

PROYECTO FINAL DE GRADO

Caracterización de la anisotropía
dieléctrica del pino ruso por medio de
la técnica no destructiva de georradar
con antena de 2 GHz

TRABAJO REALIZADO POR:

ÁLVARO LLACER GARCÍA
JOSÉ TORRES MARTÍNEZ

TRABAJO TUTORIZADO POR:

DÑA. ISABEL RODRÍGUEZ ABAD
DÑA. ROSA MARTÍNEZ SALA



ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	página 3
1.1.OBJETIVOS.....	página 3
1.2.INTRODUCCIÓN	página 3
1.3.RESUMEN.....	página 4
2. LA MADERA.....	página 6
2.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA MADERA.....	página 7
2.2. PROPIEDADES FÍSICAS.....	página 11
2.3. PROPIEDADES MECÁNICAS.....	página 17
2.4. PROPIEDADES DIELECTRICAS.....	página 23
2.5. RECONOCIMIENTO VISUAL NORMA UNE 56544:2003...	página 24
3. EL PINO RUSO.....	página 29
3.1 DESCRIPCIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LA ESPECIE...	página 29
3.2. PROPIEDADES ESPECÍFICAS DEL PINO RUSO.....	página 33
3.3. ESTUDIO DE MERCADO.....	página 34
4. GEORRADAR CON ANTENA DE 2 Ghz	página 47
4.1. FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	página 47
4.2. DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO.....	página 59
5. DISEÑO EXPERIMENTAL.....	página 64
5.1. GEOMETRÍA DE LAS PROBETAS.....	página 64
5.2. CALIBRADO DEL EQUIPO.....	página 67
5.3. MÉTODO DE ADQUISICIÓN DE DATOS.....	página 73



6. CÁLCULOS Y MEDICIONES.....	página 81
7. RESULTADOS E INTERPRETACIÓN.....	página 88
8. CONCLUSIONES.....	página 96
AGRADECIMIENTOS.....	página 98
ANEXO A CÁLCULOS Y TOMA DE DATOS	página 99
ANEXO B NORMATIVA DE REFERENCIA.....	página 110
ANEXO C FIGURAS	página 111
ANEXO D TABLAS.....	página 113
ANEXO E EXPRESIONES MATEMÁTICAS.....	página 113
ANEXO F RESEÑAS BIBLIOGRÁFICAS	página 115
ANEXO G DOCUMENTACIÓN DE ESTUDIO DE MERCADO.....	página 116



1. INTRODUCCION

1.1. OBJETIVOS

Los objetivos que atienden a este estudio para la realización del proyecto final de grado son:

1. Determinar las propiedades dieléctricas del pino ruso (*pinus sylvestris*, en su procedencia de países Bálticos y Rusia).
2. Estudiar la aplicación de técnicas no destructivas y en especial del georradar con antena de 2 Ghz. para el análisis de las características anisotrópicas del pino ruso.
3. Analizar la implantación actual del pino ruso en el mercado de la madera para edificación en la comarca de La Ribera.
4. Comparar los resultados obtenidos aplicando la técnica del georradar con el pino insignis.

1.2. INTRODUCCIÓN

Para conseguir los objetivos anteriormente expuestos, el estudio se ha dividido en varias fases:

- En primer lugar se ha realizado una búsqueda de información para recopilar las características físico-mecánicas en diferentes publicaciones especializadas, debido a la imposibilidad de disponer de un laboratorio para analizar estas propiedades de la madera, por tanto esta parte del estudio no esta realizada por nosotros sino que nos hemos apoyado en diversas publicaciones para obtener resultados.

- En cuanto al estudio de las propiedades dieléctricas y en concordancia con el segundo objetivo del estudio, aplicación de técnicas no destructivas para el estudio de las características anisotrópicas del pino ruso, resaltar que es la parte fundamental del trabajo y para su consecución nos hemos servido de un georradar de 2 Ghz. En el estudio se han realizado diversas mediciones con dicha antena, sobre 20 probetas de pino ruso, de las cuales una fue rechazada por la disparidad de resultados respecto a las 19 restantes.

Con las mediciones obtenidas y con el análisis y cálculos realizados utilizando diferentes programas informáticos (Radan, Excel, etc) se ha



conseguido caracterizar la anisotropía dieléctrica del pino ruso mediante esta técnica no destructiva.

También resaltar, (y aunque no sea parte del estudio si que hemos realizado mediciones), la utilización de otra técnica no destructiva como es el resistógrafo para analizar la anisotropía del pino ruso.

- El tercer objetivo del estudio ha consistido en realizar un trabajo de campo para analizar la implantación del pino ruso en el mercado de la madera a nivel comarcal, que mediante un cuestionario y realizando hasta 25 visitas a diferentes empresas relacionadas con el empleo de la madera para edificación, de las 35 seleccionadas al azar, se ha conseguido un estudio de mercado que queda reflejado mediante diferentes gráficos.

1.3. RESUMEN

El estudio pretende, mediante la aplicación de técnicas no destructivas y concretamente con el equipo de medición georradar, el análisis de las características anisotrópicas de la madera, especialmente el comportamiento que tiene la madera frente al campo eléctrico emitido por una antena en forma de onda electromagnética.

La especie elegida es el *pynus sylvestris* escogiendo la variedad de pino ruso.

Para esto y como se comenta anteriormente nos servimos de un georradar, equipo de medición utilizado ampliamente en análisis de suelos y terrenos (radar de tierra) también utilizado en la edificación para el estudio de posibles desperfectos en estructuras de hormigón y actualmente su empleo también para el estudio de maderas.

Básicamente este equipo es un radar convencional que utiliza longitudes de onda menores que nos permiten analizar con mayor facilidad los materiales para unos espesores de penetración de onda que en nuestro caso son de 7,5 cm. y 22,5 cm. El estudio lo realizaremos con una antena de 2 Ghz.

La emisión por parte de la antena de ondas electromagnéticas a frecuencia de 2 Ghz. provoca una polarización del dieléctrico (en este caso la madera), fenómeno que nos permite la medición de tiempos de llegadas de las reflexiones de ondas electromagnéticas y de ahí obtener sus velocidades y constantes dieléctricas al igual que la medición de amplitudes de ondas reflejadas.

El método ha consistido en realizar dos comparativas atendiendo a la dirección de las fibras. En la primera comparativa y con la antena situada en la tabla de la



probeta se ha estudiado el comportamiento del dieléctrico dependiendo de si el campo eléctrico esta en dirección perpendicular a las fibras o esta en dirección paralela a estas.

La segunda comparativa se ha realizado siempre con el campo eléctrico perpendicular a las fibras pero posicionando la antena en primer lugar en la testa de las probetas y a continuación en el canto.

Para una mejor comprensión del estudio se ha optado por representar mediante gráficas los resultados.

A la par se ha realizado un estudio comercial sobre la utilización del pino ruso en la comarca de la ribera. El estudio ha consistido en la selección al azar de varias carpinterías, y mediante una encuesta compuestas de doce preguntas referidas a aspectos de implantación y comercialización, analizar el grado de utilización de ésta clase de madera en la edificación tanto a nivel estructural como otra clase de productos.

Para la interpretación de resultados también se ha optado por realizar gráficas.



2. LA MADERA

La madera se caracteriza por ser un material en el que varían sus propiedades dependiendo de la dirección de las fibras, al igual que por su contenido en humedad. Al tratarse de un material para la construcción de origen orgánico, éste se ve altamente influenciado para su utilización en edificación por la composición celular de su estructura interna. Se trata de un material no homogéneo, formado por una gran variedad de tipo de células especializadas que forman sus tejidos y que realizan diferentes funciones tales como conducción de savia, fotosíntesis, almacenaje de alimentos y por supuesto estructura resistente que es la que realmente importa dentro del campo de la construcción.

A parte de su estructura macroscópica y microscópica a nivel biológico, principalmente lo interesante en el estudio es conocer las características físico-mecánicas de este material de construcción para su correcta utilización. Entre éstos se destacan en el estudio la anisotropía de la madera, propiedad importantísima que nos condiciona la forma de construir con este material, la facilidad con la cual absorbe humedad la madera y las variaciones tanto de volumen como de resistencias que sufre el material dependiendo del porcentaje de humedad que tenga, de la adecuación para su utilización dependiendo también de este aspecto, de el cálculo de densidades y finalmente los volúmenes, influenciadas por su contenido de humedad.

En lo referente a aspectos mecánicos destacamos las diferentes características que tiene la madera, tales como resistencia a comprensión, resistencia a tracción, flexión estática, dureza, elasticidad etc. Estos aspectos son tratados a continuación en el estudio.

Las definiciones que a continuación se citan, han sido tomadas de los siguientes libros:

- DICCIONARIO ENCICLOPÉDICO *LA ENCICLOPEDIA*, AÑO 2003
- DICCIONARIO ENCICLOPÉDICO *PLAZA & JANES*, AÑO 1967



2.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA MADERA

Es una sustancia fibrosa, organizada, esencialmente heterogénea, producida por un organismo vivo que es el árbol. Sus propiedades y posibilidades de empleo son, en definitiva, la consecuencia de los caracteres, organización y composición química de las células que la constituyen. El origen vegetal de la madera, hace de ella un material con unas características peculiares que la diferencia de otros de origen mineral. En la tabla 1, se muestran los elementos orgánicos que componen la madera y en la tabla 2, los elementos químicos esenciales de su composición.

Tabla 1 elementos orgánicos

Celulosa	40-50%
Lignina	25-30%
Hemicelulosa	20-25%
Resina, grasas	% restante

Tabla 2 elementos químicos

Elementos esenciales:	90%
- Carbono	46-50%
- Oxígeno	38-42%
- Hidrógeno	6%
Otros elementos	10%
Cuerpos simples	Fósforo y azufre
Compuestos minerales	Potasio, calcio, sodio

ESTRUCTURA MACROSCÓPICA

Dentro de cada capa se observan dos zonas bien diferenciadas, la formada al principio del período vegetativo con células de paredes delgadas se denomina madera de primavera, y la formada durante el verano, con células de paredes gruesas, llamada madera de verano.

Esta diferencia entre las dos zonas, hace fácilmente distinguible en la sección transversal, una serie de anillos concéntricos llamados anillos de crecimiento, cada uno de los cuales corresponde a un período vegetativo de la vida del árbol y que en



nuestro clima, representa el crecimiento anual, por lo que su número indica la edad del árbol.

A continuación se definen las diferentes partes que se puedan observar en una sección normal al eje del árbol son:

- **Médula**, es la porción interna del tallo de las gimnospermas limitada exteriormente por los haces vasculares. Está constituido por un parénquima incoloro, a menudo muy laxo.
- **Duramen**, porción central del tronco o de las ramas. Es leño viejo que ya no tiene función conductora. Se caracteriza por su mayor densidad
- **Albura**, parte del leño formada de células vivas, situada inmediatamente debajo de la corteza. Conduce la sabia bruta en sentido ascendente, desde las raíces hacia las hojas.
- **Cambium**, estrato celular meristemático que forma típicamente un cilindro entre el floema y xilema. Es un meristema secundario, responsable del crecimiento en espesor en las planta gimnospermas.
- **Liber**, conjunto de tejidos que, en los tallos y raíces que presentan crecimiento secundario, se forman hacia fuera como consecuencia de la actividad del cambium
- **Corteza**, capa exterior coriácea del tronco, ramas y raíces de los árboles y arbustos, que recubre la parte interior leñosa
- **Radios leñosos**, bandas o láminas delgadas de un tejido, cuyas células se desarrollan en dirección radial
- **Anillos anuales**, cada uno de los estratos concéntricos del leño que corresponden a un período de crecimiento anual

ESTRUCTURA MICROSCÓPICA

La heterogeneidad de la madera será, en parte, la causa de sus propiedades. Se puede considerar la madera como un conjunto de células alargadas en forma de tubos, paralelos al eje del árbol, muy variables, tanto en longitud y forma, como en el espesor de sus paredes y en las dimensiones interiores. Estas células están unidas entre sí por una sustancia llamada materia intercelular o laminilla media, y a su vez trabadas por otro tipo de células, colocadas perpendicularmente a las anteriores y en el sentido radial del tronco, formando los llamados radios leñosos. La variedad de tipos



de células y la forma de unirse, definen la infinidad de especies diferentes de madera que existen. Todo ello hace de la madera un material resistente y ligero, que puede competir favorablemente con otros materiales utilizados en la construcción, en cuanto a la relación resistencia-peso específico.

En el sentido axial distinguimos:

a)- Fibras alargadas, de pared gruesa formadas por células que se han prolongado afinándose en las puntas, constituyendo los tejidos de sostén, es decir, la estructura y la parte resistente de la madera (tejido fibroso).

b)- Vasos y poros de pared delgada (tejido vascular), formando los órganos de conducción o vehículo de la savia ascendente o bruta; los poros de la madera aparecen en sección transversal (pequeños agujeros), y en sección longitudinal (pequeñas estrías).

c)- Células de parénquima, son cortas y poco abundantes. Difunden y almacenan en todo el espesor del árbol la savia descendente o elaborada.

En el sentido radial hay menos células, y estas se disponen por bandas o láminas delgadas (radios medulares), intercaladas entre las fibras y los vasos, a los que cruzan en ángulo recto, dirigiéndose desde la corteza hasta el centro del árbol. En esas bandas de células llamadas radios celulares o mallas, almacenan y difunden, como las células del parénquima, las materias nutritivas que arrastra la savia descendente. En ciertas especies se encuentran en ambos sentidos, axial y radial, unos canales secretores de resina.

De lo dicho anteriormente se desprende que la madera es un material heterogéneo y anisótropo, por tanto, sus propiedades variarán según la dirección que se considere.

COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE LOS CONSTITUYENTES DE LA PARED CELULAR

El análisis de los distintos componentes será el siguiente:



CELULOSA: es el principal componente estructural de la madera. Sería el equivalente a las armaduras en el hormigón armado. La celulosa es un polímero lineal, cuya fórmula es $(C_6 H_{10} O_5)$.

HEMICELULOSA: se considera a la hemicelulosa como el agente cementante que mantiene aglomeradas las microfibrillas y evita fisuras cuando las fibras de la madera son sometidas a esfuerzos de torsión, flexión o compresión que actúan sobre ellas. La hemicelulosa, también un polímero, cuyas fórmulas $(C_5 H_8 O_4)_n$ y $(C_6 H_8 O_4)_n$ siendo el valor de n de centenares de unidades. Su grado de polimerización es menor que el de la celulosa.

LIGNINA: podríamos decir que la lignina actúa como impermeabilizante de las cadenas de celulosa (muy hidrófilas) y como aglomerante de las estructuras fibrilares de las células.

2.2. PROPIEDADES FÍSICAS DE LA MADERA

A continuación se definen las propiedades físicas más significativas de la madera, ya que condicionan el modo de empleo de éste material en la edificación

ANISOTROPÍA

Es de *especial importancia*, ya que nuestro estudio está fundamentado a partir de esta propiedad.

Dado que la madera es un material formado por fibras orientadas en una misma dirección, es decir, ciertas propiedades físicas y mecánicas (tales como elasticidad, resistencia, temperatura, conductividad, velocidad de propagación, etc.) no son las mismas en todas las direcciones que pasan por un punto determinado, si no que varían en función de la dirección en la que se aplique el esfuerzo.

Se consideran tres direcciones principales con características propias:

- Dirección axial: Paralela a las fibras y por tanto al eje del árbol. En esta dirección es donde la madera presenta mejores propiedades.

- Dirección radial: Perpendicular al axial, corta el eje del árbol en el plano transversal y es normal a los anillos de crecimiento aparecidos en la sección recta.

- Dirección tangencial: Localizada también en la sección transversal pero tangente a los anillos de crecimiento o también, normal a la dirección radial.

En la figura 1 se observa las 3 direcciones principales que podemos encontrar en un sección del tronco de un árbol.

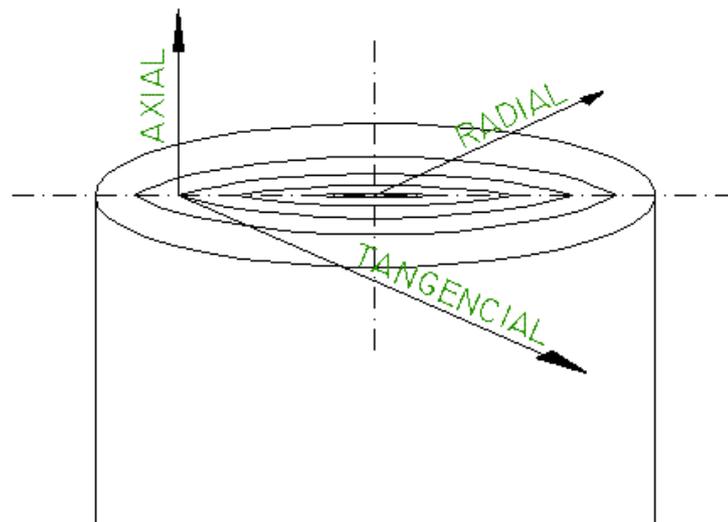


figura 1 Direcciones de los ejes principales en relación a las fibras



HUMEDAD DE LA MADERA.

Esta propiedad es muy importante, pues influye sobre todas las demás propiedades físicas. A continuación se desarrollará en este apartado todos aquellos aspectos relacionados con la humedad de la madera, tales como la *estabilidad*, la *higroscopicidad*, el *contenido de humedad*, la *hinchazón y merma de la madera* y *punto de saturación de las fibras*

El agua en la madera, puede estar presente de tres formas diferentes:

- Agua de constitución o agua combinada: Es aquella que entra a formar parte de los compuestos químicos que constituyen la madera. Forma parte integrante de la materia leñosa (de su propia estructura), y no se puede eliminar si no es destruyendo al propio material.
- Agua de impregnación o de saturación: Es la que impregna la pared de las células rellenando los espacios submicroscópicos y microscópicos de la misma. Se introduce dentro de la pared celular, siendo la causa de la contracción de la madera cuando la pierde (desorción) y de su expansión o hinchamiento cuando la recupera (sorción: retención de agua). Se puede eliminar por calentamiento.
- Agua libre: Es la que llena el lumen de las células. Es absorbida por capilaridad. No tiene mas repercusión que la ocupación física de los huecos, y por consiguiente no influye en la hinchazón o merma de la madera ni en las propiedades mecánicas.

ESTABILIDAD

Es el equilibrio higroscópico de la madera con el medio ambiente (evidencia un estado sensible a los cambios ambientales). Depende de factores tales como el crecimiento del árbol, la posición de las tablas dentro del tronco, de la forma que se cortó el árbol (Las tablas aserradas radialmente, es decir aquellas cuyos anillos de crecimiento son perpendiculares a la superficie de la tabla, son más estables que las aserradas tangencialmente, donde los anillos de crecimiento son aproximadamente paralelos a la superficie)

La madera continuará absorbiendo y liberando agua en reacción a los cambios de humedad en su entorno.



HIGROSCOPICIDAD

Propiedad física de algunos materiales y en concreto de la madera que les hace intercambiar humedad con el aire que les rodea, en función de las condiciones higrométricas (humedad relativa y temperatura) del ambiente en que se encuentran. Así a cada estado ambiental le corresponde un grado de humedad de la madera, que se denomina Humedad de Equilibrio Higroscópico (HEH). Debido a su gran porosidad la madera absorbe o cede agua del y al ambiente que lo circunda, según éste sea húmedo o seco y consecuentemente en relación con la época del año. La madera no obstante posee una cierta cantidad de agua estimada en un 20% - 30% de su peso (siendo muy difícil que la pierda totalmente.)

La higroscopicidad junto con su anisotropía provocan que la madera sufra procesos de hinchamiento y mengua, siempre que las variaciones de humedad sean por debajo del 30% (Punto de Saturación de la Fibra-PSF). Estos procesos provocan la aparición de grietas, y desajustes de las uniones y los machihembrados de los elementos de madera, que hacen que los elementos de madera varíen sus dimensiones.

Para determinar la higroscopicidad Se aplicará el ensayo recogido en la norma UNE 56-532-77 Determinación de la Higroscopicidad

CONTENIDO DE HUMEDAD.

Los cambios de humedad tienen influencia sobre la resistencia y la rigidez, así un aumento, produce mayores módulos de elasticidad y menores resistencias. Se utiliza este conocimiento para establecer una humedad de referencia en los ensayos y en la determinación de los ajustes de máquina .

Dicho contenido de humedad es habitual fijarlo entorno al 12%, aunque en general resultados inferiores al 20% son válidos considerando factores de ajuste. En cualquier caso las relaciones resistencia-rigidez deben establecerse con madera seca.

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD EN LA MADERA

Para determinar el contenido de humedad, se fijarán los parámetros que dicte la norma UNE EN 13183-1.

La determinación del contenido de humedad en la madera se hace considerando sólo los valores del agua libre y de saturación. El contenido de humedad se define como el peso de la cantidad de agua presente en una pieza de madera,



expresado en función del peso de esa pieza en condición seca o anhidra. Su valor numérico se expresa en porcentaje y se calcula por medio de la siguiente expresión 1:

$$H\% = \frac{P_h - p_s}{p_s} \times 100 \quad \text{exp. 1}$$

Humedad de la madera expresada como un porcentaje de su peso anhidro. Peso de la madera en estado húmedo o peso inicial. Peso de la madera en estado anhidro, peso final o constante.

Como las condiciones ambientales de todos los sitios varían constantemente, ninguna madera se encuentra en equilibrio estable. Es por ello que el valor del equilibrio higroscópico de una pieza de madera hay que referirlo al lugar y momento de su verificación.

HINCHAZÓN Y MERMA DE LA MADERA

La hinchazón y la merma de la madera se producen por los cambios del contenido de humedad (hinchamientos al absorber el agua y mermas o contracciones al exhalarla). Provoca variaciones dimensionales en las piezas, y también fuertes tensiones, cuarteamientos y roturas en los recubrimientos.

La anisotropía de la madera confiere un comportamiento físico y mecánico distinto según la dirección elegida. Para evaluarlas se han definido los coeficientes de contracción: contracción volumétrica total, contracción tangencial y contracción radial.

La diferencia entre la contracción radial y la tangencial es la causa por la que se deforman las maderas durante el proceso de secado; por esa razón se emplean maderas cuyas contracciones radiales y tangenciales son muy parecidas

Dada la heterogeneidad de la madera, estas variaciones dimensionales no son iguales en cada una de las direcciones. La mayor variación dimensional se produce en la dirección tangencial

La variación dimensional en la dirección radial es del orden del 50-60 % de la que se produce en la dirección tangencial

La variación dimensional en la dirección longitudinal es muy reducida, prácticamente despreciable. Puede estimarse en tan sólo un 2% de la correspondiente a la dirección radial

Estas contracciones o mermas modifican también como es natural su volumen, produciendo alabeos y deformaciones que provocan roturas y degradaciones en los



recubrimientos. Para evaluarlas se han definido unos coeficientes de contracción y los correspondientes métodos de ensayo que permiten calcularlos. El ensayo de contracción viene especificado por la Norma UNE 56.533 Características físico-mecánicas de la madera. Determinación de las contracciones lineal y volumétrica

Los fórmula a realizar para calcularlo aparece reflejado en la expresión 2:

$$Cv = \frac{(Vs - Vo) \times 100}{Vo} \quad \text{exp. 2}$$

PUNTO DE SATURACIÓN DE LAS FIBRAS

Estado de humedad de la madera, en el cual las paredes celulares se encuentran saturadas de agua y el lumen celular vacío. Cuando el agua entra en la madera, la microestructura se hincha hasta alcanzar el punto de saturación de la fibra (Oscila entre 28 y el 40% según las especies, aunque a efectos prácticos se puede tomar el 30%)

Generalmente, la madera bajo el punto de saturación de la fibra no se daña.

DENSIDAD

La densidad es una propiedad intensiva de la materia definida como la relación de la masa de un objeto dividida por su volumen (determinados ambos valores con la misma humedad 12%). Las unidades comunes usadas para expresar la densidad son kilogramos por metros cúbicos (kg/m^3).

La densidad real de las Maderas es sensiblemente igual para todas las especies. La densidad aparente varía de una especie a otra, y aun en la misma, según el grado de humedad y zona del árbol.

Las Maderas se clasifican según su densidad aparente, en pesadas, ligeras y muy ligeras

Será de aplicación en este apartado la norma UNE EN 348 Madera con uso estructural. Determinación de los valores característicos de las propiedades mecánicas y densidad y el método de ensayo especificado en la norma UNE 56.531 Características físico-mecánicas de la madera. Determinación del peso específico

PESO

El peso de la madera depende de varios factores:



- Humedad: la madera recién aserrada pesa más que la que ha tenido tiempo para secar.
- Resina: la madera que contiene resina pesa más que la que no contiene este compuesto.
- Edad del árbol: el duramen de los árboles maduros es más denso y pesado que el de los árboles jóvenes.
- Velocidad de crecimiento: la madera del árbol que crece lentamente es más densa y pesada que la del árbol que crece rápido.
- Presencia de albura: la albura es más liviana que el duramen, y por lo tanto una muestra con albura pesará menos que la misma muestra compuesta sólo de duramen.
- Densidad: mientras más compacta es la madera, es decir mientras menos espacio hay dentro de y entre los vasos o fibras que forman la madera, más tejido leñoso y menos aire tendrá la muestra seca. Se define con más claridad en el apartado anterior

HOMOGENEIDAD

Una madera es homogénea cuando su estructura y la composición de sus fibras resulta uniforme en todas sus partes.

DURABILIDAD

Varía mucho, no sólo según la especie, la forma de apeo, de secado, etc., sino principalmente según el medio ambiente, de las condiciones de la puesta en obra, de la intemperie (con los ciclos de humedad-sequedad se destruye en gran medida la madera),..

Existen productos para protegerla, tales como pinturas, barnices, etc, que prolongan en gran medida la vida útil de la madera.

La norma de aplicación es UNE EN 350-2

2.3. PROPIEDADES MECÁNICAS

DEFORMABILIDAD

La madera cambia de volumen al variar su contenido de humedad, hinchamiento y contracción. Como la madera es un material anisótropo, la variación en sentido de las fibras es casi inapreciable, siendo notable en sentido transversal. El fundamento de estos cambios dimensionales reside en la absorción de agua de las paredes de las fibras leñosas, donde se aloja entre las células separándolas o acercándolas, el punto de saturación de las fibras corresponde al contenido de humedad, para el cual las paredes de las mismas han absorbido todo el agua que pueden absorber y por tanto la madera ha alcanzado el mayor volumen (30% de humedad). La deformación al cambiar la humedad de la Madera, dependerá de la posición que la pieza ocupaba en el árbol, así nos encontramos distinta deformación radial y tangencial. En la figura 2 se refleja un ejemplo de deformabilidad

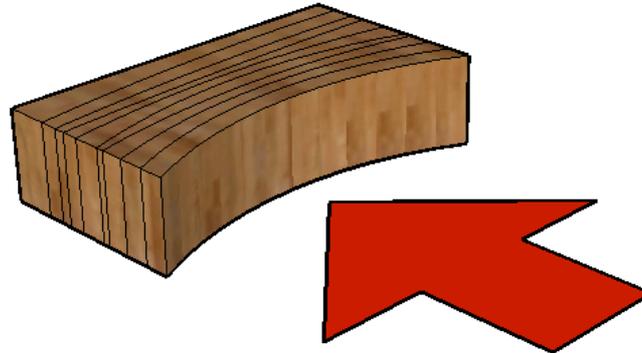


figura 2 deformabilidad de la madera

ELASTICIDAD

Es la propiedad que tiene un cuerpo que, al aplicar una fuerza, éste se deforma. Una vez ha cesado dicha acción, éste recupera su estado inicial. (Cuando se sobrepasa el límite de proporcionalidad la madera se comporta como un cuerpo plástico y se produce una deformación permanente. Al seguir aumentando la carga, se

produce la rotura.) Bajo cargas pequeñas la madera se deforma de acuerdo con la ley de Hooke (las deformaciones son proporcionales a las tensiones)

El módulo de elasticidad en tracción es más elevado que en compresión. Este valor varía con la especie, humedad, naturaleza de las solicitaciones, dirección del esfuerzo y con la duración de aplicación de las cargas.. En la figura 3 se observa la elasticidad de la madera cuando actúa y después cesa una fuerza sobre ella

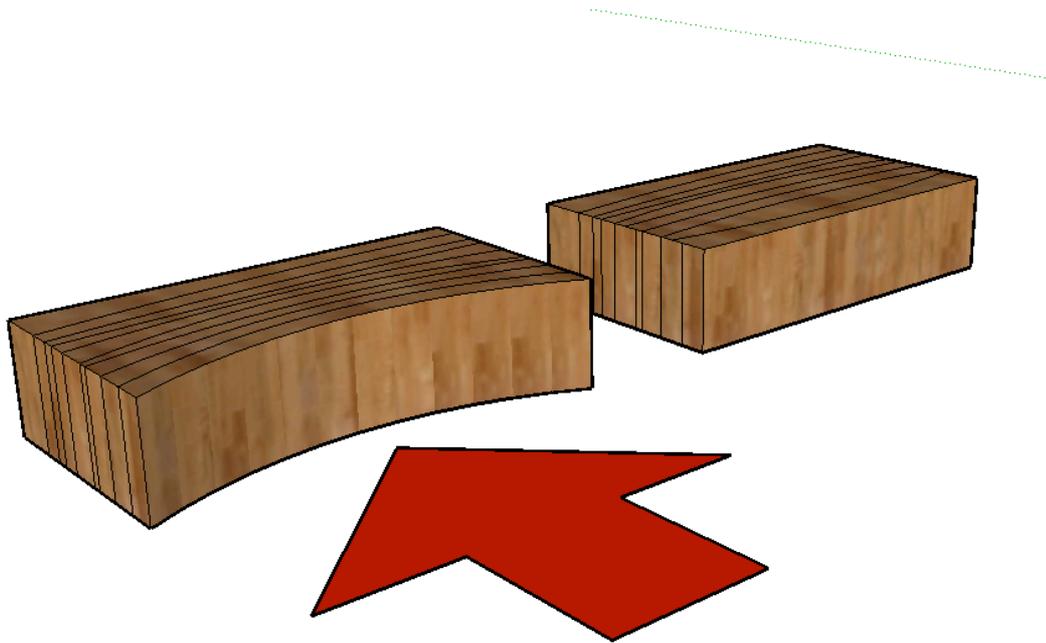


figura 3 elasticidad de la madera

FLEXIBILIDAD

Es la propiedad que tienen las maderas de poder ser curvadas o doblarse en sentido longitudinal, sin romperse. Si resultan ser elásticas vuelven a su forma primitiva cuando ha cesado la fuerza inicial. La madera presenta especial aptitud a sobrepasar su límite elástico sin que se produzca la rotura inmediata, lo que favorece su utilización para uso estructural

La madera verde, húmeda o caliente es más flexible que la seca. La flexibilidad se incrementa con el aumento de humedad.

DUREZA

Es una característica que depende de la cohesión de las fibras y de su estructura. Se manifiesta en la dificultad que presenta la madera a ser penetrada (o a ser trabajada) por otros cuerpos. La dureza depende de factores tales como la



especie, la zona del tronco o de la edad. Generalmente suele coincidir que las maderas más duras son las mas pesadas. El duramen es más duro que la albura. Las maderas verdes son más blandas que las secas. Las maderas fibrosas son más duras. Las maderas más ricas en vasos son más blandas. Las maderas mas duras se pulen mejor.

La norma de aplicación es UNE 56.534 Características físico-mecánicas de la madera. Determinación de la dureza

En la figura 4 se aprecia un ejemplo de realización del ensayo de dureza

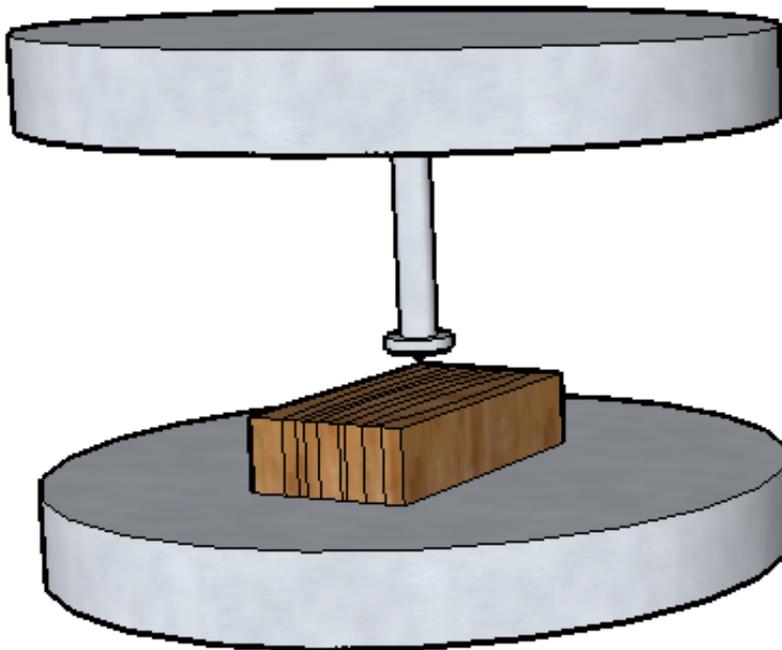


figura 4 ensayo de dureza

CORTADURA

Es la resistencia ofrecida frente a la acción de una fuerza que tiende a cortar la madera en dos partes cuando la dirección del esfuerzo es perpendicular a la dirección de las fibras. Si la fuerza es máxima en sentido perpendicular a las fibras será cortadura y si es mínima en sentido paralelo a las mismas será desgarramiento



HENDIBILIDAD

Es la resistencia ofrecida frente a la acción de una fuerza que tiende a cortar la madera en dos partes cuando la dirección de los esfuerzos es paralela a la dirección de las fibras. La madera tiene cierta facilidad para hendirse o separarse en el sentido de las fibras. Una cuña, penetra fácilmente en la madera, al vencer por presión la fuerza de cohesión de las fibras (no las corta). Es fácil observar esta propiedad al cortar madera para hacer leña, en la dirección de las fibras se separa en dos fácilmente. La madera verde es más hendible que la seca.

Cuando se van a realizar uniones de piezas de madera por medio de tornillos o clavos nos interesa que la madera que vamos a usar tenga una gran resistencia a la hienda. En la figura 5 se aprecia la hendibilidad en un trozo de madera



figura 5 hendibilidad de la madera

DESGASTE

El desgaste puede definirse como la eliminación progresiva de material en la superficie debida al movimiento relativo del agente que provoca dicha eliminación. Existen varios tipos de desgaste (por abrasión, por dureza, por difusión y por adhesión

RESISTENCIA AL CHOQUE

Es la resistencia que experimenta la madera al ser sometida a un impacto. La resistencia es mayor, en el sentido axial de las fibras y menor en el transversal, o radial

En la resistencia al choque influyen: el tipo de madera, el tamaño de la pieza, la dirección del impacto con relación a la dirección de las fibras, la densidad y la humedad de la madera, entre otros.



RESISTENCIA A LA TRACCIÓN

La madera es un material muy indicado para trabajar a tracción (en la dirección de las fibras), viéndose limitado su uso únicamente por la dificultad de transmitir estos esfuerzos a las piezas. Esto significa que en las piezas sometidas a tracción los problemas aparecerán en las uniones. Si se realiza un esfuerzo de tracción en la dirección axial, la magnitud de la deformación producida será menor que si el esfuerzo es de compresión, sobre todo en lo que concierne a las deformaciones plásticas, se puede considerar como una rotura frágil. La resistencia a la tracción de la madera presenta valores elevados. La resistencia de la madera a la tracción en la dirección de las fibras, se debe a las moléculas de celulosa que constituye, en parte, la pared celular.

En la práctica existen algunos inconvenientes, que se han de tener en cuenta al someterla a este tipo de esfuerzos; en la zona de agarre existen compresiones, taladros, etc., que haría romper la pieza antes por raja o cortadura, con lo que no se aprovecharía la gran resistencia a la tracción. Por otra parte, los defectos de la madera, tales como nudos, inclinación de fibras, etc., afectan mucho a este tipo de sollicitación, disminuyendo su resistencia en una proporción mucho mayor que en los esfuerzos de compresión.

La norma de aplicación es UNE 56.538 Características físico-mecánicas de la madera. Determinación de la resistencia a la tracción perpendicular a las fibras

En la figura 6 se aprecia un detalle de la realización del ensayo a tracción

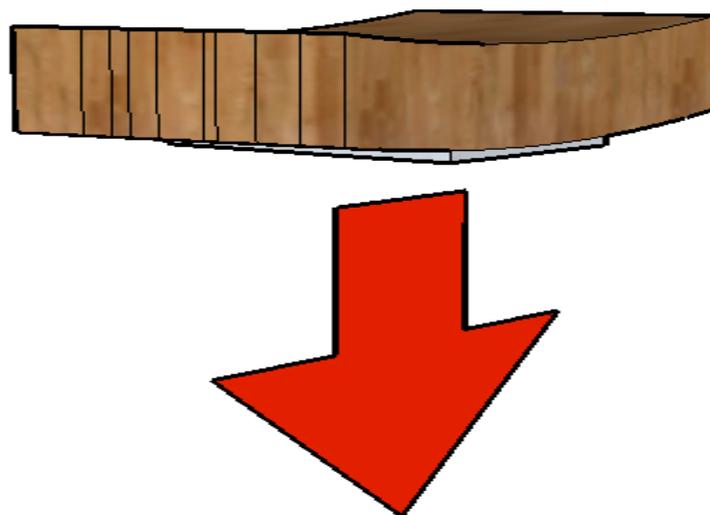


figura 6 ensayo a tracción

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

La madera, en la dirección de las fibras, resiste menos a compresión que a tracción, siendo la relación del orden de 0,50, aunque variando de una especie a otra de 0,25 a 0,7.

La norma de aplicación para ensayos de compresión axial es UNE 56.535. Características físico-mecánicas de la madera. Determinación de la resistencia a la compresión axial, y la norma UNE 56.542 Características físico-mecánicas de la madera. Determinación de la resistencia a la compresión perpendicular a las fibras

En la figura 7 se aprecia un detalle de la realización del ensayo a compresión

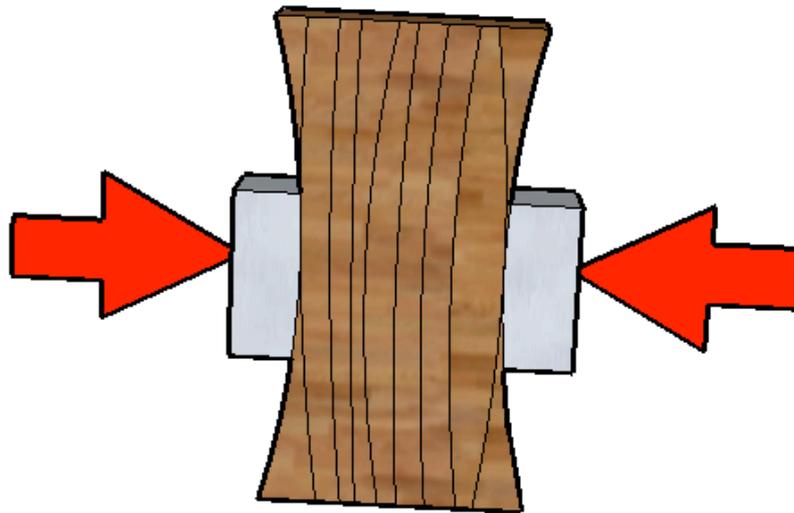


figura 7 ensayo a compresión

FLEXIÓN ESTÁTICA

Se trata del ensayo a flexión de una probeta con una sección de 20 x 20 mm y una longitud de 30 cm. Se coloca biapoyada sobre una luz de 24 cm y se carga progresivamente en el centro de la luz. Se determina el módulo de elasticidad y la resistencia a flexión

La norma de aplicación es la NORMA UNE 56.537 características físico-mecánicas de la madera. Determinación de la resistencia a la flexión estática.

Otra norma de aplicación es NORMA UNE 56.540 características físico-mecánicas de la madera. Interpretación de los resultados de ensayo (kp/cm²).



2.4. PROPIEDADES DIELECTRICAS

Los materiales dieléctricos son aquellos cuerpos capaces de soportar gradientes de potencial, es decir, actuar como aislantes eléctricos. Los cuerpos dieléctricos vienen caracterizados por su constante dieléctrica (hay dos clases: absoluta y relativa) .

La madera destaca por ser un material con propiedades dieléctricas excelentes, pero que pueden reducirse notablemente si aumenta el porcentaje de agua (a partir del punto de saturación de las fibras).

En estado anhidro y a temperatura ambiental, la resistencia eléctrica es de aproximadamente de 1016 ohm-metro, decreciendo a 104 ohm-metro, cuando la madera está en estado verde. Esta gran diferencia se produce cuando el contenido de humedad varía entre el 0 y 30 %, base para el diseño de los instrumentos eléctricos que miden humedad (xilohigrómetros).

Otro aspecto a tener en cuenta es que la constante dieléctrica de la madera varia dependiendo de la dirección que tome el campo eléctrico de una onda electromagnética respecto a las fibras, siendo mayor la constante dieléctrica si el campo eléctrico esta en dirección paralela a las fibras y menor cuando es perpendicular. En el primer caso se puede relacionar este aumento de la constante con la existencia de celulosa en esta disposición celular (paralela) y el segundo caso con la lignina. Esto influirá directamente en las velocidades de propagación de las ondas electromagnéticas, a menor constante dieléctrica mayor velocidad de propagación. (menor polarización del dieléctrico)

De este modo observamos como la anisotropía de la madera influye en sus propiedades dieléctricas, que es el objeto de estudio de este trabajo.



2.5. RECONOCIMIENTO VISUAL NORMA UNE 56544:2003

Este método permite la clasificación de forma visual de la madera aserrada para uso en estructura, en especial la norma UNE 56544 hace referencia al Pino silvestre (*Pinus sylvestris*).

Este método de clasificación es de aplicación a las maderas de procedencia española, no siendo de utilidad con las de procedencia foránea pero si puede orientarnos sobre la calidad de otras maderas, en nuestro caso del pino ruso (*Pinus sylvestris*).

PRINCIPIOS A TENER EN CUENTA PARA LA CLASIFICACION

1. Contenido de humedad (igual o inferior al 20%) para realizar la clasificación.
2. Densidad.
3. Dimensiones. (figura 8)

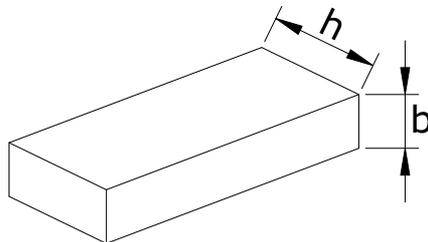


figura 8 dimensiones de la probeta

A tener en cuenta que las dimensiones de las piezas variaran debido a los diferentes tipos de formato que se presenten para su comercialización y montaje (no existe un formato estándar para la aplicación del método visual).

Otros aspectos para el reconocimiento serán:

- Fendas.
- Nudos.
- Entrecascos.
- Desviación de fibras.
- Anillos de crecimiento.



- Bolsas de resina.
- Gemas.
- Medula.

Todos estos anteriores relacionados con la anatomía de la madera y el aserrado.

Además se observaran anomalías de carácter biológico como:

- Detección de hongos.
- Detección de plantas parasitas.
- Detección de insectos xilófagos.

También se incluyen en el método las deformaciones de las piezas tales como:

- Curvatura de cara.
- Curvatura de canto.
- Abarquillado.
- Alabeo.

En la siguiente tabla (tabla 3) se especifican las características que debe de disponer la pieza para su posterior clasificación atendiendo a los puntos antes mencionados y a la geometría de la pieza.

Tabla 3 características de la pieza

Criterios de calidad		ME-1	ME-2
<i>Diámetro de los nudos sobre la cara (h)</i>		$d \leq 1/5$ de h	$d \leq 1/2$ de h
<i>Diámetro de los nudos sobre el canto (b)</i>		$d \leq 1/2$ de b y $d \leq 30$ mm.	$d \leq 2/3$ de b
<i>Anchura máxima del anillo de crecimiento.</i> • Pino silvestre.		≤ 4 mm.	Sin limitación.
<i>Fendas</i>	De contracción. 2)3)	$f \leq 2/5$	$f \leq 3/5$
	<ul style="list-style-type: none"> • Acebolladuras. • Rayo. • Heladura. • Abatimiento. 	No permitidas	
<i>Bolsas de resina y entrecasco</i>		Se admiten para longitudes menores de 80 mm.	
<i>Madera de compresión</i>		Admisible en $1/5$ de la sección de la superficie externa de la pieza.	Admisible en $2/5$ de la sección de la superficie externa de la pieza.
<i>Desviación de la fibra.</i>		1:10 (10%)	1:6 (16,7%)



<i>Gemas.</i> • Longitud. • Anchura y espesor.	$\leq 1/4$ de L $G \leq 1/4$	$\leq 1/3$ de L $G \leq 1/3$
<i>Medula. 1)</i>	Admitida. No se admite si se clasifica en húmedo.	Admitida.
<i>Alteraciones biológicas.</i> • Muérdago (V. álbum) • Azulado. • Pudrición. • Galerías de insectos xilófagos.	No se admite. Se admite. No se admite. No se admite.	
<i>Dimensiones y tolerancias.</i>	Según especificaciones de normas UNE 336	
<i>Deformaciones máximas. 2)4)</i> • Curvatura de cara. • Curvatura de canto. • Alabeo. • Atejado o abarquillado.	10 mm. Para longitud de 2 m. 8 mm. Para longitud de 2 m. 1 mm. Por cada 25 mm. de h . $1/25$ de h .	20 mm. Para longitud de 2 m. 12 mm. Para longitud de 2 m. 2 mm. Por cada 25 mm. de h . $1/25$ de h .
<p>1) Estas características solo se consideraran cuando se comercializa en húmedo.</p> <p>2) Estas características no se consideran si la clasificación es en húmedo.</p> <p>3) Referidas a un 20% de contenido de humedad. Las fendas de contracción solo se consideraran si su longitud es mayor que la menor de las dimensiones siguientes: $1/4$ de la longitud de la pieza y 1 m.</p> <p>4) Referidas a un 20% de contenido de humedad. Pueden aceptarse deformaciones menores siempre que no afecten a la estabilidad de la construcción (porque puede corregirse durante la fase de montaje) y exista acuerdo expreso entre suministrador y cliente.</p>		
Para secciones cuya relación $h/b \leq 1,5$ las cuatro superficies serán consideradas como caras		

Una vez realizado el reconocimiento visual de las pieza se procede a su clasificación en calidades **ME-1 y ME-2** para posteriormente proceder a su marcado (recordamos que esto seria en el caso de maderas de origen nacional).

La marca incorporara como mínimo:

- Nombre o marca del productor.
 - Clase de resistencia asignada a la norma UNE-EN 1912.
 - La información contemplada en el apartado 7.2 de UNE 56544 que relacionaremos a continuación. Alternativamente se puede disponer de un código de identificación de información anexa.
- Letras CE de acuerdo con el formato establecido en la directiva 93/68/EC.



- Los últimos dos dígitos correspondientes al año del marcado CE.
- Numero de organismo certificador si lo hubiera.
- Contenido de humedad en el momento de su clasificación.
 1. Madera seca. (WET GRADED)
 2. Madera húmeda. (DRY GRADED)

Ejemplo de marcado

PRODUCTOR Marca de identificación certificador de productor	CE	CERTIFICADOR organismo
CODIGO Código para identificar según UNE EN 338 documentación aneja	DRY GRADED contenido de humedad	C24 clase resistente

La información aneja será la siguiente según 7.2 UNE 56544: 2003.

- Denominación completa y dirección registrada del productor.
- Código de la especie de madera.
 - PNSY: Pino silvestre.
- La clase de calidad ME-1 o ME-2.
- Resistencia a la compresión, flexión y tracción. (no es necesario si se ha marcado la madera con la clase resistente o se cita la clase de resistencia de la norma EN 338).
 - Modulo de elasticidad en flexión (no es necesario si se ha marcado la madera con la clase resistente o se cita la clase de resistencia de la norma EN 338).
 - Clase de durabilidad según la norma EN 350-2 o durabilidad NPD (no performance determined).
 - Clase de reacción al fuego o clase F (solo en documentos de acompañamiento).
 - Numero de certificado EU de conformidad. (solo en documentos de acompañamiento).
 - Firma del responsable de la clasificación. (solo en documentos de acompañamiento).



A continuación se muestra la tabla 4 de asignación de las combinaciones especie-calidad a clases resistentes según norma EN 338.

Tabla 4 Asignación de especies-calidad

Especies	Clase de calidad	
	ME-1	ME-2
Pino silvestre	C-27	C-18

Las norma que regula la clasificación visual a nivel europeo es la norma EN-1912:2005+A2:2008. A continuación se citan las normas de clasificación visual de diferentes países dónde está presente el *pinus sylvestris*:

- Norma nórdica → INSTA 142
- Norma alemana → DIN 4074
- Norma francesa → NFB 52-001

En lo referente a la norma rusa de clasificación visual no hemos encontrado ninguna.



3. EL PINO RUSO.

En este punto del estudio vamos a profundizar en el conocimiento de diferentes aspectos del pino ruso, empezando por una descripción general de la especie para conocer sus diferentes nombres y procedencias, pasando a definir su forma y aspecto general. A continuación se tratan aspectos importantes para su comercialización como son el serrado y secado de esta especie en origen. Seguidamente presentamos una tabla con las características físico-mecánicas mas importantes para la utilización de esta madera en la construcción. Por ultimo presentamos un estudio comercial del pino ruso a nivel de la ribera, estudio realizado por nosotros y que nos a llevado a conocer la situación actual de este tipo de madera en el mercado.

3.1. DESCRIPCIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LA ESPECIE

La madera a estudiar en este trabajo es el pino ruso (Nombre científico *pinus sylvestris*, variedad *lapponica*). Recibe diferentes nombres comerciales, al igual que otras especies, como pino suecia, pino rojo, pino silvestre, pino flandes, pino albar, pino riga, pino royo, pino valsain, pino de Soria, etc.

Se encuentra ampliamente distribuido en el norte de Asia y en Europa (España, Escocia, Noruega, Suecia, Finlandia, Alpes marítimos en Francia y Rusia) en regiones relativamente frías. En España existen grandes masas en los Pirineos, Cordillera Ibérica y Cordillera Central. Las mayores producciones se dan en las comunidades de Castilla-León, Aragón y Cataluña. Sus masas forestales, su producción y su exportación son estables. Las principales fuentes de suministro a España son Suecia, Finlandia y Rusia. (en la figura 9 se muestra la localización geográfica, ocupando unos 920.000 hectáreas distribuidas por Europa y Asia).



figura 9 zonas geográficas (LIBRO ENCICLOPEDIA DE LA MADERA, AÑO 2003)



Las referencias al color rojo o bermejo se debe a su corteza, de un rojo subido en la parte alta del tronco, y pardorrojiza en la parte inferior. Puede alcanzar los 30 metros de altura por unos 5 metros de circunferencia (llegando a crecer 6 metros de alto en 10 años) y alcanza los 500-550 años de edad en buenas estaciones ecológicas. Su copa es de forma cónica de joven para luego de adulto pasar a ser irregular, ancha y deprimida, de joven presenta un tronco vestido que de adulto pasa a ser desnudo. El turno de producción está entre 100-120 años, con lo que se alcanzan diámetros entre 35-50 centímetros. Para la obtención de madera de buena calidad y alto precio el turno debe aumentarse hasta 120-140 años. (LIBRO MIL MADERAS, AÑO 2006)

Las hojas son simples, agrupadas de a dos, aciculares, rígidas, punzantes, cortas, de a 3 a 7 cm de longitud, de sección semicircular, redondeadas en el dorso, finalmente dentadas. Las flores son conos de forma oblonga, de color castaño, pequeños, de 5 a 8 cm de largo, reunidos de a 2 a 3, caedizos, ya que apenas maduran. Los piñones, que son las semillas, son diminutos, dotados de una ala. La madera es compacta y resinosa, el color de la albura es blanco-amarillento y el del duramen rojizo, diferenciándose ambas zonas perfectamente en la sección transversal. Se caracteriza por tener los anillos de crecimiento muy marcados en la madera de verano, ser de grano fino o medio y presentar canales resiníferos, llegando a un espesor de entre 1,5 a 3 mm.

Esta especie soporta pleno sol, no así con la sombra; se adapta a todo tipo de suelo menos a los anegados pero sí a los húmedos, mientras más fértiles y profundos mayor es el desarrollo, resiste la sequía. No tolera la contaminación y no vive mucho tiempo en competencia con otras especies que lo superen en altura. Resisten inviernos muy fríos. En cuanto a las características edáficas, vive en suelos poco evolucionados, es indiferente al pH y prefiere terrenos ricos en materia orgánica y permeables.

Los usos principales de esta madera son la carpintería, la construcción, la ebanistería y la serrería. Tiene un secado al aire rápido, sin deterioro de su calidad, pero se deberá tener cuidado con la marcada tendencia que presenta al azulado. Este riesgo es menor si el secado de la madera se realiza artificialmente. Es una madera clasificada como poco durable, siendo impregnable la albura pero no el duramen. Presenta buenas aptitudes para la obtención de chapas, tanto por desenrollo como por

corte a la plana, para el encolado con cualquier tipo de cola, para todo acabado y para el clavado y atornillado, con altas resistencias al arranque.

El aserrado se realiza sin dificultad con equipos convencionales. Esta madera presenta buena aptitud para la obtención de chapas por desenrollo. Presenta buenas aptitudes para el encolado con cualquier tipo de cola. Tanto el clavado como el atornillado se realiza sin dificultad y presenta altas resistencias al arranque. En la figura 10 se observan los posibles despieces a obtener del corte.

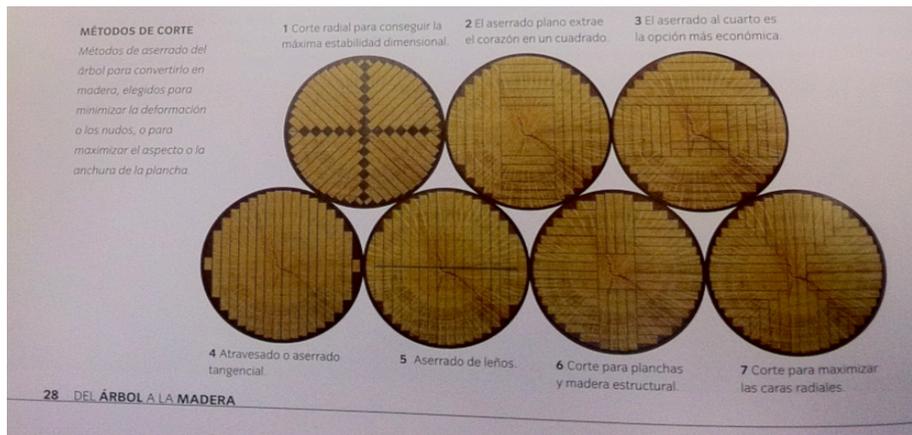


figura 10 despieces del tronco (ENCICLOPEDIA DE LA MADERA, AÑO 2003)

Una vez realizados todos los trabajos y se pretende realizar el acabado no presenta problemas y admite todo tipo de pinturas, barnices y tintes con facilidad. La presencia de resina puede desmejorar el aspecto del acabado, ya que pueden producirse exudaciones por su exposición al sol o por fuentes de calor. Si la madera ha sido secada con temperaturas $>70^{\circ}\text{C}$, estos defectos no aparecen. Se recomienda encolar las superficies frescas (recién cepilladas).

En origen, después de la tala y su elaboración en formatos comerciales, se seca al aire rápidamente sin deterioro de su calidad, pero debe tratarse con productos antiazulados (sobre todo en comienzo de la primavera y final del otoño). Debe realizarse este proceso hasta conseguir que el contenido de humedad se sitúe en valores de 10 – 12 %. El secado al aire de tablas de 27 mm de espesor puede variar entre 3 y 5 meses y para tablonés de 50 mm se alarga hasta 6 o 10 meses.

En el secado artificial el riesgo de azulado es menor. La duración del secado partiendo de madera recién aserrada hasta un contenido de humedad del 12% puede ser del orden de 4 a 6 días en tablas de 27 mm de espesor y de 10 a 12 días en tablonés de 50 mm de espesor. En la figura 11 se observa el fenómeno del azulado en



la madera



figura 11 azulado de la madera.(LIBRO ESPECIES DE MADERA, AÑO 2004)



3.2. PROPIEDADES ESPECÍFICAS DEL PINO RUSO

A continuación, en la tabla 5 se reflejan las características fisicomecánicas más importantes del pino ruso:

Tabla 5 propiedades específicas del pino ruso

TIPO DE ENSAYO	RESULTADO	NORMATIVA APLICACIÓN
FLEXIÓN ESTÁTICA	79-100 N/mm ²	UNE – EN 408-2003
MÓDULO ELASTICIDAD	10.800 – 13.000 N/mm ²	UNE – EN 408-2003
COMPRESIÓN AXIAL	45 – 55 N/ mm ²	UNE – EN 408-2003
COMPRESIÓN PERPENDICULAR	9,2 N/ mm ²	UNE – EN 408-2003
CORTANTE	7,2 – 11,2 N/ mm ²	UNE – EN 408-2003
FLEXIÓN DINÁMICA	4,0 – 7,0 J/cm ²	UNE 56-536-77
CONTRACCIÓN VOLUMÉTRICA	12%	UNE 56-533-77
DUREZA	2 Semidura (clasificación según tabla Monnin)	UNE 56-534-77

Los valores de la tabla 5 han sido tomadas del libro *ESPECIES DE MADERAS, AÑO 2004*



3.3. ESTUDIO COMERCIAL

La introducción en el mercado nacional a gran escala de la variedad del *pinus sylvestris* (variedad nórdica), pino Ruso o pino Suecia, hace que nos planteemos el estudio comercial a nivel comarcal de su situación en el mercado refiriéndonos siempre a sus aplicaciones en la edificación, tanto a nivel estructural como en otros productos para construcción (marcos, premarcos, puertas y ventanas etc.). El ámbito de estudio se realizará en la comarca de la ribera alta, ya que creemos que puede ser lo bastante representativa como para obtener conclusiones válidas a nivel provincial.

En primer orden, se ha elaborado un listado de 35 empresas, como consecuencia de una búsqueda aleatoria, en la zona de la Ribera Alta, por Internet y otros métodos (listados telefónicos, búsquedas in situ),

Con el fin de obtener la mayor información comercial posible y analizar la situación en el mercado de esta variedad de pino importado de Escandinavia, zonas bálticas. y Rusia, se ha realizado un cuestionario de preguntas relacionadas directamente con la utilización del pino ruso en la construcción tanto a nivel estructural como general. Con este cuestionario se pretende entender mejor la implantación de esta especie de madera a nivel comarcal. Al mismo tiempo y casi sin proponérselo hemos conseguido un estudio de la situación del sector en la coyuntura económica actual.

Tras la elección de las 35 empresas, se han realizado las visitas y los cuestionarios a 25 empresas, debido a que las 10 restantes habían cerrado, pasando también a formar parte del estudio como % de empresas cerradas y analizando de este modo la situación actual de las empresas en este sector.

A continuación se presenta una tabla con las diferentes empresas seleccionadas para el estudio, y el cuestionario de preguntas realizadas, para posteriormente analizar principalmente mediante gráficas los diferentes resultados obtenidos.

A continuación, en la tabla 6, se citan el listado de empresas elegidas para la realización del estudio comercial:



Tabla 6 listado de empresas

LOCALIZACIÓN	EMPRESA	DIRECCIÓN	TELÉFONO
ALZIRA	L. ROJAS	Avd. de la Democràcia	600080006
ALZIRA	GARLOPA	Dr. Fleming 35	962418885
ALZIRA	MADERAS HERMANOS RAMÍREZ LLACER	Teixidors 1	962401621
ALZIRA	REPARACIONES INTEVA	Polígono industrial de Alzira	s/n
ALZIRA	RAYSER COOP. V. CARPINTERÍA	Polígono Industrial Salez Solaz	962402710
ALZIRA	JUNCAL	C\ Materna nº 4	962414118
CARCAIXENT	ELÍES GISBERT SL	Ponent sn / San Antoni 60	962454091
GUADASUAR	MADERAS SALLEDÓ	Las malas	962572229
GUADASUAR	AMARGOS	Colón sn	962570317
GUADASUAR	SERRERIA CASANI	C/ Benifaió nº 40	962570136
GUADASUAR	LEOPOLDO	Colón 69	962570510
CARLET	MADERLUX S.L.	Letrado Bosch Marin nº 2	962993675
CARLET	FUSTER ALONSO	Polígono industrial creu negra, 92 H1	962994096
CARLET	DECOMADER	Carretera Carlet Alcudia sn	962530452
CARLET	CABRERA-MOLINA S.L.	Carrer Bernardo Luís nº 4	962993165
CARLET	FUSTERÍA ESPÍA	Carrer Irlanda 8	962994174
CARLET	HIGINIO CARDONA ÍÑIGUES	Sanbernát Germaníes 1	962531451
ALCUDIA	MADEPLAX	Carretera Carlet sn	962541100
ALCUDIA	MODULMARC	Polígono industrial camí real, c\camino viejo de Alzira nº 68	962540252
ALCUDIA	TRESMADER	Polígono	902887768



		industrial camí real, c\ Argenters s/n	
ALCUDIA	PUIG Y DESCALS S.L.	Carrer Fredic García Llorca s/nº	962996245
ALCUDIA	INNOVACIÓN Y TECNOLOGÍA DE LA MADERA	Riu negre 1	962997640
ALCUDIA	ALCAMA	Carretera c Carlet sn	962541016
ALBERIC	WOOD COMMERCE	Avd Madrid 5	670098768
ALBERIC	DOMIRA S.L.	Camí alasquer s/n	962442758
PICASSENT	MUNDIAL DE MADERAS	Polígono Industrial de Picassent s/n	s/n
ALGINET	MTG CARPINTEROS	Carrer metge Amilio Marqués 13	637714021
ALGINET	FUSTERS ARTESANS NAVARRO S.L.	Poli Ind Nord carrer/ l'estret 22	961754271
ALGINET	INDUFUST S.L.	C\ Jacinto Benavente s/n	961753214
ALGINET	FUSCOLOAN S.L.	C\ Mayor 11	961750450
LLOMBAI	FUSTEK	Camino tejar sn	962990509
ALGEMESI	VICENTE ROBIRA	Obrers de la villa 4	637401344
BENIFAIO	VICENTE FAJARDO	Carrer Trullás 82	630440028
BENIFAIO	GABARRÓ	Pol. Ind. Font de Musa, carrer Campellós 19	902366916
BENIFAIO	HERMANOS AGUADO C.B.	Avd. Reyes católicos 24	961781387

Las empresas que aparecen marcadas en color verde significa que han cesado su actividad

A continuación, en la figura 12, se refleja en un mapa la localización exacta de todos aquellos comercios que han contribuido, de un modo altruista, a la realización de dicho estudio:



2.1. ENCUESTA REALIZADA

Para poder realizar este estudio se han planteado una serie de cuestiones con el fin de obtener la mayor información sobre el estudio de mercado, de las cuales se han elegido las 12 siguientes:

- 1) Relación de empresas visitadas (inicialmente se ha realizado un listado con todas las empresas a visitar para la realización de dicho estudio comercial)
- 2) Tipos de madera utilizada
- 3) Precio de compra
- 4) Tantos por cien de madera de pino ruso utilizados por las empresas
- 5) Productos realizados
- 6) Formatos de compra
- 7) Aprovechamiento del material
- 8) Almacenamiento del material
- 9) Sistemas de transporte
- 10) Tiempos de ejecución
- 11) Tratamiento del material
- 12) Valoraciones de los profesionales del sector

2.2. GRÁFICAS Y RESULTADOS

Con las encuestas realizadas, se han obtenido los siguientes resultados:

1) De las 35 empresas visitadas:

- | | |
|---|-------------|
| 1. Empresas que siguen en activo (figura 13) | 25 (71,43%) |
| 2. Empresas que han cesado su actividad (figura 13) | 10 (28,57%) |

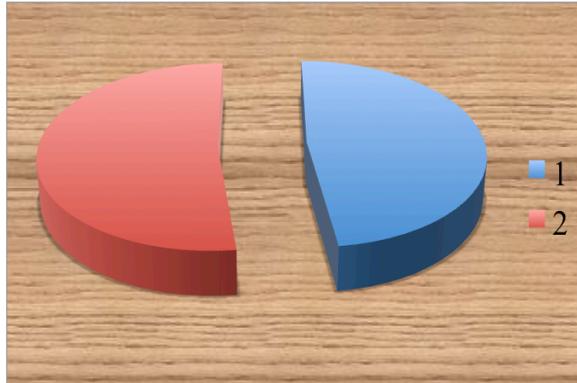


figura 13 gráfico de empresas en activo

2) Tipos de madera que las empresas utilizan:

- Pino ruso
- Roble
- Haya
- Iroco
- Bosé
- Sapelli
- Mobila
- Chopo
- Abeto
- Pino melis

3) Precio de compra:

-Encontramos gran variedad de precios, que oscilan desde los 180 € hasta los 800 € el m³, todo ello dependiendo básicamente de la calidad del material (y otros factores, que no son tan decisivos como el inicial, pero si influyen en mayor o menor medida, tales como el transporte, aduanas,..)

El precio habitual oscila entre 450 € m³ y los 600 €/m³

4) Tantos por cien de madera de pino ruso utilizados por las empresas que siguen activo (25 empresas):

1. entre 0-10%.....32%.....8 empresas (figura 14)
2. entre 10-30%.....28%.....7 empresas (figura 14)
3. más del 50%.....40%.....10 empresas (figura 14)

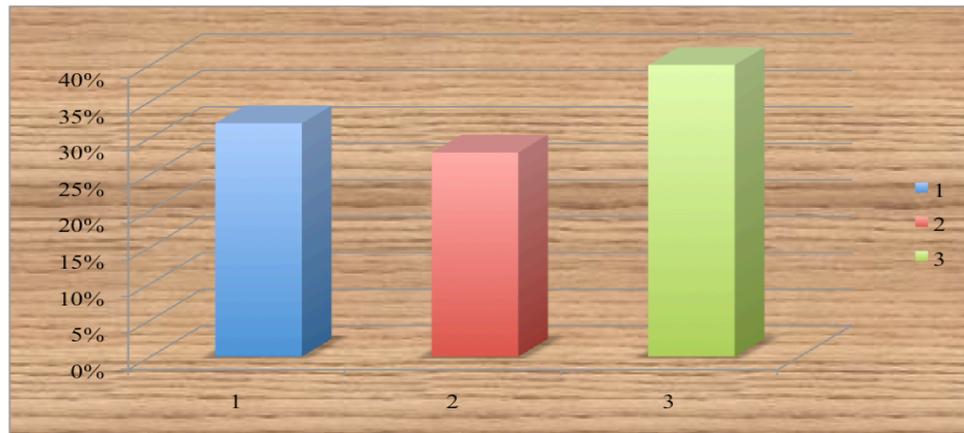


Figura 14 porcentaje de empresas que utilizan pino ruso

5) Productos realizados:

1. Premarcos → 16 empresas (64%) (Nº 1) (figura 15)

2. Carpintería → 13 empresas (52%) (Nº 1) (figura 16)

En la figura 17 se observa un ejemplo de carpintería realizada con pino ruso. Iba destinada a la construcción de 2 iglesias en el país africano de Sudáfrica

3. Vigas laminadas → 12 empresas (48%) (Nº 1) (figura 18)

En las figuras 19 a y 19 b se observa una sección de viga laminada, facilitada por la empresa Fusters artesans Navarro, Alginet

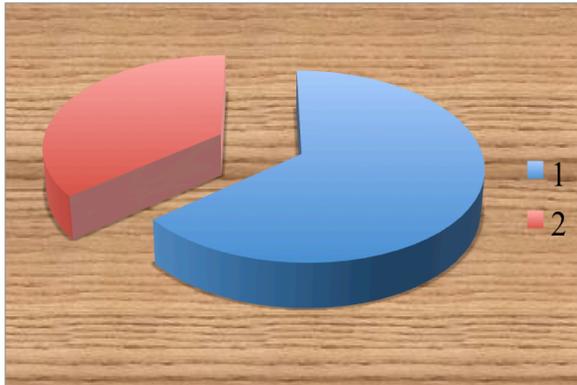


figura 15 premarcos

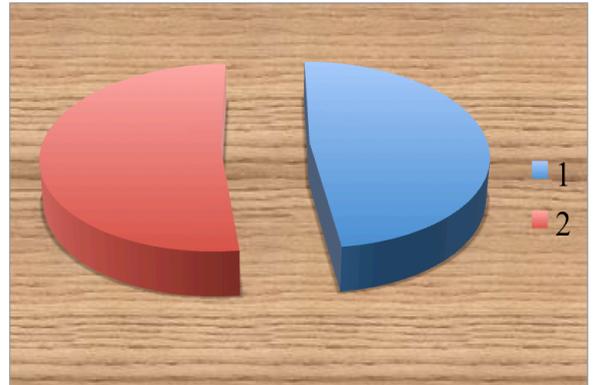


figura 16 carpintería



figura 17 ejemplo de carpintería



figura 18 viga laminada



figura 19 a foto de viga laminada



figura 19 b foto de viga laminada



6) Formatos de compra:

1. Espesores: 19, 25, 38, 50, 63, 75, 100 (mm)
2. Anchos: 15, 17'5, 20, 22'5 (cm)
3. Largos: 2'40, 2'70, 3, 3'30, 3'60, 4, 4'30, 4'60, 5, 5'30, 5'60, 6 (m)

7) Aprovechamiento del material:

Como muestra la figura 20, el porcentaje de aprovechamiento del material es del 96,16%

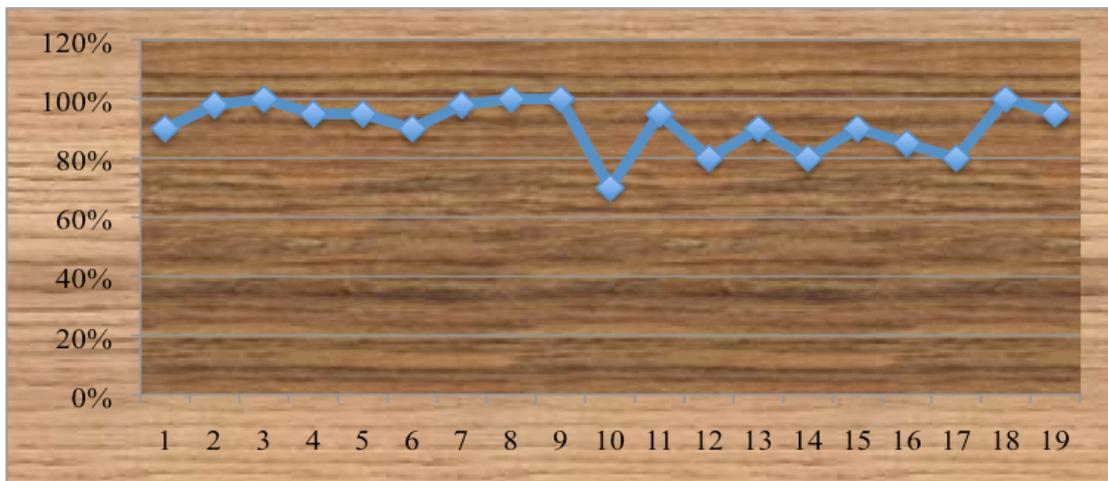


figura 20 porcentaje de aprovechamiento de material

8) Almacenamiento del material

Debido a las pocas cantidades de producción por parte de las empresas, las cantidades a almacenar son relativamente pequeñas, por lo tanto se almacenan en taller (a excepción de las empresas importadoras, que sí poseen grandes naves industriales para su almacenamiento)

En las figuras 21 a, 21 b y 21 c se observan los métodos de almacenamiento de la madera de la empresa Mundial de maderas



Figura 21 a métodos de almacenamiento



Figura 21 b métodos de almacenamiento



Figura 21 c métodos de almacenamiento

9) Sistemas de transporte

Destacan 2 sistemas

- Sistema de transporte para almacenistas: se transporta en barcos hasta el puerto, y de ahí en camiones
- Sistema de transporte para carpinterías: se transporta en camión o en furgoneta (se reduce considerablemente la carga dependiendo de las necesidades).

10) Tiempos de ejecución

premarco: ½ - 1 hora

ventana: 2-3 días

viga (encolado): 1-2 horas

11) Tratamiento del material

carpintería

premarcos: no recibe ningún tratamiento



puertas interiores: pulido + lacado + barnizado

puertas exteriores: pulido + autoclave + pintura

vigas (no vistas): encolado + pulido + lacado

vigas: encolado + pulido + autoclave + lacado

12) Valoraciones de los profesionales del sector

Con el fin de obtener mas información, hemos recogido las experiencias de todos aquellos profesionales que, día tras día, trabajan con este tipo de madera. Todo ello nos ayuda a comprender mejor el porqué se está implantando en nuestro mercado a un ritmo elevado y los resultados que se obtienen:

- Buena madera, permite obtener productos de gran calidad
- Da buenos resultados al emplearla como vigas en cubiertas
- Buena solución, tanto para interior como exterior
- Trabajable, no desgasta la herramienta y admite un buen lijado
- Se le puede aplicar cualquier revestimiento, siempre que se le aplique antes un secado
- Es blanda, nos permite trabajarla fácilmente
- Sólo la utilizo para premarcos. Es madera base
- Es una madera buena y económica
- Por lo general, da buenos resultados
- De lo mejor que hay, el único problema es que hay que tratarla
- Es muy resinosa, hay que tener cuidado. Aún así admite muy bien todos los tratamientos que se le apliquen
- Es 100% útil, aprovechamos de ella hasta el serrín
- Dependiendo de su origen, las calidades cambian

DOCUMENTACIÓN FACILITADA POR LAS EMPRESAS

En la figura 22, a modo de curiosidad, vemos un gráfico dónde se aprecia un resumen del volumen de ventas de los últimos 10 años, facilitado por la empresa Maderas Hermanos Ramírez Llacer

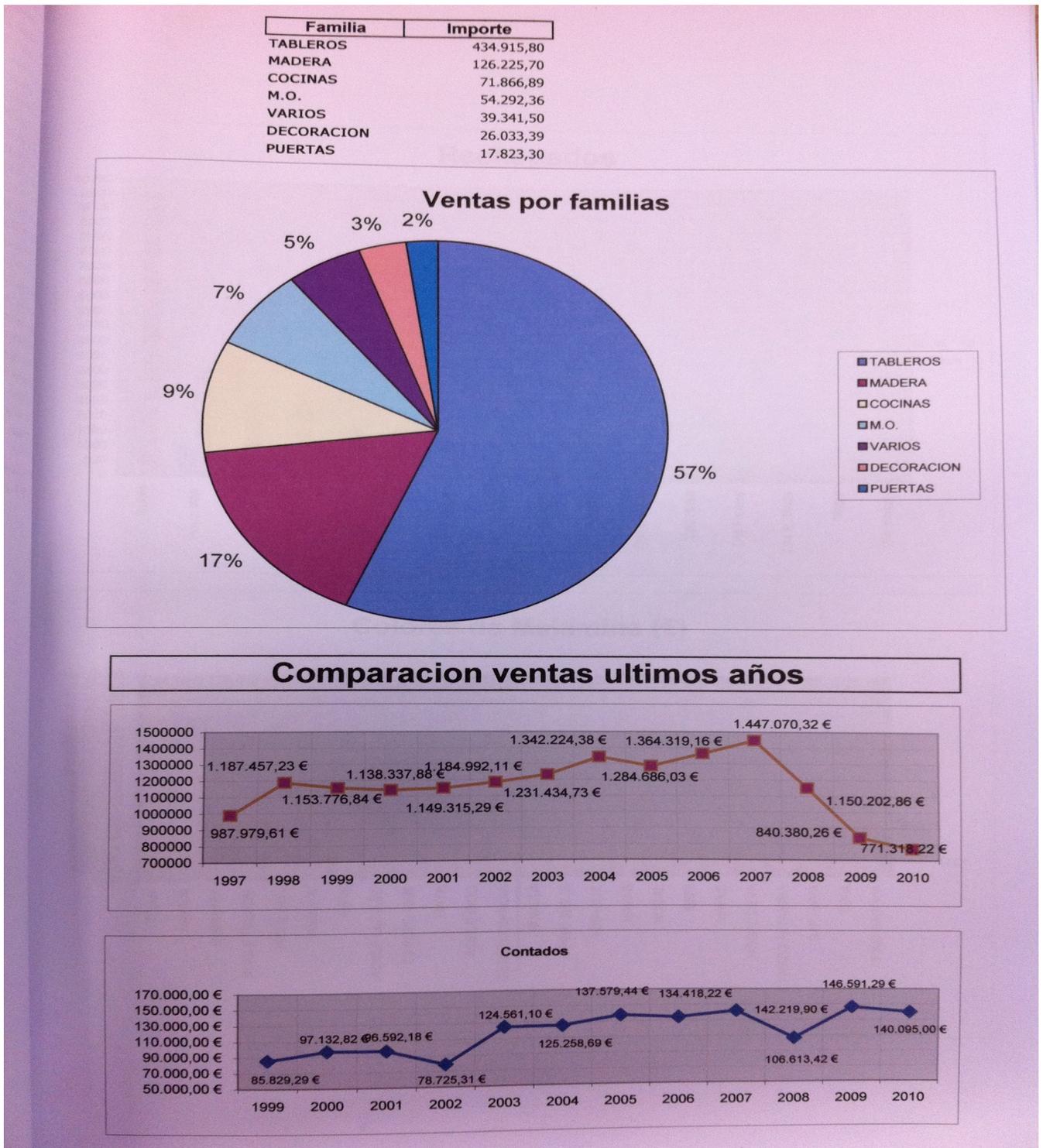


figura 22 gráfico volumen de ventas



CONCLUSIONES

Atendiendo al estudio comercial, después del análisis de datos, en primer lugar destacar que un 28,57 % del total de empresas elegidas ha cesado su actividad posiblemente debido a la actual situación económica.

Seguidamente del 100 % de empresas encuestadas para el estudio, un porcentaje importante de esta, mas de un 80% utilizan esta variedad de pino en diferentes cantidades, quedando reflejadas en el estudio.

Resaltar también que de las empresas que utilizan el pino ruso, el 63,15% dedican parte de su producción a la elaboración de vigas laminadas para estructura.

Por ultimo y atendiendo siempre a opiniones personales de las empresas encuestadas, decir que la implantación de esta madera es causada por su menor precio en comparación a otras pináceas y su gran trabajabilidad teniendo las mismas prestaciones para los productos que se utiliza.



4. GEORRADAR CON ANTENA DE 2 Ghz

4.1. FUNDAMENTOS TEORICOS

Se podría definir básicamente el georradar como un equipo electrónico que emite impulsos electromagnéticos y los recibe para su posterior interpretación.

Esto es en lo que consiste el método del georradar para técnicas no destructivas de inspección y diagnóstico de materiales.

Se trata de un equipo electrónico compuesto de una unidad central, antena de emisión de ondas electromagnéticas, antena de recepción de ondas electromagnéticas y una unidad de generación de impulsos.

El equipo electrónico genera impulsos a diferentes frecuencias. Cada medio en estudio requerirá de una frecuencia debido a las características dieléctricas del medio así como a su permeabilidad magnética, siendo la antena la parte del equipo del georradar que se sustituye para cada clase de medio. La señal electromagnética es emitida través de la antena emisora (dípolo), siendo captada la reflexión de la onda en el medio a estudiar por otra antena situada en la misma envolvente o en otra diferente.

La recepción de la onda reflejada permite el estudio del medio, en base a la velocidad de la reflexión u otros parámetros.

Al tratarse de ondas electromagnéticas, la velocidad de propagación de dichas ondas se ve condicionada directamente por la constante dieléctrica del medio (ϵ) o su permitividad relativa (ϵ_r). Las variaciones en las constantes dieléctricas las podremos observar por medio de los parámetros de tiempos dobles de propagación de las reflexiones, de las amplitudes de las reflexiones y de las velocidades de propagación de las ondas electromagnéticas.

También se estudian las amplitudes de las reflexiones.

Todo esto se interpreta mediante una unidad central que permite visualizar los impulsos electromagnéticos en forma de trazas, pudiendo medir en estas las amplitudes y velocidades de propagación dependiendo de los tiempos dobles de propagación de las ondas reflejadas.

INTRODUCCION A LAS ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS. PARAMETROS CARACTERÍSTICOS DE LAS ONDAS SENOIDALES

Como se puede observar en la figura 23 y que posteriormente describiremos, la propagación de ondas electromagnéticas se produce en forma de ondas senoidales.



Estas ondas se propagan por los diferentes medios (vacío, aire, agua, materiales, etc.) Se representan en forma de una senoide.

Esta representación nos vendrá dada por la situación de un punto (P) en movimiento angular, en un instante (t), siendo su valor, representado en la figura 23, en cada instante una función senoidal :

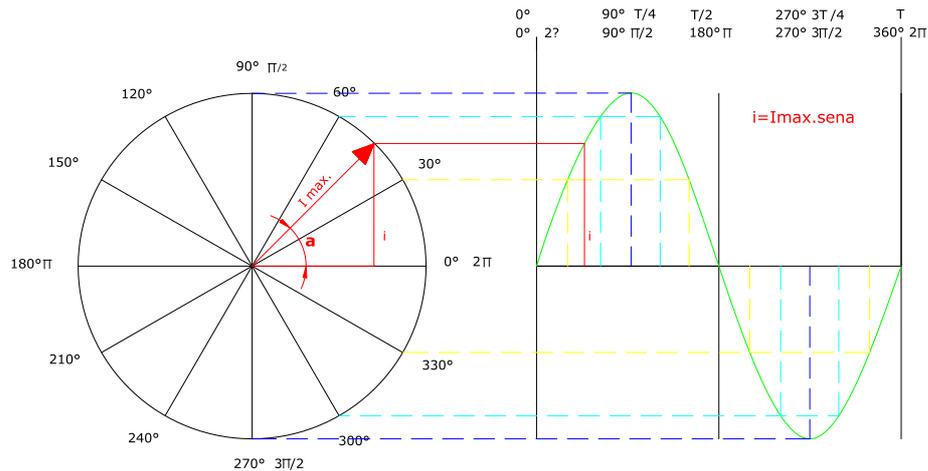


figura 23 función senoidal de una onda electromagnética

Aclaremos este concepto con las siguiente expresión: (expresión 3)

$$p = P_{max} \cdot \text{sen } \omega t = P_{max} \cdot \text{sen} 2\pi f \quad \text{exp. 3}$$

Como la velocidad angular es igual al Angulo descrito por el punto P por unidad de tiempo, si en *1 segundo* describe ω radianes; en *t segundos* describirá α radianes. Por lo que $\alpha = \omega \cdot t(\text{rad.})$ (exp. 4) siendo un radian=57,2958°.

A esta velocidad angular la conocemos como pulsación siendo su valor de: (exp. 5)

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f \left(\frac{\text{rad.}}{\text{seg}} \right). \quad \text{Exp. 5}$$

VALORES DE ONDAS SENOIDALES

VALOR INSTANTÁNEO

Para saber el valor instantáneo de una onda senoidal, por ejemplo de la corriente inducida en un alternador, solo hay que sustituir el valor de α por la magnitud en grados o radianes que nos interese conocer, por tanto y poniendo un ejemplo



podemos deducir con las expresiones siguientes los valores a diferentes puntos de la onda como se indican en la expresión 6:

$$i = I_{max} \cdot \text{sen } \omega t$$

Para 0° , 30° , 45° , 90° , 270° , serian:

$$i = I_{max} \cdot \text{sen } 0^\circ = 0 \text{ A.}$$

$$i = I_{max} \cdot \text{sen } 30^\circ = 0,5 \cdot I_{max} \text{ A.}$$

$$i = I_{max} \cdot \text{sen } 45^\circ = \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot I_{max} \text{ A.}$$

$$i = I_{max} \cdot \text{sen } 90^\circ = I_{max} \text{ A.}$$

$$i = I_{max} \cdot \text{sen } 270^\circ = -I_{max} \text{ A.}$$

exp. 6

VALOR MAXIMO O AMPLITUD DE ONDA

También llamado valor de pico o cresta lo definimos como *el valor que toma la ordenada máxima de dicha magnitud en el intervalo de tiempo considerado* Siendo el valor de pico a pico igual a dos veces el valor máximo. $V_{pp}=2V_{max}$. (figura 24)

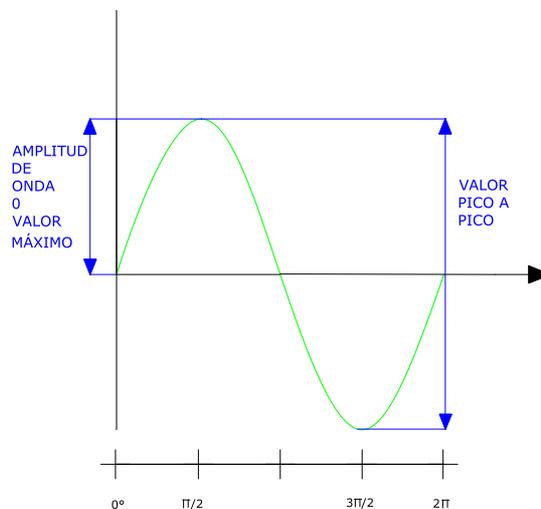


figura 24 valor máximo

VALOR MEDIO DE UNA SEMIONDA

Queda definido este valor como *la media algebraica de los valores instantáneos durante un semiperiodo*. El semiperiodo es debido a que el valor medio de la onda es igual a cero al compensarse los valores positivos y negativos que va adquiriendo la onda.



Como el valor medio es igual al área dividida de la base y el área es igual a (expresión 7 y 8):

$$\text{Area} = \int_0^{T/2} E_{\text{max}} \cdot \text{sen} \omega t; \quad \text{exp. 7}$$

$$V_{\text{med}} = \frac{\text{Area}}{T/2} \quad \text{exp. 8}$$

La solución de la expresión anterior se define de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} V_{\text{med}} &= \frac{2}{T} \int_0^{T/2} V_{\text{max}} \cdot \text{sen} \omega t \cdot dt = \frac{2}{T} \cdot \frac{V_{\text{max}}}{\omega} \cdot (-\cos \omega t)_0^{T/2} = \frac{2}{T} \cdot \frac{V_{\text{max}}}{\omega} \cdot [-((-1) - (+1))] = \\ &= \frac{2 \cdot 2 \cdot V_{\text{max}}}{T \cdot \omega} = \frac{4 \cdot V_{\text{max}}}{T \cdot \frac{2\pi}{T}} = \frac{4V_{\text{max}}}{2\pi} = \frac{2}{\pi} V_{\text{max}} \end{aligned}$$

Por tanto el valor de $V_{\text{med}} = \frac{2}{\pi} V_{\text{max}}$, representado en la siguiente figura 25

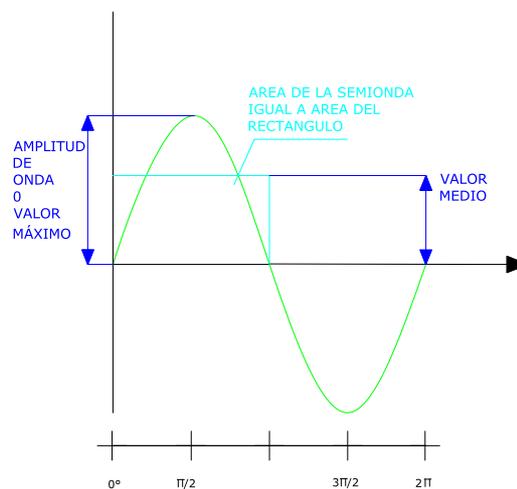


figura 25 valor medio

FRECUENCIA DE UNA ONDA SENOIDAL

Diremos que la frecuencia es igual *al número de veces que la señal pasa por un determinado punto con un mismo sentido en la unidad de tiempo*. En la expresión 9 se observa cómo debe calcularse dicho valor

$$f = \frac{\omega}{2 \cdot \pi} \text{ Hz} \quad \text{exp. 9}$$

Siendo Hz (Hercios) la unidad de la frecuencia; y definiéndose como *la frecuencia de un fenómeno periódico cuyo periodo es 1 segundo*.

Quedando relacionadas de esta manera la frecuencia con la velocidad angular

CICLO Y PERIODO EN UNA ONDA SENOIDAL

Llamaremos ciclo de una onda al paso de esta dos veces por el cero ($\text{sen } \alpha = 0$)

Lo contrario o inverso a la frecuencia es el **periodo T** (véase expresión 10), definiéndose como *el tiempo transcurrido al realizar un ciclo pasando dos veces la onda por valor cero* y su valor es $T = \frac{1}{f}$ (s) (exp. 10), representado en la figura 26

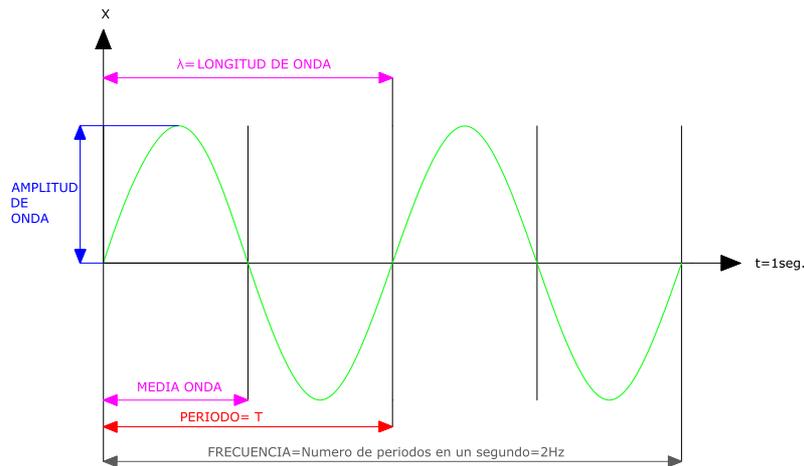


figura 26 ciclo y período de onda senoidal

PROPAGACION DE LAS ONDAS ELECTROMAGNETICAS

INTRODUCCION

La velocidad de propagación de las ondas electromagnéticas en el vacío es de 300.00 km/s variando esta, dependiendo del medio en que se encuentre.

Esta variación de velocidad se ve condicionada por tres factores, la conductividad del medio, su permeabilidad magnética y su constante dieléctrica.

Entendiendo por conductividad de un material la propiedad de este en transmitir la corriente eléctrica, se deduce que a una mayor conductividad eléctrica una mayor velocidad de propagación de ondas electromagnéticas, siendo su unidad el ($\Omega \cdot m$)

Del mismo modo se entiende que un material con mayor permeabilidad magnética permite una mayor velocidad de propagación. Siendo μ la constante de



proporcionalidad entre la intensidad del campo magnético que actúa sobre un medio, H , y el valor de la inducción magnética, B , que actúa sobre el mismo siendo $\mu = \frac{B}{H}$.

El tercer factor que condiciona la velocidad de propagación de las ondas electromagnéticas es la constante dieléctrica del material ϵ

Entendiendo por dieléctrico un material aislante, es decir que no transmite corriente eléctrica (es el caso en estudio), si afecta en cambio la velocidad de propagación debido a que la constante dieléctrica de un material, influye debilitando el campo electromagnético que atraviesa dicho material.

Esto es debido a la creación de dipolos (separación de cargas positivas y negativas de las moléculas) a causa del campo eléctrico inductor E , produciéndose una polarización del medio, resultando un nuevo campo inducido.

El cociente entre el campo inductor y el campo resultante lo denominamos constante dieléctrica relativa ϵ_r . La permitividad absoluta del material o dieléctrico es el producto entre ϵ_r y la permitividad absoluta del vacío ϵ_0 $\epsilon_{abs.} = \epsilon_r \cdot \epsilon_0$

A una mayor constante dieléctrica tendremos campos resultantes mas debilitados y por tanto una pérdida de velocidad de propagación.

Los valores de las constantes dieléctricas van desde el 1 (aire) hasta el 81 (agua a 20°) por esto de la pérdida de energía de las ondas electromagnéticas en materiales con gran cantidad de humedad.

A destacar que en el caso en estudio (madera) el único factor que influye en la velocidad de propagación es el de su constante dieléctrica, debido a que es un medio no conductor cuya permeabilidad magnética real es $\mu_r = 1$ de modo que influye solo su constante dieléctrica.

EL DIPOLO. FUNCIONAMIENTO DE UNA ANTENA

Diremos que la antena es el elemento encargado de generar y transmitir las ondas electromagnéticas, podemos decir que la antena es un convertidor de energía eléctrica en electromagnética.

Esto se produce al disponer de un antena como emisor de la onda electromagnética y un receptor, otra antena, que capta la onda y la vuelve a convertir en energía eléctrica.

El método de generación de la onda electromagnética, está basado en el funcionamiento de un circuito eléctrico paralelo en el que disponemos una bobina y un condensador en paralelo y haciendo atravesar dicho circuito por una corriente eléctrica



alterno senoidal se produce una autoinducción en la bobina creando líneas de fuerza, representado en la figura 27

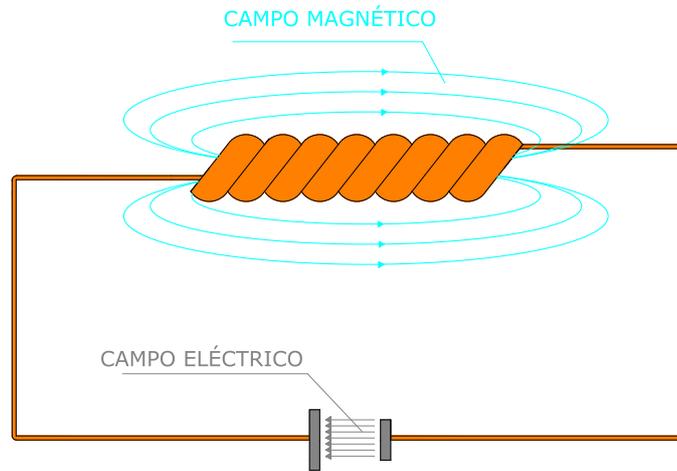


figura 27 circuito tanque

Al circuito anteriormente descrito se le denomina circuito resonante paralelo y su funcionamiento es el siguiente, al atravesar la corriente eléctrica por el condensador este se carga eléctricamente apareciendo un campo eléctrico entre sus paredes (recordar que un condensador es una especie de almacén de electricidad) y un instante después se descarga por la bobina apareciendo en sus extremos un campo magnético, siendo su valor proporcional a las variaciones de intensidad que lo atraviesan

Diremos que este circuito es resonante cuando las componentes reactivas del circuito producidas por el condensador y la bobina se anulan, existiendo solo una componente resistiva y siendo en este momento cuando su irradiación es máxima.

En el circuito anterior se observa que el circuito eléctrico queda encerrado en el interior del condensador, al igual que el circuito magnético que queda prácticamente situado en las proximidades del eje de la bobina. A este circuito lo llamamos circuito tanque o circuito resonante.

Para lograr una emisión de las ondas hacia el exterior se provoca una apertura del circuito tanque lo que implica un contacto del circuito eléctrico con el medio de propagación. Para esto se dispone de las paredes del condensador en los extremos de la bobina y a la vez se estira la bobina. De esta forma se logra un mayor contacto

del campo eléctrico con el medio, emitiéndose una parte del campo eléctrico al exterior, en compañía del campo magnético, representado en la figura 28

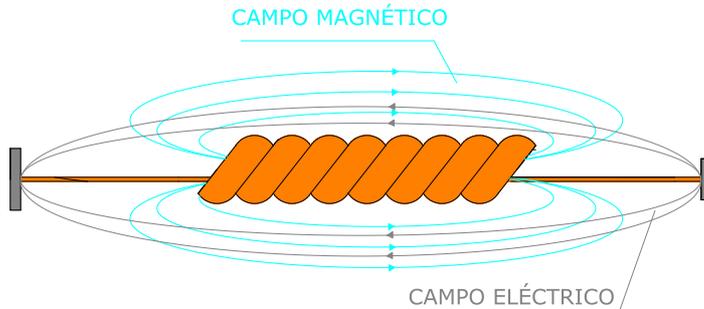


figura 28 circuito tanque abierto

Estas dos componentes del (campo eléctrico y magnético) forman la onda electromagnética. Y su forma es la que a continuación se dibuja siendo perpendiculares las ondas del campo eléctrico y magnético y la perpendicular común a las dos ondas indica la dirección en que se propaga la onda electromagnética, representado en la figura 29

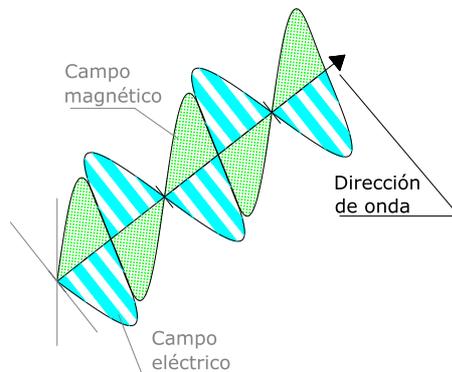


figura 29 onda electromagnética

A continuación se presenta el dibujo de una antena donde se observa la emisión del campo eléctrico y el campo magnético formando la onda electromagnética.

Observaremos que la forma de la antena varía de su original, (bobina y condensador en resonancia paralelo) pero funciona de la misma forma que estas en circuito abierto.

Se ha de tener en cuenta que el espacio intermedio es solo para facilitar el montaje en antenas de radiofrecuencia, no afectando a la creación de la onda electromagnética, en el caso que nos afecta (georradar), es de suponer que este espacio intermedio no existe (véase figura 30)

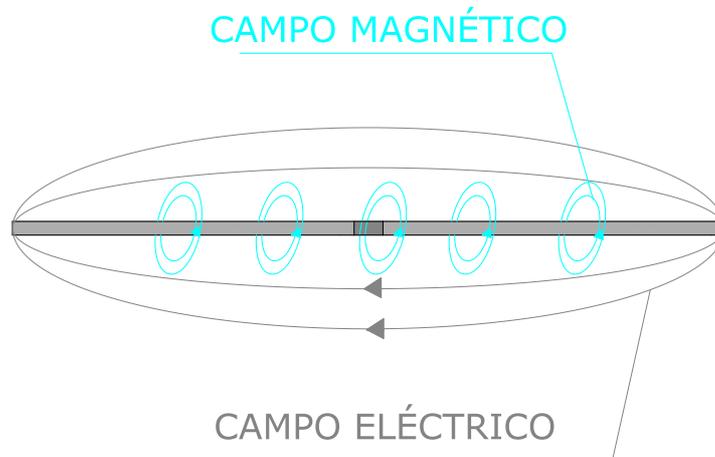


figura 30 dipolo

LONGITUD EFECTIVA DE UNA ANTENA

La longitud efectiva de la antena está directamente relacionada con la longitud de onda ya que de esta depende la longitud del dipolo de la antena, siendo la longitud del dipolo igual a la longitud de onda o la longitud total de la antena igual a $\frac{\lambda}{2}$ si plegamos el dipolo como ocurre con las antenas de televisión y radio. Por tanto también relacionamos este concepto con la frecuencia de la onda ya que a mayor frecuencia, menor longitud de onda y menor longitud del dipolo. Recordaremos que la antena a utilizar es de 2 GHz lo que implica una longitud del dipolo para el vacío de: (véase expresión 11)

$$\lambda = \frac{V}{f} = \frac{\text{velocidad de las ondas electromagnéticas en el vacío}}{\text{frecuencia de antena 2 GHz}} = \frac{300.000.000 \text{ m/s}}{2.000.000.000 \text{ Hz}} = 0,15 \text{ mt.}$$

exp. 11

Como se entenderá, para otro tipo de medios la longitud del dipolo variará en función de la velocidad de propagación de las ondas, aspecto este relacionado con las características dieléctricas del medio así como de su conductividad y permeabilidad magnética



PARÁMETROS Y ELEMENTOS DE UNA ANTENA

FRECUENCIA DE RESONANCIA

Como se comentó anteriormente, esta frecuencia indica el momento en el que existe una máxima transformación de electricidad en ondas electromagnéticas. Y se produce cuando las componentes reactivas del circuito paralelo abierto se anulan (inductiva por parte de la bobina y capacitiva por parte del condensador), quedando sólo la componente activa resistiva provocada por la resistencia del conductor al paso de la energía eléctrica en este caso la antena.

ANCHO DE BANDA

Definiremos el ancho de banda como la cantidad de frecuencias al margen de la de resonancia para las cuales son capaces las antenas de reaccionar.

DIRECTIVIDAD

Este parámetro nos indica la capacidad de una antena para captar la onda electromagnética dependiendo de su orientación o del tipo de construcción de la antena. Pudiendo ser omnidireccionales, con capacidad para emitir y captar señales de cualquier dirección y direccionales, con capacidad para emitir y captar señales en una dirección, (caso de las antenas del georradar).

Existen otros tipos de parámetros de la antena que no van a afectar para el estudio del georradar.

Es importante tener en cuenta que la dimensión del dipolo de la antena (parte encargada de la antena de emitir o captar las señales) está directamente relacionada con la longitud de onda de la señal a emitir.

Como se ha comentado anteriormente una onda electromagnética está formada por un campo eléctrico y un campo magnético situados en planos perpendiculares entre sí y con dirección a la perpendicular común., emitida por una antena (dipolo) y captada por otra. A continuación se describen los parámetros característicos de una onda electromagnética.

PERIODO (T)

Al tratarse de una onda electromagnética que ha sido creada por una corriente alterna senoidal esta también adopta la forma de una onda senoidal aplicándose las



mismas características que a la primera como son el periodo definido como el tiempo que tarda en realizar una señal un ciclo completo. Su medida es en segundos

FRECUENCIA (Hz)

Definiremos la frecuencia como el número de ciclos que una señal realiza en un segundo. Su medida es el *Hercio* que equivale a un ciclo en un segundo, representado en la expresión 12 y 13

$$f(\text{Hz}) = \frac{c\left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)}{\lambda(\text{m})} \quad \text{exp. 12}$$

$$f(\text{Hz}) = \frac{1}{T(\text{s})} \quad \text{exp 13}$$

VELOCIDAD DE PROPAGACION

La velocidad de propagación de las ondas electromagnéticas dependería del medio, siendo en el vacío de 300.000 km/s.

En los diferentes medios esta velocidad vería según la conductividad del medio y su constante dieléctrica, aumentando la velocidad de propagación en un medio conductor y disminuyendo esta en un medio con una constante dieléctrica mayor.

LONGITUD DE ONDA $\lambda(m)$

Es el espacio que recorre la onda en cada ciclo, y su medida por ser de longitud, es en metros.

Se deduce que los conceptos longitud de onda y frecuencia son inversos al igual que frecuencia y periodo

AMPLITUD DE ONDA

Es el máximo valor que puede alcanzar una onda en relación a un eje determinado, (eje Y cartesiano).

POTENCIA

Con este parámetro se establece la cantidad de energía que transporta la señal. A medida que la señal se aleja del emisor su potencia disminuye con el cuadrado de la distancia (en el vacío) a esto se le llama **atenuación**, que también se ve influenciada con la mayor frecuencia de la señal. En los medios materiales esta atenuación se ve incrementada por la constante dieléctrica del medio, siendo mayor la atenuación a una constante dieléctrica mayor

POLARIZACIÓN

Se trata del estado o posición que tiene la señal en el medio de propagación, siendo esta lineal si no se cambia en el trayecto. El cambio de polarización puede deberse al cambio de medio influenciado por la permitividad dieléctrica del nuevo medio o por la reflexión de la onda en el nuevo medio, representado en la figura 26

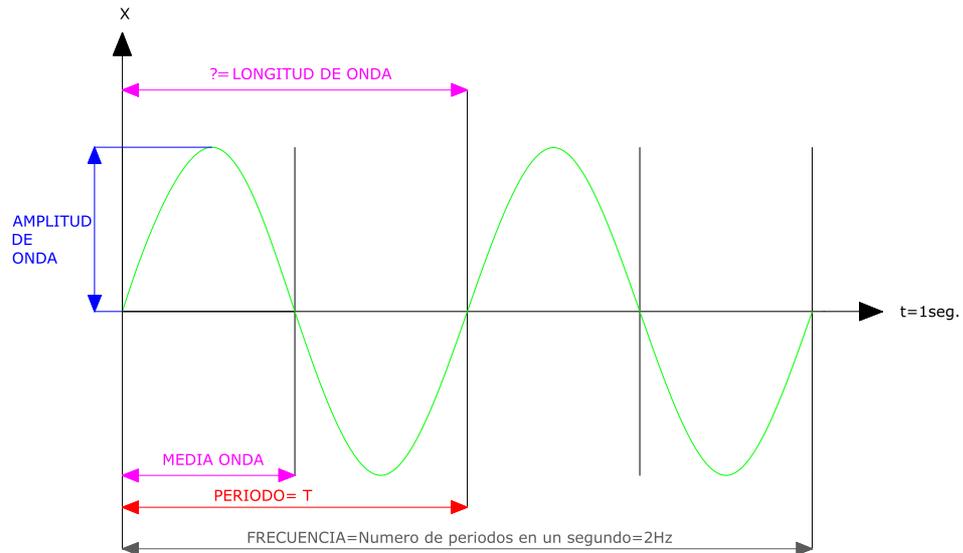


figura 26 ciclo y período de onda senoidal

En la figura 31 se muestra un ejemplo de espectro electromagnético*

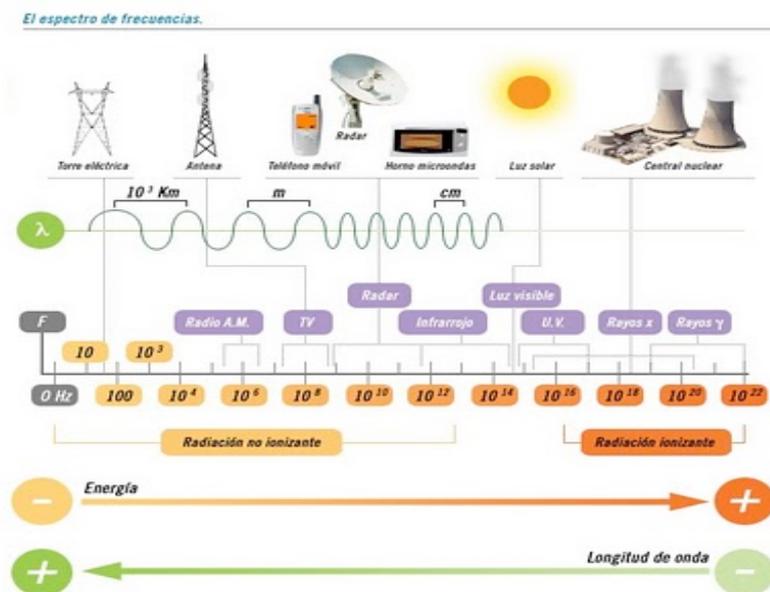


figura 31 (esquema fotografiado del libro *INSTALACIONES SINGULARES EN LOS EDIFICIOS*, EDITORIAL THOMSON, AÑO 2002.)

4.2. DESCRIPCION DEL EQUIPO

Podríamos decir que el georradar es básicamente un radar tradicional que emite señales electromagnéticas a través de una antena y las recibe a través de otra antena, la diferencia con una radar tradicional es que el medio de transmisión no es solamente el aire sino que se transportan las ondas a través de cualquier medio. (en nuestro caso la madera). En la figura 32 a un esquema básico de sus componentes y en la figura 32 b podemos ver una imagen del georradar empleado en el estudio

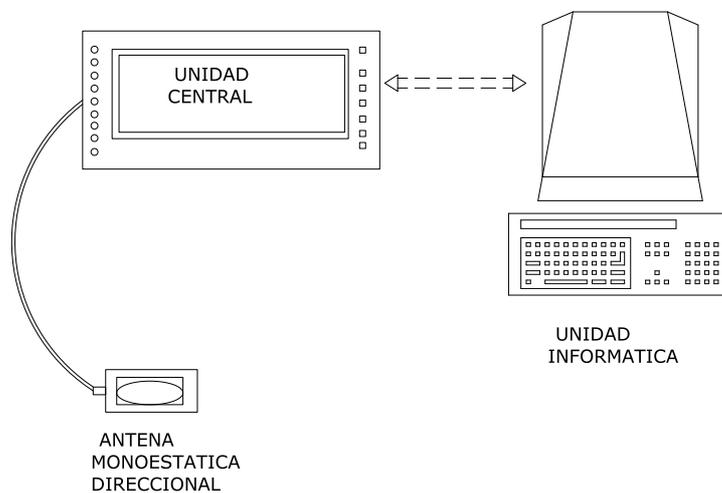


figura 32 a esquema básico de los componentes



figura 32 b georradar



Lo único a tener en cuenta es que dependiendo del espesor del medio se recibirán en mejores condiciones las ondas para posteriormente ser tratadas. Todo esto requerirá pues, un calibrado previo del equipo para que las ondas electromagnéticas recibidas puedan ser estudiadas en las condiciones óptimas, este punto de calibrado lo trataremos posteriormente en el trabajo.

COMPONENTES DEL GEORRADAR

Como se ha mencionado anteriormente el equipo de georradar lo componen una antena emisora, una antena receptora, una unidad capaz de crear impulsos electromagnéticos y una unidad de registro, denominándose las dos anteriores unidad central.

UNIDAD CENTRAL

La unidad central la compone un equipo electrónico capaz de generar impulsos en forma de ondas electromagnéticas, además esta unidad central es capaz de procesar estos impulsos para que, una vez recibidos, puedan ser tratados y visualizados en una pantalla, pudiendo ser observados en tiempo real por las personas encargadas del correcto funcionamiento del equipo. Para esto, la unidad central dispone de elementos de control con los que el operario puede variar el tipo de visualización en forma de ondas observándose los posibles cambios de polarización de las ondas además de las amplitudes de éstas en cada cambio de medio o interface. Otro tipo de visualización es posible mediante la adaptación a una escala cromática, siendo este otro modo para procesar la información recibida. Es en el programa radan (programa dónde visualizamos los datos obtenidos del georradar) donde se pueden realizar todos aquellos cambios y modificaciones visuales para la lectura de los radargramas (tales como cambios en el aumento de ganancia, cambios cromáticos, etc) todo ello con la finalidad de obtener una mayor visualización para facilitar la toma de datos.

Para un correcto funcionamiento del equipo, en la unidad central se realiza un calibrado previo y es en esta donde también se disponen los elementos de control para dicho calibrado

La unidad central se comunica con las antenas mediante la conexión de un cable que transporta la energía de las ondas a la antena emisora y posteriormente recoge las reflexiones que recibe la antena receptora de las ondas a cada cambio de interface.



Toda esta información es almacenada por la unidad central en forma de soporte informático permitiendo ser analizada en ordenadores una vez adquiridos los diferentes registros que requieran los estudios a realizar.

La unidad central es alimentada con una batería de 12 v. de c.c. que se recarga cuando se consume la energía, conectándose esta a una fuente de 230 v. de c.a. debiendo disponer por tanto de un puente rectificador para transformar la c.a. 230v. en c.c. 12v.

Por ultimo se tendrá en cuenta que la unidad central, representado en la figura 33 dispone de elementos capaces de amplificar las ondas recibidas para una mejor interpretación de las señales recibidas



figura 33 unidad central

ANTENAS

A continuación describiremos los aspectos fundamentales de las antenas que componen el equipo de georradar. Primero destacar la importancia de la directividad de las antenas, aspecto explicado anteriormente, y que en nuestro estudio requiere que sea una antena directiva (emite en una dirección determinada) y no omnidirecta o isotrópica (emite en todas direcciones).

Un segundo punto a tratar es la longitud de la antena, aspecto este que relacionamos con el tipo de señal (frecuencia a emitir) y todo esto vendrá relacionado también en cierto modo con el medio a estudiar.



Destacar que a frecuencias altas existe una mayor resolución de imágenes pero la pérdida de energía de la onda se incrementa notablemente (atenuación) y esto implica una profundidad menor de penetración de la onda en el medio estudiado. Por otro lado una señal de baja frecuencia permite una mayor penetración en el medio pero conlleva una peor resolución de la señal.

La frecuencia de emisión de resonancia de nuestra señal es de 2 Ghz. Esta señal requeriría una longitud efectiva de la antena de 15 cm. en el vacío, variando en función del medio a estudiar.

Por ultimo tendremos en cuenta el numero de dipolos del equipo, pudiendo ser de un solo dipolo en una envolvente, de dos dipolos en una misma envolvente y de dos dipolos en dos envolventes diferentes, las características de cada sistema son las siguientes, en el primer y segundo caso de una sola envolvente, permiten un mejor trabajo para estudios en los que se tengan que realizar muchos perfiles o perfiles continuos permitiendo su desplazamiento con los accesorios necesarios.

En el segundo caso con envolventes separadas, los estudios se realizan separando las antenas entre sí. En la figura 34 se muestra la antena de 2 Ghz utilizada en el estudio

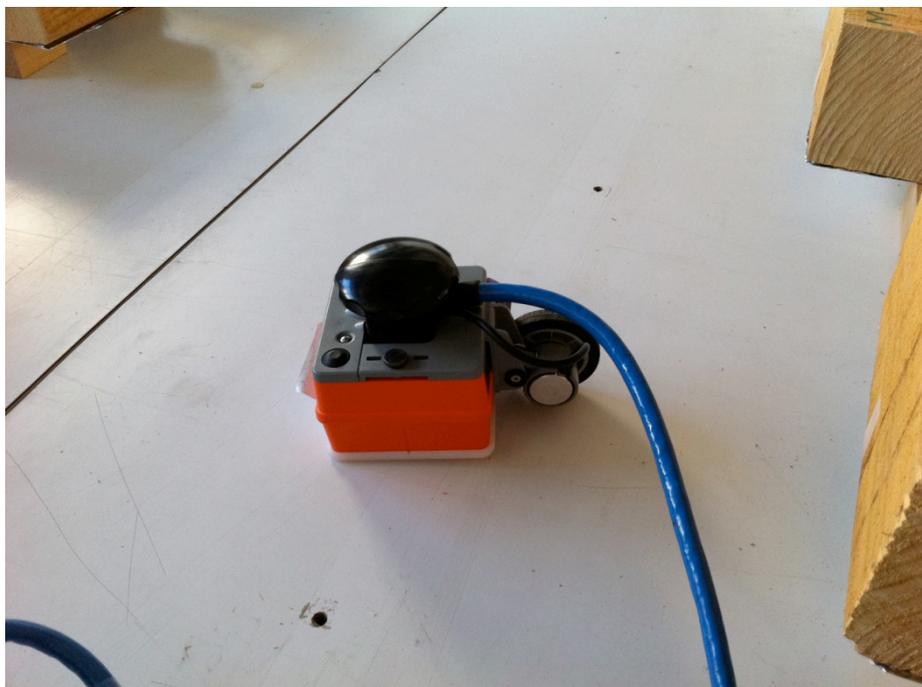


figura 34 antena de 2 Ghz



ACCESORIOS

Por último y dependiendo del tipo de estudio a realizar el equipo de georradar se completa con unos accesorios que pasamos a describir, como son un sistema de marcas que mediante un pulsador introduce en el perfil un marca indicando el comienzo y fin de cada perfil.

Para estudios o perfiles continuos se dota a las envolventes de las antenas de un sistema de ruedas par permitir su desplazamiento. Otro accesorio puede ser la introducción de un odómetro para contabilizar los desplazamiento en metros.



5. DISEÑO EXPERIMENTAL

En este apartado se va a reflejar la forma con la que se ha realizado el estudio y la metodología empleada para su ejecución. En un primer lugar se analizan las probetas a emplear, así como su geometría y características. Una segunda parte de este punto trata sobre el calibrado del equipo, siendo una parte fundamental del estudio debido a que, y dependiendo del tipo de material (y su espesor), se deben conseguir unos parámetros para su correcta toma de datos. Por último se refleja la metodología de adquisición de datos con la que van a realizarse la toma de datos, realizar los cálculos y concluir el presente estudio.

5.1 GEOMETRIA DE LAS PROBETAS

En este apartado pasamos a describir muy escuetamente el numero de ensayos realizados para el estudio así como la forma y dimensión de las probetas (posteriormente en el punto de adquisición de datos se detalla con mas exactitud la clase de ensayos realizados).

El estudio consiste en realizar mediciones mediante métodos no destructivos con el georradar para analizar el comportamiento dieléctrico de la madera atendiendo a su naturaleza anisotrópica. Para ello nos servimos de 20 probetas con las dimensiones especificadas en la figura 35

En primer lugar se realizan cuatro ensayos por probeta sin reflector metálico, siendo los dos primeros ensayos comparables y disponiéndose la antena en la cara de la probeta en primer lugar con campo magnético emitido por la antena paralelo a las fibras y en segundo lugar perpendicular a las fibras.

Los dos siguientes ensayos son comparables entre ellos y se sitúa la antena a cara y testa de la probeta con el campo eléctrico en posición perpendicular a las fibras. Debido a la perdida de energía de las ondas y para una mejor adquisición de datos se realizan los cuatro ensayos con reflector metálico en una segunda vuelta. Por tanto realizamos 8 ensayos por probeta. Para obtener resultados lo más concluyentes posibles se realizan las mediciones sobre 20 probetas, dando como numero final de ensayos realizados **4x2x20** un total de **160 mediciones** o radar gramas.

Después de realizar todos los cálculos sobre las mediciones, se observa que la probeta número 11 genera gran dispersión, por lo que se procede a rechazarla. Por lo tanto, el estudio se realiza sobre **19 probetas**

Otro aspecto a tener en cuenta es el contenido de humedad que nos indicara posteriormente la densidad de las probetas. La humedad de las probetas para el estudio será de 10,47%. En las figuras 36 a, b y c se observan las medidas de las probetas

Las probetas de pino ruso son prismáticas, teniendo unas dimensiones de 22x22x7,5 cm. (véase figura 35)

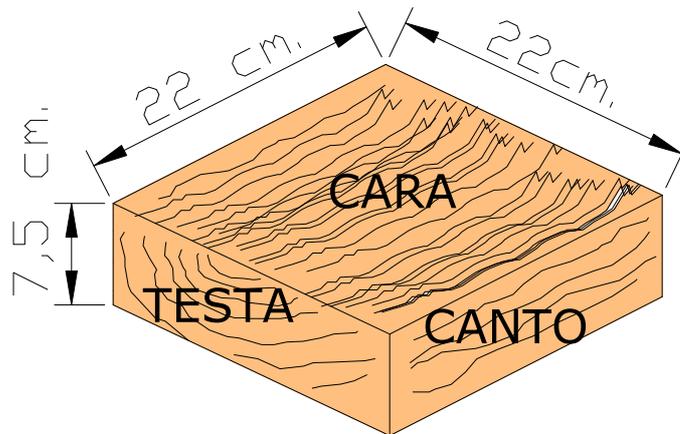


figura 35 dimensiones de probetas



figura 36 a dimensiones probetas



figura 36 b dimensiones probetas



figura 36 c dimensiones probetas



5.2. CALIBRADO DEL EQUIPO

En este apartado, vamos a analizar cómo debemos calibrar el equipo para una correcta visualización e interpretación de los datos obtenidos para la realización de los posteriores cálculos. A continuación, definimos los parámetros necesarios, siendo estos:

Rango: es el valor (en ns) de ajuste temporal que permite la visualización de la totalidad de la traza. Un valor excesivamente pequeño impide la visualización de ésta (este parámetro está condicionado por el espesor del medio a estudiar) y un valor excesivamente grande dificulta también la visualización debido a una acumulación de datos visuales en el inicio de la traza.

Posición de inicio de señal: es el parámetro que permite registrar la medición en un período de tiempo fijado previamente. Con esto se inicia la ventana temporal, permitiendo la visualización de la onda directa para su posterior tratamiento. La totalidad de la ventana temporal incorpora la señal de inicio más el rango.

Puntos por traza: es el número de puntos que incluye una traza, siendo ésta la representación gráfica de una señal. El número de puntos a elegir es variable (depende del rango, ya que a mayor valor le corresponden mayores puntos por traza), eligiendo para este estudio el valor de 512 (puntos por traza).

Como se ha explicado en anteriores puntos el funcionamiento del georradar se basa en la creación de impulsos electromagnéticos por una unidad central, la emisión de estos impulsos mediante una antena, y la captación de las reflexiones que se producen cada vez que se cambia de medio o interface.

Resumiendo, en la figura 37 se aprecia la forma con que se estudia con el equipo de georradar son las características dieléctricas de los diferentes medios que atraviesan las ondas electromagnéticas generadas.

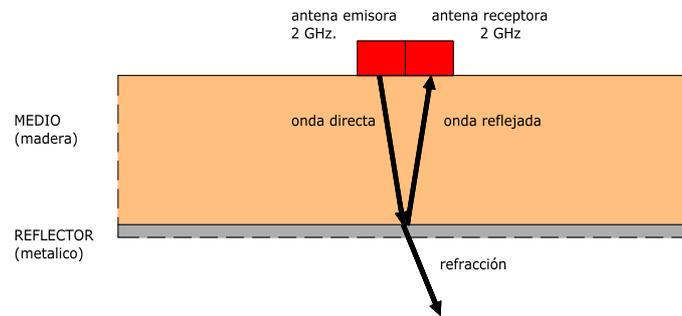


figura 37 esquema general de funcionamiento de la antena

La visualización por el operario, en la unidad central (representado en la figura 38), las reflexiones, es en forma de trazas o pulsos. también pudiendo adaptarse a una escala cromática. Pero para una correcta interpretación de las reflexiones se precisa de un calibrado previo del equipo.



figura 38 visualización en unidad central

Este calibrado previo es debido principalmente a que la unidad central dispone de un tiempo o rango medido en nanosegundos (ns) para el cual se espera que se visualice la onda electromagnética reflejada (tiempo doble de propagación) y también destacar que cada traza o pulso esta formado por un numero de puntos, también llamados Samp/Scan. A continuación se numeran los principales condicionantes para un correcto calibrado del equipo:

1. Para que la traza sea correcta y pueda ser visualizada la reflexión (amplitud de onda en tiempo doble de propagación) el tiempo predeterminado ha de permitir que la reflexión captada por la antena sea registrada, esto evidentemente dependerá del espesor del medio y del tipo de material. (véase el esquema representado en la figura 39)

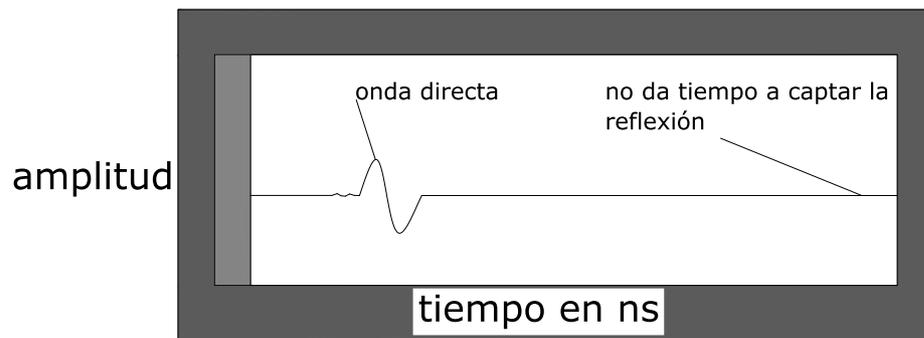


figura 39 reflexión no visualizada

2. Otro aspecto importante a destacar es la superposición de las ondas electromagnéticas, directa y reflejada debido al poco espesor del medio en estudio, factor que nos condicionara el sistema de lectura de la traza. (véase el esquema representado en la figura 40)

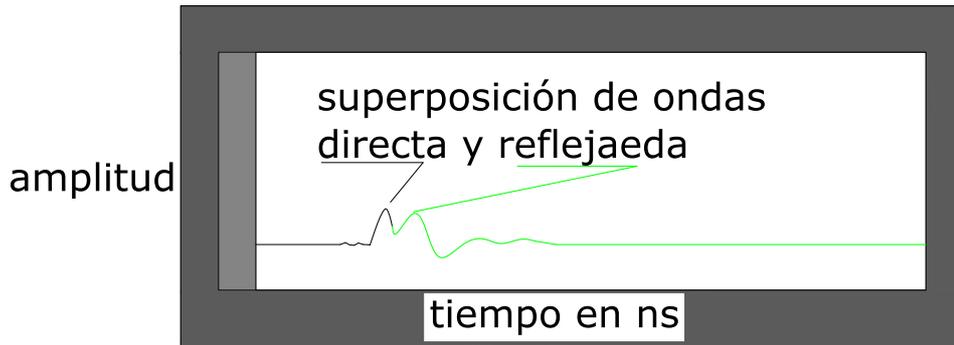


figura 40 superposición de ondas directa y reflejada

3. También tendremos en cuenta no disponer de un rango demasiado elevado ya que esto provocaría una deficiente lectura de la traza debido a que el número de puntos por traza es de 510 repartidos a lo largo de la traza.

En nuestro estudio, y para nuestra información, en la cabecera de las trazas, se han tomado los siguientes valores:

- **Tiempo de inicio de señal** -0,5 ns
- **Rango** 5 ns
- **Puntos por traza (samp/scan)** 512
- **Frecuencia de emisión** 2 Ghz

En la figura 41 podemos visualizar una cabecera de registro dónde se registran los valores para realizar el correcto calibrado

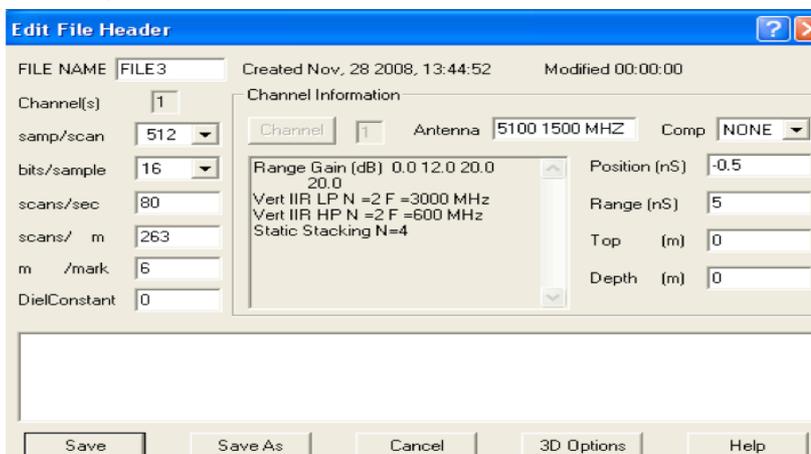


figura 41 cabecera de registro

POLARIZACIÓN DE LAS SEÑALES

Definiremos el cambio de polarización de una señal como el cambio de signo de la amplitud de la señal pasando de la primera amplitud recibida (señal directa) en máximo positivo a una primera amplitud con un cambio de tendencia de la señal recibida o reflexión.

Este cambio de polaridad tiene su importancia, ya que nos permite deducir que existe un cambio real de medio o interface de la señal produciéndose la reflexión y que no ha sido a causa de una posible deficiencia o discontinuidad del material en estudio.

Este cambio de polaridad de la señal solo ocurre si la señal pasa de un material de constante dieléctrica menor a un material con mayor constante dieléctrica.

Por esto de la importancia de disponer de un material metálico para permitir una mejor reflexión ya que por una parte amplifica la reflexión y por otra al producirse el cambio de polaridad (recordar que el metal es conductor eléctrico) nos confirma la reflexión de las ondas electromagnéticas.

En el estudio se podrá observar la diferencia de disponer de reflector metálico y cuando no disponemos de este, ya que en el segundo caso la señal se ve muy atenuada y además no hay cambio de polaridad debido a que el cambio de interface madera-aire no la provoca (la madera tiene mayor constante dieléctrica que el aire) (véase esquema representado en la figura 42)



figura 42 cambio de polaridad en la reflexión

ATENUACIÓN Y GANANCIA.

Otro aspecto importantísimo a tener en cuenta para la correcta visualización de la traza es la pérdida de potencia de la onda electromagnética, también llamada **atenuación**, esta atenuación se ve incrementada por una mayor frecuencia de emisión y por una mayor constante dieléctrica de la clase de medio estudiado, impidiendo en muchos casos la visualización de la reflexión.

Para evitar esto, el equipo de georradar en su unidad central dispone de elementos para amplificar las señales emitidas, a estos elementos se les denomina **ganancia**.

Por tanto debemos antes de comenzar el estudio, prever la utilización de ganancia en las ondas electromagnéticas o lo que es lo mismo, amplificar las señales emitidas. (véase figura 43)

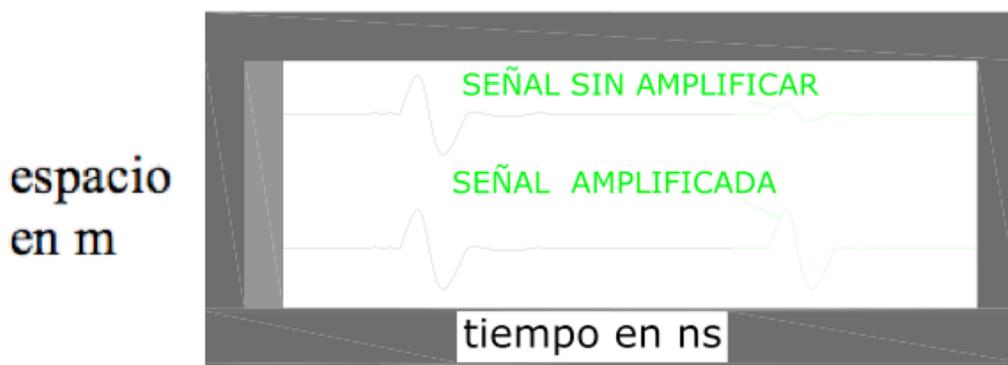


figura 43 atenuación y ganancia

5.3. MÉTODO DE ADQUISICION DE DATOS

En este apartado se va a realizar una introducción de los diferentes métodos de adquisición de datos con un equipo de georradar, dependiendo del medio o material a estudiar (entendiéndose la adquisición de datos como la forma de medición y posterior lectura para realizar los cálculos). Seguidamente se especifica la forma de adquisición de datos realizada en nuestro estudio

A continuación se esquematiza las diferentes formas de estudio de materiales o medios con el georradar dependiendo de la forma de trabajo con la antena, representado en la figura 44

Seguidamente especificamos la forma de trabajo en nuestro estudio.

Para el estudio se van a realizar ocho mediciones por probeta, cuatro con reflector y cuatro sin reflector. Las mediciones se realizaran con la antena en posición paralela a las fibras, una segunda medición será con la antena en posición perpendicular a las fibras, a continuación se medirá con la antena situada en la testa de la probeta y por ultimo, se realiza la medición en la cara. Como tendremos veinte probetas nos da un total de **160 registros** o radargramas para su posterior estudio. (véase figura 45)

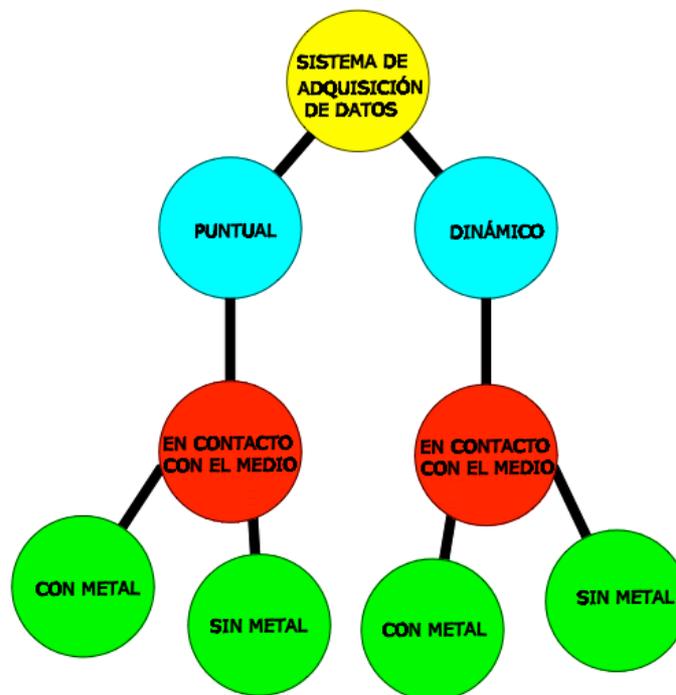


figura 44 sistema de adquisición de datos

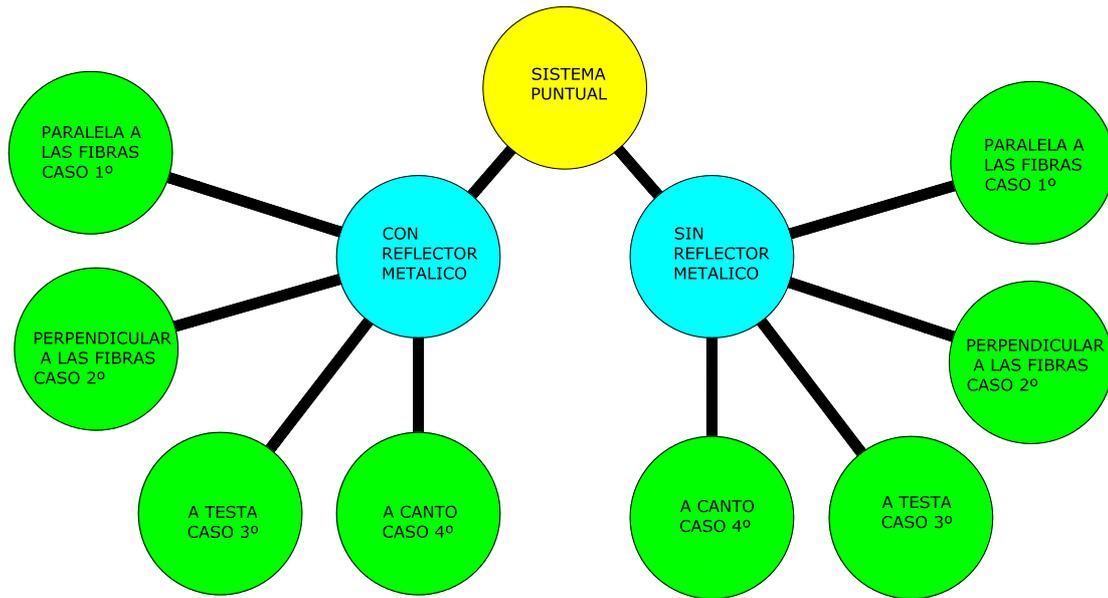


figura 45 esquema sistema puntual

POSICIÓN DE LA ANTENA Y DIRECCIÓN DEL CAMPO ELÉCTRICO

A continuación nos referimos a la posición de la antena como la situación física de ésta respecto a la dirección de las fibras de la madera. El campo eléctrico es el que condiciona la polarización del medio o dieléctrico, por tanto es importante conocer la posición de éste con respecto a las fibras. Para facilitar su comprensión hay que destacar que la dirección del campo eléctrico es perpendicular a la posición de la antena. Los casos a estudiar son:

En el caso 1º el campo eléctrico es paralelo a las fibras.

En el caso 2º el campo eléctrico es perpendicular a las fibras.

Los dos casos anteriores son comparables entre si para el estudio.

En el caso 3º el campo eléctrico es perpendicular y radial a las fibras.

En el caso 4º el campo eléctrico es perpendicular y tangencial a las fibras.

Los dos casos anteriores son comparables entre si para el estudio. En la figura 47 se representan los 4 casos dónde situamos la antena.

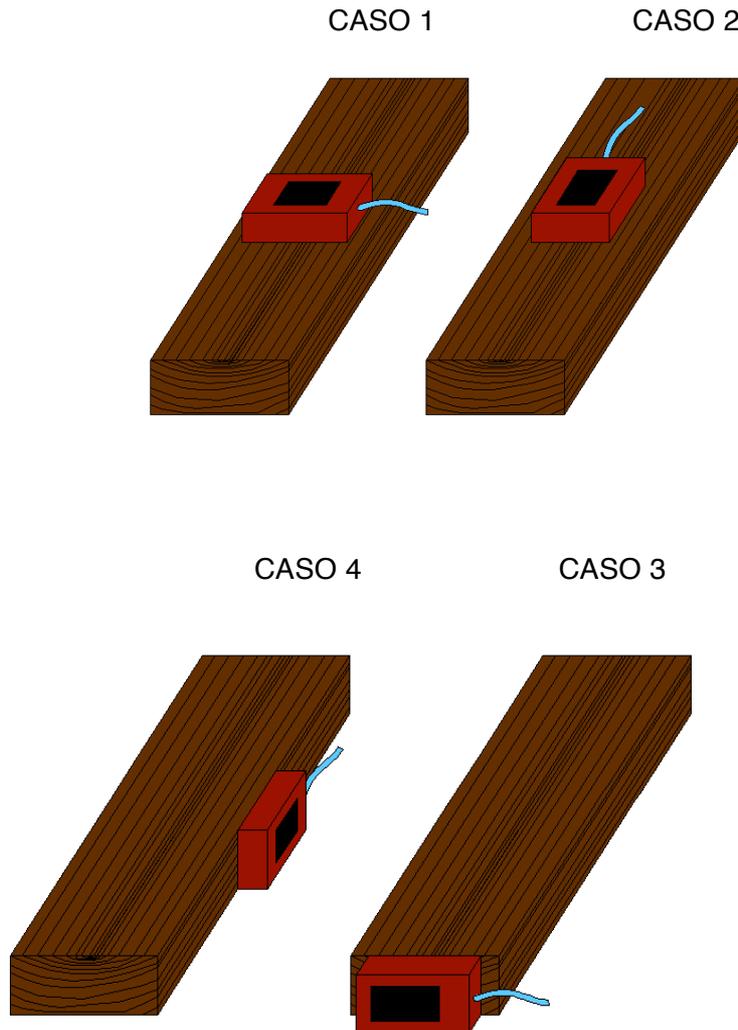


figura 46 posiciones de trabajo de la antena

A continuación se detallan los parámetros a medir en el radargrama y la forma de obtenerlos.

Para esto adquiere una gran importancia la utilización o no del reflector metálico así como del espesor de la probeta en las diferentes posiciones de la antena.

Para el caso 1º y 2º y debido al poco espesor de la probeta, es inevitable la superposición de las ondas directa y reflejada, por lo tanto será imprescindible la utilización del reflector metálico para la obtención de resultados ya que en la onda reflejada con reflector se aprecia un cambio de polaridad al pasar de un medio a otro y nos serviremos de este cambio de polaridad para realizar las mediciones en la onda sin reflector (véase figura 47)

Los parámetros a medir serán:

T1.....1º máximo positivo onda directa.

T2.....1º máximo positivo onda reflejada.

A1.....1ª amplitud onda directa en 1º máximo positivo

A2.....2ª amplitud onda reflejada en 1º máximo positivo

Para realizar estas mediciones dispondremos de los dos radargramas a la vez (con y sin reflector) de esta forma visualizamos el cambio de tendencia de la reflexión cuando utilizamos reflector metálico y ese mismo punto es donde tomaremos datos en la probeta sin reflector. (véase figura 47)

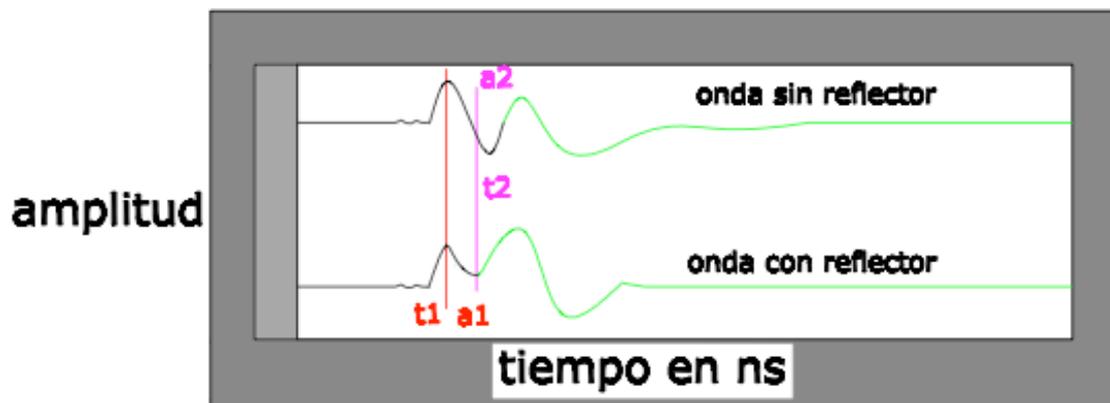


figura 47 visualización de trazas caso 1 y 2

Para el caso 3º y 4º el espesor de la probeta es suficiente para que no se superpongan las señales, pero debido a la atenuación de la señal cuando no se utiliza reflector es imposible visualizar y medir los parámetros en estudio. Para obtener los datos tendremos dos opciones, la primera será amplificar la señal de la probeta sin reflector metálico. El segundo caso sería tomar datos en el 1º máximo positivo de la onda reflejada con reflector, también para la onda sin reflector utilizando los dos radargramas a la vez.

Los parámetros a medir serán:

T1.....1º máximo positivo onda directa.

T2.....cambio de tendencia de la onda reflejada con reflector

T3.....1º máximo positivo onda reflejada.

A1.....1ª amplitud onda directa en 1º máximo positivo.

A2.....1ª amplitud onda reflejada en cambio de tendencia.

A3.....2ª amplitud onda reflejada en 1º máximo positivo.



Para realizar estas mediciones o amplificamos la señal en el radargrama para la probeta sin reflector o utilizamos los dos radargramas a la vez (con y sin reflector) de esta forma medimos donde se produce el 1º máximo positivo de la onda reflejada con reflector también para la probeta sin reflector. (véase figura 48)

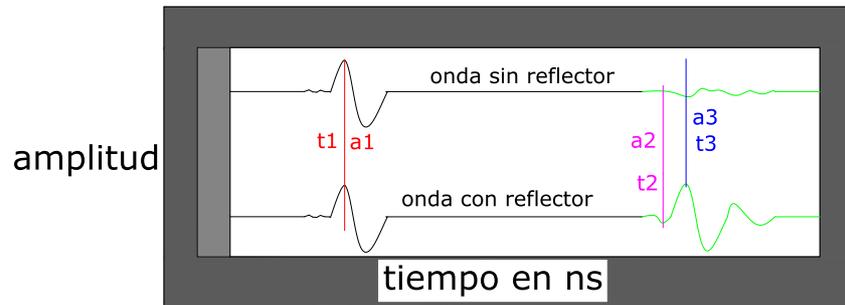


figura 48 visualización de trazas caso 3 y 4

REPORTAJE FOTOGRÁFICO

A continuación en las figuras 49 a, b y c se muestra una serie de fotografías dónde se observa el proceso realizado con la antena del georradar, así como la correcta utilización de ésta. se muestra el proceso de medición realizado con la antena de georradar, trabajando sobre probetas.

En la figura 50 se aprecia el operario especializado manejando la unidad central, así como el equipo completo de georradar.



figura 49 a



figura 49 b



figura 49 c



figura 50

En las siguientes figuras (figura 51 a, b, c y d) se muestran los ragargramas obtenidos de las mediciones para su posterior análisis, cálculo y interpretación

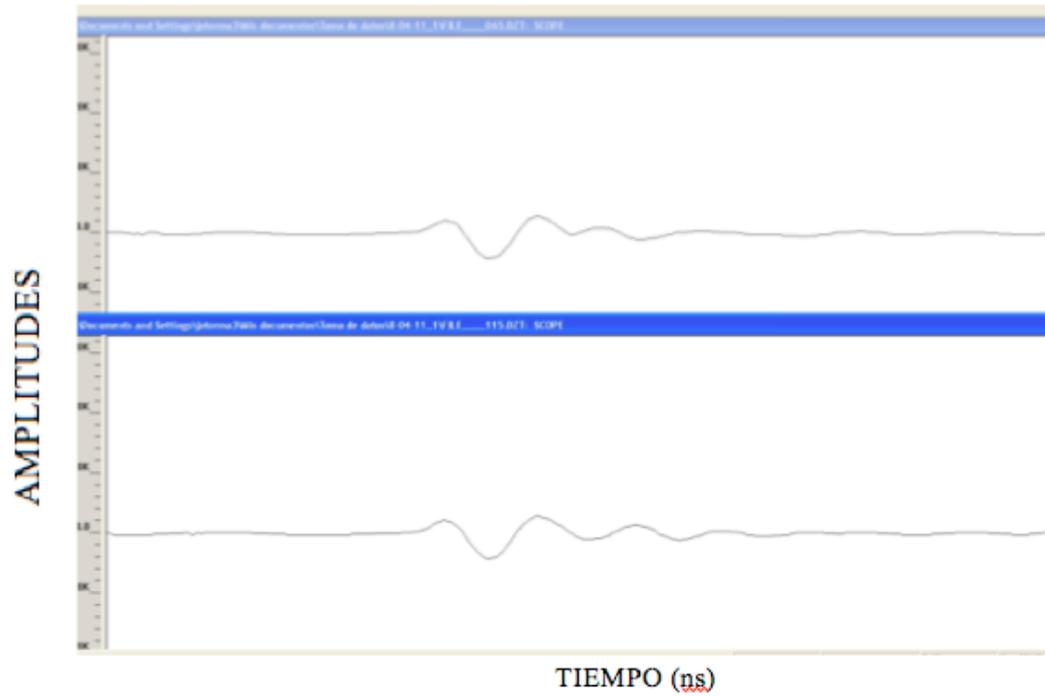


figura 51 a caso 1 con y sin reflector

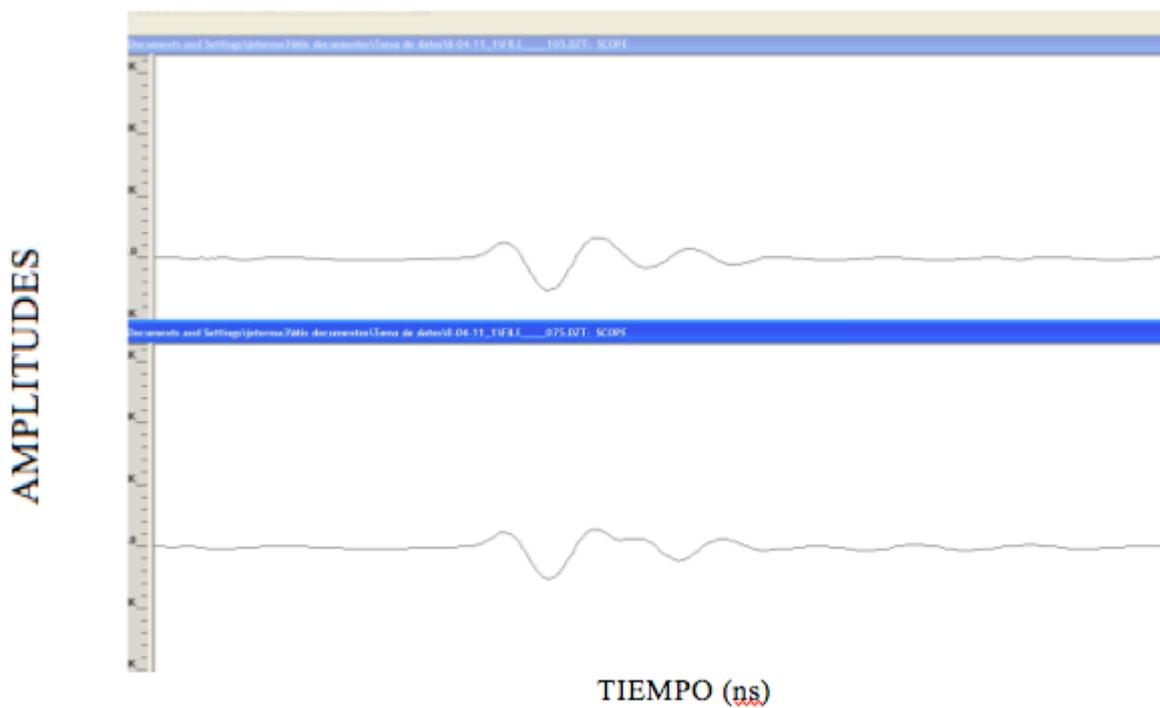


figura 51 b caso dos con y sin reflector

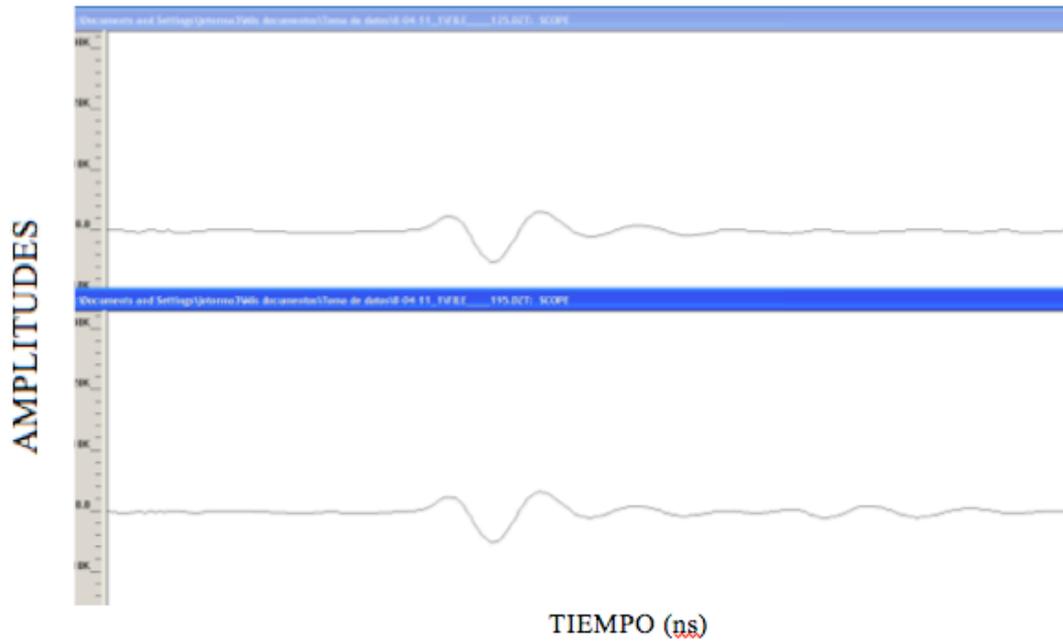


figura 51 c caso tres con y sin reflector

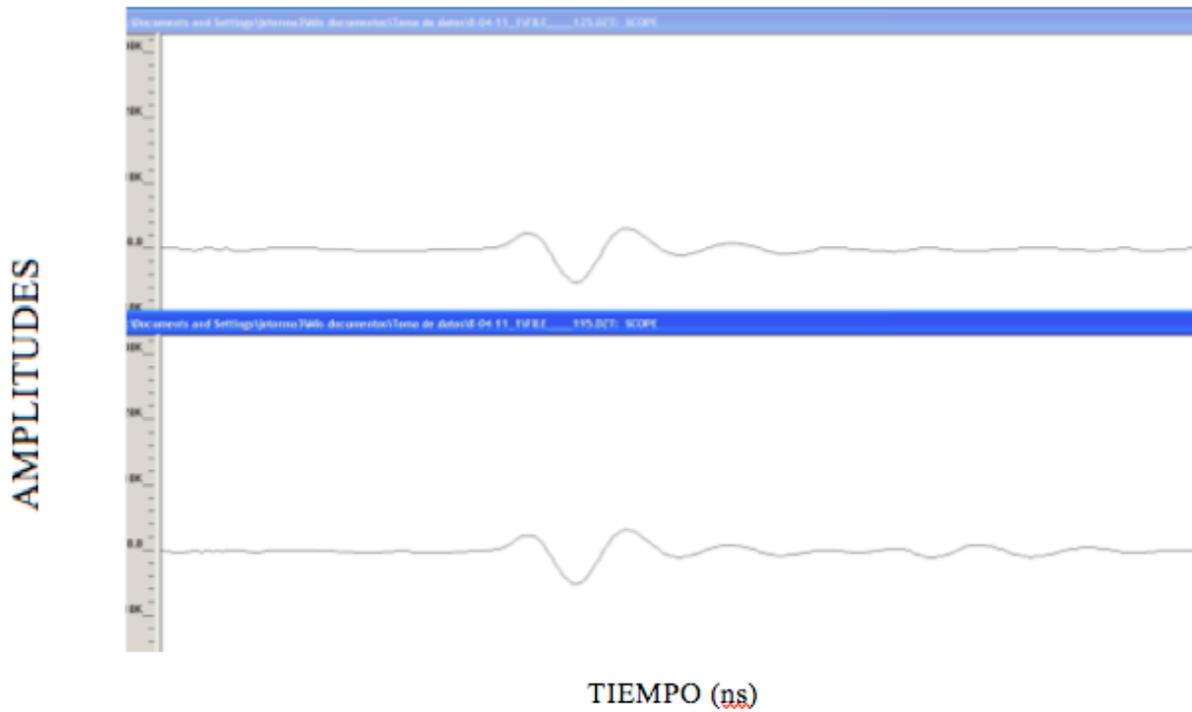


figura 51 d caso cuatro con y sin reflector



6. CÁLCULOS Y MEDICIONES

- En este apartado trataremos de resumir la metodología empleada para la consecución de los cálculos requeridos en el estudio.

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

En primer lugar se determina el contenido de humedad de las probetas así como la densidad de estas para dicho contenido de humedad. Este aspecto es importante debido a que a mayor contenido de humedad mayor constante dieléctrica. Las expresiones utilizadas para este cálculo son:

$$H\% = \frac{P_h - p_s}{p_s} \times 100 \quad \text{exp. 1}$$

Donde:

H%= % contenido de humedad.

Ph= peso húmedo de la probeta.

Ps= peso seco de la probeta.

A continuación se calcula la densidad de las probetas para dicho contenido de humedad con la siguiente expresión.

$$D = \frac{\text{peso}}{\text{volumen}} = \text{kg/m.} \quad \text{exp 14}$$

El siguiente paso será y después de haber realizado todas las mediciones requeridas, calcular las diferentes velocidades de propagación, constantes dieléctricas y relaciones entre diferentes constantes.

METODOLOGIA DE CALCULO DE VELOCIDADES DE PROPAGACION Y CONSTANTES DIELECTRICAS

En primer lugar hemos de tener en cuenta que es lo que vamos a estudiar para que el método de adquisición de datos sea el adecuado.

Este estudio consiste en el análisis de las características anisotrópicas de la madera, en especial del pino ruso, mediante la utilización de técnicas no destructivas, en este caso del georradar. Para conseguir este objetivo nos servimos de los radargramas que es la forma de visualizar las reflexiones de las ondas electromagnéticas emitidas por la antena del georradar que se producen en los cambios de interface.

De este modo comprobamos las características eléctricas (constantes dieléctricas) de la madera en sus diferentes posiciones referidas la dirección de las fibras (anisotropía de la madera).



Para realizar esto disponemos del radargrama en el que mediante dos ejes, uno de tiempos dobles de propagación y otro de distancias o amplitudes de onda (en forma puntual que es nuestro caso no nos afecta la distancia recorrida por la antena), podremos calcular la constante dieléctrica del medio, así como las amplitudes de onda. A partir de la expresión 15 se deducen las expresiones 16 y 17 necesarias para los cálculos, que junto con los radargramas (en donde medimos los tiempos que tardan las ondas directas y reflejadas), nos permite, aplicando las expresiones anteriormente mencionadas, los cálculos de velocidades de las ondas electromagnéticas y las constantes dieléctricas del medio

$$2\sqrt{\varepsilon} = \frac{c \Delta t}{H} \quad \text{exp. 15}$$

Donde conocemos:

Δt = tiempo doble de propagación de las ondas medido en el radargrama.

H =espesor del medio, en nuestro caso las probetas.

C =velocidad de propagación de las ondas electromagnéticas en el vacío.

2 = referido al doble espesor debido al recorrido de la reflexión.

Desconocemos la constante dieléctrica (ε) que es el caso a estudiar en las diferentes posiciones de la probeta.

Para poder interpretar los datos obtenidos en el radargrama calcularemos las diferentes velocidades de propagación de las ondas en cada uno de los casos con y sin reflector. Para esto nos servimos del incremento de tiempo Δt calculado de la diferencia entre el tiempo de la onda reflejada y el de la directa medida en el radargrama.

Aplicando la expresión $V = \frac{2H}{t_2 - t_1}$ (exp. 16); donde t_1 es el tiempo de llegada de la onda directa y t_2 el de la onda reflejada.

A continuación y con las velocidades de un mismo caso; por ejemplo V_1 del caso uno sin reflector obtenemos la media de todas las probetas, una vez obtenida la media de las velocidades calculamos la varianza, la desviación típica y el coeficiente de variación.

Seguidamente calculamos la constante dieléctrica para cada una de las probetas y casos aplicando la expresión $\varepsilon = \left(\frac{c}{v}\right)^2$. (exp. 17)

Otro aspecto a tener en cuenta es la normalización de cada una de las amplitudes medidas debido a que esta no vienen referidas sobre ningún parámetro.



Esto lo conseguimos dividiendo cada una de las amplitudes medidas con la amplitud de una onda lanzada al aire de valor 2797 unidades.

Por ultimo se pasa al análisis de los diferentes casos comparando:

En el caso 1º el campo eléctrico es paralelo a las fibras.

En el caso 2º el campo eléctrico es perpendicular a las fibras.

Los dos casos anteriores son comparables entre si para el estudio.

En el caso 3º el campo eléctrico es perpendicular y radial a las fibras.

En el caso 4º el campo eléctrico es perpendicular y tangencial a las fibras.

Los dos casos anteriores son comparables entre si para el estudio.

En la figura siguiente se observa la disposición en el eje de abscisas de tiempos dobles de propagación en ns. y en el de ordenadas las amplitudes.



figura 52 ejes de amplitudes y tiempos

METODOLOGIA CALCULO VARIANZAS Y DESVIACIONES TIPICAS

La manera de tener una referencia para saber el grado de dispersión de los datos del estudio es mediante la utilización de formulas estadísticas tales como varianza, desviación típica y coeficiente de variación. Estos cálculos se realizan mediante las siguientes expresiones:

$$\text{Varianza} = \delta^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \quad \text{exp. 18}$$

siendo:



n = número total de valores (por ejemplo de velocidades de propagación en el caso nº 1)

x_i = cada uno de los valores (por ejemplo de velocidades de propagación en el caso nº 1)

x_m = media de todos los valores (por ejemplo de velocidades de propagación el caso nº 1) debido a que la varianza viene en dimensión cuadrática, si queremos referirnos a la medida de las dispersiones de la misma dimensión que las unidades en estudio, utilizaremos la desviación típica como unidad de referencia, siendo esta la raíz cuadrada de la varianza siendo su expresión; $\delta = \sqrt{\delta^2}$ (exp. 19); aun mas, si queremos referir la dispersión en % utilizaremos el coeficiente de variación siendo su

expresión ; $Cu = \frac{\delta}{x_m} 100$. (exp. 20). Seguidamente se refleja en el trabajo el cálculo de contenido de humedad, densidad, tablas resumen de velocidad de propagación, constantes dieléctricas, varianza, desviación típica, coeficiente de variación, los demás datos, mediciones y cálculos están recogidos en el anexo de cálculos y mediciones

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

$$H\% = \frac{Ph-ps}{ps} \times 100$$

$$\text{Probeta primera } H\% = \frac{730,94-661,46}{661,46} \times 100 = 10,50\%$$

$$\text{Probeta segunda } H\% = \frac{657,87-594,1}{594,1} \times 100 = 10,73\%$$

$$\text{Probeta segunda } H\% = \frac{764,78-694,06}{694,06} \times 100 = 10,18\%$$

Media de las tres probetas =10, 47%, contenido de humedad.

CALCULO DE LA DENSIDAD DEL PINO RUSO PARA UNA HUMEDA DEL 10,47%

$$D = \frac{\text{peso}}{\text{volumen}} = \text{kg/m}^3$$

$$\text{Probeta primera } D = \frac{0.732}{0.001603125} = 455,36 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Probeta segunda } D = \frac{0,65787}{0.00151875} = 433,165 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Probeta tercera } D = \frac{0,76478}{0.00151875} = 503,55 \text{ kg/m}^3$$



Media de las tres probetas = 464,02 kg/m³
para un contenido de humedad de 10, 47%,

A continuación, se muestra unas tablas con los calculos obtenidos (tabla 7 y tabla 8), en donde:

V_1 = velocidad de propagación de onda electromagnética caso 1 (ns)

V_2 = velocidad de propagación de onda electromagnética caso 2 (ns)

V_{31} = velocidad de propagación de onda electromagnética caso 3 cambio tendencia(ns)

V_{41} = velocidad de propagación de onda electromagnética caso 4 cambio tendencia(ns)

V_{32} = velocidad de propagación de onda electromagnética caso 3 primer máximo positivo, primera reflexión (ns)

V_{42} = velocidad de propagación de onda electromagnética caso 4 primer máximo positivo, primera reflexión (ns)

E_1 = constante dieléctrica caso 1

E_2 = constante dieléctrica caso 2

E_1/E_2 = relación E_1 / E_2

E_{31} = constante dieléctrica caso 3 cambio tendencia

E_{41} = constante dieléctrica caso 4 cambio tendencia

E_{31}/E_{41} = constante dieléctrica caso

E_{32} = constante dieléctrica caso

E_4 = constante dieléctrica caso

E_{32}/E_{42} = constante dieléctrica caso

A_{11} = amplitud onda directa caso 1

A_{12} = amplitud onda reflejada caso 1

A_{21} = amplitud onda directa caso 2

A_{22} = amplitud onda reflejada caso 2

A_{31} = amplitud onda directa caso 3

A_{32} = amplitud onda reflejada cambio de tendencia caso 3

A_{33} = amplitud onda reflejada primer máximo positivo caso 3

A_{41} = amplitud onda directa caso 4

A_{42} = amplitud onda reflejada cambio de tendencia caso 4

A_{43} = amplitud onda reflejada primer máximo positivo caso 4



Tabla 7 cálculos y resultados obtenidos para el caso 1 y 2

PROBETAS	CASO 1 - 2								
	V1	V2	E1	E2	E1/E2	A11	A12	A21	A22
1	20,55	23,08	2,13	1,69	1,26	0,73	0,07	0,82	0,38
2	20,55	23,08	2,13	1,69	1,26	0,73	0,11	0,87	0,33
3	20,83	22,39	2,07	1,80	1,15	0,73	0,02	0,82	0,38
4	20,83	23,44	2,07	1,64	1,27	0,73	0,11	0,82	0,38
5	20,55	22,73	2,13	1,74	1,22	0,73	0,11	0,82	0,38
6	20,55	22,73	2,13	1,74	1,22	0,73	0,11	0,82	0,38
7	20,55	23,08	2,13	1,69	1,26	0,73	0,20	0,91	0,20
8	20,83	22,39	2,07	1,80	1,15	0,72	0,07	0,82	0,29
9	20,00	22,73	2,25	1,74	1,29	0,64	0,20	0,82	0,29
10	20,00	22,06	2,25	1,85	1,22	0,73	0,29	0,82	0,07
11	20,83	22,73	2,07	1,74	1,19	0,69	0,11	0,82	0,38
12	20,55	22,39	2,13	1,80	1,19	0,69	0,11	0,82	0,29
13	20,00	22,39	2,25	1,80	1,25	0,64	0,16	0,82	0,20
14	20,55	23,08	2,13	1,69	1,26	0,73	0,11	0,91	0,38
15	20,55	23,08	2,13	1,74	1,22	0,73	0,02	0,91	0,38
16	20,55	23,08	2,13	1,90	1,12	0,73	0,24	0,82	0,16
17	20,55	23,08	2,02	1,69	1,19	0,73	0,11	0,91	0,29
18	20,55	23,08	2,07	1,74	1,19	0,73	0,16	0,82	0,02
19	20,55	23,08	2,13	1,85	1,15	0,73	0,11	0,73	0,29
Sumatorio	389,91	433,65	40,45	33,33	23,08	13,66	2,43	15,93	5,44
Media	20,52	22,82	2,13	1,75	1,21	0,72	0,13	0,84	0,29
Suma cuadrados	8002,73	9899,82	86,19	58,55	28,09	9,83	0,39	13,40	1,78
Suma cuadrados/20	421,20	521,04	4,54	3,08	1,48	0,52	0,02	0,71	0,09
varianza	0,06	0,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
Desvi Tip	0,25	0,35	0,06	0,07	0,05	0,03	0,07	0,04	0,11
Coef variac	1,23	1,54	2,89	3,76	3,84	4,02	51,95	5,21	37,51



Tabla 8 cálculos y resultados obtenidos para el caso 3 y 4

CASO 3 - 4																
PROBETAS	V31	V41	E31	E41	E31/E41	V32	V42	E32	E42	E32/E42	A31	A32	A33	A41	A42	A43
1	22,34	22,34	1,80	1,80	1,00	18,57	18,49	2,61	2,63	0,99	0,82	0,07	0,29	0,82	0,11	0,29
2	22,11	22,11	1,84	1,84	1,00	18,18	18,18	2,72	2,72	1,00	0,82	0,07	0,38	0,91	0,11	0,47
3	22,34	22,45	1,80	1,79	1,01	18,57	18,72	2,61	2,57	1,02	0,82	0,07	0,29	0,91	0,07	0,29
4	22,00	22,11	1,86	1,84	1,01	17,96	18,26	2,79	2,70	1,03	0,82	0,07	0,38	0,82	0,07	0,47
5	22,00	21,78	1,86	1,90	0,98	18,33	18,26	2,68	2,70	0,99	0,82	0,07	0,38	0,82	0,07	0,38
6	22,34	22,45	1,80	1,79	1,01	18,41	18,72	2,66	2,57	1,03	0,82	0,07	0,38	0,82	0,07	0,29
7	21,78	21,67	1,90	1,92	0,99	18,11	17,74	2,75	2,86	0,96	0,82	0,07	0,29	0,82	0,07	0,38
8	22,00	22,00	1,86	1,86	1,00	18,03	18,33	2,77	2,68	1,03	0,82	0,07	0,38	0,82	0,07	0,38
9	21,46	21,36	1,95	1,97	0,99	17,74	17,74	2,86	2,86	1,00	0,82	0,07	0,38	0,82	0,07	0,56
10	22,22	22,22	1,82	1,82	1,00	18,41	18,49	2,66	2,63	1,01	0,82	0,07	0,38	0,82	0,07	0,38
11	22,22	22,11	1,82	1,84	0,99	18,72	18,41	2,57	2,66	0,97	0,82	0,07	0,29	0,82	0,07	0,38
12	21,78	22,00	1,90	1,86	1,02	18,26	17,96	2,70	2,79	0,97	0,82	0,07	0,29	0,82	0,07	0,29
13	22,45	22,34	1,79	1,80	0,99	18,57	18,72	2,61	2,57	1,02	0,82	0,07	0,29	0,82	0,07	0,35
14	21,89	22,22	1,88	1,82	1,03	18,03	18,26	2,77	2,70	1,03	0,82	0,07	0,47	0,82	0,07	0,47
15	22,11	22,11	1,80	1,84	0,98	18,18	18,18	2,57	2,66	0,97	0,82	0,07	0,38	0,82	0,07	0,38
16	22,11	22,11	1,90	1,84	1,03	18,18	18,18	2,75	2,70	1,02	0,82	0,07	0,29	0,82	0,07	0,11
17	22,11	22,11	1,86	1,88	0,99	18,18	18,18	2,75	2,66	1,03	0,82	0,07	0,38	0,82	0,07	0,29
18	22,11	22,11	1,90	1,88	1,01	18,18	18,18	2,70	2,72	0,99	0,82	0,07	0,29	0,87	0,07	0,20
19	22,11	22,11	1,93	1,82	1,06	18,18	18,18	2,70	2,59	1,04	0,82	0,07	0,29	0,82	0,07	0,20
Sumatorio	419,48	419,71	35,28	35,11	19,09	346,79	347,19	51,20	50,96	19,10	15,62	1,26	6,46	15,85	1,35	6,52
Media	22,08	22,09	1,86	1,85	1,00	18,25	18,27	2,69	2,68	1,01	0,82	0,07	0,34	0,83	0,07	0,34
Suma cuadrados	9262,23	9272,77	65,55	64,93	19,20	6330,89	6345,84	138,08	136,79	19,21	12,85	0,08	2,25	13,23	0,10	2,45
Suma cuadrados/20	487,49	488,04	3,45	3,42	1,01	333,20	333,99	7,27	7,20	1,01	0,68	0,00	0,12	0,70	0,01	0,13
varianza	0,05	0,06	0,00	0,00	0,00	0,06	0,08	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
Desvi Tip	0,23	0,25	0,05	0,04	0,02	0,24	0,27	0,08	0,08	0,03	0,00	0,00	0,05	0,03	0,01	0,10
Coef variac	1,03	1,15	2,50	2,43	1,95	1,30	1,50	2,85	3,13	2,55	0,00	0,24	15,47	3,38	19,16	30,47



7. RESULTADOS E INTERPRETACION

Para el análisis de los diferentes resultados obtenidos se decide representarlos mediante gráficas ya que es una forma directa y sencilla de visualizar, analizar e interpretar los datos obtenidos.

Las gráficas están compuestas de 19 puntos por función, obtenidos de las mediciones de 19 probetas. (debido a que una de las 20 probetas iniciales, la número 11 se rechaza por la dispersión de sus valores)

El número total de gráficas será el correspondiente a las diferentes comparativas, a modo de resumen, a realizar en el estudio, quedando reflejado en la siguiente tabla:

Tabla 9 resumen de comparativas

VALORES	COMPARATIVA, DIRECCION DEL CAMPO ELECTRICO RESPECTO A LAS FIBRAS y POSICION DE LA ANTENA	REFLECTOR	Nº DE GRÁFICAS
Velocidad	V1; paralela; tabla V2; perpendicular; tabla	si	figura 53
	V3r1; perpendicular; testa V4 r1 perpendicular; canto	si	figura 55
	V3r2 perpendicular; testa V4 r2 perpendicular; canto	si	figura 57
Constante dieléctrica ϵ	ϵ 1; paralela; tabla ϵ 2; perpendicular; tabla ϵ 1/ ϵ 2	si	figura 54
	ϵ 3r1; perpendicular; testa ϵ 4 r1; perpendicular; canto ϵ 3r1/ ϵ 4r1	si	figura 56
	ϵ 3r2; perpendicular; testa ϵ 4 r2; perpendicular; canto ϵ 3r2/ ϵ 4r2	si	figura 58
Amplitud	A1; paralela; tabla A2; perpendicular; tabla	Con reflector Sin reflector	figura 59 figura 60
	A3r1; A3r2; A3r3 perpendicular; testa A4 r1; A4r2; A4r3 perpendicular; canto	Con reflector	figura 61
	A3r1; A3r2; A3r3 perpendicular; testa A4 r1; A4r2; A4r3 perpendicular; canto	Sin reflector	figura 62



COMPARATIVA PRIMERA FIGURA 53 Y SEGUNDA FIGURA 54

Análisis de las velocidades de propagación de las ondas electromagnéticas y de las constantes dieléctricas dependiendo de la dirección del campo eléctrico respecto a las fibras: v_1 ; ϵ_1 paralelo y v_2 ; ϵ_2 perpendicular. Situación de la antena en tabla.

Se observa claramente en las gráficas como la velocidad es mayor cuando el campo eléctrico se propaga en dirección perpendicular a las fibras (v_2) debido a que resulta una constante dieléctrica menor (ϵ_2), por tanto esto indica una menor polarización del dieléctrico en esa dirección.

En la relación ϵ_1/ϵ_2 comprobamos que ciertamente existe un alejamiento de la unidad indicativo de que existen diferencias entre las constantes dieléctricas dependiendo de la dirección del campo eléctrico.

Los resultados anteriores evidencian las diferencias de valores debidas a la anisotropía de la madera.

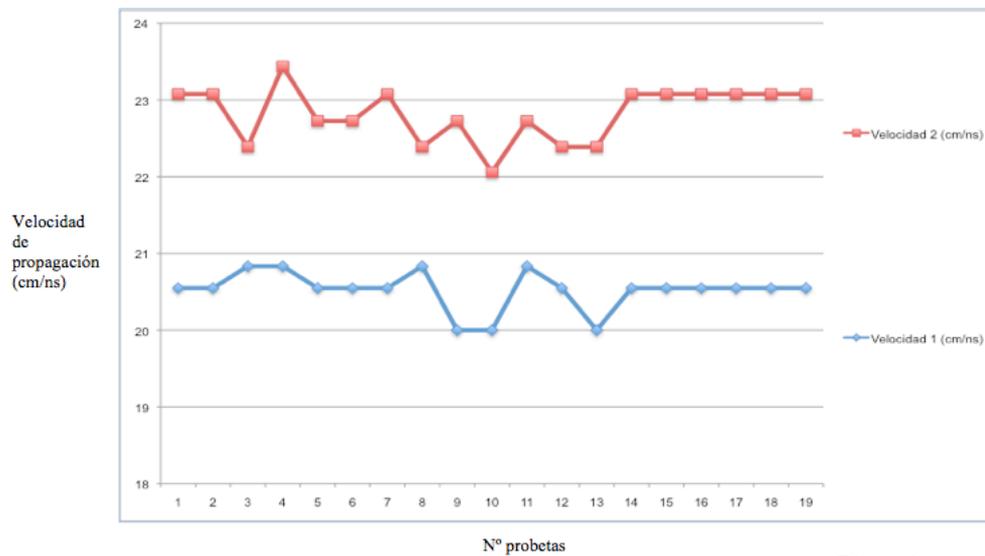


figura 53 gráfica comparativa

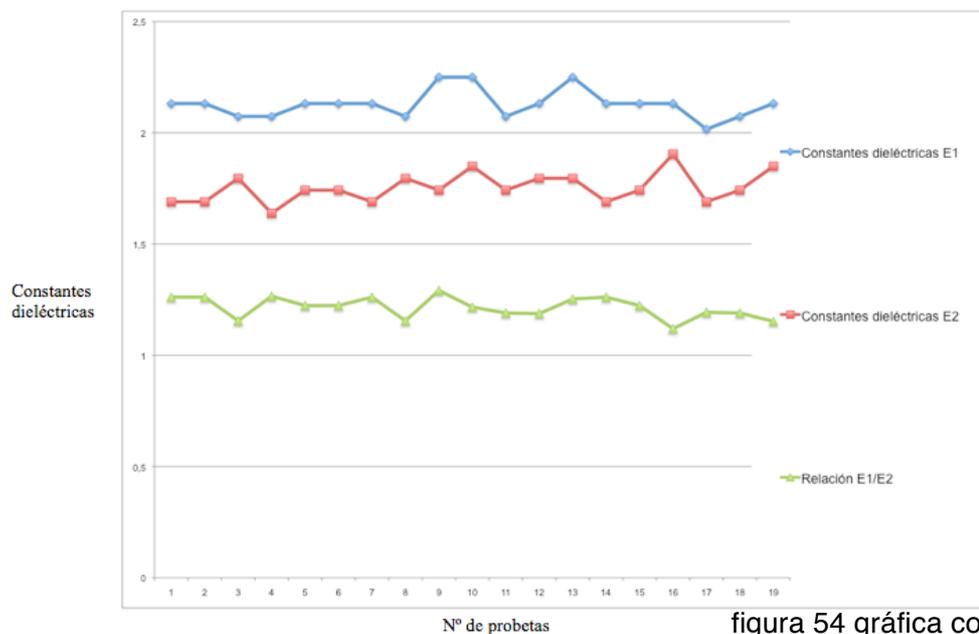


figura 54 gráfica comparativa



COMPARATIVA TERCERA FIGURA 55 Y CUARTA FIGURA 56

Análisis de las velocidades de propagación de las ondas electromagnéticas y de las constantes dieléctricas con el campo eléctrico en dirección perpendicular a las fibras. Situación de la antena a testa (v_{3r1} , ϵ_{3r1} , siendo $r1$ la primera reflexión, y punto de cambio de tendencia); Situación de la antena a canto (v_{4r1} , ϵ_{4r1} , siendo $r1$ la primera reflexión y punto de cambio de tendencia).

Se observa en las gráficas que las velocidades coinciden prácticamente en todos los puntos. Analizando la gráfica deducimos que el posicionamiento de la antena bien sea a testa o a canto no influye en la velocidad de propagación evidentemente esto se refleja en las constantes dieléctricas que son idénticas en todos los puntos (probetas). Por último la relación de constantes dieléctricas ϵ_3/ϵ_4 es igual a uno indicativo de que las velocidades de propagación son iguales para estas posiciones de la antena deduciéndose que es indiferente medir a testa o a canto para analizar las características dieléctricas (no influye la anisotropía de la madera).

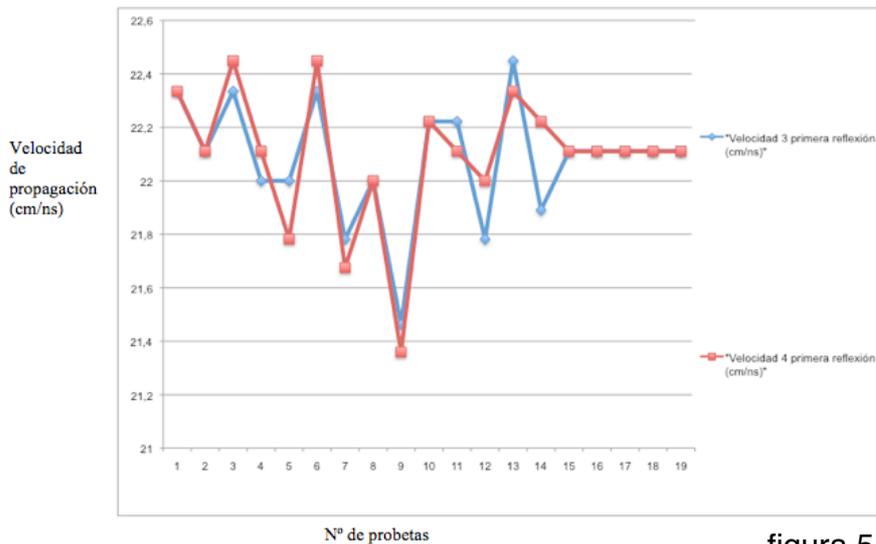


figura 55 gráfica comparativa

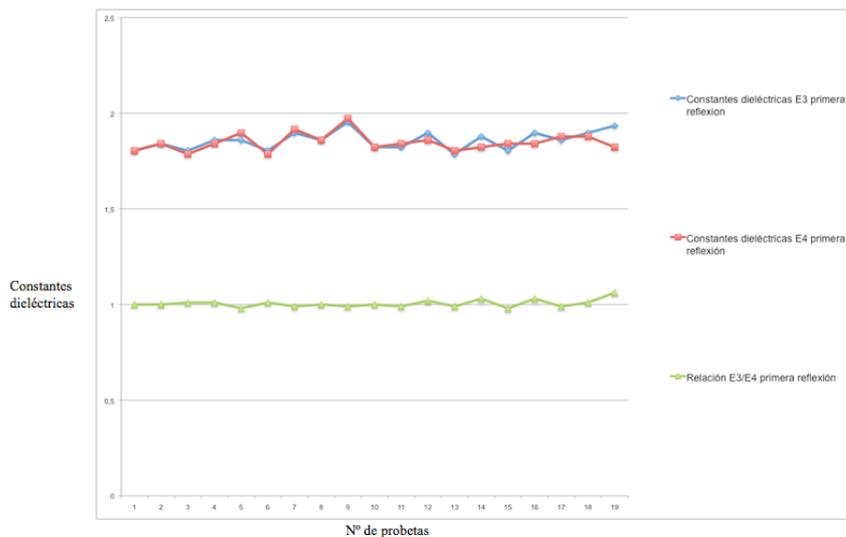


figura 56 gráfica comparativa

COMPARATIVA QUINTA FIGURA 57 Y SEXTA FIGURA 58

Análisis de las velocidades de propagación de las ondas electromagnéticas y de las constantes dieléctricas con el campo eléctrico en dirección perpendicular a las fibras. Situación de la antena a testa (v_{3r2} , ϵ_{3r2} , siendo $r2$ el primer máximo positivo de la onda reflejada); Situación de la antena a canto (v_{4r2} , ϵ_{4r2} , siendo $r2$ el primer máximo positivo de la onda reflejada).

Al igual que en las gráficas 3 y 4 y tratándose de la misma posición de la antena y la misma reflexión las gráficas son prácticamente iguales variando las velocidades entre el caso tres y cuatro en cuatro probetas. Una vez obtenidas las constantes dieléctricas deducimos que prácticamente las velocidades son las mismas y que la relación ϵ_3 / ϵ_4 es igual a uno indicativo de que es indiferente el posicionamiento de la antena en este caso

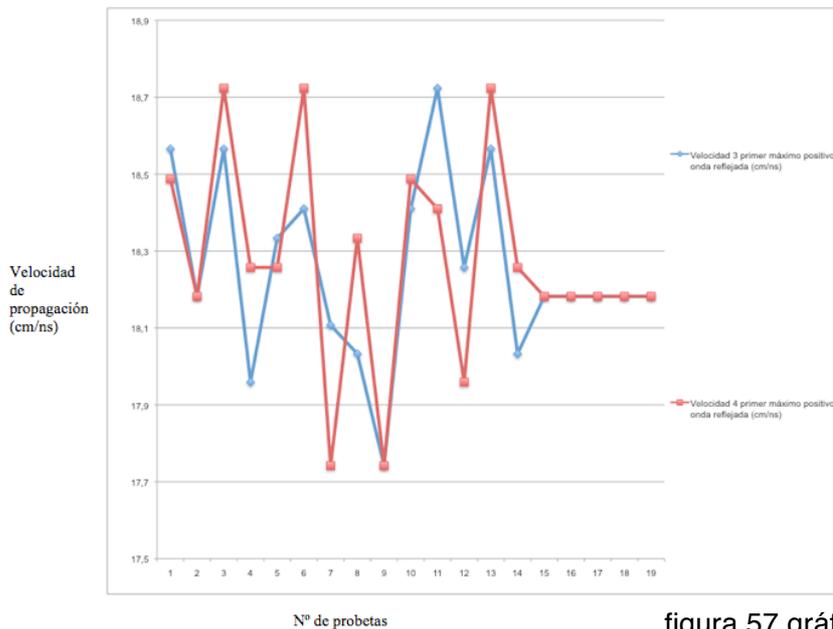


figura 57 gráfica comparativa

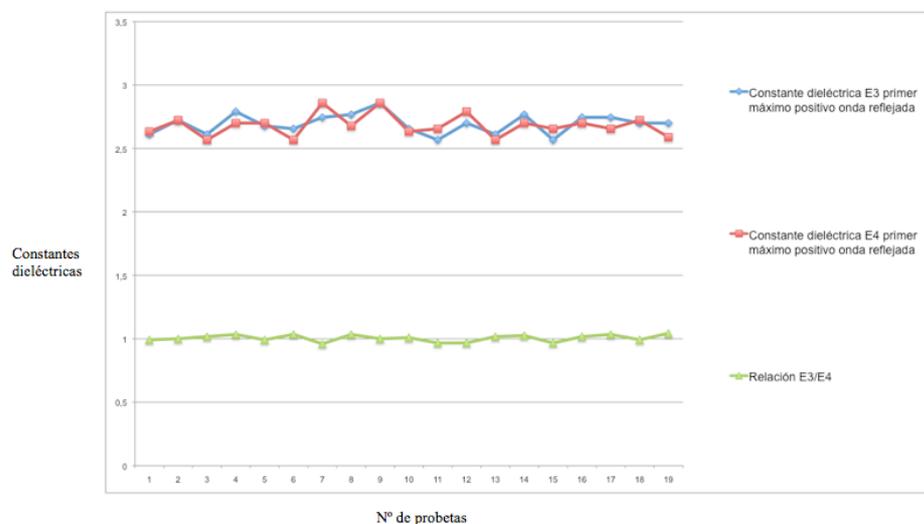


figura 58 gráfica comparativa



COMPARATIVA SÉPTIMA FIGURA 59 Y OCTAVA FIGURA 60

Análisis de las amplitudes de las ondas electromagnéticas dependiendo de la dirección del campo eléctrico respecto a las fibras: A11 paralelo onda directa y A12 paralelo onda reflejada; A21 perpendicular onda directa y A22 perpendicular onda reflejada.

En primer lugar hemos de destacar que existe un coeficiente de variación elevado para las reflexiones tanto en paralelo como en perpendicular indicador de una disparidad en las mediciones obtenidas.

Analizando los datos relativos conseguidos dividiendo cada valor de onda por el valor de la amplitud de una onda directa al aire (siendo este de 2797 unidades) se deduce en un primer lugar que las amplitudes de las ondas directas, perpendiculares y paralelas son diferentes siendo de mayor valor la amplitud de la onda perpendicular, posiblemente si exista una cierta reflexión en el interface aire madera influyendo de este modo la anisotropía de la madera y provocando una absorción de energía en la onda directa cuando el campo eléctrico es paralelo a las fibras (influencia de la celulosa).

También observamos claramente en las reflexiones como la amplitud de onda es mayor cuando el campo es perpendicular a las fibras indicándonos que existe una atenuación mayor (perdida de energía de la onda) cuando el campo eléctrico esta en dirección paralela alas fibras. Por ultimo destacar la escasa diferencia de valores de amplitudes entre las ondas con reflector y sin reflector posiblemente debido a la poca profundidad de penetración de la onda (7,5 cm.) y por tanto una menor atenuación.



Caracterización de la anisotropía dieléctrica del pino ruso por medio de la técnica no destructiva de georradar con antena de 2 GHz

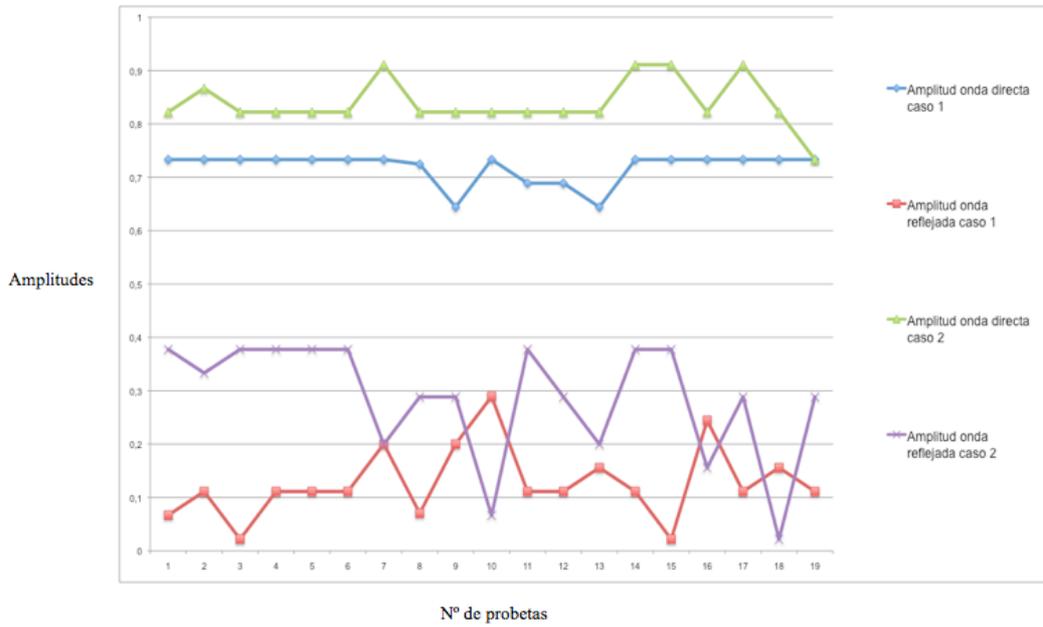


figura 59 gráfica comparativa

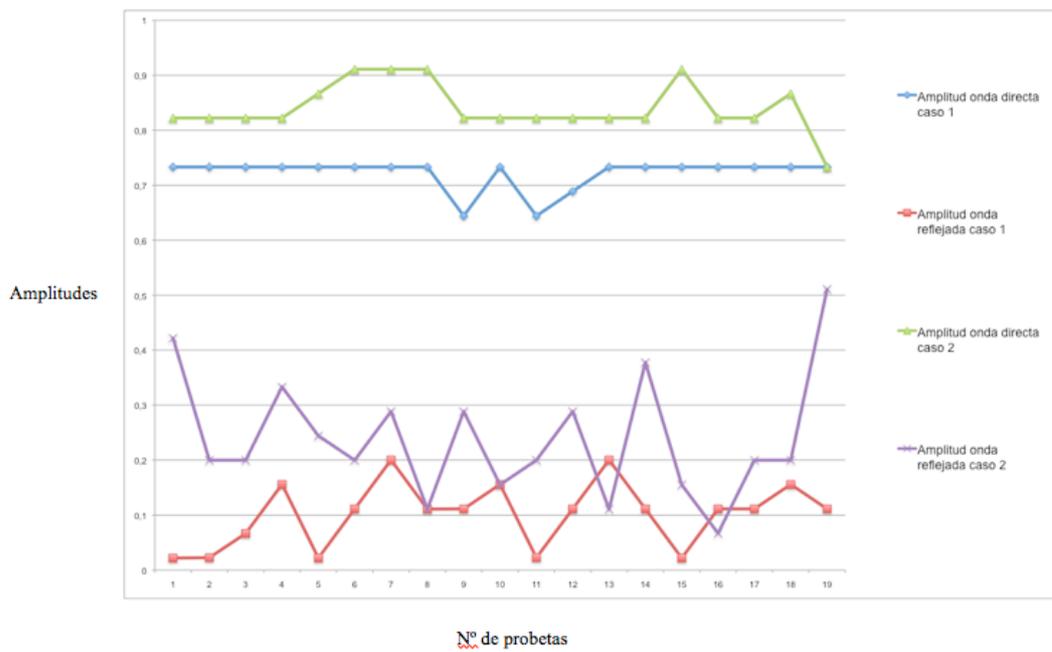


figura 60 gráfica comparativa



COMPARATIVA NOVENA FIGURA 61 Y DÉCIMA FIGURA 62

Análisis de las amplitudes de las ondas electromagnéticas con el campo eléctrico perpendicular a las fibras posición de la antena a testa o a canto: A31 testa onda directa; A32 testa primera reflexión y punto de cambio de tendencia(con reflector); A33 testa, primer máximo positivo de onda reflejada.

A41 testa onda directa; A42 testa primera reflexión y punto de cambio de tendencia(con reflector); A43 testa, primer máximo positivo de onda reflejad.

En la gráfica nº 9 se deduce rápidamente como las amplitudes son prácticamente iguales en todos los putos indicador de que es indiferente la posición de la antena, no afectando en este caso la anisotropía de la madera tanto para ondas directas como para las reflexiones. En la gráfica nº 10 (sin reflector) observamos también la atenuación debida al espesor del medio(22,5 cm.).

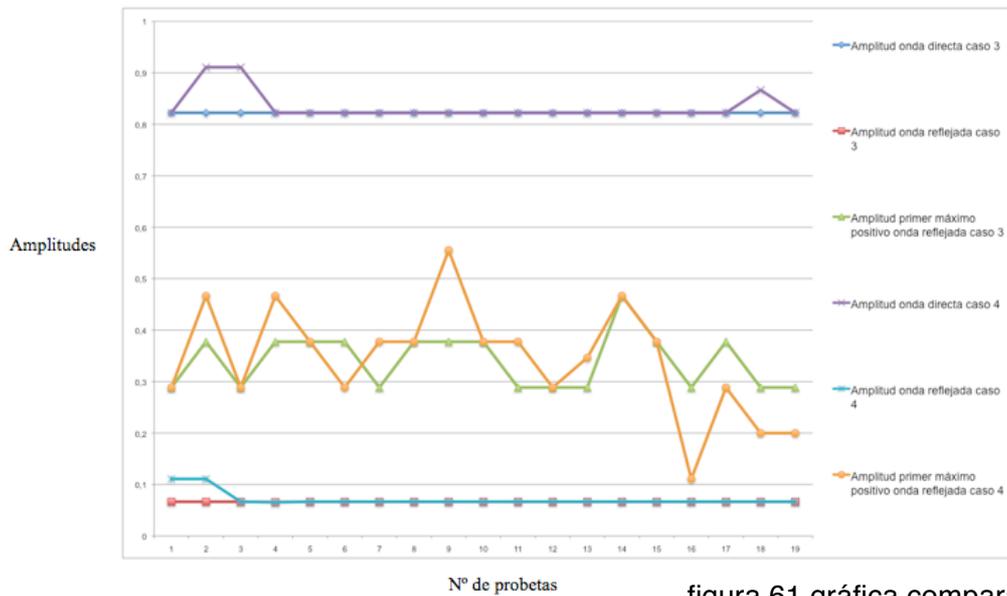


figura 61 gráfica comparativa

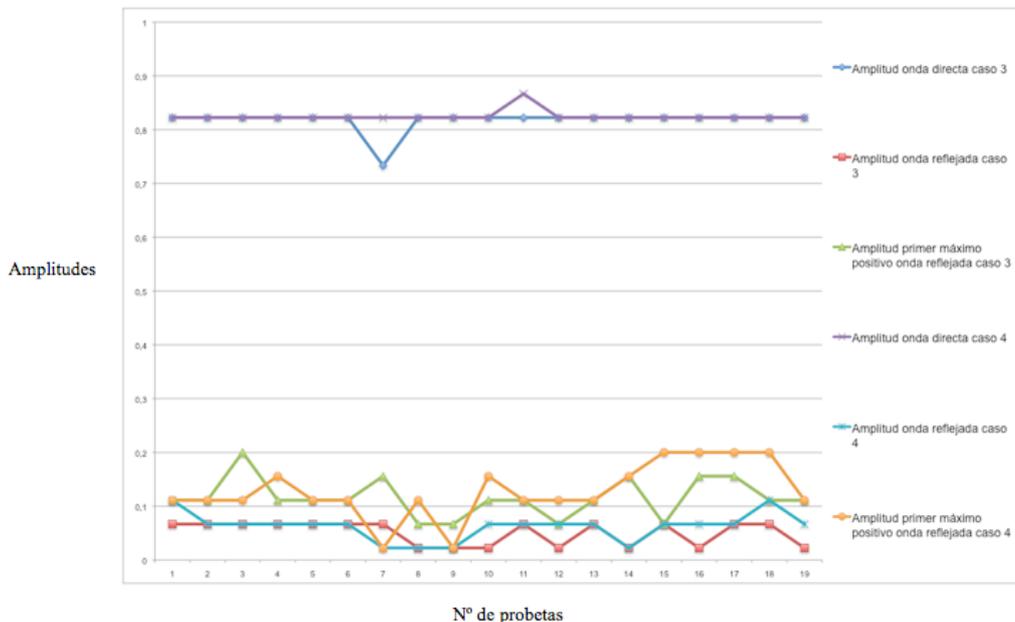


figura 62 gráfica comparativa



COMPARATIVA UNDÉCIMA FIGURA 63

En esta gráfica pasamos a comparar los resultados de las constantes dieléctricas para los casos uno y dos (paralelo y perpendicular) entre dos variedades de pino como son el ruso y el insignis. Para esto primero tendremos en cuenta la humedad en equilibrio higroscópico y densidad de cada especie.

Pino ruso: Humedad= 10,47%; Densidad= 464,02kg/m³.

Pino insignis: Humedad= 12,74%; Densidad= 661,7kg/m³.

Profundidad de penetración 7,5 cm,

Como se observa en la gráfica las constantes dieléctricas son siempre mayores en el pino insignis tanto para el caso uno como para el caso dos, esto puede ser debido, aun cuando la densidad es mayor en el pino insignis, a que este contiene un mayor porcentaje de humedad, causa principal de la polarización del dieléctrico y de la atenuación de las ondas electromagnéticas.

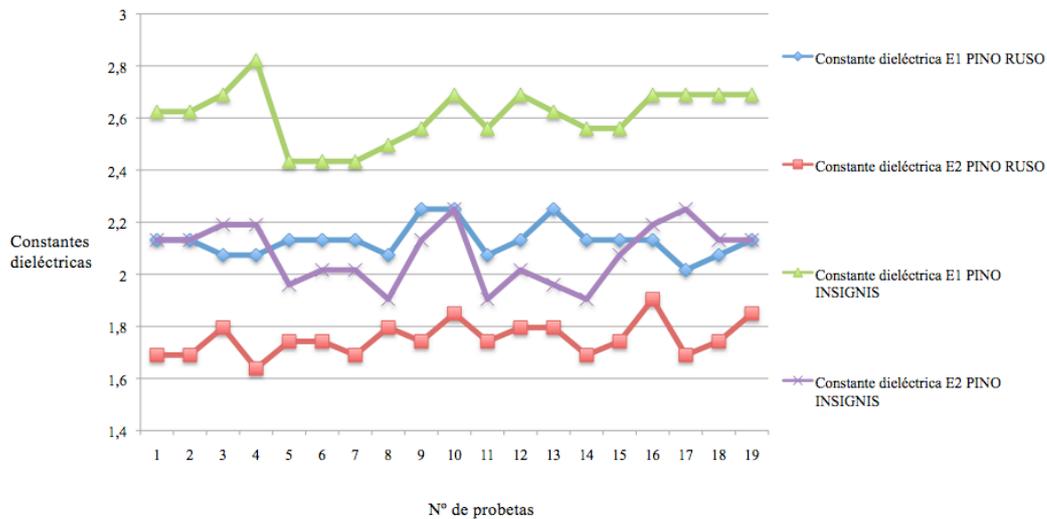


figura 63 gráfica comparativa



8. CONCLUSIONES

En primer lugar destacar las diferencias significativas que existen dependiendo de la propagación del campo eléctrico en dirección paralela o perpendicular a las fibras, indicativo de la composición celular de la madera (anisotropía).

En el estudio realizado, inicialmente sobre 20 probetas (de la cuales se ha descartado una probeta 11, como se ha citado anteriormente), de pino ruso para analizar sus características dieléctricas (constante dieléctrica) y relacionarlas con la anisotropía de la madera y en particular con la de esta clase de pino, se observa claramente como cuando el campo eléctrico emitido por la antena de 2 Ghz es paralelo a las fibras, disminuye la velocidad de propagación de las ondas electromagnéticas en relación a cuando el campo eléctrico esta emitido en dirección perpendicular. Este aspecto se confirma con la obtención de la constante dieléctrica siendo mayor cuando la dirección del campo es paralelo a las fibras, por tanto se deduce de la perdida de potencia de la onda electromagnética en esta dirección. En el estudio, la relación media entre las constantes dieléctricas paralelas a las fibras y las perpendiculares $\epsilon_1/\epsilon_2= 1,2$ aspecto concluyente de la anisotropía de la madera.

También destacar de las menores amplitudes de onda cuando el campo eléctrico esta en dirección paralelo a las fibras .

Una curiosidad a reflejar es la mayor amplitud de onda cuando el campo eléctrico es perpendicular a las fibras en relación a cuando es paralelo, tratándose de la onda directa, que debiendo de tener las mismas unidades, son diferentes, posiblemente debido a que si existe una reflexión en el cambio de interface aire madera produciéndose una mayor atenuación de la onda cuando el campo eléctrico es paralelo.

En cuanto a el análisis de las características eléctricas dependiendo de la posición de la antena a testa o a canto de la probeta, con la dirección del campo eléctrico perpendicular a las fibras, observamos que las diferencias de velocidades son inapreciables al igual que sus constantes dieléctricas, obteniendo en el estudio una relación de las constantes dieléctricas entre posición de la antena a testa y acanto $\epsilon_3/\epsilon_4=1$, no afectando la anisotropía a los resultados. Esto indica de la indiferencia del posicionamiento de la antena para realizar estudios de las mismas características.



También se confirma con las mediciones de amplitudes lo anteriormente expuesto ya que son mediciones con valores prácticamente idénticos indicándonos que se produce la misma atenuación.

Otro aspecto que tendremos en cuenta es la influencia del espesor de las probetas reflejándose claramente la pérdida de amplitud de la onda a mayor espesor, y no siendo esta tan elevada a menor espesor, esto lo vemos cuando comparamos resultados de amplitudes con y sin reflector siendo resultados parecidos para espesor de probeta de 7,5 cm. y apreciándose claramente la diferencia de amplitudes con y sin reflector para espesor de 22,5 cm. lo que indica la atenuación que sufre la reflexión en este medio.

Entendemos que esta forma de estudio y análisis mediante técnicas no destructivas y en especial utilizando el georradar de 2 Ghz. nos ha servido para comprender mejor las características anisotrópicas de la madera, esperando que los resultados puedan ser útiles para futuros estudios o mediciones.



AGRADECIMIENTOS

En primer lugar nos gustaría agradecer a todas aquellas personas que han contribuido, de manera directa o indirecta, en la realización del presente estudio.

Agradecer especialmente a nuestras tutoras de proyecto Dña Isabel Rodríguez Abad y Dña Rosa Martínez Sala por la gran ayuda y orientación que nos han prestado, sin las cuales nos hubiese resultado prácticamente imposible acabar este proyecto

Agradecer a los compañeros de proyecto Oscar Escudero Serrano y Jose Ignacio Hernández Añó, por facilitarnos los datos sobre constantes dieléctricas del pino insignis (trabajo realizado por ellos) y de este modo poder completar nuestro estudio.

Agradecer también a todas aquellas empresas que han colaborado, de un modo altruista, a la realización del estudio comercial.

Por último agradecer a la Escuela de técnica superior de gestión en la edificación por facilitarnos todos medios necesarios.



ANEXO A CÁLCULOS Y TOMA DE DATOS

A continuación, se explica el significado de los datos que van en las tablas posteriores y que son los cálculos que se han realizado a lo largo del presente estudio

- T1 = Tiempo 1
- T2 = Tiempo 2
- T3 = Tiempo 3
- A1 = Amplitud onda directa
- A2 = Amplitud onda reflejada
- A3 = Amplitud onda reflejada primer máximo positivo
- E1 = Constante dieléctrica caso 1
- E2 = Constante dieléctrica caso 2
- E3R1 = Constante dieléctrica caso 3 primera reflexión
- E3R2 = Constante dieléctrica caso 3 primer máximo positivo primera reflexión
- E4R1 = Constante dieléctrica caso 4 primera reflexión
- E4R2 = Constante dieléctrica caso 4 primer máximo positivo primera reflexión
- V1 = Velocidad caso 1
- V2 = Velocidad caso 2
- V3R1 = Velocidad caso 3 primera reflexión
- V3R2 = Velocidad caso 3 primer máximo positivo primera reflexión
- V4R1 = Velocidad caso 4 primera reflexión
- V4R2 = Velocidad caso 4 primer máximo positivo primera reflexión



Caracterización de la anisotropía dieléctrica del pino ruso por medio de la técnica no destructiva de georradar con antena de 2 GHz

Probeta 1

PROBETA	SIN REFLECTOR				CON REFLECTOR			
	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4
1	115	105	135	125	65	75	185	195
T1	1,93	1,93	1,93	1,93	1,93	1,93	1,93	1,93
T2	2,66	2,58	3,9	3,9	2,66	2,58	3,9	3,9
T3	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX	4,3	4,31	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX	4,3	4,31
A1	2051	2300	2300	2300	2051	2300	2300	2300
A2	61	1180	-187	-311	-187	1056	186	310
A3			-311	-311			807	807

AMPLITUD NORMALIZADA								
A1	0,73328566	0,82230962	0,82230962	0,82230962	0,73328566	0,82230962	0,82230962	0,82230962
A2	0,02180908	0,42188059	-0,0668573	-0,1111906	-0,0668573	0,37754737	0,06649982	0,11083304
A3			-0,1111906	-0,1111906			0,28852342	0,28852342

	SIN	CON
1		
v1	20,5479452	20,54794521
E1	2,1316	2,1316
v2	23,0769231	23,07692308
E2	1,69	1,69
E1/E2	1,261301775	1,261301775
v3(R1)	22,3350254	22,33502538
v3(R2)	18,5654008	18,56540084
E3(R1)	1,8041374	1,804137397
E3(R2)	2,61116219	2,61116219
v4(R1)	22,3350254	22,33502538
v4(R2)	18,487395	18,48739496
E4(R1)	1,8041374	1,804137397
E4(R2)	2,6332438	2,633243802
E3(R1)/E4(R1)	1	1
E3(R2)/E4(R2)	0,99161429	0,991614293

Probeta 2

PROBETA	SIN REFLECTOR				CON REFLECTOR			
	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4
2	116	106	136	126	66	76	186	196
T1	1,94	1,96	1,94	1,95	1,94	1,96	1,94	1,95
T2	2,67	2,61	3,93	3,94	2,67	2,61	3,93	3,94
T3	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX	4,36	4,37	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX	4,36	4,37
A1	2051	2300	2300	2300	2051	2424	2300	2548
A2	-63	559	-187	-187	-311	932	186	310
A3			-311	-311			1056	1305

AMPLITUD NORMALIZADA								
A1	0,73328566	0,82230962	0,82230962	0,82230962	0,73328566	0,86664283	0,82230962	0,91097605
A2	-0,0225241	0,19985699	-0,0668573	-0,0668573	-0,1111906	0,33321416	0,06649982	0,11083304
A3			-0,1111906	-0,1111906			0,37754737	0,46657133

	SIN	CON
2		
v1	20,5479452	20,54794521
E1	2,1316	2,1316
v2	23,0769231	23,07692308
E2	1,69	1,69
E1/E2	1,26130178	1,261301775
v3(R1)	22,1105528	22,11055276
v3(R2)	18,1818182	18,18181818
E3(R1)	1,84095558	1,840955579
E3(R2)	2,7225	2,7225
v4(R1)	22,1105528	22,11055276
v4(R2)	18,1818182	18,18181818
E4(R1)	1,84095558	1,840955579
E4(R2)	2,7225	2,7225
E3(R1)/E4(R1)	1	1
E3(R2)/E4(R2)	1	1



Caracterización de la anisotropía dieléctrica del pino ruso por medio de la técnica no destructiva de georradar con antena de 2 GHz

Probeta 3

PROBETA	SIN REFLECTOR				CON REFLECTOR			
3	117	107	137	127	67	77	187	197
T1	1,95	1,94	1,94	1,94	1,94	1,94	1,94	1,94
T2	2,66	2,61	3,91	3,9	2,66	2,61	3,91	3,9
T3	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX	4,31	4,29	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX	4,31	4,29
A1	2051	2300	2300	2300	2051	2300	2300	2548
A2	186	559	-187	-187	61	1056	186	186
A3			-560	-311			807	807

AMPLITUD NORMALIZADA								
A1	0,73328566	0,82230962	0,82230962	0,82230962	0,73328566	0,82230962	0,82230962	0,91097605
A2	0,06649982	0,19985699	-0,0668573	-0,0668573	0,02180908	0,37754737	0,06649982	0,06649982
A3			-0,2002145	-0,1111906			0,28852342	0,28852342

3	SIN	CON
v1	21,1267606	20,83333333
E1	2,0164	2,0736
v2	22,3880597	22,3880597
E2	1,7956	1,7956
E1/E2	1,12296725	1,1548229
v3(R1)	22,3350254	22,33502538
v3(R2)	18,5654008	18,56540084
E3(R1)	1,8041374	1,804137397
E3(R2)	2,61116219	2,61116219
v4(R1)	22,4489796	22,44897959
v4(R2)	18,7234043	18,72340426
E4(R1)	1,78586777	1,785867769
E4(R2)	2,56727789	2,567277893
E3(R1)/E4(R1)	1,01023011	1,010230112
E3(R2)/E4(R2)	1,01709371	1,017093708

Probeta 4

PROBETA	SIN REFLECTOR				CON REFLECTOR			
4	118	108	138	128	68	78	188	198
T1	1,94	1,94	1,95	1,94	1,96	1,96	1,95	1,94
T2	2,68	2,6	3,95	3,93	2,68	2,6	3,95	3,93
T3	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX	4,4	4,35	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX	4,4	4,35
A1	2051	2300	2300	2300	2051	2300	2300	2300
A2	-436	932	-187	-187	-311	1056	184	183
A3			-311	-436			1056	1305

AMPLITUD NORMALIZADA								
A1	0,73328566	0,82230962	0,82230962	0,82230962	0,73328566	0,82230962	0,82230962	0,82230962
A2	-0,1558813	0,33321416	-0,0668573	-0,0668573	-0,1111906	0,37754737	0,06578477	0,06542724
A3			-0,1111906	-0,1558813			0,37754737	0,46657133

4	SIN	CON
v1	20,2702703	20,83333333
E1	2,1904	2,0736
v2	22,7272727	23,4375
E2	1,7424	1,6384
E1/E2	1,25711662	1,265625
v3(R1)	22	22
v3(R2)	17,9591837	17,95918367
E3(R1)	1,85950413	1,859504132
E3(R2)	2,79041839	2,790418388
v4(R1)	22,1105528	22,11055276
v4(R2)	18,2572614	18,25726141
E4(R1)	1,84095558	1,840955579
E4(R2)	2,70004649	2,700046488
E3(R1)/E4(R1)	1,0100755	1,010075503
E3(R2)/E4(R2)	1,0334705	1,033470498



Caracterización de la anisotropía dieléctrica del pino ruso por medio de la técnica no destructiva de georradar con antena de 2 GHz

Probeta 5

PROBETA	SIN REFLECTOR				CON REFLECTOR			
5	119	109	139	129	69	79	189	199
T1	1,95	1,95	1,94	1,94	1,94	1,94	1,94	1,94
T2	2,67	2,6	3,94	3,96	2,67	2,6	3,94	3,96
T3	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX	4,34	4,35	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX	4,34	4,35
A1	2051	2424	2300	2300	2051	2300	2300	2300
A2	61	683	-187	-187	-311	1056	186	186
A3			-311	-311			1056	1056

		AMPLITUD NORMALIZADA							
	SIN	CON	2	3	6				
5			0,82230962	0,73328566	0,82230962	0,82230962	0,82230962	0,82230962	0,82230962
v1	20,83333333	20,54794521	-0,0668573	-0,1111906	0,37754737	0,06649982	0,06649982	0,06649982	0,06649982
E1	2,0736	2,1316	-0,1111906			0,37754737	0,37754737	0,37754737	0,37754737
v2	23,0769231	22,72727273							
E2	1,69	1,7424							
E1/E2	1,22698225	1,223370064							
v3(R1)	22	22							
v3(R2)	18,33333333	18,33333333							
E3(R1)	1,85950413	1,859504132							
E3(R2)	2,67768595	2,67768595							
v4(R1)	21,7821782	21,78217822							
v4(R2)	18,2572614	18,25726141							
E4(R1)	1,89688017	1,896880165							
E4(R2)	2,70004649	2,700046488							
E3(R1)/E4(R1)	0,98029605	0,980296049							
E3(R2)/E4(R2)	0,99171846	0,991718462							

Probeta 6

PROBETA	SIN REFLECTOR				CON REFLECTOR			
6	120	110	140	130	70	80	190	200
T1	1,94	1,94	1,95	1,95	1,95	1,95	1,95	1,95
T2	2,68	2,61	3,92	3,91	2,68	2,61	3,92	3,91
T3	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX	4,34	4,3	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX	4,34	4,3
A1	2051	2548	2300	2300	2051	2300	2300	2300
A2	-311	559	187	-187	-311	1056	186	186
A3			-311	-311			1056	807

AMPLITUD NORMALIZADA								
A1	0,73328566	0,91097605	0,82230962	0,82230962	0,73328566	0,82230962	0,82230962	0,82230962
A2	-0,1111906	0,19985699	0,06685735	-0,0668573	-0,1111906	0,37754737	0,06649982	0,06649982
A3			-0,1111906	-0,1111906			0,37754737	0,28852342

	SIN	CON
6		
v1	20,2702703	20,54794521
E1	2,1904	2,1316
v2	22,3880597	22,72727273
E2	1,7956	1,7424
E1/E2	1,2198708	1,223370064
v3(R1)	22,3350254	22,33502538
v3(R2)	18,4100418	18,41004184
E3(R1)	1,8041374	1,804137397
E3(R2)	2,65541839	2,655418388
v4(R1)	22,4489796	22,44897959
v4(R2)	18,7234043	18,72340426
E4(R1)	1,78586777	1,785867769
E4(R2)	2,56727789	2,567277893
E3(R1)/E4(R1)	1,01023011	1,010230112
E3(R2)/E4(R2)	1,03433228	1,034332277



Caracterización de la anisotropía dieléctrica del pino ruso por medio de la técnica no destructiva de georradar con antena de 2 GHz

Probeta 7

PROBETA	SIN REFLECTOR				CON REFLECTOR			
7	121	111	141	131	71	81	191	201
T1	1,95	1,95	1,94	1,94	1,95	1,95	1,94	1,93
T2	2,68	2,6	3,96	3,96	2,68	2,6	3,96	3,96
T3	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX	4,37	4,41	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX	4,37	4,41
A1	2051	2548	2051	2300	2051	2548	2300	2300
A2	-560	807	-187	-63	-560	558	186	186
A3			-436	61			807	1056

AMPLITUD NORMALIZADA								
A1	0,73328566	0,91097605	0,73328566	0,82230962	0,73328566	0,91097605	0,82230962	0,82230962
A2	-0,2002145	0,28852342	-0,0668573	-0,0225241	-0,2002145	0,19949946	0,06649982	0,06649982
A3			-0,1558813	0,02180908			0,28852342	0,37754737

7	SIN	CON
v1	20,5479452	20,54794521
E1	2,1316	2,1316
v2	23,0769231	23,07692308
E2	1,69	1,69
E1/E2	1,26130178	1,261301775
v3(R1)	21,7821782	21,78217822
v3(R2)	18,1069959	18,10699588
E3(R1)	1,89688017	1,896880165
E3(R2)	2,74504649	2,745046488
v4(R1)	21,7821782	21,67487685
v4(R2)	17,8137652	17,74193548
E4(R1)	1,89688017	1,915707645
E4(R2)	2,83616219	2,859173554
E3(R1)/E4(R1)	1	0,99017205
E3(R2)/E4(R2)	0,96787359	0,960083897

Probeta 8

PROBETA	SIN REFLECTOR				CON REFLECTOR			
8	122	112	142	132	72	82	192	202
T1	1,94	1,95	1,94	1,94	1,94	1,95	1,94	1,94
T2	2,66	2,62	3,94	3,94	2,66	2,62	3,94	3,94
T3	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX	4,38	4,34	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX	4,38	4,34
A1	2051	2548	2300	2300	2027	2300	2300	2300
A2	310	310	-63	-63	-197	807	186	186
A3			-187	-311			1056	1056

AMPLITUD NORMALIZADA								
A1	0,73328566	0,91097605	0,82230962	0,82230962	0,72470504	0,82230962	0,82230962	0,82230962
A2	0,11083304	0,11083304	-0,0225241	-0,0225241	-0,0704326	0,28852342	0,06649982	0,06649982
A3			-0,0668573	-0,1111906			0,37754737	0,37754737

8	SIN	CON
v1	20,8333333	20,83333333
E1	2,0736	2,0736
v2	22,3880597	22,3880597
E2	1,7956	1,7956
E1/E2	1,1548229	1,1548229
v3(R1)	22	22
v3(R2)	18,0327869	18,03278689
E3(R1)	1,85950413	1,859504132
E3(R2)	2,76768595	2,76768595
v4(R1)	22	22
v4(R2)	18,3333333	18,33333333
E4(R1)	1,85950413	1,859504132
E4(R2)	2,67768595	2,67768595
E3(R1)/E4(R1)	1	1
E3(R2)/E4(R2)	1,03361111	1,033611111



Caracterización de la anisotropía dieléctrica del pino ruso por medio de la técnica no destructiva de georradar con antena de 2 GHz

Probeta 9

PROBETA	SIN REFLECTOR				CON REFLECTOR			
9	123	113	143	133	73	83	193	203
T1	1,94	1,94	1,94	1,94	1,94	1,94	1,95	1,94
T2	2,69	2,6	4	4	2,69	2,6	4	4
T3	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX	4,43	4,42	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX	4,43	4,42
A1	1802	2300	2300	2300	1802	2300	2300	2300
A2	-311	807	-63	-63	-560	807	186	186
A3			-187	-63			1056	1553

AMPLITUD NORMALIZADA								
A1	0,64426171	0,82230962	0,82230962	0,82230962	0,64426171	0,82230962	0,82230962	0,82230962
A2	-0,1111906	0,28852342	-0,0225241	-0,0225241	-0,2002145	0,28852342	0,06649982	0,06649982
A3			-0,0668573	-0,0225241			0,37754737	0,5523775

9	SIN	CON
v1	20	20
E1	2,25	2,25
v2	22,7272727	22,72727273
E2	1,7424	1,7424
E1/E2	1,29132231	1,291322314
v3(R1)	21,3592233	21,46341463
v3(R2)	17,6706827	17,74193548
E3(R1)	1,97274793	1,953641529
E3(R2)	2,88227789	2,859173554
v4(R1)	21,3592233	21,3592233
v4(R2)	17,7419355	17,74193548
E4(R1)	1,97274793	1,972747934
E4(R2)	2,85917355	2,859173554
E3(R1)/E4(R1)	1	0,990314827
E3(R2)/E4(R2)	1,00808078	1

Probeta 10

PROBETA	SIN REFLECTOR				CON REFLECTOR			
10	124	114	144	134	74	84	194	204
T1	1,94	1,94	1,94	1,94	1,95	1,94	1,95	1,94
T2	2,7	2,62	3,93	3,92	2,7	2,62	3,93	3,92
T3	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX	4,34	4,32	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX	4,34	4,32
A1	2051	2300	2300	2300	2051	2300	2300	2300
A2	-436	434	-63	-187	-809	186	186	186
A3			-311	-436			1056	1056

AMPLITUD NORMALIZADA								
A1	0,73328566	0,82230962	0,82230962	0,82230962	0,73328566	0,82230962	0,82230962	0,82230962
A2	-0,1558813	0,15516625	-0,0225241	-0,0668573	-0,2892385	0,06649982	0,06649982	0,06649982
A3			-0,1111906	-0,1558813			0,37754737	0,37754737

10	SIN	CON
v1	19,7368421	20
E1	2,3104	2,25
v2	22,0588235	22,05882353
E2	1,8496	1,8496
E1/E2	1,24913495	1,216479239
v3(R1)	22,1105528	22,22222222
v3(R2)	18,3333333	18,41004184
E3(R1)	1,84095558	1,8225
E3(R2)	2,67768595	2,655418388
v4(R1)	22,2222222	22,22222222
v4(R2)	18,487395	18,48739496
E4(R1)	1,8225	1,8225
E4(R2)	2,6332438	2,633243802
E3(R1)/E4(R1)	1,01012652	1
E3(R2)/E4(R2)	1,01687734	1,008421015



Probeta 11

La probeta 11 se rechaza debido a la gran dispersión de sus valores respecto al resto de probetas

PROBETA	SIN REFLECTOR				CON REFLECTOR			
11	145	155	175	165	85	95	215	205
T1	1,93	1,93	1,93	1,93	1,94	1,93	1,93	1,93
T2	2,69	2,62	3,94	4,03	2,69	2,62	3,94	4,03
T3	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX	4,36	4,42	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX	4,36	4,42
A1	1927	2300	2300	2300	2051	2300	2300	2051
	-436	-187	-187	-63	-809	310	186	186
A2			-311	-436			569	1305

AMPLITUD NORMALIZADA								
A1	0,68895245	0,82230962	0,82230962	0,82230962	0,73328566	0,82230962	0,82230962	0,73328566
A2	-0,1558813	-0,0668573	-0,0668573	-0,0225241	-0,2892385	0,11083304	0,06649982	0,06649982
A3			-0,1111906	-0,1558813			0,20343225	0,46657133

	SIN	CON
11		
v1	19,7368421	20
E1	2,3104	2,25
v2	21,7391304	21,73913043
E2	1,9044	1,9044
E1/E2	1,21319051	1,18147448
v3(R1)	21,8905473	21,89054726
v3(R2)	18,1069959	18,10699588
E3(R1)	1,87814566	1,878145661
E3(R2)	2,74504649	2,745046488
v4(R1)	20,952381	20,95238095
v4(R2)	17,6706827	17,67068273
E4(R1)	2,05010331	2,050103306
E4(R2)	2,88227789	2,882277893
E3(R1)/E4(R1)	0,91612245	0,916122449
E3(R2)/E4(R2)	0,95238786	0,952387865

Probeta 12

PROBETA	SIN REFLECTOR				CON REFLECTOR			
12	146	156	176	166	86	96	216	206
T1	1,94	1,95	1,93	1,95	1,96	1,95	1,93	1,94
T2	2,68	2,61	3,91	3,93	2,68	2,61	3,91	3,93
T3	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX	4,28	4,33	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX	4,28	4,33
A1	1802	2300	2300	2424	1927	2300	2300	2300
A2	-63	559	-187	-187	-311	1056	186	186
A3			-311	-311			807	1056

AMPLITUD NORMALIZADA								
A1	0,64426171	0,82230962	0,82230962	0,86664283	0,68895245	0,82230962	0,82230962	0,82230962
A2	-0,0225241	0,19985699	-0,0668573	-0,0668573	-0,1111906	0,37754737	0,06649982	0,06649982
A3			-0,1111906	-0,1111906			0,28852342	0,37754737

	SIN	CON
12		
v1	20,2702703	20,83333333
E1	2,1904	2,0736
v2	22,7272727	22,72727273
E2	1,7424	1,7424
E1/E2	1,25711662	1,190082645
v3(R1)	22,2222222	22,22222222
v3(R2)	18,7234043	18,72340426
E3(R1)	1,8225	1,8225
E3(R2)	2,56727789	2,567277893
v4(R1)	22,2222222	22,11055276
v4(R2)	18,487395	18,41004184
E4(R1)	1,8225	1,840955579
E4(R2)	2,6332438	2,655418388
E3(R1)/E4(R1)	1	0,989975001
E3(R2)/E4(R2)	0,9749488	0,966807304



Caracterización de la anisotropía dieléctrica del pino ruso por medio de la técnica no destructiva de georradar con antena de 2 GHz

Probeta 13

PROBETA	SIN REFLECTOR				CON REFLECTOR			
13	147	157	177	167	87	97	217	207
T1	1,96	1,94	1,95	1,94	1,96	1,94	1,94	1,94
T2	2,69	2,61	3,96	3,94	2,69	2,61	3,96	3,94
T3	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX	4,35	4,39	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX	4,35	4,39
A1	1927	2300	2300	2300	1927	2300	2300	2300
A2	-311	807	-63	-187	-311	807	186	186
A3			-187	-311			807	807

AMPLITUD NORMALIZADA								
A1	0,68895245	0,82230962	0,82230962	0,82230962	0,68895245	0,82230962	0,82230962	0,82230962
A2	-0,1111906	0,28852342	-0,0225241	-0,0668573	-0,1111906	0,28852342	0,06649982	0,06649982
A3			-0,0668573	-0,1111906			0,28852342	0,28852342

13	SIN	CON
v1	20,5479452	20,54794521
E1	2,1316	2,1316
v2	22,3880597	22,3880597
E2	1,7956	1,7956
E1/E2	1,18712408	1,187124081
v3(R1)	21,8905473	21,78217822
v3(R2)	18,3333333	18,25726141
E3(R1)	1,87814566	1,896880165
E3(R2)	2,67768595	2,700046488
v4(R1)	22	22
v4(R2)	17,9591837	17,95918367
E4(R1)	1,85950413	1,859504132
E4(R2)	2,79041839	2,790418388
E3(R1)/E4(R1)	1,010025	1,0201
E3(R2)/E4(R2)	0,95960017	0,967613494

Probeta 14

PROBETA	SIN REFLECTOR				CON REFLECTOR			
14	148	158	178	168	88	98	218	208
T1	1,96	1,95	1,94	1,95	1,96	1,95	1,94	1,95
T2	2,71	2,62	3,9	3,92	2,71	2,62	3,9	3,92
T3	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX	4,31	4,3	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX	4,31	4,3
A1	2051	2300	2300	2300	1802	2300	2300	2300
A2	-560	310	-187	-187	-436	559	186	186
A3			-311	-311			807	969

AMPLITUD NORMALIZADA								
A1	0,73328566	0,82230962	0,82230962	0,82230962	0,64426171	0,82230962	0,82230962	0,82230962
A2	-0,2002145	0,11083304	-0,0668573	-0,0668573	-0,1558813	0,19985699	0,06649982	0,06649982
A3			-0,1111906	-0,1111906			0,28852342	0,34644262

14	SIN	CON
v1	20	20
E1	2,25	2,25
v2	22,3880597	22,3880597
E2	1,7956	1,7956
E1/E2	1,25306304	1,253063043
v3(R1)	22,4489796	22,44897959
v3(R2)	18,5654008	18,56540084
E3(R1)	1,78586777	1,785867769
E3(R2)	2,61116219	2,61116219
v4(R1)	22,3350254	22,33502538
v4(R2)	18,7234043	18,72340426
E4(R1)	1,8041374	1,804137397
E4(R2)	2,56727789	2,567277893
E3(R1)/E4(R1)	0,98987348	0,989873483
E3(R2)/E4(R2)	1,01709371	1,017093708



Caracterización de la anisotropía dieléctrica del pino ruso por medio de la técnica no destructiva de georradar con antena de 2 GHz

Probeta 15

PROBETA	SIN REFLECTOR				CON REFLECTOR			
15	149	159	179	169	89	99	219	209
T1	1,96	1,95	1,94	1,93	1,96	1,95	1,95	1,96
T2	2,69	2,6	3,96	3,94	2,69	2,6	3,96	3,94
T3	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX	4,39	4,37	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX	4,39	4,37
A1	2051	2300	2300	2300	2051	2548	2300	2300
A2	-311	1056	-63	-63	-311	1056	186	186
A3			-436	-436			1305	1305

AMPLITUD NORMALIZADA								
A1	0,73328566	0,82230962	0,82230962	0,82230962	0,73328566	0,91097605	0,82230962	0,82230962
A2	-0,1111906	0,37754737	-0,0225241	-0,0225241	-0,1111906	0,37754737	0,06649982	0,06649982
A3			-0,1558813	-0,1558813			0,46657133	0,46657133

15	SIN	CON
v1	20,5479452	20,54794521
E1	2,1316	2,1316
v2	23,0769231	23,07692308
E2	1,69	1,69
E1/E2	1,26130178	1,261301775
v3(R1)	21,7821782	21,89054726
v3(R2)	17,9591837	18,03278689
E3(R1)	1,89688017	1,878145661
E3(R2)	2,79041839	2,76768595
v4(R1)	21,8905473	22,22222222
v4(R2)	18,0327869	18,25726141
E4(R1)	1,87814566	1,8225
E4(R2)	2,76768595	2,700046488
E3(R1)/E4(R1)	1,009975	1,030532599
E3(R2)/E4(R2)	1,00821352	1,025051222

Probeta 16

PROBETA	SIN REFLECTOR				CON REFLECTOR			
16	150	160	180	170	90	100	221	210
T1	1,95	1,95	1,95	1,95	1,94	1,95	1,93	1,95
T2	2,67	2,61	3,9	3,94	2,67	2,61	3,9	3,94
T3	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX	4,28	4,34	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX	4,28	4,34
A1	2051	2548	2300	2300	2051	2548	2300	2300
A2	61	434	-187	-187	61	1056	186	186
A3			-187	-560			1056	1056

AMPLITUD NORMALIZADA								
A1	0,73328566	0,91097605	0,82230962	0,82230962	0,73328566	0,91097605	0,82230962	0,82230962
A2	0,02180908	0,15516625	-0,0668573	-0,0668573	0,02180908	0,37754737	0,06649982	0,06649982
A3			-0,0668573	-0,2002145			0,37754737	0,37754737

16	SIN	CON
v1	20,8333333	20,54794521
E1	2,0736	2,1316
v2	22,7272727	22,72727273
E2	1,7424	1,7424
E1/E2	1,19008264	1,223370064
v3(R1)	22,5641026	22,33502538
v3(R2)	18,8841202	18,72340426
E3(R1)	1,76769112	1,804137397
E3(R2)	2,5237655	2,567277893
v4(R1)	22,1105528	22,11055276
v4(R2)	18,4100418	18,41004184
E4(R1)	1,84095558	1,840955579
E4(R2)	2,65541839	2,655418388
E3(R1)/E4(R1)	0,96020303	0,980000505
E3(R2)/E4(R2)	0,95042104	0,966807304



Caracterización de la anisotropía dieléctrica del pino ruso por medio de la técnica no destructiva de georradar con antena de 2 GHz

Probeta 17

PROBETA	SIN REFLECTOR				CON REFLECTOR			
17	151	161	181	171	91	101	222	211
T1	1,96	1,95	1,95	1,95	1,96	1,95	1,94	1,95
T2	2,69	2,64	3,96	3,94	2,69	2,64	3,96	3,94
T3	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX	4,37	4,36	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX	4,37	4,36
A1	2051	2300	2300	2300	2051	2300	2300	2300
A2	-311	-187	-63	-187	-684	-436	186	186
A3			-436	-560			807	310

AMPLITUD NORMALIZADA								
A1	0,73328566	0,82230962	0,82230962	0,82230962	0,73328566	0,82230962	0,82230962	0,82230962
A2	-0,1111906	-0,0668573	-0,0225241	-0,0668573	-0,2445477	-0,1558813	0,06649982	0,06649982
A3			-0,1558813	-0,2002145			0,28852342	0,11083304

17	SIN	CON
v1	20,5479452	20,54794521
E1	2,1316	2,1316
v2	21,7391304	21,73913043
E2	1,9044	1,9044
E1/E2	1,11930267	1,119302668
v3(R1)	21,8905473	21,78217822
v3(R2)	18,1818182	18,10699588
E3(R1)	1,87814566	1,896880165
E3(R2)	2,7225	2,745046488
v4(R1)	22,1105528	22,11055276
v4(R2)	18,2572614	18,25726141
E4(R1)	1,84095558	1,840955579
E4(R2)	2,70004649	2,700046488
E3(R1)/E4(R1)	1,02020151	1,030378021
E3(R2)/E4(R2)	1,00831597	1,01666638

Probeta 18

PROBETA	SIN REFLECTOR				CON REFLECTOR			
18	152	162	182	172	92	102	223	212
T1	1,95	1,95	1,95	1,94	1,96	1,96	1,94	1,95
T2	2,67	2,61	3,94	3,96	2,67	2,61	3,94	3,96
T3	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX	4,37	4,34	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX	4,37	4,34
A1	2051	2300	2300	2300	2051	2548	2300	2300
A2	-311	559	-187	-187	-311	807	186	186
A3			-436	-560			1056	807

AMPLITUD NORMALIZADA								
A1	0,73328566	0,82230962	0,82230962	0,82230962	0,73328566	0,91097605	0,82230962	0,82230962
A2	-0,1111906	0,19985699	-0,0668573	-0,0668573	-0,1111906	0,28852342	0,06649982	0,06649982
A3			-0,1558813	-0,2002145			0,37754737	0,28852342

18	SIN	CON
v1	20,8333333	21,12676056
E1	2,0736	2,0164
v2	22,7272727	23,07692308
E2	1,7424	1,69
E1/E2	1,19008264	1,193136095
v3(R1)	22,1105528	22
v3(R2)	18,1818182	18,10699588
E3(R1)	1,84095558	1,859504132
E3(R2)	2,7225	2,745046488
v4(R1)	21,7821782	21,89054726
v4(R2)	18,3333333	18,41004184
E4(R1)	1,89688017	1,878145661
E4(R2)	2,67768595	2,655418388
E3(R1)/E4(R1)	0,9705176	0,990074503
E3(R2)/E4(R2)	1,01673611	1,03375291



Caracterización de la anisotropía dieléctrica del pino ruso por medio de la técnica no destructiva de georradar con antena de 2 GHz

Probeta 19

AMPLITUD NORMALIZADA								
A1	0,73328566	0,86664283	0,82230962	0,82230962	0,73328566	0,82230962	0,82230962	0,86664283
A2	-0,1558813	0,19985699	-0,0668573	-0,1111906	-0,1558813	0,02180908	0,06649982	0,06649982
A3			-0,1111906	-0,2002145			0,28852342	0,19985699

PROBETA	SIN REFLECTOR				CON REFLECTOR			
19	153	163	183	173	93	103	224	213
T1	1,96	1,95	1,95	1,94	1,95	1,95	1,95	1,95
T2	2,67	2,61	3,97	3,96	2,67	2,61	3,97	3,96
T3	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX	4,36	4,37	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX	4,36	4,37
A1	2051	2424	2300	2300	2051	2300	2300	2424
A2	-436	559	-187	-311	-436	61	186	186
A3			-311	-560			807	559

	SIN	CON
19		
v1	21,1267606	20,83333333
E1	2,0164	2,0736
v2	22,7272727	22,72727273
E2	1,7424	1,7424
E1/E2	1,15725436	1,190082645
v3(R1)	21,7821782	21,78217822
v3(R2)	18,2572614	18,25726141
E3(R1)	1,89688017	1,896880165
E3(R2)	2,70004649	2,700046488
v4(R1)	21,7821782	21,89054726
v4(R2)	18,1069959	18,18181818
E4(R1)	1,89688017	1,878145661
E4(R2)	2,74504649	2,7225
E3(R1)/E4(R1)	1	1,009975001
E3(R2)/E4(R2)	0,98360684	0,991752613

Probeta 20

PROBETA	SIN REFLECTOR				CON REFLECTOR			
20	154	164	184	174	94	104	225	214
T1	1,97	1,97	1,95	1,96	1,96	1,94	1,96	1,95
T2	2,69	2,62	4	3,93	2,69	2,62	4	3,93
T3	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX	4,37	4,31	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX	4,37	4,31
A1	2051	2051	2300	2300	2051	2051	2300	2300
A2	-311	1429	-63	-187	-311	807	186	186
A3			-311	-311			807	559

AMPLITUD NORMALIZADA								
A1	0,73328566	0,73328566	0,82230962	0,82230962	0,73328566	0,73328566	0,82230962	0,82230962
A2	-0,1111906	0,51090454	-0,0225241	-0,0668573	-0,1111906	0,28852342	0,06649982	0,06649982
A3			-0,1111906	-0,1111906			0,28852342	0,19985699

	SIN	CON
20		
v1	20,83333333	20,54794521
E1	2,0736	2,1316
v2	23,0769231	22,05882353
E2	1,69	1,8496
E1/E2	1,22698225	1,152465398
v3(R1)	21,4634146	21,56862745
v3(R2)	18,1818182	18,25726141
E3(R1)	1,95364153	1,934628099
E3(R2)	2,7225	2,700046488
v4(R1)	22,3350254	22,22222222
v4(R2)	18,7234043	18,6440678
E4(R1)	1,8041374	1,8225
E4(R2)	2,56727789	2,589173554
E3(R1)/E4(R1)	1,08286738	1,061524334
E3(R2)/E4(R2)	1,06046175	1,042821747



ANEXO B NORMATIVA DE REFERENCIA

Norma UNE 56-532-77. Determinación de la Higroscopicidad

Norma UNE EN 13183-1. Determinación de contenido de humedad

Norma UNE 56.533 Características físico-mecánicas de la madera. Determinación de las contracciones lineal y volumétrica

Norma UNE EN 348 Madera con uso estructural. Determinación de los valores característicos de las propiedades mecánicas y densidad

Norma UNE 56.531 Características físico-mecánicas de la madera. Determinación del peso específico

Norma UNE EN 350-2 Clase de durabilidad.

Norma UNE 56.534 Características físico-mecánicas de la madera. Determinación de la dureza

Norma UNE 56.538 Características físico-mecánicas de la madera. Determinación de la resistencia a la tracción perpendicular a las fibras

Norma UNE 56.535. Características físico-mecánicas de la madera. Determinación de la resistencia a la compresión axial,

Norma UNE 56.542 Características físico-mecánicas de la madera. Determinación de la resistencia a la compresión perpendicular a las fibras

Norma UNE 56.537 Características físico-mecánicas de la madera. Determinación de la resistencia a la flexión estática.

Norma UNE 56.540 Características físico-mecánicas de la madera. Interpretación de los resultados de ensayo (kp/cm²).

Norma UNE 56544:2003 Reconocimiento visual de la madera

Las norma que regula la clasificación visual a nivel europeo es la norma EN-1912:2005+A2:2008



ANEXO C FIGURAS

figura 1 Direcciones de los ejes principales en relación a las fibras.....	página 11
figura 2 deformabilidad de la madera.....	página 17
figura 3 elasticidad de la madera.....	página 18
figura 4 ensayo de dureza.....	página 19
figura 5 hendibilidad de la madera.....	página 20
figura 6 ensayo a tracción.....	página 21
figura 7 ensayo a compresión.....	página 22
figura 8 dimensiones de la probeta norma UNE 56544.....	página 24
figura 9 zonas geográficas	página 29
figura 10 despieces del tronco	página 31
figura 11 azulado de la madera.....	página 32
figura 12 localización geográfica de las empresas.....	página 37
figura 13 gráfico de empresas en activo.....	página 39
figura 14 grafico de % de empresas que utilizan el pino ruso.....	página 40
figura 15 grafico de % de premarcos.....	página 41
figura 16 grafico de % de carpintería.....	página 41
figura 17 ejemplo de carpintería de pino ruso.....	página 41
figura 18 viga laminada.....	página 41
figura 19 a fotografía viga laminada.....	página 41
figura 19 b fotografía viga laminada.....	página 41
figura 20 porcentaje de aprovechamiento del material.....	página 42
figura 21 a fotografía de almacenamiento de madera.....	página 43
figura 21 b fotografía de almacenamiento de madera.....	página 43
figura 21 c fotografía de almacenamiento de madera.....	página 43
figura 22 gráfico volumen de ventas.....	página 45
figura 23 función senoidal de una onda electromagnética figura.....	página 48
figura 24 valor máximo.....	página 49
figura 25 valor medio.....	página 50
figura 26 ciclo y período de onda senoidal.....	página 51; 58
figura 27 circuito tanque.....	página 53
figura 28 circuito tanque abierto.....	página 54
figura 29 onda electromagnética.....	página 54
figura 30 dipolo.....	página 55
figura 31 (esquema fotografiado del libro instalaciones singulares en los edificios, editorial thomson.).....	página 58
figura 32 a esquema básico de los componentes.....	página 59
figura 32 b georradar.....	página 59
figura 33 unidad central.....	página 61
figura 34 antena de 2 Ghz.....	página 62
figura 35 dimensiones de probetas.....	página 65
figura 36 a dimensiones probetas.....	página 65
figura 36 b dimensiones probetas.....	página 65
figura 36 c dimensiones probetas.....	página 66
figura 37 esquema general de funcionamiento de la antena figura.....	página 68
figura 38 visualización en unidad central.....	página 68
figura 39 reflexión no visualizada.....	página 69
figura 40 superposición de ondas directa y reflejada.....	página 70
figura 41 cabecera de registro.....	página 70
figura 42 cambio de polaridad en la reflexión.....	página 71



figura 43 atenuación y ganancia.....	página 72
figura 44 sistema de adquisición de datos.....	página 73
figura 45 esquema sistema puntual.....	página 74
figura 46 posiciones de trabajo de la antena.....	página 75
figura 47 visualización de trazas caso 1 y 2.....	página 76
figura 48 visualización de trazas caso 3 y 4.....	página 77
figura 49 a reportaje fotográfico.....	página 78
figura 49 b reportaje fotográfico.....	página 78
figura 49 c reportaje fotográfico.....	página 78
figura 50 reportaje fotográfico.....	página 78
figura 51 a radargramas.....	página 79
figura 51 b radargramas.....	página 79
figura 51 c radargramas.....	página 80
figura 51 d radargramas.....	página 80
figura 52 ejes de amplitudes y tiempos.....	página 83
figura 53 gráfica comparativa.....	página 88
figura 54 gráfica comparativa.....	página 88
figura 55 gráfica comparativa.....	página 89
figura 56 gráfica comparativa.....	página 89
figura 57 gráfica comparativa.....	página 90
figura 58 gráfica comparativa.....	página 90
figura 59 gráfica comparativa.....	página 92
figura 60 gráfica comparativa.....	página 92
figura 61 gráfica comparativa.....	página 93
figura 62 gráfica comparativa.....	página 93
figura 63 gráfica comparativa.....	página 94



ANEXO D TABLAS

Tabla nº 1 Elementos orgánicos.....	página 7
Tabla nº 2 Elementos químicos.....	página 7
Tabla nº 3 Características de la pieza.....	página 25
Tabla nº 4 Asignación de especies-calidad.....	página 28
Tabla nº 5 Propiedades específicas del pino ruso.....	página 33
Tabla nº 6 Listado de empresas.....	página 36
Tabla nº 7 Cálculos y resultados obtenidos para el caso 1 y 2.....	página 85
Tabla nº 8 Cálculos y resultados obtenidos para el caso 3 y 4.....	página 86
Tabla nº 9 Resumen de comparativas	página 87



ANEXO E EXPRESIONES MATEMÁTICAS

exp. 1	Calculo del contenido de humedad.....	pagina 14; 81
exp. 2	Calculo de la contracción volumétrica.....	pagina 15
exp. 3	Movimiento angular.....	pagina 48
exp. 4	Valores angulares.....	pagina 48
exp. 5	Velocidad angular.....	pagina 48
exp. 6	Valor instantáneo.....	pagina 48
exp. 7	Área de una semionda.....	pagina 50
exp. 8	Valor medio.....	pagina 50
exp. 9	Frecuencia.....	pagina 50
exp. 10	Periodo.....	pagina 51
exp. 11	Longitud de onda.....	pagina 55
exp.12	Frecuencia.....	pagina 57
exp.13	Frecuencia.....	pagina 57
exp.14	Densidad.....	pagina 81
exp.15	Constante dieléctrica.....	pagina 82
exp.16	Constante dieléctrica.....	pagina 82
exp.17	Constante dieléctrica.....	pagina 82
exp.18	Varianza.....	pagina 83
exp.19	Desviación típica.....	pagina 84
exp.20	Coeficiente de variación.....	pagina 84



ANEXO F RESEÑAS BIBLIOGRÁFICAS

Diccionario enciclopédico Plaza & Janes. Año 1981;

Enciclopedia de la madera. Autor, Aidan Walker. Editorial Blume. Año 2003

Mil maderas. Autor, Manuel Soler. Editorial U.P.V. Año 2006

Especies de maderas. Autores, Fernando Peraza Sánchez, Francisco Arriaga Martilegui; Antonio Guindeo Casasús, Luis García Esteban, Carlos Kasner Camacho, Gonzalo Medina Gallego, Paloma Palacios de Palacios, Manuel Touza Vázquez. Editorial Aitim. Año 2004.

Instalaciones singulares en viviendas y edificios. Autor Fernando Matilla Solís. Editorial Thompson Paraninfo. Año 2002

La Enciclopedia. Editorial Salvat. Año 2000

A continuación citamos toda aquella bibliografía de apoyo al presente trabajo:

Tesis doctoral .Autor Isabel Rodríguez Abad. Evaluación de la Técnica no destructiva para del georradar para la inspección, diagnóstico y análisis resistente de la madera. Año 2009

Materiales construcción II. Tecnología y control. Practicas de laboratorio. UPV departamento de construcciones arquitectónicas.

Tecnología eléctrica. Autor, Agustín Castejón y Germán Santamaría. Editorial Mc Graw Hill. Año 1993

Electrotecnia. Autores, Alberto Guerrero Fernández, Orto Sánchez Tejedo, José Alberto Moreno Sánchez, Antonio Ortega Megía. Editorial Mc Graw Hill. Año 1996



ANEXO G DOCUMENTACIÓN DE ESTUDIO DE MERCADO

REPARACIONES (Alzira) Almudra 02/02/22
INTEVA
Nombre de la empresa y dirección

PREGUNTAS A REALIZAR

- 1) Tipos de madera utilizada o importada (en especial pinus silvestres, variedad suecia, ruso o baltico) y procedencia geográfica
Suecia / Melis (ri) Roble, haya, pino...
- 2) Tanto por cien de madera empleada
60%
- 3) Precio de compra
450 €/m³
- 4) Formato de compra
tabla 7,5 → 4,20 m largo
- 5) Tanto por cien aprovechado
90%
- 6) Sistemas de almacenamiento
tuber
- 7) Sistemas de transporte (medios, tiempos, almacenamiento,...)
Camid.
- 8) Serrería, carpintería o ambas
- 9) Productos realizados
listos, parras, postes, vigas...
- 10) Tiempo de ejecución de realización de productos
viga
- 11) Tratamientos inicial-final (origen hasta producto elaborado)
1/2h
- 12) Opiniones generales-particulares
tijer, pinteri / viga → tijer + pinteri al agua, rebollable, cubertes.

Se adjuntará la documentación de la empresa (dirección, teléfono, fotografías, ...)



Nombre de la empresa y dirección

PREGUNTAS A REALIZAR

1) Tipos de madera utilizada o importada (en especial pinus silvestres, variedad suecia, ruso o baltico) y procedencia geográfica

Noble, SAPÉLI, IDROCO, BOSE, PINO SUECIA

2) Tanto por cien de madera empleada

30% Rasto

3) Precio de compra

10% 10m³

4) Formato de compra

6.5m x 2.6 x 1.75 x 3.9m. 3.6/3.1/3 (largos escudo)

5) Tanto por cien aprovechado

100% CI

6) Sistemas de almacenamiento

Almacén

7) Sistemas de transporte (medios, tiempos, almacenamiento,...)

Suecia en ~~caja~~ Vicio Barco A gader Valencia

8) Serrería, carpintería o ambas

Importado

9) Productos realizados

Venta directa

10) Tiempo de ejecución de realización de productos

11) Tratamientos inicial-final (origen hasta producto elaborado)

Tratado en origen

12) Opiniones generales-particulares

Se adjuntará la documentación de la empresa (dirección, teléfono, fotografías, ...)

(MONDIAC DE MADERAS
VALENCIA PICASSENT)



Caracterización de la anisotropía dieléctrica del pino ruso por medio de la técnica no destructiva de georradar con antena de 2 GHz

PUIG I DESCALS S.L.
OSTERIA I MOBLES DE GUINA
 Telèfon 96 299 62 45 • Fax 96 299 60 94
 Federico García Lorca, s/n.
 46250 L'ALCÚDIA (València)
 puigdescals@hotmail.com

ion / *Seminista → Manual de Madera?*

PUIG y DESCALS
 importada (en especial pinus silvestres, variedad suecica, ruso o baltico) y procedencia geográfica *restancia*

20% *45%* *10%* *15%* *20%*
45% *10%* *15%* *20%*
45% *10%* *15%* *20%*
45% *10%* *15%* *20%*

2) Tantos por cien de madera empleada

3) Precio de compra
270 €/m³

4) Formato de compra
tabla 2,4m x 20 x 40 S. (m³)

5) Tanto por cien aprovechado
tot x q ve medidas - (ass tot)

6) Sistemas de almacenamiento
Neve (loc → Pujo)

7) Sistemas de transporte (medios, tiempos, almacenamiento,...)
Aneu vos alter.

8) Serrería, carpintería o ambas

9) Productos realizados
Prenures ✓

10) Tiempo de ejecución de realización de productos
2 → 1h

11) Tratamientos inicial-final (origen hasta producto elaborado)

12) Opiniones generales-particulares
listas - Madera Baltika (Euc. font. - -

Se adjuntará la documentación de la empresa (dirección, teléfono, fotografías, ...)



Caracterización de la anisotropía dieléctrica del pino ruso por medio de la técnica no destructiva de georradar con antena de 2 GHz



Puertas - Molduras - Cocinas - Armarios - Carpintería en General

PENALBA Y GINESTA, S.L.

Pol. Ind. "Camí Reial" Tel. 96 254 02 52
 C/ Cno. Viejo de Alzira, 68 Fax: 96 254 03 98
 Apdo. Correos nº 50 E-mail: moldumarc@moldumarc.es
 46250 L'ALCUDIA (Valencia) www.moldumarc.es

Demuestra
✓ Majofest → Valencia

o importada(en especial pinus silvestres, variedad suecia, ruso o baltico) y procedencia geográfica

Ruso, roble, sapeli, relis → Molduras → postes

- 2) Tantos por cien de madera empleada
- 3) Precio de compra
340€ ±/m³
- 4) Formato de compra
Paquets → 5,4 → 7,1 x 20
- 5) Tanto por cien aprovechado
80% ±
- 6) Sistemas de almacenamiento
Fabrica (Pac)
- 7) Sistemas de transporte (medios, tiempos, almacenamiento,...)
Carrers
- 8) Serrería, carpintería o ambas
Fusteria
- 9) Productos realizados
Cucinetillo → Bicolage
- 10) Tiempo de ejecución de realización de productos
Deper.
- 11) Tratamientos inicial-final (origen hasta producto elaborado)
talhar y copillar
- 12) Opiniones generales-particulares
Bona

Se adjuntará la documentación de la empresa (dirección, teléfono, fotografías, ...)



Caracterización de la anisotropía dieléctrica del pino ruso por medio de la técnica no destructiva de georradar con antena de 2 GHz

RS → Fr. lúcia, Din, Secu.

INDOMA → MJA CARBS
MER
Muelles Tresmader.

TRONCO → 20%

TRESMADER
Maderas y derivados
Amalio Pérez Montolio
649 892 704

Pol. Industrial Camí Reial
C/ Arqueriers, s/n
46250 Alcedra (Valencia)
Tel. 902 80 77 08
Fax 96 254 06 57
amalio@tresmader.com

Importada (en especial pinus silvestres, variedad
origen geográfica
Haya / roble / poble, pino gloc. Nova
empleada 50%

3) Precio de compra
Ses can can / 180-200€ hasta 500€/m³
Ses
7€

4) Formato de compra
tabla 27" (27-3,8, 5.65-7,5) → Anchos 20-72.
long 5,1-4,5, ...

5) Tanto por cien aprovechado
100% lo que nos bo → Sullistana

6) Sistemas de almacenamiento
en el taller.

7) Sistemas de transporte (medios, tiempos, almacenamiento,...)
Limon (Port gaudia → Casi tot-ll

8) Serrería, carpintería o ambas
Importar y acabados (tot recurt).

9) Productos realizados
- ~~...~~ fustes y vigas, laminats, tames
de fustes machucados

10) Tiempo de ejecución de realización de productos
- Be get → Fer tractat y colocació (ministrat
y central

11) Tratamientos inicial-final (origen hasta producto elaborado)

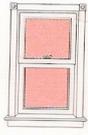
12) Opiniones generales-particulares
Lo millor que ni ha → Problem → Ni ha que
Se adjuntará la documentación de la empresa (dirección, teléfono, fotografías, ...) ^{tratarlo}

Ext. carpintería / molt bona
Problem → Molt de rec.

1 Bernis
- Polivietas 2 components
→ sint
- Ext → Bernis a poco
cobert.
no xupé.

Producto que no
es vist
- estructura
- Juncos
- A type
Fuera ^{yo propi}
- Auto clave
- Bernis hexa
- + colorada





fusteria

maderlux s.l.

PORTES • MOBLES DE CUINA • MOBLES A MIDA
FUSTERIA EN GENERAL

Letrado Bosch Marín, 2 • T 96 299 36 75 • 46240 CARLET (València)

2.66T • majofers

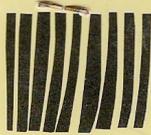
7) success 100%

- 3)
- 4) maderas creadas en trabajos en ritz
- 5) 80%
- 6) interior nave
- 7) trailers
- 8) carpintería general
- 11) más ablo; fácil de trabajar.

importador; atra. Fuente en Costa VACCENAS
 majofers & majofers. com.
 tel. 90.335 626 / 90335 6269



Caracterización de la anisotropía dieléctrica del pino ruso por medio de la técnica no destructiva de georradar con antena de 2 GHz

 **FUSTER ALONSO, S.L.** ion

POLÍG. IND. CREU NEGRA, 92 H 1 • TEL./FAX 96 299 40 96
46240 CARLET (VALENCIA)

importada (en especial pinus silvestres, variedad
encia geográfica

IRACO 70% ; PINO RUSSIA 20%, MEXI.

- 2) Tantos por cien de madera empleada
- 3) Precio de compra 360 €/m³
- 4) Formato de compra 38, 50, 75 a veces 65.
- 5) Tanto por cien aprovechado
- 6) Sistemas de almacenamiento NACE
- 7) Sistemas de transporte (medios, tiempos, almacenamiento,...) CALIRON
- 8) Serrería, carpintería o ambas
- 9) Productos realizados VENTANA
- 10) Tiempo de ejecución de realización de productos 2 días una ventana.
- 11) Tratamientos inicial-final (origen hasta producto elaborado)
- 12) Opiniones generales-particulares /
MACEURCE/ECONOMICO

Se adjuntará la documentación de la empresa (dirección, teléfono, fotografías, ...)

se ofrece IRACO, por economía
se ofrece el pino
2 ACABADOS por ser madera clara
cualesquiera



Caracterización de la anisotropía dieléctrica del pino ruso por medio de la técnica no destructiva de georradar con antena de 2 GHz



ISTEMAS INTEGRALES DE CARPINTERÍA EN MADERA

Ricardo Sanx Aguir
GERENTE

Carretera Carlet - L'Alcudia, s/n • 46240 CARLET (Valencia) • Apdo. Correos 55
Telf. 96 253 04 52 • Fax 96 253 21 21 • Móvil 605 299 872
E-mail: decomadec@decomader.com www.decomader.com

direccion

zada o importada (en especial pinus silvestres, variedad procedencia geográfica)

Pinus / silvestris *iraco* *1PE (=iraco)* *Hayas (6 que res)*

- 2) Tantos por cien de madera empleada
- 3) Precio de compra
- 4) Formato de compra
15 x 4
- 5) Tanto por cien aprovechado
100%
- 6) Sistemas de almacenamiento
tallas
- 7) Sistemas de transporte (medios, tiempos, almacenamiento,...)
- 8) Serrería, carpintería o ambas
carp
- 9) Productos realizados
Preunos,
- 10) Tiempo de ejecución de realización de productos
20 min.
- 11) Tratamientos inicial-final (origen hasta producto elaborado)
- 12) Opiniones generales-particulares
Buen precio --- Malleta --- (Madera por forrar)

Se adjuntará la documentación de la empresa (dirección, teléfono, fotografías, ...)



MADERA ARTE-DECORACION
CÁBBERA - MOLINA, S. L.

C. I. F. B-96206388
C/. Bernardo Luis, 4 - Teléfono 299 31 65
46240 CARLET (Valencia)

- tres maderas.
- Macdeplast

1) Tipos de madera utilizada o importada (en especial pinus silvestres, variedad suecia, ruso o baltico) y procedencia geográfica

Roble Melos iroco ^{hugo} Sapeli Suecia (60%)

2) Tantos por cien de madera empleada

↓
10 m³
↓
6 m³ - 7 m³

3) Precio de compra

4) Formato de compra

22 m² x 4,5 - 5 m largo

5) Tanto por cien aprovechado

98%

6) Sistemas de almacenamiento

Fuller.

7) Sistemas de transporte (medios, tiempos, almacenamiento,...)

Carril.

8) Serrería carpintería o ambas

9) Productos realizados

De fot!
Pierres tapajuntas vigas, molduras, piezas vigas.

10) Tiempo de ejecución de realización de productos

11) Tratamientos inicial-final (origen hasta producto elaborado)

Carat → Autodave

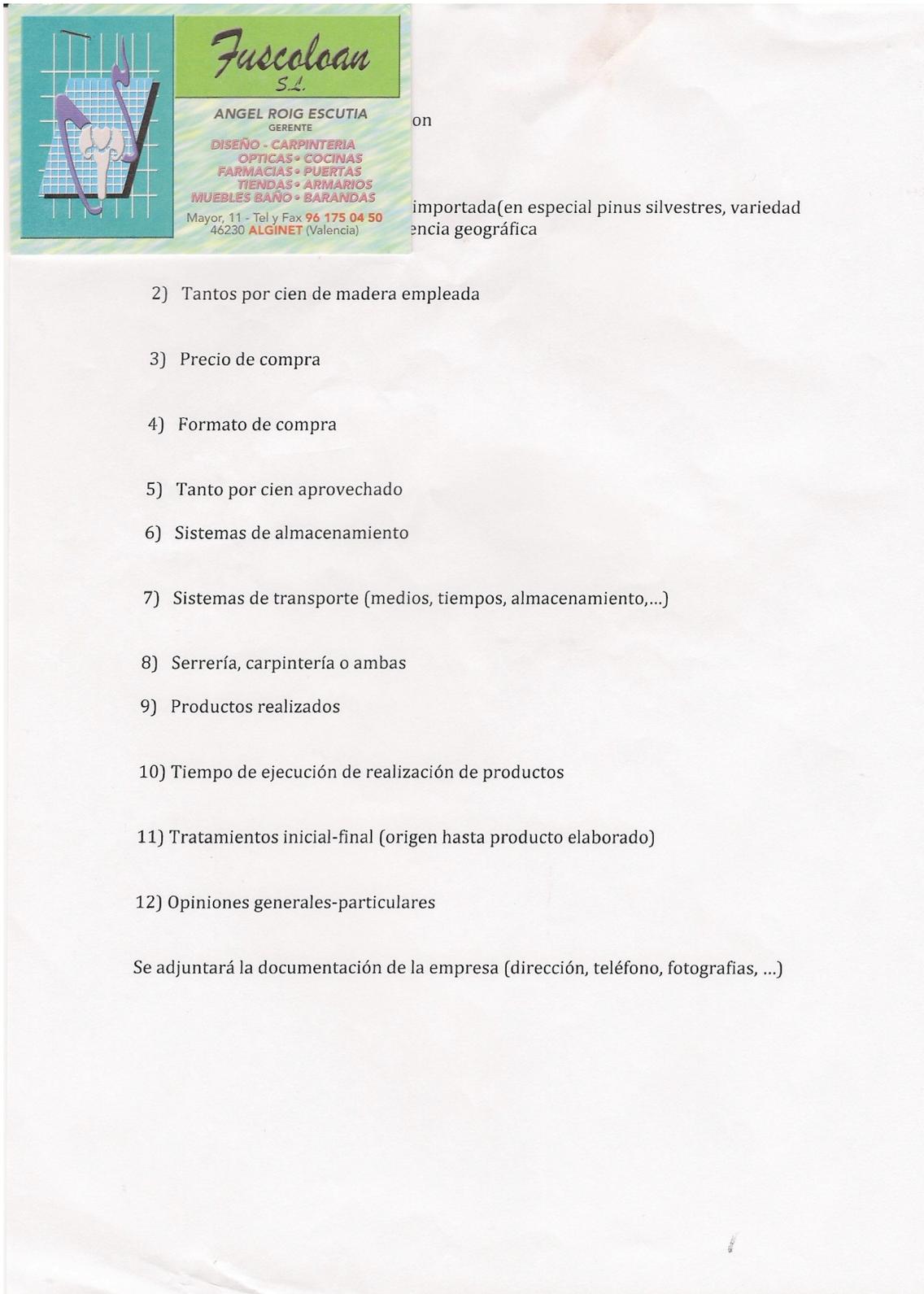
12) Opiniones generales-particulares

Mult trabajados.

Se adjuntará la documentación de la empresa (dirección, teléfono, fotografías, ...)



Caracterización de la anisotropía dieléctrica del pino ruso por medio de la técnica no destructiva de georradar con antena de 2 GHz





Caracterización de la anisotropía dieléctrica del pino ruso por medio de la técnica no destructiva de georradar con antena de 2 GHz

iF Indufust, s.l.
Cl. Jacinto Benavente, s/n. Teléfono 96 175 32 14
Oficinas: Cl. Trullás, 33 Fax 96 175 23 49
46230 ALGINET (Valencia)
E-mail: indufust@wanadoo.es
www.competico.es/indufust

Importador → Maderas Selección (Pasiporta)

direccion

R

izada o importada (en especial pinus silvestres, variedad suecia, ruso o baltico J y procedencia geográfica)

Roble y Fagus ssp. y abeto → Península

2) Tantos por cien de madera empleada

3) Precio de compra

4) Formato de compra

5) Tanto por cien aprovechado

6) Sistemas de almacenamiento

7) Sistemas de transporte (medios, tiempos, almacenamiento,...)

8) Serrería, carpintería o ambas

9) Productos realizados

10) Tiempo de ejecución de realización de productos

11) Tratamientos inicial-final (origen hasta producto elaborado)

12) Opiniones generales-particulares

Se adjuntará la documentación de la empresa (dirección, teléfono, fotografías, ...)

carpintería, ~~madera~~ maderas

Juvolat Tarcent
↳ Core L. Greys
"Alginet"
o alsigust
Rosafora



Caracterización de la anisotropía dieléctrica del pino ruso por medio de la técnica no destructiva de georradar con antena de 2 GHz



mtg
carpinteros

10 Puertas 10 Armarios 10 Vestidores 10 Cocinas 10 Muebles e medidatmtg

C/Mateo Amalio Marques, 13 | 46250 ALGINET (Valencia) | 637 714 021 - 637 714 019 Tels.
E-mail: MTGcarpinteros@hotmail.com

Madrid → Madera ^{Hermanos} Ramirez (Bombas etc)

Dirección *que se pida*

Origen o importada (en especial pinus silvestres, variedad *Pinus*)
Procedencia geográfica *Suecia*

- 1) *roble* *roble* *haya*
- 2) Tanto por cien de madera empleada
50% *80%*
- 3) Precio de compra *15*
- 4) Formato de compra
- 5) Tanto por cien aprovechado
Tabla 4,5 x 27 x 5,5
- 6) Sistemas de almacenamiento
70%
- 7) Sistemas de transporte (medios, tiempos, almacenamiento,...)
lo que se necesit.
- 8) Serrería, carpintería o ambas
- cuid.
- 9) Productos realizados
Perfiles, vigas *viga ahistora* *4x5 listones*
- 10) Tiempo de ejecución de realización de productos
Reps.
- 11) Tratamientos inicial-final (origen hasta producto elaborado)
- Producto termite / heat
- 12) Opiniones generales-particulares
- treballable (Productes determinats) *vigas* *marcs*

Se adjuntará la documentación de la empresa (dirección, teléfono, fotografías, ...)



Caracterización de la anisotropía dieléctrica del pino ruso por medio de la técnica no destructiva de georradar con antena de 2 GHz



Fusters Artesans Navarro S.L.

Pol. Ind. Nord, C/ L'Estret, 22
 ☎ 96.175.42.71 · Fax 96.175.42.85
 46230 ALGINET (Vcia.)

→ Pinus sylvestris

120%
Roble nogal/40

transportada (en especial pinus silvestres, variedad
 de origen geográfica)

Pinus sylvestris, Pino *Alcega* *Cedro Base (30%)*

- 2) Tanto por cien de madera empleada
- 3) Precio de compra
430-460
- 4) Formato de compra
A medida.
- 5) Tanto por cien aprovechado
- 6) Sistemas de almacenamiento
*100% (hasta 4000m²)
taller*
- 7) Sistemas de transporte (medios, tiempos, almacenamiento,...)
Carid.
- 8) Serrería, carpintería o ambas
- 9) Productos realizados
Preparos, vigas.
- 10) Tiempo de ejecución de realización de productos
Prepar 1h.
- 11) Tratamientos inicial-final (origen hasta producto elaborado)
se trata / después lacado final
- 12) Opiniones generales-particulares
según nivel (Blanca). Madera base

Se adjuntará la documentación de la empresa (dirección, teléfono, fotografías, ...)

- Madera taller está en desuso.



Caracterización de la anisotropía dieléctrica del pino ruso por medio de la técnica no destructiva de georradar con antena de 2 GHz

DOMIRA, S.L.
ESQUELETATGE DE FUSTA

Juan Carlos Domínguez Mompó
ADMINISTRADOR - GERENT

Camí Alasquer, s/n
Telèfon i Fax 96 244 27 58
Aparat de Correus 53

46260 ALBERIC
(València - Espanya)

Pino gallego
100% Pino gorda
natural (Belkete)

o importada (en especial pinus silvestres, variedad
:dencia geográfica

- obles
- Aglomerat

- 2) Tantos por cien de madera empleada
- 3) Precio de compra
- 4) Formato de compra
- 5) Tanto por cien aprovechado
- 6) Sistemas de almacenamiento
- 7) Sistemas de transporte (medios, tiempos, almacenamiento,...)
- 8) Serrería, carpintería o ambas
- 9) Productos realizados
- 10) Tiempo de ejecución de realización de productos
- 11) Tratamientos inicial-final (origen hasta producto elaborado)
- 12) Opiniones generales-particulares

Se adjuntará la documentación de la empresa (dirección, teléfono, fotografías, ...)



Caracterización de la anisotropía dieléctrica del pino ruso por medio de la técnica no destructiva de georradar con antena de 2 GHz

L ROJAS FUSTERIA
José Luis Rojas Crespo
☎ 600 080 006
jlrojasc19@gmail.com
Avgda. de la Democràcia, 58
Pol. Tisneres, parcel·la 4A
46600 ALZIRA - Valencia

Maderas Costeller (Lengua)
ccion → Noell putrauler.
o importada (en especial pinus silvestres, variedad
endencia geográfica
- P. → 80% rebk. 3d-40% 20% Jais/hug.

- 2) Tantos por cien de madera empleada
- 3) Precio de compra
600-500 €/m³
- 4) Formato de compra
- No se el vs
- 5) Tanto por cien aprovechado
95%
- 6) Sistemas de almacenamiento
→ Sider taca lo que gasta
- 7) Sistemas de transporte (medios, tiempos, almacenamiento,...)
Furgon
- 8) Serrería, carpintería o ambas
- 9) Productos realizados
lo que siga
- 10) Tiempo de ejecución de realización de productos
Mue (1/2 finestra → 2-3 dias.
- 11) Tratamientos inicial-final (origen hasta producto elaborado)
lucut.
- 12) Opiniones generales-particulares
Banc / exterior 100 → tot interiors.

Se adjuntará la documentación de la empresa (dirección, teléfono, fotografías, ...)



Caracterización de la anisotropía dieléctrica del pino ruso por medio de la técnica no destructiva de georradar con antena de 2 GHz



MADERAS HNOS. RAMÍREZ LLÁCER, S.L.

Pol. Ind. nº 1 - C/ Teixidors s/n
Apartado Correos nº 200
46600 ALZIRA
Tel. 96 240 16 21
Fax 96 240 24 26
e-mail: info@maderasramirez.com
www.maderasramirez.com

mejor calidad: (Mes Regular. no hay variedad más de la calidad.)

10% 10% resto

10% pirandeta

importada (en especial pinus silvestres, variedad de origen geográfico)

Septiembre, octubre, noviembre, diciembre, enero, febrero, marzo, abril, mayo, junio, julio, agosto, septiembre, octubre, noviembre, diciembre

- 2) Tanto por cien de madera empleada *80%*
- 3) Precio de compra *50x200€ y con con 300€*
- 4) Formato de compra *14mm (e) / 25 / 38 / 50 / 63 / 75 / 100 / 15-17,5-20*
- 5) Tanto por cien aprovechado *110% hasta 6m. (x 30 en rodal) 22,5 (Anch)*
- 6) Sistemas de almacenamiento *20%*
- 7) Sistemas de transporte (medios, tiempos, almacenamiento,...) *Almacén*
- 8) Serrería, carpintería o ambas *Cerrida*
- 9) Productos realizados *Almacén / serrería*
- 10) Tiempo de ejecución de realización de productos *Vista línea 50% → Construcción 50% sup. obra. Precio 1 hora*
- 11) Tratamientos inicial-final (origen hasta producto elaborado) *Nº*
- 12) Opiniones generales-particulares *SEMIOBRA*
traballar → + fácil y obvia / gases abrasiva a la herramienta

Se adjuntará la documentación de la empresa (dirección, teléfono, fotografías, ...)

- Ver del post 2

500 - 600 m³

- Asociar e otras empresas abaratar costes



Rayser Coop. V.
CARPINTERÍA

EXPOSICIÓN EN FÁBRICA

ENRIQUE LENCINA
Móvil 687 409 700
web: rayser.ecsocial.com
e-mail: rayserc@orange.es

Polígono Industrial Sales Solaz
C/ Del Tribunal Constitucional, 2
Tel. 96 240 27 10
46600 ALZIRA (Valencia)

da o importada (en especial pinus silvestres, variedad
procedencia geográfica

1) *Muebles, P. rus., pi gallego*

2) Tantos por cien de madera empleada
10%

3) Precio de compra

4) Formato de compra
tabla 5x20x 3-4m

5) Tanto por cien aprovechado
45%

6) Sistemas de almacenamiento
Taller.

7) Sistemas de transporte (medios, tiempos, almacenamiento,...)

8) Serrería, carpintería o ambas
Cerró.

9) Productos realizados
Carpintería

10) Tiempo de ejecución de realización de productos
Mueb., --

11) Tratamientos inicial-final (origen hasta producto elaborado)
1/2 h

12) Opiniones generales-particulares
Bé → Después en pizar

Se adjuntará la documentación de la empresa (dirección, teléfono, fotografías, ...)



Caracterización de la anisotropía dieléctrica del pino ruso por medio de la técnica no destructiva de georradar con antena de 2 GHz



C/. Materna, nº. 4, Pol. Industrial "Q"
46600 - ALZIRA (Valencia)
Tel. y Fax.: 962 414 118
E-Mail: carpinteriajuncal@hotmail.com

Importada (en especial pinus silvestres, variedad [?])
[?] ncia geográfica

- 1) [?]
- 2) Tantos por cien de madera empleada
70% 250% 250% → Rosta
- 3) Precio de compra
450 €/m³ / m³ rata → 750.
- 4) Formato de compra
tablas 3m x 25x...
- 5) Tanto por cien aprovechado
- 6) Sistemas de almacenamiento
taller.
- 7) Sistemas de transporte (medios, tiempos, almacenamiento,...)
[?]
- 8) Serrería, carpintería o ambas
- 9) Productos realizados
Bancos, bastidores, puentes, ventanas, vives.
- 10) Tiempo de ejecución de realización de productos
viga → 1 hora (va cocolat cola cantada)
- 11) Tratamientos inicial-final (origen hasta producto elaborado)
Cepillat, lijat. / Autoclave → Fustals → [?]
- 12) Opiniones generales-particulares
Bona treballar / Bona / Lija naltbe. C. [?]

Se adjuntará la documentación de la empresa (dirección, teléfono, fotografías, ...)

96 254 33
94.



vicente rovirá
industria de la madera

Vicente Rovira Año
Móvil 637 401 344

Apdo. de correos 171
46450 BENIFAYÓ Valencia

C/ Obreros de la Vila, 4 • 46680 ALGEMESÍ Valencia
Tel./Fax: 96 244 83 93 • E-mail: vicenterovi@terra.es

Suena Vicente.

- pino ruso mediano → 2800 m³
- (L) • paquetes de tablas 5400 mm x 700 mm x 70 mm
- 80%
- interior nuevo y exterior sin cubrir
- canchales.
- ~~para~~ piezas por bicoloraje.
- no se trata.
- Maleable. → 450 kg/m³ → 600 kg
- Se utiliza para estratificación.
- para trabajar en 12% y 15% humedad.



Caracterización de la anisotropía dieléctrica del pino ruso por medio de la técnica no destructiva de georradar con antena de 2 GHz

AMARGÓS
REGISTRO DE LA MADERA

Colón, s/n. Aprdo. Correos 29
46610 Guadassuar (Valencia) Spain
T. 96 257 03 17 F. 96 257 03 00
amargos@amargos.com
www.amargos.com

AMARGOS
CUMPLIMIENTO

o importada (en especial pinus silvestres, variedad suecia, ruso o baltico) y procedencia geográfica

2) Tantos por cien de madera empleada

3) Precio de compra

4) Formato de compra

5) Tanto por cien aprovechado

6) Sistemas de almacenamiento

7) Sistemas de transporte (medios, tiempos, almacenamiento,...)

8) Serrería, carpintería o ambas

9) Productos realizados → MARCO Y PIREMARCO

10) Tiempo de ejecución de realización de productos

11) Tratamientos inicial-final (origen hasta producto elaborado)

12) Opiniones generales-particulares

Se adjuntará la documentación de la empresa (dirección, teléfono, fotografías, ...)

PINO - ABETO
100%



CARPINTERIA MECANICA

Leopoldo Vidal García

Colón, 69 Telf.-fax 96 257 05 10
46610 GUADASSUAR (Valencia) Móvil 626 99 78 72

Sección
EU POLVO → GUADASSUAR).

o importada (en especial pinus silvestres, variedad suecia, ruso o baltico) y procedencia geográfica

- Para normal, tropical, mediterráneo, nórdico, ruso y siberiano.

2) Tantos por cien de madera empleada ^{40% nórdico, suecia} ^{40%}

3) Precio de compra ^{Finlandia}
600 €/m³

4) Formato de compra
5 x 20 x 7.

5) Tanto por cien aprovechado ^{85%}

6) Sistemas de almacenamiento
Nube.

7) Sistemas de transporte (medios, tiempos, almacenamiento,...)
Camión.

8) Serrería, carpintería o ambas

9) Productos realizados
Puertas, ventanas, etc.

10) Tiempo de ejecución de realización de productos
1 semana → 7-8 ptes. fijos. / Buena traballar.

11) Tratamientos inicial-final (origen hasta producto elaborado)

12) Opiniones generales-particulares
- Molt bona, bastant, bon resultat, se treballa bé.

Se adjuntará la documentación de la empresa (dirección, teléfono, fotografías, ...)

- OK estructural

Importador: Pinar, ref → ACCIRA
MAJORETA: VALENCIA



Gabarro
fustes - madera - wood
Ernesto Sorli González
Director Comercial
Valencia
Pol. Ind. Font de Mussa, Campellos, 19 - Apdo. 118
46450 Benifaió (Valencia)
Tel. 902 366 916 - Fax (34) 961 767 091 - móvil 600 417 237
ernesto.sorli@difugasa.com - www.gabarro.com

Importado
25-350 €/caj
90%
7) pinedas americana y tropical
25% 15%
3) largo fijo, ancho fijo.
4) base cubierta.
6) barco a Santander y (camión destino)
8) general.
10) tratamiento en origen



Hnos.
AGUADO C.B.
 MARCOS - PUERTAS - MADERAS - MOLDURAS
 MUEBLES DE COCINA - INTERIORES ARMARIO

Avda. Reyes Católicos, 24 - Tel. 96 178 13 87
 46450 BENIFAYÓ (Valencia)

Aguado B.P.
 Suecia (A) 60% $\frac{6000}{m^3}$
 ALYA (B) 30%
 ROBLE (C) 10%

2) \rightarrow
 3)
 4) 4000 x 200 x 50
 5) 90%
 6) Almacenes
 7) Camión
 8) Carpintería; marcos; muebles, prensa
 General
 10) no
 11) Mas Maleable;



Caracterización de la anisotropía dieléctrica del pino ruso por medio de la técnica no destructiva de georradar con antena de 2 GHz

Ejardo & Juanes
CARPINTERIA

Sr. Vicente Móvil. 629 584 286
 Sr. Javier Móvil. 639 654 741
 Telf. 961 785 045
 46450 Benifayó (Valencia).

direccion
 R

- Tipos de madera utilizada o importada (en especial pinus silvestres, variedad suecia, ruso o baltico) y procedencia geográfica
 HAYA, MORTICIA, PINO SUECIA
 VIEJA
- Tantos por cien de madera empleada
 35% 35% 30%
- Precio de compra
- Formato de compra
- Tanto por cien aprovechado
- Sistemas de almacenamiento
 ALMACENAMIENTO
- Sistemas de transporte (medios, tiempos, almacenamiento,...)
 CAMION
- Serrería, carpintería o ambas
 carpintería
- Productos realizados
 MARCO y PERIMARCOS
- Tiempo de ejecución de realización de productos
- Tratamientos inicial-final (origen hasta producto elaborado)
- Opiniones generales-particulares

Se adjuntará la documentación de la empresa (dirección, teléfono, fotografías, ...)



Caracterización de la anisotropía dieléctrica del pino ruso por medio de la técnica no destructiva de georradar con antena de 2 GHz



605 28 46 13 PACO
658 88 13 59 SUSI

C/ Benifaió, 40-42 - Pl. 4042
46610 GUADASSUAR (Valencia)
Tel: 96 257 01 36
Fax: 96 257 08 70

cion

o importada (en especial pinus silvestres, variedad suecia, ruso o danico) y procedencia geográfica

CHOP → Pulest (tubest)

- 2) Tantos por cien de madera empleada
 - 3) Precio de compra
 - 4) Formato de compra
 - 5) Tanto por cien aprovechado
 - 6) Sistemas de almacenamiento
 - 7) Sistemas de transporte (medios, tiempos, almacenamiento,...)
 - 8) Serrería, carpintería o ambas
 - 9) Productos realizados
 - 10) Tiempo de ejecución de realización de productos
 - 11) Tratamientos inicial-final (origen hasta producto elaborado)
 - 12) Opiniones generales-particulares
- Se adjuntará la documentación de la empresa (dirección, teléfono, fotografías, ...)