que con el sistema multicapa, estos 3 o 4 mm son encolados por encima de un soporte de menor valor, como tableros o madera de conífera; de forma que se maximiza la conversión de metros cúbicos de madera dura valiosa a metros cuadrados de producto terminado. La madera maciza permite producir unos 50 m² a partir de cada metro cúbico mientras que el sistema multicapa eleva dicha cantidad a unos 140 m²/m³. En la chapa a la plana, de espesor 0,6 mm, esta conversión puede llegar a casi 700 m²/m³.

La Federación Europea de Parquet, distingue con diversos nombres los suelos de madera natural, clasificándolos según el espesor de la capa noble en **parquet**, por encima de los 2,5 mm de espesor; **suelo de madera** cuando el grosor tiene entre 2,5 y 0,7 mm; y **suelo rechapado** cuando el grueso de la capa noble se sitúa por debajo de 0,7 mm. Este tipo de sistemática **no existe para el resto de mercados**, donde se menciona la diferencia básica de si el suelo es macizo, es decir constituido por una pieza simple de madera perfilada, o compuesto por varias capas de madera.

El volumen global del parquet puede estimarse en unos 650 millones de metros cuadrados de producción anual, considerando Asia, América del Norte y Europa (Grand View Research, 2020). En Europa la producción anual se ha mantenido estable las últimas décadas en el entorno de los 80 millones de m². Es en esta región en donde la

proporción de multicapa es mayor, llegando a un 82 % de preferencia, mientras que en América del Norte, aunque creciente, se encuentra en el entorno a un 52 % (Chen, 2015).

Para estos mercados, podemos resumir la dinámica del diseño o tipo de producto en tres puntos principales:

1. La preferencia por el roble se ha mantenido estable en las últimas tres décadas en valores cercanos al 80 %.
2. Los productos de 1 lama en detrimento de los de 2 y 3, o sea el aumento del ancho de las piezas de madera y mayor aceptación de calidades que incluyen nudos y otras singularidades.
3. La disminución del espesor de la capa de uso.

8.3. EVOLUCIÓN EN LA INSTALACIÓN

Originalmente, la instalación del parquet macizo se realizaba mediante fijación a la solera por diversos medios, figura 1, primero clavos a una estructura de madera y posteriormente colas directamente a una solera de cemento. Una vez fijas y sujetas las piezas, era práctica común el dar a la instalación un tiempo de varias semanas o meses, de forma que cada elemento modificara su humedad a las condiciones de la instalación y se contrajera o expandiera hasta llegar a una situación de equilibrio.

Posteriormente, se realizaba un trabajo del lijado de la superficie y reparación de pequeños defectos y juntas, logrando que quede apto para algún tipo de acabado que otorgue un brillo y protección, por ejemplo mediante aplicación de ceras naturales inicialmente y luego barnices.

En este tipo de suelos, el espesor de la madera era habitualmente de unos 17 a 19 mm dejando una altura por encima de la unión unos 5 mm, parte de la cual era quitada durante el proceso de lijado inicial, para compensar diferencias entre tablas y disponer de una superficie apta para el acabado.



Ilustración 1 Parquet Macizo encolado a la solera

La instalación en estas condiciones requería dos etapas diferenciadas, primero la instalación, en la que un operario podía fijar unos 30-35 m² por jornada, y, luego de unas semanas de estabilización de la madera maciza en las nuevas condiciones, el pulido y barnizado de la superficie, que podía hacerse a un ritmo de unos 25 m² por día. Resumiendo, cada operario podía avanzar a un ritmo diario de 10-15 m² de parquet barnizado.

Según se ha mencionado, el desarrollo de productos multicapa evita los pasos de instalación descritos, siendo exclusivamente necesario contar con un soporte (cemento o madera) lo suficientemente seco como para que no transfiera su propia humedad.

De esta forma el producto ya barnizado en fábrica es susceptible de ser transitado inmediatamente después de la colocación si la misma es flotante, o con unas pocas horas de secado de la cola si se prefiere instalarlo encolado a la solera.

En estas condiciones, dos operarios pueden montar más de 100 m² de parquet multicapa por día, con mínima producción de residuos, cero solventes y dejando la vivienda apta para habitar de forma inmediata, multiplicando 4 a 5 veces la velocidad de instalación respecto de la del parquet macizo.

8.4. LA PREFERENCIA DEL ROBLE

Diversas especies de Roble (*Quercus sp*) son utilizadas en la elaboración de la capa noble de suelos de madera, las principales son el roble europeo *Quercus robur* y el roble blanco americano *Quercus alba*, junto con una vasta cantidad de especies diversas que se comercializan bajo estos nombres comerciales, como *Quercus macrocarpa*, *Q. montana*, *Q. stellate* and *Q. lyrata* (Luppold & Bumgardner, 2021), **figura 2**.

Su peso específico oscila entre los 672 kg/m² y los 720 kg/m² (Trada, 2022). Su secado es lento y su estabilidad intermedia.

Tiene un color marrón claro a ocre blanco amarillento, con duramen diferenciado y albura más blanca, una porosidad gruesa y fibra recta.

Diversas publicaciones han estudiado las preferencias del público tanto para la madera en general (Marchal & Mothe, 1994), como en la selección de suelos de madera. (Roos & Hugosson, 2008); profundizando en el estudio entre diversas opciones y atributos, concluyendo que el producto “ideal” sería un parquet de roble certificado y con garantía.

La estadística más reciente de la FEP es concluyente (FEP , 2021). En el año 2000, la misma institución registraba una preferencia de un 42,6% para el roble, seguido de cerca de un 21,7 % de preferencia del haya y un 13,6 % para especies tropicales, lo que evidencia que la utilización de *Quercus* como especie casi única en suelos se ha ido consolidando los últimos 20 años, a expensas de la utilización de Haya (*Fagus sylvatica*) y del menor uso de maderas tropicales.

En este período, la industria de tintes y barnices ha desarrollado una grandísima cantidad de colores sobre la base de madera de roble, que ha desplazado la variabilidad basada en el color natural de cada especie.

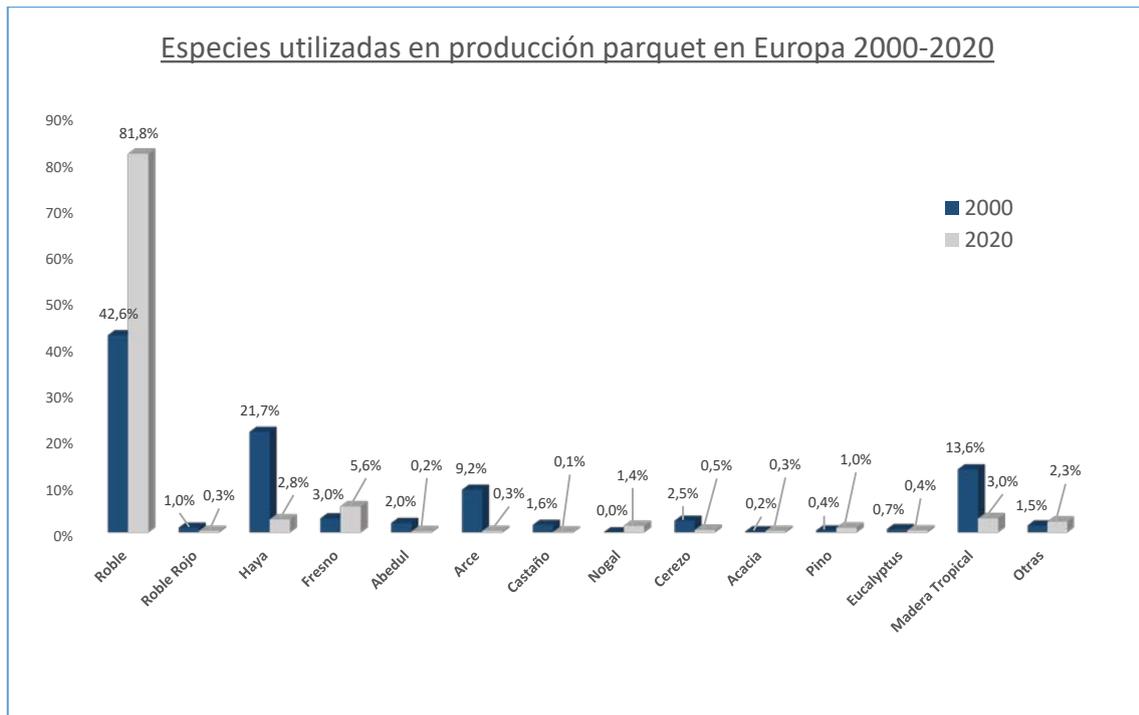


Ilustración 2 Preferencia de maderas para parquet en Europa 2000-2020

Los efectos de la pandemia de COVID 19 han causado entre otros, el aumento generalizado de los precios de materias primas, entre ellas el roble (FEPM. Federación Española de Pavimentos de Madera, 2021). Tal como se menciona en dicho artículo, la presión sobre esta única especie en momentos de dificultad de abastecimiento ha llegado en algunos casos a producir incrementos de precios no registrados en las últimas décadas.

En este punto, dado que los suelos de madera se comercializan por unidad de superficie, podría plantearse un aumento de la tendencia a disminuir el espesor de construcción de la capa noble de los tableros multicapa de roble, para minimizar el impacto del aumento de precio del m³, así como reemplazar la especie por otras técnicamente compatibles y de apariencia similar. Y, efectivamente, en los años recientes diversos productores de suelos de madera han realizado propuestas de reemplazo o sustitución por otras especies más económicas o de mayor disponibilidad, y con atributos estéticos similares. Entre las propuestas, se han desarrollado productos que utilizan roble rojo americano (*Quercus rubra*), castaño (*Castanea sativa*), fresno (*Fraxinus excelsior*), y Eucalipto (*Eucalyptus globulus – Eucalyptus sp.*) (Timbertop.eu, 2022). Como ejemplo, la empresa Timbertop,

de Indonesia, promociona una colección de parquet multicapa denominada AFTER OAK, (Luego del roble) que utiliza Eucalipto como capa noble, con diversos colores y tratamientos.

8.5. EL EUCALIPTO

En la península Ibérica se han desarrollado plantaciones de *Eucalyptus globulus* para abastecer a fábricas de celulosa, dado que permite un alto nivel de rendimiento celulósico y relativamente fácil blanqueo libre de Cloro.

Es una especie procedente de Australia y Tasmania, que fue introducida en a mediados del siglo XIX. Es una madera pesada (entre 740 y 840 kg/m³), de color blanco grisáceo a crema pálido y duramen canela a marrón rojizo (Medina Gallego, 1997). Tiene el nombre común de Blue Gum.

La disponibilidad de troncos de grandes dimensiones ha permitido el desarrollo de madera aserrada para estiba, mangos, tabla seca para diversos usos como tarimas y madera laminada (Grupo Villapol s.a., 2022). Los troncos de diámetros por encima de los 35 cm son además procesados en la industria de tableros contrachapados (Nefab, 2022) y de la chapa a la plana (Losan, 2022).

Debido a su color claro y dureza, se ha utilizado en los años 80 en la fabricación de pavimentos de madera de tipo taraceado o mosaico (AITIM, 1997) y posteriormente, algunos productores de suelos macizos comenzaron a utilizarlo en la producción de suelos de madera de utilización principalmente regional, en España y Portugal.

En un contexto mundial de pérdida de superficie de bosque, aunque a tasas que tienden a reducirse (FAO, 2020), los bosques implantados mantienen una importancia creciente en el abastecimiento de madera en rollo industrial. Un 5 % de cubierta forestal mundial proporcionaban en el año 2000 un 35 % de la madera de rollo industrial (FAO, 2002) Entre ellas, el *Eucalyptus globulus* es de las pocas especies que posee propiedades técnicas adecuadas para su utilización en suelos de madera, debido a su alta densidad y color claro de tonos semejantes al roble.

Un compendio del estado de conocimiento y desarrollo de productos de esta especie puede encontrarse en el Manual de la Madera de Eucalipto Blanco (Bermudez Alvite, M., & F., 2002).



Ilustración 3 Diversas construcciones de parquet multicapa para tres tipos de tablero soporte

Dado que no existía información técnica específica a las diversas construcciones posibles, Figura 3, como parquet multicapa o suelo de chapa (FEP. Federación Europea de Parquet, 2022), se realizaron diversas pruebas de comportamiento de resistencia a impacto de suelos de madera producidos con *Eucalyptus globulus*. Este tipo de ensayo, es económico, rápido y permite inferir el comportamiento del producto a lo largo del tiempo. (Chaix, 2001).

De esta forma, la eventual utilización de esta especie, proveniente de plantaciones, en suelos multicapa podrá basarse en datos técnicos de contraste respecto de las maderas comúnmente utilizadas en suelos.

En la última etapa de los ensayos, se incluyeron piezas de ***Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden**. Esta especie proveniente de los estados australianos de Queensland y Nueva Gales del Sur, cuenta con una grandísima presencia en ciertos mercados como Uruguay,

Argentina, Brasil, Sudáfrica, Zimbabue, etc. Es conocida en origen como Rose-Gum o Flooded-Gum. Las altísimas tasas de crecimiento en plantaciones ha puesto a disposición del sector una materia prima competitiva y abundante a la que la industria local se ha adaptado desarrollando todo tipo de productos como contrachapado, madera maciza para construcción y componentes, e inclusive parquet macizo (Grupo Tapebicua, 2022). (Shield, 2000) (Urufor, 2022)

Se encuentra en el límite inferior de densidad y dureza para la producción de suelos de madera (Sanchez Acosta M. e., 2005) por lo que no existe evidencia concluyente en su utilización como multicapa. (Iwakiri, 2006) (Sanchez Acosta M. , 2012)

Se ensayó la producción de parquet macizo, parquet multicapa y suelo rechapado, de forma de contar con elementos de los tres tipos para la realización de los correspondientes ensayos.

En este caso el objetivo ha sido profundizar el conocimiento de su comportamiento en suelos para las diversas posibilidades constructivas, de forma de poder compararlo con los productos obtenidos con especies tradicionales.

8.6. LA HUELLA DE CARBONO

La Huella de Carbono (HC) cuantifica la cantidad de emisiones de dióxido de carbono equivalente, y por lo tanto el efecto potencial sobre el cambio climático de un producto, calculado mediante la emisión total de gases de efecto invernadero (GEI) emitidos a la atmósfera por efecto directo o indirecto a lo largo de todo el ciclo de vida del elemento analizado.

La norma UNE-EN ISO 14040:2006 utiliza como base para este tipo de estudios y define el análisis del ciclo de vida como “la recopilación y evaluación de las entradas, salidas y los impactos ambientales potenciales de un sistema del producto a través de todo su ciclo de vida”. (Figura 4).

El examen del perfil ambiental de los productos utilizados en edificación comercial y

residencial se ha incrementado a lo largo del tiempo y, según señalan Bergman y Bowe, (Bergman Richard, 2010) mientras algunos productos utilizados en la construcción consumen importantes cantidades de combustibles fósiles, los elementos de madera consumen más biomasa que combustibles fósiles durante su manufactura, lo que significa una ventaja ambiental significativa. El dióxido de carbono procedente de biomasa se considera carbón neutral debido a que no incrementaría el total atmosférico si procede de una producción sostenida.

El mercado de construcción sostenible (ISO, 2007) ha crecido de manera sostenida durante los últimos años, y las emisiones de carbono durante el proceso de producción crecerán en importancia para las decisiones del consumidor (Bergman and Bowe 2011).

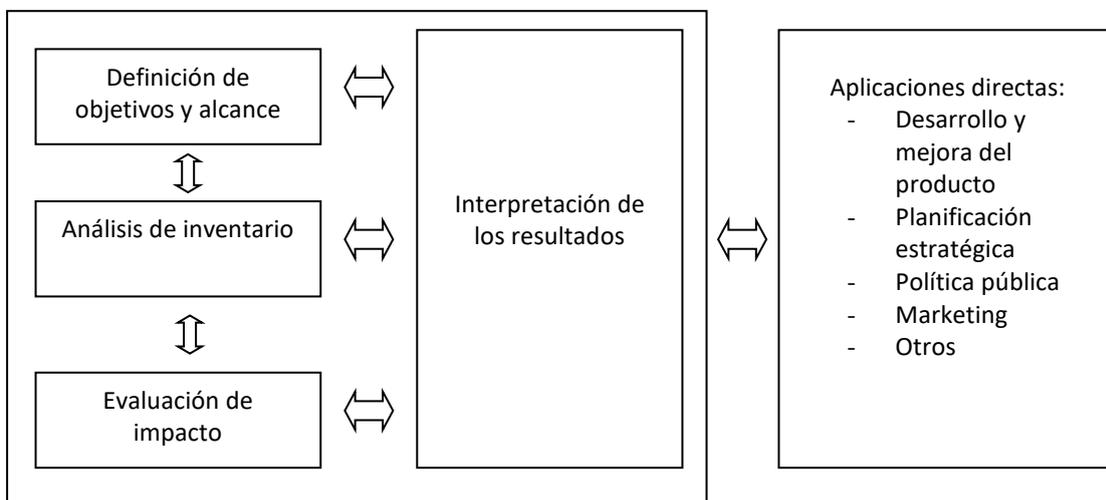


Ilustración 4 Marco de referencia y etapas de un análisis del ciclo de vida. Fuente: Norma UNE-EN ISO 14040:2006

Diversos estudios previos realizados en Europa y Estados Unidos aportan una serie de datos generales acerca de los suelos de madera (Bowe & Hubbard, 2008) reportan que un 86 % del total de la energía necesaria para la producción de parquet macizo, incluyendo la eléctrica, proviene de la biomasa (Puetzman, 2005), así como (Gustafsson, 2007) concluyen que la utilización de residuos de biomasa en la producción de suelos de madera disminuyen las emisiones netas de CO₂, evidenciando un perfil favorable respecto de otros materiales como acero y cemento.

(Nebel, Zimmer, & Wegener, 2006) compararon construcciones diversas de suelos de madera (sólido y multicapa), comunicando la influencia de los solventes y consumo

energético en el impacto, así como dejando en evidencia el impacto positivo del secado al aire así como la importancia del ciclo de vida de los productos, donde se consideraron 50 años para el suelo macizo y sólo 10 para el multicapa.

El parquet multicapa,(Engineered woodflooring) puede fabricarse de maneras diversas, existiendo una diferencia importante entre aquellos producidos en Europa, donde básicamente el producto se constituye de dos o tres capas, utilizando como soporte principal un tablero, que puede ser contrachapado, de fibra (HDF), o de tablas de madera (comúnmente denominada persiana), versus la construcción de Estados Unidos, donde el producto se fabrica principalmente a partir de chapas de desenrollo encoladas, produciendo un contrachapado de un número de capas impar y del que (Bergman & Bowe, 2011) realizaron un análisis de impacto pormenorizado en fábricas del Este de Estados Unidos encontrando valores máximos en el acondicionamiento de las trozas y el secado de la chapa. Ambos procesos son típicos de la fabricación de contrachapado (Plywood) y diferentes de típicamente utilizados en la fabricación de parquet multicapa en Europa.

En dicho estudio, concluyeron que por unidad de superficie, el parquet macizo y el multicapa son similares en consumo de energía y que el carbón acumulado excede en un 4 % al emitido durante su producción.

Es un factor conocido que el mayor transporte de las materias primas produce un incremento HC de un producto determinado. Dado que la especie a estudiar *Eucalyptus globulus* proviene de plantaciones regionales, y por lo tanto implican distancias de transporte reducidas, se consideró útil conocer de forma objetiva este impacto, respecto del transporte habitual de la materia prima más utilizada para un proceso determinado y el tipo de construcción del parquet multicapa más común.

9. OBJETIVOS

OBJETIVOS

9.1. OBJETIVO GENERAL

Conocer el comportamiento de la madera de la especie *Eucalyptus globulus* en su utilización en suelos de madera multicapa, en diversos diseños por espesor de capa noble y por tipo de tablero soporte, comparándola con las especies habituales de este mercado por medio del test de impacto.

9.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Comparar el resultado de impacto de parquet multicapa de *Eucalyptus globulus* frente a la especie típica del mercado, *Quercus robur* (roble).
- Evaluar la interacción capa-soporte, para diversos espesores de capa noble, utilizando para ellos diversos tipos de tablero utilizados por diversos fabricantes en la producción de suelos multicapa.
- Evaluar los diferenciales de comportamiento al impacto de diversas frondosas duras habitualmente utilizadas en la producción de suelos, abarcando el rango habitual de durezas y construcciones del mercado.
- Comparar la interacción especie-construcción, para varias especies de frondosas en el rango típico de dureza de las maderas de uso en suelos.
- Aumentar el conocimiento acerca del comportamiento del test de impacto, a alturas de caída libre y dimensiones de bola variables.
- Estudiar la diferencia en la huella de Carbono del producto obtenido con materia prima local (*Eucalyptus globulus*) versus materia prima tradicional (*Quercus sp*) que proviene de bosques de Europa Central.

10. RESULTADOS PUBLICADOS

10.1. CAPÍTULO 1: PARQUET MULTICAPA DE
EUCALYPTUS GLOBULUS Y QUERCUS ROBUR.
RESISTENCIA AL IMPACTO PARA DIVERSAS TIPOLOGÍAS
DE FABRICACIÓN.

DOI: <https://doi.org/10.4067/s0718-221x2018005001901>

10.2. CAPÍTULO 2: MODELLING OF IMPACT FALLING BALL TEST RESPONSE ON SOLID AND ENGINEERED WOOD FLOORING OF TWO EUCALYPTUS SPECIES.

DOI: <https://doi.org/10.3390/f11090933>

10.3. CAPÍTULO 3: MODELING OF FALLING BALL IMPACT TEST
RESPONSE ON SOLID, VENEER AND TRADITIONAL
ENGINEERED WOOD FLOORINGS OF SEVERAL HARDWOODS.

DOI: <https://doi.org/10.3390/f13020167>

10.4. CAPÍTULO 4: ANÁLISIS COMPLEMENTARIO. HUELLA DE CARBONO.

ANÁLISIS COMPLEMENTARIO. HUELLA DE CARBONO.

10.4.1. *La huella de carbono (HC)*

Además del estudio que permitiera la validación técnica del producto, dado que el *Eucalyptus globulus* proviene de plantaciones locales y la madera de roble debe ser transportada desde aserraderos ubicados en países del este europeo; se realizó un estudio de huella de carbono que permitiera conocer la diferencia de impacto entre ambas alternativas productivas.

Para ello, se analizó el proceso industrial completo para la planta de producción de INTASA en As Pontes, que es hoy día la mayor productora de parquet multicapa de España y posee una instalación llave en mano del año 2005, es decir, que cuenta con la tecnología más moderna disponible en el mercado.

Fue considerado el proceso productivo desde el origen de la materia prima (Polonia para el Roble, con una distancia de 2950 kilómetros desde el aserradero de origen y 100 kilómetros desde Sarria, en Galicia para el *Eucalyptus globulus*). Para este caso se tuvieron en cuenta dos alternativas de tablero soporte, el contrachapado de chopo (*Populus* sp.) y el tablero de fibra de alta densidad HDF.

10.4.2. *Unidad Declarada:*

La HC debe referir los impactos a un parámetro funcional del producto que permita la cuantificación y la comparación a partir de una referencia que pueda expresar los resultados mediante una base común. La unidad funcional (UF) es pues aquella cuantificación de una función que ofrece el objeto de estudio según la cual irán referidas todas las entradas (recursos y energía necesarios) y salidas (emisiones y residuos) del sistema a lo largo de todo su ciclo de vida.

La UF debe definirse cuando el estudio de HC contempla todo el ciclo de vida del producto. La

unidad declarada se utiliza en lugar de la unidad funcional cuando no está establecida o se desconoce la función exacta del producto, una vez abandona la puerta de fábrica. Así, la unidad declarada debe aplicarse cuando el análisis cubre una o varias etapas del ciclo de vida, es decir, cuando se pretende desarrollar una HC “cuna a puerta” o “cuna a puerta con opciones”. (ISO 2006)

La UF fue definida entonces como: 1m³ de parquet multicapa de 14 mm de espesor, con capa noble de 3 mm y soporte de tablero (HDF o Contrachapado de Chopo) y en el caso del HDF Contratiro de pino de 2 mm.

10.4.3. Límites del sistema

En el ciclo de vida de cualquier producto siempre actúan múltiples sistemas interdependientes, dado que el proceso suma consumos y emisiones, se definen límites para su contabilización.

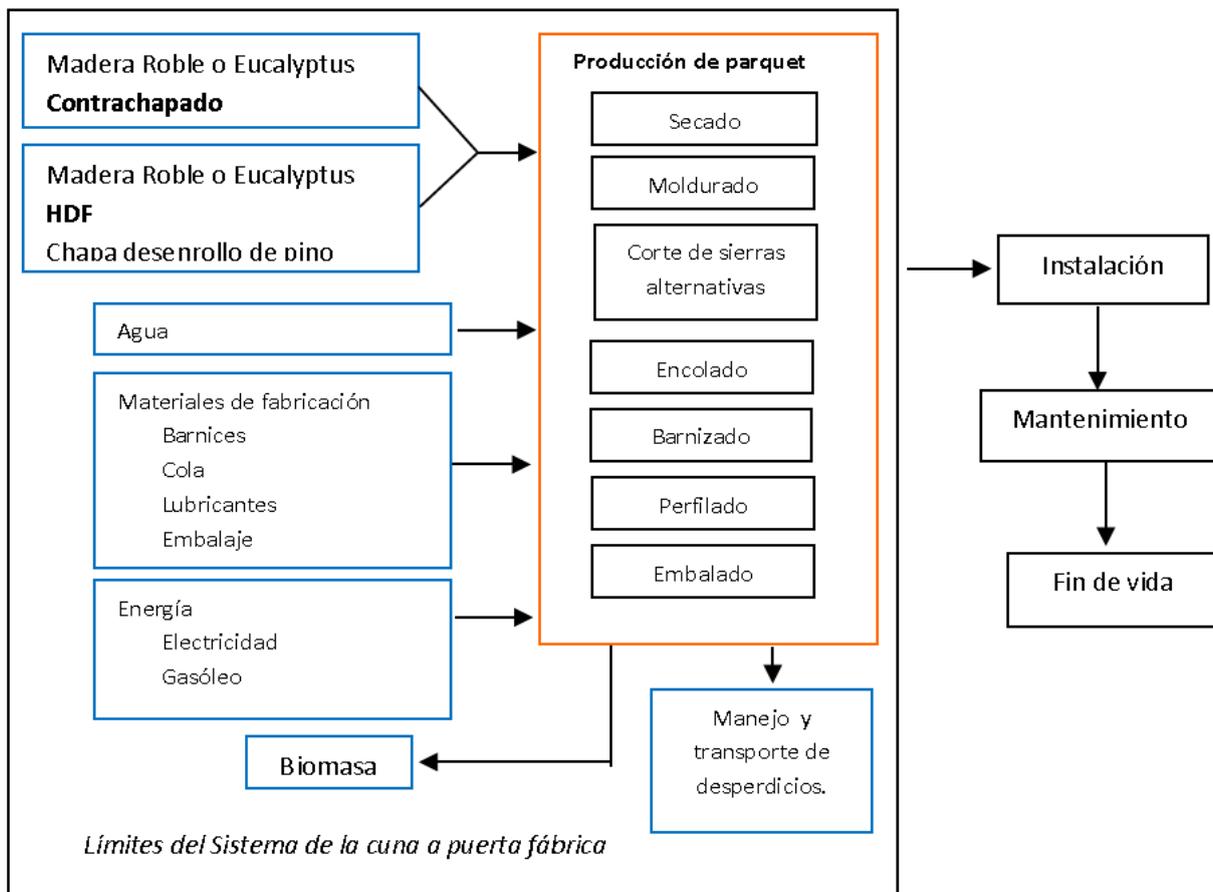


Ilustración 5 Límites del sistema

La Huella de Carbono del parquet estudiado tiene un alcance de cuna a puerta de fábrica, es decir desde la obtención de la madera en el bosque y de las materias primas utilizadas hasta que el producto está listo para su distribución.

La producción consta de las siguientes etapas.

- Secado: La madera se seca en cámaras durante una media de 32 días. Los secaderos son del tipo tradicional especiales para el secado de frondosas.
- Moldurado: Los tablones son cepillados para dimensionarlos a las medidas finales.
- Corte en Sierras Alternativas: Las tablas dimensionadas se cortan con sierras delgadas produciendo lamelas de 3,3 mm de espesor.
- Prensa: Se fijan las distintas capas que conforman el parquet utilizando adhesivos, presión y temperatura.
- Barnizado: Se aplican 7 capas de barniz ultravioleta de alta resistencia en máquina de rodillo.
- Perfilado: Se realiza el machihembrado final de las tablas.

Una vez elaborado, se embala con lámina de cartón perimetral corrugado y film protector conformando cajas que se apilan en un pallet para su posterior transporte y distribución.

La biomasa que se genera después de cada etapa es aprovechada para obtener energía térmica necesaria para procesos de secado, prensado y barnizado, por lo tanto dicho residuo no sale del sistema, sino sólo las emisiones derivadas de su combustión. Para el resto de residuos, se contempla su transporte y gestión.

Reglas de Corte (Figura 5):

- Se incluye el 99 % de entradas y salidas de masa y energía. No se consideraron las lijas utilizadas en el barnizado, consumo eléctrico del proceso de embalaje y de materiales de mantenimiento, del que se ha considerado su gestión como residuo.
- Transporte, distribución, instalación y fin de vida del parquet ha quedado fuera del

análisis.

- Para las capas intermedias se ha considerado la siguiente información, procedente de Wood for Good. Lifecycle database (PE International)
- HDF: densidad 850 kg/m³ y espesor 9 mm
- Contrachapado chopo: densidad 491 kg/m³. Espesor 11 mm.
- Chapa de pino de desenrollo: se han utilizado los datos de “laminated veneer lumber”. Densidad 488 kg/m³ y espesor 2 mm
- Para la caldera de biomasa, se han considerado las emisiones al aire contribuidas por la empresa analizada, que contempla emisiones de CO, NO_x, SO₂ y partículas, y para el resto de emisiones, como el CO₂, se han considerado las emisiones del proceso deecoinvent Heat, district or industrial, other tan natural gas {CH}|heat production, mixed chips from industry, at furnace 300kW|Alloc Def, U
- El proceso HDF se ha elaborado a partir del proceso Medium density fibreboard {RER}|production| Alloc Def, U de ecoinvent. Ajustando valores a los de la densidad del HDF
- Se considera el peso de pallet en los 12 kg.
- Se han asumido las hipótesis correspondientes a las fuentes de datos genéricas, desarrolladas por Ecoinvent y descritas en la documentación correspondiente a esta base de datos.
- Los efectos de almacenaje se han considerado nulos.

10.4.4. Resultados

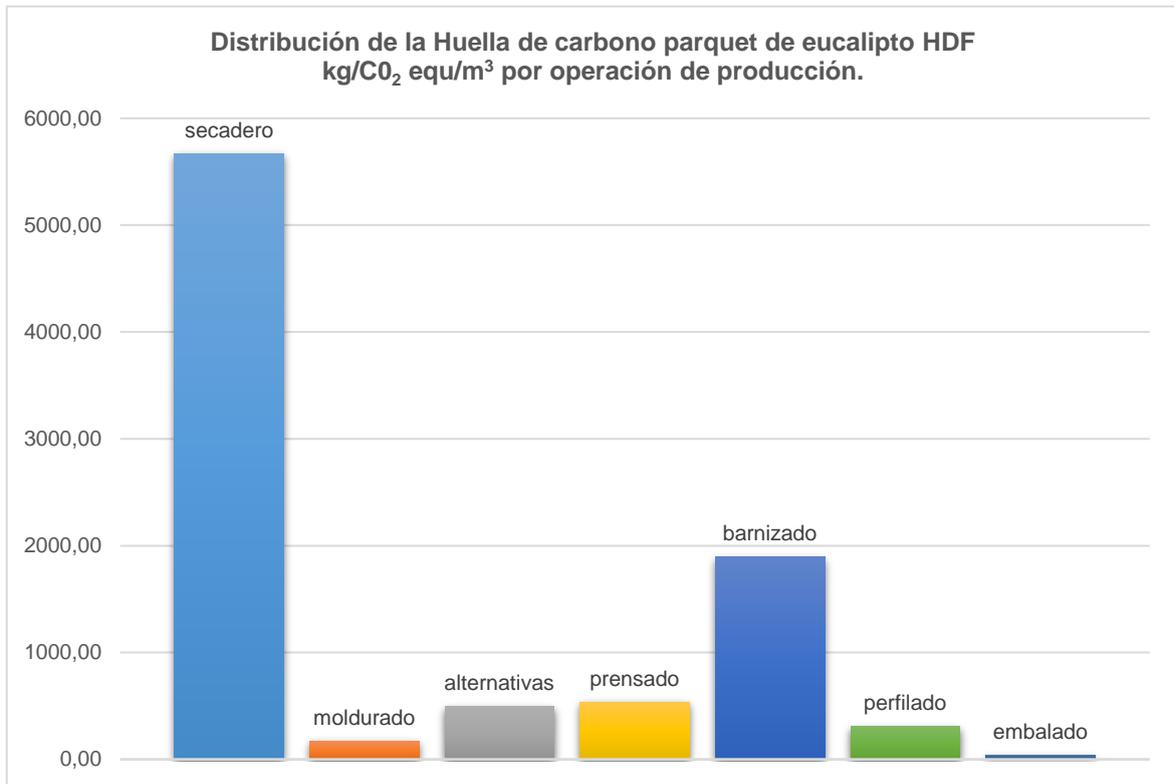


Ilustración 6 Huella de Carbono parquet para cada etapa del proceso productivo EUCA HDF

El resultado de huella de Carbono, coincidiendo con trabajos similares de Estados Unidos (Bergman & Bowe, 2011) ha sido que el elemento de mayor impacto es el del consumo de energía eléctrica a lo largo del proceso. De las alternativas estudiadas, la construcción de menor impacto resultó de la combinación de Eucalyptus en capa noble, con base de HDF. (Figura 7). El principal elemento diferenciador ha sido el impacto del transporte, que es mayor para la madera de roble procedente de centro-Europa.

El mayor peso en la huella de carbono ha correspondido al impacto del secado del tablón, proceso que requiere en torno a un mes de estadía en cámaras, seguido por el mecanizado de lamelas en sierras alternativas y el proceso de barnizado, que se realiza en una línea de alto consumo de energía eléctrica, debido a utilizar un proceso de 7 aplicaciones de curado por rayos ultravioletas. (Figura 6).

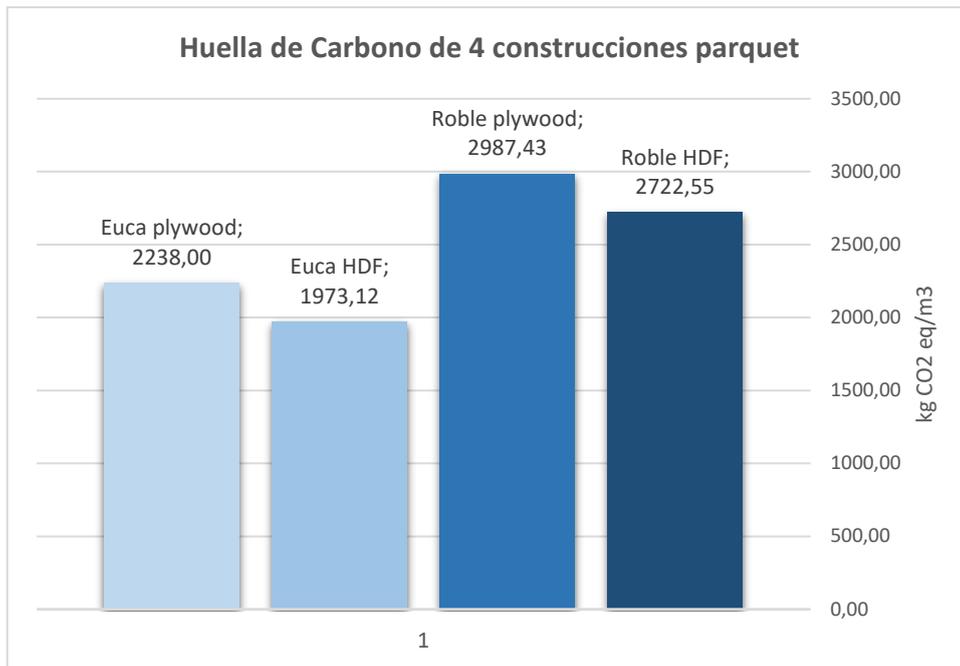


Ilustración 7 Huella de Carbono de 4 composiciones de parquet

Entre las vías de estudio para reducción del impacto del producto final, se identificaron dos principales, que requerirán posteriores análisis:

- Reducción del espesor de capa noble.
- Utilización de un sistema de producción de lamelas “en verde”

La primera abarca tanto la utilización de capa noble de espesor reducido, producida por sierras alternativas a partir del tablón seco, como de la producción de suelos de madera donde la capa noble tiene un espesor menor y es obtenida por desenrollado o corte a la plana. Estos procesos requieren otro tipo de maquinaria y permiten un proceso de secado continuo que se requiere sólo minutos en lugar de los 30 días en cámara del secado del tablón de eucalipto o roble.

La segunda vía realiza el proceso de corte de la lamela en verde. En este caso sólo es utilizada en espesor final de lamela de 3 o 4 mm, pero permite reducir el tiempo de estadía en cámara de secado a unas 48 horas, es decir que impacta sobre la etapa de mayor incidencia en la huella de carbono. (Ilustración 5)

11. CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

11.1. CONCLUSIONES PRINCIPALES

A continuación, se exponen las principales conclusiones de la tesis, derivadas de los resultados de la experimentación:

- La madera de *Eucalyptus globulus* puede desempeñarse técnicamente de forma análoga a la madera de roble en el formato de suelo multicapa en cuanto a la resistencia al impacto.
- El suelo rechapado sobre base de HDF presenta resistencias al impacto similares o mejores que la de los productos con capa noble de mayor espesor.
- Maderas de menor resistencia al impacto en formato macizo o parquet multicapa, como *Eucalyptus grandis*, presentan resultados superiores en una estructura de suelo rechapado, es decir con capa noble de 0,6 mm y encolados a tableros de fibra de alta densidad (HDF).
- El sistema de barnizado utilizado actualmente en Europa es altamente flexible y se adapta a la huella producida por el impacto sin producirse grietas.
- En el ensayo de impacto la determinación de diámetro de huella se demostró de una variabilidad menor que la medición de profundidad
- En la medida en que se redujeron tamaño y peso de bola de acero, así como altura de caída, el ensayo pierde precisión, o sea capacidad de mostrar diferencias significativas.

11.2. OTRAS CONSIDERACIONES

El diseño de tubo perforado diseñado, se mostró práctico para la realización del ensayo de impacto.

Esta estructura de bajo coste permite realizar gran cantidad de repeticiones en un tiempo relativamente reducido.

11.3. VÍAS DE INVESTIGACIÓN FUTURAS

- Dados los resultados promisorios obtenidos en los suelos rechapados, el estudio de otros aspectos como la vida útil, estabilidad y resistencia al desgaste se muestran como vías promisorias para profundizar el comportamiento de estos productos debido al evidente incremento de su oferta en el mercado europeo.
- El estudio de la huella de carbono de diversos procesos de producción de capa noble; partiendo de tronco, tablón o procesos de producción de chapa a la plana; evidencia diferencias de huella importantes, ya que implican tiempos de secado en cámara muy diferentes entre sí, lo que permitiría identificar vías de producción de huella de Carbono reducida.
- Esto último sería también útil para sistemas de polimerización del proceso de barnizado por tecnología LED, así como diferentes mecanismos de polimerización de las resinas que los componen.

12. BIBLIOGRAFIA

- Acuña, L., Sepliarsky, F., E., S., R.D., M., & JA., B. (2020). Modelling of Impact Falling Ball Test Response on Solid and Engineered Wood Flooring of Two Eucalyptus Species. *Forests*, 11(9):933.
- AITIM. (1997). *Suelos de Madera*. Madrid: AITIM.
- AITIM. (2012). Reglamento del Sello de Calidad AITIM Para Pavimentos de Madera, Parquet Industrial, Parquet Mosaico, Lamparquet y Tarima. Madrid, España.
- American Hardwood Export Council. (01 de 2022). *Guía de Especies de Frondosas Estadounidenses*. Obtenido de <https://www.americanhardwood.org/es/american-hardwood>
- ASTM International. (1999). ASTM D2394-83. Standard Methods for Simulated Service Testing of Wood and Wood-Base Finish Flooring. West Conshohocke, PA, USA.
- ASTM International. . (1999). ASTM D1037-99. Standard Test Methods for Evaluating Properties of Wood-Base Fiber and Particle Panel Materials. *ASTM International*. West Conshohocke, PA, USA.
- Bergman Richard, D. a. (2010). Environmental Impact of Producing Hardwood Lumber Using Life-Cycle Inventory.
- Bergman, R., & Bowe, S. (2011). Life cycle inventory of manufacturing prefinished engineered wood flooring in eastern US with comparison to solid strip wood flooring. *Wood and fiber science: journal of the Society of Wood Science and Technology*, 421-441.
- Bermudez Alvite, J., M., T. V., & F., S. I. (2002). *Manual de la madera de Eucalipto Blanco*. San Cibrao das Viñas. Ourense.: Fundación para o Fomento de Calidade Industrial e Desenvolvemento Tecnolóxico de Galicia.
- Bowe, S., & Hubbard, S. (2008). *Life-Cycle Inventory of Solid Strip Hardwood Flooring in the Eastern United States*. Seattle.
- Chaix, C. (Febrero de 2001). Evaluación de parquets precabados con barnices UV de la industria europea. *AITIM*, 30-34.
- Chen, Q. G. (2015). Effects of Decorative Veneer and Structure on the Thermal Conductivity of Engineered Wood Flooring. *Bioresources*, 2213-2222.
- FAO. (2002). *Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales 2000. Estudio FAO Montes 140*. Roma. Obtenido de <https://www.fao.org/3/y1997s/y1997s09.htm>
- FAO. (2020). *Evaluación de los recursos forestales mundiales 2020 - Informe principal*. Roma.
- FEP . (2021). *FEP Press Release*. Brussels.
- FEP. Federación Europea de Parquet. (09 de 02 de 2022). *La industria del Parquet*. Obtenido de Parquet de Madera Multicapa. Según el espesor.: <https://www.parquet.net/p/the-parquet-industry.html>
- FPEM. Federación Española de Pavimentos de Madera. (6 de Julio de 2021). *Escasez y precios altos en el mercado internacional de la madera y sus derivados*. Obtenido de Estudio de parquet multicapa Eucalyptus globulus Labill. Fernando Sepliarsky Minadeo 52

<https://www.fepm.es/comunicacion/escasez-y-precios-altos-en-el-mercado-internacional-de-la-madera-y-sus-derivados>

Grand View Research. (2020). *North America Wood Flooring. Market Analysis*. San Francisco. CA 94105.

Grupo Tapebicua. (02 de 2022). *Pisos de Madera maciza*. Obtenido de https://www.tapebicua.com.ar/detalle.php?id_subcategoria=6

Grupo Villapol s.a. (01 de 2022). *Laminados Villapol*. Obtenido de <http://www.villapol.com/>

Gustafsson, L. M. (2007). Life Cycle Assessment in Green Chemistry. A Comparison of Various Industrial Wood Surface Coatings. *Wood and Other Renewable Resources*. 12(3), 151-159.

Hervás, J. (14 de enero de 2022). Comunicación personal.

Hetemäki, L., & Hurmekoski, E. (2016). Forest Products Markets under Change: Review and Research Implications. *Forest Policy, Economics and Social Research.*, 177-188.

ISO. (2007). Sustainability in Building Construction. Environmental Declaration of Building Products.

Iwakiri, S. e. (2006). Utilizacao de laminas de Eucalyptus grandis e Eucalyptus maculata como alternativas para producao de piso laminado com montagem direta. *Floresta*, 425-430.

Kushner, R. (8 de December de 2020). *WoodFloorBusiness*. Obtenido de <https://www.woodfloorbusiness.com/home/article/15135697/a-wood-flooring-history-timeline-ancient-times-to-today>

Losan. (01 de 2022). *Chapa Natural. Eucalipto Mallado*. Obtenido de <https://www.losan.es/es/chapa/chapa-natural/261-eucalipto-mallado>

Luppold, W., & Bumgardner, M. (2021). Regional Analysis of U.S. Sawn Hardwood Product Prices from 2000 to 2020. *BioProducts Business* 6, 1-12.

Marchal, R., & Mothe, F. (1994). Appréciation du bous de chêne (*Quercus robur* L, *Quercus petraea* Liebl) par les consommateurs et les professionnels francais du bois. *Annales des sciences forestières, INRA/EDP Sciences. Annales des sciences forestières, INRA/EDP Sciences*, 213-231.

Medina Gallego, G. (1997). *Manual para la instalación del pavimento de madera*. Madrid: AITIM.

Nebel, B., Zimmer, B., & Wegener, G. (2006). Life Cycle Assessment of Wood Flooring Coverings. A representative Study for the German Wood Flooring Industry. *Life Cycle Assessment* 11, 172-82.

Nefab. (01 de 2022). *Embalajes de madera para exportación y transporte. ExPak*. Obtenido de <https://www.nefab.com/es/home/embalaje-industrial/embalaje-de-un-solo-uso/embalajes-cajas-madera-exportacion/>

Puettman, M. W. (2005). Cradle-to-Grave LCI of Residential Wood Building Materials. *Wood Fiber Sci* 37, *CORRIM Special Issue*, 18-29.

Roos, A., & Hugosson, M. (2008). Consumer preferences for wooden and laminate flooring. *Wood Material Science & Engineering*, 29-37. doi:10.1080/17480270802573586

BIBLIOGRAFIA

- Sanchez Acosta, M. (2012). Caracterización de la madera del nuevo híbrido *Eucalyptus grandis*, Hill ex Maiden x *Eucalyptus tereticornis*, Smith, su aptitud de usos en Argentina. *Tesis Doctoral*. Valladolid, España.
- Sanchez Acosta, M. e. (2005). *Propiedades físico mecánicas de la madera de Eucalyptus grandis de las procedencias genéticas: Kendall(Australia), huerto semillero de Sudáfrica y semilla local Concordia, plantadas comercialmente en Argentina*. Brisbane: IUFRO World Congress.
- Shield, E. (2000). *Realidades de Mercado de eucalipto y pino, y lo que estas significan para el Sector Forestal Uruguayo*. Concordia: INTA.
- Signorato, A. (1990). *Il pavimento di legno*. Milan: PEG S.p.A.
- Timbertop.eu. (25 de 1 de 2022). *After Oak Collection*. Obtenido de Timbertop.eu:
<https://www.timbertop.eu/product-category/collections/after-oak/>
- Trada. (enero de 2022). *Oak wood* . Obtenido de <https://www.trada.co.uk/wood-species/oak-european/>
- Urufor. (2022). *Urufor-Cofusa*. Obtenido de <http://www.urufor.com.uy/>

13. DECLARACION CO-AUTORES



Universidad de Valladolid

ACEPTACIÓN DE LOS COAUTORES TESIS POR COMPENDIO DE PUBLICACIONES

(Art. 8.1.f de la *Normativa para la presentación y defensa de la Tesis Doctoral en la Universidad de Valladolid*)

D. **Raúl Tapias Martín**, con DNI nº 09317018 V , como coautor de la publicación:

1) **Sepliarsky, F.**; Acuña, L.; Tapias, R. (2018). Parquet multicapa de "Eucalyptus globulus" y "Quercus robur". Resistencia al impacto para diversas tipologías de fabricación. Maderas: Ciencia y tecnología, ISSN 0717-3644, Vol. 20, Nº 1, págs., 103-116.

doy mi consentimiento para que estas formen parte de la Tesis Doctoral, en la modalidad de "compendio de publicaciones", presentada en la Universidad de Valladolid por D. **Fernando César Sepliarsky Minadeo** y titulada **Estudio parquet multicapa Eucalyptus globulus**.

Asimismo, informo de que la contribución del doctorando ha sido la siguiente: diseño y elaboración de ensayos y obtención, análisis y discusión de resultados. Renunciando a la presentación de las publicaciones como parte de otra tesis doctoral, sea en modalidad ordinaria o por compendio.

Huelva, España, 7 de febrero del 2020

Firmado por TAPIAS MARTIN RAUL -
09317018V el día 08/02/2022 con un
certificado emitido por AC FNMT Usuarios

Fdo.: Raúl Tapias Martín



Secretaría Administrativa. Escuela de Doctorado. Casa del Estudiante. C/ Real de Burgos s/n. 47011-Valladolid. ESPAÑA
Tfno.: + 34 983 184343; + 34 983 423908; + 34 983 186471 - Fax 983 186397 - E-mail: negociado.escola.doctorado@uva.es



Universidad de Valladolid

ACEPTACIÓN DE LOS COAUTORES TESIS POR COMPENDIO DE PUBLICACIONES

(Art. 8.1.f de la *Normativa para la presentación y defensa de la Tesis Doctoral en la Universidad de Valladolid*)

Dra. Eleana Spavento, con DNI nº 27.855.505, como coautor de las siguientes publicaciones:

2) Acuña Rello, L.; **Sepliarsky Minadeo F.**; Spavento, E.; Martínez, R.D.; Balmori, J.-A. (2020) Modelling of Impact Falling Ball Test Response on Solid and Engineered Wood Flooring of Two Eucalyptus Species. *Forests*, 11(9), 933.

3) **Sepliarsky, F.**; Acuña, L. ;Balmori, J.-A.; Martínez, R.D.; Spavento, E.; Keil, G.; Casado, M.; Martín-Ramos, P. Modeling of Falling Ball Impact Test Response on Solid, Veneer, and Traditional Engineered Wood Floorings of Several Hardwoods. *Forests* 2022, 13, 167 by *Forests* 2022, 13(2), 167;

doy mi consentimiento para que estas formen parte de la Tesis Doctoral, en la modalidad de “compendio de publicaciones”, presentada en la Universidad de Valladolid por D. **Fernando César Sepliarsky Minadeo** y titulada **Estudio parquet multicapa Eucalyptus globulus**.

Asimismo, informo de que la contribución del doctorando ha sido la siguiente: diseño y elaboración de ensayos y obtención, análisis y discusión de resultados. Renunciando a la presentación de las publicaciones como parte de otra tesis doctoral, sea en modalidad ordinaria o por compendio.

La Plata, Buenos Aires, Argentina, 7 de febrero del 2022

Fdo.: **Eleana Spavento**



Secretaría Administrativa. Escuela de Doctorado. Casa del Estudiante. C/Real de Burgos s/n. 47011-Valladolid. ESPAÑA
Tfno.: +34 983 184343; +34 983 423908; +34 983 186471 - Fax 983 186397 - E-mail: negociado.escola.doctorado@uva.es



Universidad de Valladolid

ACEPTACIÓN DE LOS COAUTORES TESIS POR COMPENDIO DE PUBLICACIONES

(Art. 8.1.f de la *Normativa para la presentación y defensa de la Tesis Doctoral en la Universidad de Valladolid*)

D. **Gabriel Darío Keil**, con DNI nº 16.155.363, como coautor de la siguiente publicación:

3) **Sepliarsky, F.**; Acuña, L. ;Balmori, J.-A.; Martínez, R.D.; Spavento, E.; Keil, G.; Casado, M.; Martín-Ramos, P. Modeling of Falling Ball Impact Test Response on Solid, Veneer, and Traditional Engineered Wood Floorings of Several Hardwoods. *Forests* 2022, 13, 167 by *Forests* 2022, 13(2), 167;

doy mi consentimiento para que estas formen parte de la Tesis Doctoral, en la modalidad de "compendio de publicaciones", presentada en la Universidad de Valladolid por D. **Fernando César Sepliarsky Minadeo** y titulada **Estudio parquet multicapa Eucalyptus globulus**.

Asimismo, informo de que la contribución del doctorando ha sido la siguiente: diseño y elaboración de ensayos y obtención, análisis y discusión de resultados. Renunciando a la presentación de las publicaciones como parte de otra tesis doctoral, sea en modalidad ordinaria o por compendio.

La Plata, Argentina, 7 de febrero del 2022

Fdo.: **Gabriel Darío Keil**

Uva

Secretaría Administrativa. Escuela de Doctorado. Casa del Estudiante. C/ Real de Burgos/n. 47011-Valladolid. ESPAÑA
Tfno.: + 34 983 184343; + 34 983 423908; + 34 983 186471 · Fax 983 186397 · E-mail: negociado.escola.doctorado@uva.es



Universidad de Valladolid

ACEPTACIÓN DE LOS COAUTORES TESIS POR COMPENDIO DE PUBLICACIONES

(Art. 8.1.f de la *Normativa para la presentación y defensa de la Tesis Doctoral en la Universidad de Valladolid*)

D. **José Antonio Balmori Roiz**, con DNI nº72099980-V, como coautor de las siguientes publicaciones:

2) Acuña Rello, L.; **Sepliarsky Minadeo, F.**; Spavento, E.; E. Martínez; R.D.; Balmori, J-A. (2020) Modelling of Impact Falling Ball Test Response on Solid and Engineered Wood Flooring of Two Eucalyptus Species. *Forests*, 11(9), 933;

3) **Sepliarsky, F.**; Acuña, L. ;Balmori, J.-A.; Martínez, R.D.; Spavento, E.; Keil, G.; Casado, M.; Martín-Ramos, P. Modeling of Falling Ball Impact Test Response on Solid, Veneer, and Traditional Engineered Wood Floorings of Several Hardwoods. *Forests* 2022, 13, 167 by *Forests* 2022, 13(2), 167;

doy mi consentimiento para que estas formen parte de la Tesis Doctoral, en la modalidad de “compendio de publicaciones”, presentada en la Universidad de Valladolid por D. **Fernando César Sepliarsky Minadeo** y titulada **Estudio parquet multicapa Eucalyptus globulus**.

Asimismo, informo de que la contribución del doctorando ha sido la siguiente: diseño y elaboración de ensayos y obtención, análisis y discusión de resultados. Renunciando a la presentación de las publicaciones como parte de otra tesis doctoral, sea en modalidad ordinaria o por compendio.

Valladolid, España 7 de febrero del 2022

Firmado por BALMORI ROIZ,
JOSE ANTONIO (FIRMA) el día
07/02/2022 con un
certificado emitido por AC
DNIE 004

Fdo.: **José Antonio Balmori Roiz**



Secretaría Administrativa. Escuela de Doctorado. Casa del Estudiante. C/ Real de Burgos s/n. 47011-Valladolid. ESPAÑA
Tfno.: + 34 983 184343; + 34 983 423908; + 34 983 186471 - Fax 983 186397 - E-mail: negociado.escuola.doctorado@uva.es



Universidad de Valladolid

ACEPTACIÓN DE LOS COAUTORES TESIS POR COMPENDIO DE PUBLICACIONES

(Art. 8.1.f de la Normativa para la presentación y defensa de la Tesis Doctoral en la Universidad de Valladolid)

D. **Luis Acuña Rello**, con DNI nº 5.375.291F, como coautor de las siguientes publicaciones:

- 1) **Sepliarsky, F.**; Acuña, L.; Tapias, R. (2018). Parquet multicapa de "Eucalyptus globulus" y "Quercus robur". Resistencia al impacto para diversas tipologías de fabricación. Maderas: Ciencia y tecnología, ISSN 0717-3644, Vol. 20, Nº 1, págs., 103-116.
- 2) Acuña Rello, L.; **Sepliarsky Minadeo, F.**; Spavento E.; Martínez R.D.; Balmori, J.-A. (2020) Modelling of Impact Falling Ball Test Response on Solid and Engineered Wood Flooring of Two Eucalyptus Species. Forests, 11(9), 933;
- 3) **Sepliarsky, F.**; Acuña, L. ;Balmori, J.-A.; Martínez, R.D.; Spavento, E.; Keil, G.; Casado, M.; Martín-Ramos, P. Modeling of Falling Ball Impact Test Response on Solid, Veneer, and Traditional Engineered Wood Floorings of Several Hardwoods. Forests 2022, 13, 167 by Forests 2022, 13(2), 167;

doy mi consentimiento para que estas formen parte de la Tesis Doctoral, en la modalidad de "compendio de publicaciones", presentada en la Universidad de Valladolid por D. **Fernando César Sepliarsky Minadeo** y titulada **Estudio parquet multicapa Eucalyptus globulus**.

Asimismo, informo de que la contribución del doctorando ha sido la siguiente: diseño y elaboración de ensayos y obtención, análisis y discusión de resultados. Renunciando a la presentación de las publicaciones como parte de otra tesis doctoral, sea en modalidad ordinaria o por compendio.

Palencia, España, 7 de febrero del 2020

ACUÑA RELLO LUIS
- DNI 05375291F

Firmado digitalmente por ACUÑA RELLO LUIS - DNI 05375291F
Nombre de reconocimiento (DN): cn=ES, o=UNIVERSIDAD DE VALLADOLID, ou=CERTIFICADO ELECTRONICO DE EMPLEADO PUBLICO, serialNumber=DCEES-05375291F, sn=ACUÑA RELLO, givenName=LUIS, cn=ACUÑA RELLO LUIS - DNI 05375291F
Fecha: 2022.02.07 17:52:48 +01'00'

Fdo.: **Luis Acuña Rello**



Secretaría Administrativa. Escuela de Doctorado. Casa del Estudiante. C/ Real de Burgos/n. 47011-Valladolid. ESPAÑA
Tfno.: + 34 983 184343; + 34 983 423908; + 34 983 186471 - Fax 983 186397 - E-mail: negociado.escola.doctorado@uva.es



Universidad de Valladolid

ACEPTACIÓN DE LOS COAUTORES TESIS POR COMPENDIO DE PUBLICACIONES

(Art. 8.1.f de la *Normativa para la presentación y defensa de la Tesis Doctoral en la Universidad de Valladolid*)

Dra. Milagros Casado, con DNI nº 45419585J, como coautor de la siguiente publicación:

3) **Sepliarsky, F.**; Acuña, L. ;Balmori, J.-A.; Martínez, R.D.; Spavento, E.; Keil, G.; Casado, M.; Martín-Ramos, P. Modeling of Falling Ball Impact Test Response on Solid, Veneer, and Traditional Engineered Wood Floorings of Several Hardwoods. *Forests* 2022, 13, 167 by *Forests* 2022, 13(2), 167;

doy mi consentimiento para que estas formen parte de la Tesis Doctoral, en la modalidad de "compendio de publicaciones", presentada en la Universidad de Valladolid por D. **Fernando César Sepliarsky Minadeo** y titulada **Estudio parquet multicapa Eucalyptus globulus**.

Asimismo, informo de que la contribución del doctorando ha sido la siguiente: diseño y elaboración de ensayos y obtención, análisis y discusión de resultados. Renunciando a la presentación de las publicaciones como parte de otra tesis doctoral, sea en modalidad ordinaria o por compendio.

Palencia, España, 7 de febrero del 2022

CASADO SANZ
MARIA MILAGROSA
- DNI 45419585J

Firmado digitalmente por
CASADO SANZ MARIA
MILAGROSA - DNI 45419585J
Fecha: 2022.02.08 10:43:07
+01'00'

Fdo.: **Milagros Casado**

UVA

Secretaría Administrativa. Escuela de Doctorado. Casa del Estudiante. C/ Real de Burgos s/n. 47011-Valladolid. ESPAÑA
Tfno.: + 34 983 184343; + 34 983 423908; + 34 983 186471 - Fax 983 186397 - E-mail: negociado.escola.doctorado@uva.es



Universidad de Valladolid

ACEPTACIÓN DE LOS COAUTORES TESIS POR COMPENDIO DE PUBLICACIONES

(Art. 8.1.f de la *Normativa para la presentación y defensa de la Tesis Doctoral en la Universidad de Valladolid*)

D. **Pablo Martín Ramos**, con DNI nº 71128357-Y, como coautor de la siguiente publicación:

Sepliarsky, F.; Acuña, L. ; Balmori, J.-A.; Martínez, R.D.; Spavento, E.; Keil, G.; Casado, M.; Martín-Ramos, P. Modeling of Falling Ball Impact Test Response on Solid, Veneer, and Traditional Engineered Wood Floorings of Several Hardwoods. *Forests* 2022, 13, 167.

doy mi consentimiento para que estas formen parte de la Tesis Doctoral, en la modalidad de “compendio de publicaciones”, presentada en la Universidad de Valladolid por D. **Fernando César Sepliarsky Minadeo** y titulada **Estudio parquet multicapa *Eucalyptus globulus***.

Asimismo, informo de que la contribución del doctorando ha sido la siguiente: diseño y elaboración de ensayos y obtención, análisis y discusión de resultados. Renunciando a la presentación de las publicaciones como parte de otra Tesis Doctoral, sea en modalidad ordinaria o por compendio.

Zaragoza, España, 8 de febrero del 2020

MARTIN
RAMOS
PABLO -
71128357Y

Firmado
digitalmente por
MARTIN RAMOS
PABLO - 71128357Y
Fecha: 2022.02.08
15:00:49 +01'00'

Fdo.: **Pablo Martín Ramos**



Secretaría Administrativa. Escuela de Doctorado. Casa del Estudiante. C/ Real de Burgos s/n. 47011-Valladolid. ESPAÑA
Tfno.: + 34 983 184343; + 34 983 423908; + 34 983 186471 - Fax 983 186397 - E-mail: negociado.escola.doctorado@uva.es



Universidad de Valladolid

ACEPTACIÓN DE LOS COAUTORES TESIS POR COMPENDIO DE PUBLICACIONES

(Art. 8.1.f de la Normativa para la presentación y defensa de la Tesis Doctoral en la Universidad de Valladolid)

D, **Roberto Diego Martínez López** con DNI nº 51473385Y, como coautor de las siguientes publicaciones:

2) Acuña Rello, L.; **Sepliarsky Minadeo, F.**; Spavento, E.; Martínez, R.D.; Balmori, J-A. (2020) Modelling of Impact Falling Ball Test Response on Solid and Engineered Wood Flooring of Two Eucalyptus Species. Forests, 11(9), 933;

3) **Sepliarsky, F.**; Acuña, L. ;Balmori, J.-A.; Martínez, R.D.; Spavento, E.; Keil, G.; Casado, M.; Martín-Ramos, P. Modeling of Falling Ball Impact Test Response on Solid, Veneer, and Traditional Engineered Wood Floorings of Several Hardwoods. Forests 2022, 13, 167 by Forests 2022, 13(2), 167;

doy mi consentimiento para que estas formen parte de la Tesis Doctoral, en la modalidad de "compendio de publicaciones", presentada en la Universidad de Valladolid por D. **Fernando César Sepliarsky Minadeo** y titulada **Estudio parquet multicapa Eucalyptus globulus**.

Asimismo, informo de que la contribución del doctorando ha sido la siguiente: diseño y elaboración de ensayos y obtención, análisis y discusión de resultados. Renunciando a la presentación de las publicaciones como parte de otra tesis doctoral, sea en modalidad ordinaria o por compendio.

Valladolid, España, 7 de febrero del 2022

Fdo.: **Roberto Diego Martínez López**



Secretaría Administrativa. Escuela de Doctorado. Casa del Estudiante. C/ Real de Burgos s/n. 47011-Valladolid. ESPAÑA
Tfno.: + 34 983 184343; + 34 983 423908; + 34 983 186471 - Fax 983 186397 - E-mail: negociado.escola.doctorado@uva.es