



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

TESIS DOCTORAL:

**CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LA
MADERA ESTRUCTURAL DE ALERCE
DEL JAPÓN (*LARIX KAEMPFERI* (LAMB.)
CARR.) E INFLUENCIA DE LA ÉPOCA DE
CORTA EN SUS PROPIEDADES**

Presentada por
MARÍA JOSÉ BARRIOLA BARAIBAR
para optar al grado de
Doctora por la Universidad de Valladolid

Dirigida por:

JOSÉ RAMÓN AIRA ZUNZUNEGUI
MARÍA TERESA DE TROYA FRANCO

2019

Agradecimientos

Siempre he considerado que las cosas no valen por el tiempo que duran, sino por las huellas que dejan. Y así ha sido en mi caso la huella que ha dejado “la madera en mi vida”. Un material que me ha dado calor, cobijo y sobre todo una forma de vivir y sentir mi relación con la naturaleza.

Una de las personas que más ha influido en la materialización de esta tesis doctoral es mi padre, que junto con mi madre que me ayuda cada día desde donde esté, han hecho que sea una persona privilegiada por haber tenido la oportunidad de recibir una educación basada en la colaboración, el esfuerzo, el respeto y la humildad. Ellos, marcaron el camino para forjar mi personalidad, mientras me contaban tantísimas historias alrededor del fuego en la cocina de mi casa. En ella, se quemaba la madera de haya y roble de los montes de Leizta, cortada en invierno teniendo muy presente la fase lunar. Y todo ello me ha enseñado a no olvidar nunca mis orígenes por muy lejos que quiera llegar.

Del mismo modo, deseo dedicar unas palabras de agradecimiento a mis dos hermanos y familia, por hacerme crecer como persona con las importantísimas lecciones de vida que me han dado y que jamás olvidaré.

Y cómo no, a mi marido Javier y a mis hijos Ander y Eider, que me han acompañado en este camino muchas veces difícil. Ellos me han ayudado a creer que “todo parece imposible hasta que se hace”.

En el transcurso de todos estos años, debo hacer una mención especial al Viceconsejero de Formación Profesional de Euskadi Jorge Arévalo, quien ha creído en este trabajo desde el momento en que comenzó su andadura. Ha sido él quien que me ha brindado su apoyo incondicional durante el transcurso de esta tesis doctoral, y me ha enseñado que “debemos trabajar desde el sentimiento más profundo de lo inimaginable”

De modo general, quiero dar las gracias por todo el apoyo económico, material y administrativo recibido al Gobierno Vasco, a la Diputación Foral de Gipuzkoa, al Gobierno de Navarra y a Secoma (Servicios Comerciales de la Madera de Gipuzkoa).

Quiero mostrar mi gratitud a mis directores de tesis José Ramón Aira y Mayte de Troya que han estado presentes en la realización de esta meta y de este sueño que es tan importante para mí, por sus palabras motivadoras, sus conocimientos, sus consejos y su dedicación.

Por su parte, no puedo dejar de agradecer a título particular a:

Los compañeros y a la dirección del Centro Integrado de Formación Profesional Bidasoa de Irún, y a todos los compañeros de Tknika, centro de Investigación en Innovación Aplicada para la Formación Profesional en el País Vasco, que han sido los que han padecido mis locuras luneras en el transcurso de estos años.

A Julian Unanue y Bixente Dorronsoro porque aportando apoyo institucional el uno y profesionalidad y experiencia el otro, habéis dado vida y sentido a una pasión por la madera que muchos compartimos.

A Juan Mari Zubizarreta y a Joxe Miguel Larrañaga, porque estéis donde estéis, siempre recordaré vuestro apoyo e ilusión,.

A la Guardería Forestal de Gipuzkoa, Joxe Manuel, Inaxio, Rober, Imanol, Joxe Angel, Aitzol, Fermín, Mikel, Maitane, y a Xabi y Alejo, celadores de Bera y Lesaka, con los que he compartido muchas horas de trabajo, y sin los cuales hubiera sido imposible realizar esta tesis.

A dos todo terreno, los hermanos Txomin y Xabi Bikuña, operarios forestales cualificados y colaboradores en cualesquiera otras labores. Han sido compañeros y amigos, desde que esto empezó y una parte insustituible de esta pequeña familia de trabajos de campo.

A los transportistas Joseba, Aitor y Unai, que con su paciencia al seguir las indicaciones para que en cada momento fuera más fácil la ejecución del trabajo, han sabido acompañarnos en este camino.

Al centro tecnológico Cesefor, Sergio, José Luis, y en especial a Edgar, por vuestra cercanía, apoyo y por haberme ofrecido la posibilidad de conocer el interior de vuestros laboratorios, así como por hacerme partícipe de los diversos proyectos de toda índole en los que trabajáis.

Al INIA, Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias, y en particular a Mayte de Troya, por su apoyo y sus enseñanzas en materia de durabilidad de la madera.

A toda la familia de la serrería Larrañaga de Azpeitia, por su amabilidad y por la absoluta disponibilidad que ha mostrado en la realización de todos los trabajos, desde descargas a deshoras, ocupación de campa por largos períodos de tiempo, facilidades para la ejecución de nuestras labores en aserradero, paciencia en el procesado de la madera y elaboración de las probetas de ensayo.

A todas las asociaciones, fundaciones, universidades y personas que han colaborado y trabajado conmigo durante estos años: Ernst Zürcher, Jairo Restrepo, personal de Hazi, Ademan, Arotzgi, Serrería Aleman, Maderas Santesteban, Serrería Errekondo, así como a los profesionales del sector de la madera que he podido conocer a lo largo de este periodo.

Si me preguntaran con qué me quedo de esta tesis doctoral, respondería que con las personas. Con todas aquellas que, muchas veces sin conocerme de nada, se han volcado en ayudarme. Ellas han sido el reflejo de que lo importante no es lo que se promete sino lo que se cumple.

Esta tesis no hubiera sido posible sin la generosidad de nuestros mayores que me han permitido entrar hasta la cocina de sus casas, sus talleres y que me han ofrecido su tiempo y compartido experiencias de vidas personales. Con ellas he aprendido la existencia de un ingente conocimiento y patrimonio sobre la madera acumulado de generación en generación, basado en la experiencia y la relación de la madera y el

bosque desde el inicio de la humanidad. A partir de este conocimiento, he tratado de aunar la tradición y la innovación en mi quehacer profesional y he aprendido que de cara al futuro, el desafío consiste en recuperar y cambiar las buenas prácticas del pasado modernizándolas. Esto ha hecho posible que este trabajo haya sido una experiencia inolvidable.

Quiero dar gracias a la vida por darme tantas posibilidades, lecciones y recompensas, por enseñarme a reconocer el pasado, valorar el presente y preparar el futuro y porque me ha permitido aprender a sonreír y a ayudar a otros, sin esperar nada a cambio.

Porque es a través de la experiencia en tu día a día, cuando te das cuenta que cada persona tiene un espacio en tu vida, pero que lo realmente importante es cuidar a esas personas poco comunes y extraordinarias, que dejan huella, sacan lo mejor de nosotros y nos recuerdan que este mundo merece la pena.

DIRECTORES

JOSÉ RAMÓN AIRA ZUNZUNEGUI

Doctor Ingeniero de Montes

Profesor Ayudante Doctor

Departamento de Construcción y Tecnología Arquitectónicas (DCTA)

Escuela Técnica Superior de Arquitectura (ETSAM)

Universidad Politécnica de Madrid (UPM)

MARÍA TERESA DE TROYA FRANCO

Doctora en Ciencias Biológicas

Científico titular

Departamento de Productos Forestales

Centro de Investigación Forestal (CIFOR)

Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA)



AUTORIZACIÓN DEL DIRECTOR/A DE TESIS

(Art. 7.2 de la Normativa para la presentación y defensa de la Tesis Doctoral en la UVa)

D./D^a: José Ramón Aira Zunzunegui, con D.N.I./Pasaporte 45683161D

Profesor/a del departamento de: Construcción y Tecnología Arquitectónicas.

Centro: Escuela Técnica Superior de Arquitectura (Universidad Politécnica de Madrid).

Dirección a efecto de notificaciones: C/ Juan Sebastián Elcano, N^o6, 4^aA, 49020, Zamora.

e-mail: joseramon.aira@upm.es

como Director(a) de la Tesis Doctoral titulada: "Caracterización mecánica de la madera estructural de alerce del Japón (*Larix kaempferi* (Lamb.) Carr.) e influencia de la época de corta en sus propiedades".

realizada por D./D^a: María José Barriola Baraibar.

alumno/a del Programa de Doctorado en: Doctorado en Ciencia e Ingeniería Agroalimentaria y de Biosistemas.

autoriza su presentación, considerando que:

La estudiante ha desarrollado una labor de formación, y un trabajo experimental y teórico de manera rigurosa y científica obteniendo como resultado una tesis doctoral que reúne todas las características, desde el punto de vista de la investigación, propias de este tipo de documento. Como demostración de su calidad se han publicado 2 artículos en 2 revistas científicas indexadas, con índice JCR, pertenecientes a los cuartiles Q2 y Q3 respectivamente.

Valladolid, 12 de julio de 2019

El/La Director/a de la Tesis,

**AIRA
ZUNZUNEGUI
JOSE RAMON -
45683161D**

Firmado digitalmente
por AIRA ZUNZUNEGUI
JOSE RAMON -
45683161D
Fecha: 2019.07.12
11:10:42 +02'00'

Fdo.: José Ramón Aira Zunzunegui

SR/SRA. PRESIDENTE/A DE LA COMISIÓN DE DOCTORADO



AUTORIZACIÓN DEL DIRECTOR/A DE TESIS

(Art. 7.2 de la Normativa para la presentación y defensa de la Tesis Doctoral en la UVa)

D^a M^a Teresa de Troya Franco, con D.N.I./Pasaporte 50802565G

Científico Titular, Investigador Responsable del Laboratorio de Protección de Maderas del Departamento de Productos Forestales, del Centro de Investigación Forestal (CIFOR) del Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA)

Dirección a efecto de notificaciones: Ctra. De la Coruña km 7,5, 28040-Madrid.

e-mail troya@inia.es

como Co-Directora de la Tesis Doctoral titulada "Caracterización mecánica de la madera estructural de alerce del Japón (*Larix kaempferi* (Lamb.) Carr.) e influencia de la época de corta en sus propiedades".

realizada por D^a: María José Barriola Baraibar.

alumna del Programa de Doctorado en: Doctorado en Ciencia e Ingeniería Agroalimentaria y de Biosistemas.

autoriza su presentación, considerando que:

La estudiante ha desarrollado una labor de formación, y un trabajo experimental y teórico de manera rigurosa y científica obteniendo como resultado una tesis doctoral que reúne todas las características, desde el punto de vista de la investigación, propias de este tipo de documento. Como demostración de su calidad se han publicado 2 artículos en 2 revistas científicas indexadas, con índice JCR, pertenecientes a los cuartiles Q2 y Q3 respectivamente.

Valladolid, 12 de julio de 2019

La Directora de la Tesis,

Firmado digitalmente por DE TROYA FRANCO MARIA TERESA - DNI 50802565G
Nombre de reconocimiento (DN): c=ES, o=INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACION Y TECNOLOGIA AGRARIA Y ALIMENTARIA, ou=CERTIFICADO ELECTRONICO DE EMPLEADO PUBLICO, ou=CIFORSGIT, ou=5080256524A6152, serialNumber=IDCES-50802565G, sn=DE TROYA FRANCO,
givenName=MARIA TERESA, cn=DE TROYA FRANCO MARIA TERESA - DNI 50802565G
Fecha: 2019.07.12 11:40:08 +02'00'
Versión de Adobe Acrobat Reader: 2019.012.20035

Fdo.: Teresa de Troya Franco

SR/SRA. PRESIDENTE/A DE LA COMISIÓN DE DOCTORADO

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN	17
2	JUSTIFICACIÓN	20
3	OBJETIVOS	22
4	ANTECEDENTES	23
4.1	Descripción de la especie	23
4.1.1	Distribución y existencias	23
4.1.2	Propiedades tecnológicas de la madera	24
4.1.2.1	Durabilidad e impregnabilidad	25
4.2	Herramientas de clasificación de madera aserrada para uso estructural	26
4.2.1	Introducción	26
4.2.2	Normas de clasificación visual	28
4.2.2.1	Pasado y presente	28
4.2.2.2	Criterios de clasificación.....	31
4.2.2.3	Clases visuales y clases resistentes	32
4.2.3	Técnicas no destructivas.....	36
4.2.3.1	Métodos basados en ondas de impacto y ultrasonidos	38
4.2.3.1.1	Sistemática del método de medición del tiempo de paso de una onda sonora	40
4.2.3.2	Métodos basados en la vibración.....	41
4.2.3.2.1	Sistemática del método de medición de la frecuencia de vibración.....	43
4.2.4	Técnicas destructivas	44
5	MATERIAL Y MÉTODOS	45
5.1	Medios y equipos	45
5.1.1	Personal.....	45
5.1.2	Aserraderos.....	45
5.1.2.1	Serrería Larrañaga	45
5.1.2.2	Serrería Alemán	46
5.1.2.3	Maderas Errekondo	46
5.1.3	Laboratorios.....	46
5.1.4	Instrumentos de medición utilizados	46
5.1.4.1	Instrumentos utilizados en los trabajos de monte	46
5.1.4.2	Aparatos utilizados en aserradero y laboratorios.....	47
5.2	Metodología	53
5.2.1	Análisis estadístico	53
5.2.1.1	Estadísticos descriptivos	53

5.2.1.2	Histograma de frecuencias.....	54
5.2.1.3	Diagrama de caja y bigotes.....	54
5.2.1.4	Test de normalidad.....	55
5.2.1.5	Análisis de varianza (ANOVA)	56
5.2.1.6	Modelos de regresión.....	56
5.2.1.6.1	Análisis de residuos.....	57
5.2.1.6.2	Simplificación de modelos	58
5.2.1.7	Comparación de muestras	58
5.2.2	Consideraciones normativas y tamaño de la muestra	58
5.2.3	Selección de zonas de muestreo	59
5.2.4	Trabajos previos.....	64
5.2.4.1	Selección de pies	64
5.2.4.2	Muestreo de trozas en gabinete.....	65
5.2.5	Trabajos en monte.....	66
5.2.5.1	Apeo, tronzado y etiquetado	66
5.2.5.2	Aplicación de técnicas no destructivas en trozas.....	68
5.2.6	Trabajos en aserradero.....	69
5.2.6.1	Medición de singularidades de la madera en trozas.....	69
5.2.6.2	Aserrado de trozas y obtención de probetas	70
5.2.7	Trabajos en laboratorio.....	71
5.2.7.1	Acondicionado de las probetas	71
5.2.7.1.1	Control de las dimensiones, peso y humedad de las probetas.....	71
5.2.7.2	Medición de singularidades de la madera en probetas	72
5.2.7.3	Aplicación de técnicas no destructivas en probetas en seco.....	73
5.2.7.4	Caracterización mecánica de la madera mediante ensayos destructivos	74
5.2.7.4.1	Determinación de las propiedades mecánicas. Ensayos de flexión	74
5.2.7.4.2	Determinación de las propiedades físicas.....	80
5.2.7.4.3	Obtención de los valores característicos.....	83
5.2.7.5	Clasificación visual	84
5.2.7.6	Obtención de modelos analíticos para determinar las propiedades mecánicas.....	85
5.2.7.7	Evaluación de la influencia de la altura de la troza en el árbol	86
5.2.7.8	Relación de MOED con MOR, MOE y MOEG	87
5.2.7.9	Clasificación de la madera en troza	87
5.2.7.10	Influencia de la época de corta en las propiedades.....	87
6	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	89
6.1	Clasificación visual.....	89
6.1.1	Histograma de frecuencias.....	89
6.1.2	Causas de rotura	92
6.1.3	Influencia de la sección y procedencia en el MOR, MOE y densidad	93

6.1.4	Clases visuales y clases resistentes asignadas	95
6.1.5	Comparación con normas de clasificación visual existentes	100
6.2	Modelos analíticos para determinar las propiedades mecánicas	100
6.3	Evaluación de la influencia de la altura de la troza del árbol	108
6.3.1	Resistencia a flexión (MOR) a diferentes alturas del árbol	109
6.3.2	Módulo de elasticidad local (MOE) a diferentes alturas del árbol	112
6.3.3	Densidad al 12% a diferentes alturas del árbol	113
6.3.4	Rendimientos de clasificación según altura del árbol	115
6.4	Relación de MOED con MOR, MOE y MOEG en troza y probeta	116
6.4.1	Modelos de predicción en troza	118
6.4.2	Modelos de predicción en probeta aserrada seca	119
6.5	Clasificación de la madera en troza	122
6.6	Influencia de la época de corta en las propiedades	123
6.6.1	Nociones sobre el movimiento de agua en las plantas	123
6.6.2	Antecedentes	125
6.6.3	Propiedades físicas	126
6.6.3.1	Contenido de humedad	126
6.6.3.2	Densidad	127
6.6.3.3	Fendas	129
6.6.3.4	Deformaciones	130
6.6.3.5	Rapidez de secado e higroscopicidad	132
6.6.4	Propiedades mecánicas	134
6.6.4.1	MOR, MOE, MOEG y MOED	134
6.6.5	Discusión de la influencia de la luna	138
7	CONCLUSIONES	141
8	FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN	144
9	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	145
9.1	Textos científicos	145
9.2	Normativa	154
	ANEXO I. LA INFLUENCIA DE LA LUNA. SABIDURÍA POPULAR	156
	ANEXO II. BASES DE DATOS	191
	ANEXO III. PUBLICACIONES	263

Índice de figuras

Figura. 4.1: Mapa de distribución actual de especies de alerce en las comunidades autónomas de País Vasco y Navarra.....	23
Figura. 5.1 Personal de la Diputación Foral de Gipuzkoa.	45
Figura 5.2: Serrería Larrañaga de Azpeitia.....	45
Figura 5.3: Serrería Aleman de Erratzu.	46
Figura 5.4: Serrería Errekondo de Usurbil.	46
Figura. 5.5. Láser Nikon Forestry.....	47
Figura 5.6. Forcípula.	47
Figura 5.7. FLEXÓMETRO.	47
Figura. 5.8. Calibre digital.	47
Figura.5.9. Escuadra de carpintero.	48
Figura.5.10. Regla milimétrica.....	48
Figura.5.11. Escuadra milimétrica.....	48
Figura.5.12. Trazador de madera.....	49
Figura. 5.13. Taladro eléctrico.....	49
Figura. 5.14. Xilohigrómetro.	49
Figura. 5.15. Equipo de ultrasonidos Microsend Timer realizando mediciones en vigas.	50
Figura. 5.16. Equipo de medición, software y balanza de la casa Fakopp.....	50
Figura. 5.17. Pórtico de ensayos SITENOR 2001.	51
Figura. 5.18. Cintas métricas, flexómetro y calibre.	51
Figura. 5.19. Cámara de acondicionamiento.	51
Figura.5.20. Balanza de medición de peso Radwag.....	52
Figura. 5.21. Balanza de medición de peso Gram.....	52
Figura. 5.22. Estufa para el secado de probetas.	52
Figura. 5.23. Histograma de frecuencias.	54
Figura. 5.24. Diagrama de caja y bigotes.	55
Figura.5.25. Gráfico Probabilístico Normal.	55
Figura 5.26. Localización de los rodales Gorostiza y..... Bedamaburu (zona de muestreo: Ataun).	62
Figura 5.27. Localización de los rodales Gizonzabal y Otzaurte (zona de muestreo: Otzaurte).	63
Figura 5.28. Localización del rodal Aritxulegi..... (zona de muestreo: Lesaka).....	63
Figura. 5.29. Localización del rodal de Labeaga (Bera de Bidasoa).	64
Figura 5.30. Localización del rodal de Aldaola (Ataun).	64
Figura.5.31. Detalle representando la selección de pies.	65
Figura.5.32. Medición de diámetros de árboles.	65

Figura.5.33. Árboles derribados en luna creciente (Arriba) y menguante (abajo).....	66
Figura.5.34. Detalle de placas serigrafiadas para identificación de probetas.	67
Figura. 5.35. Incorporación de placas serigrafiadas en trozas de árboles.	67
Figura 5.36. Esquema de utilización de las técnicas no destructivas en una troza de madera.	68
Figura. 5.37. Evaluación de trozas mediante técnicas no destructivas.	68
Figura 5.38. Transporte de la madera al aserradero.	69
Figura. 5.39. Medición de singularidades de las trozas en aserradero.	69
Figura. 5.40. Medición de singularidades de las trozas en aserradero.	69
Figura. 5.41. Supervisión de la trazabilidad de las trozas y de la madera aserrada durante su transformación en aserradero.	70
Figura. 5.42. Preparación de lotes de probetas para transporte a laboratorio.	70
Figura.5.43. Detalle de probetas en el exterior del laboratorio.	70
Figura. 5.44. Medición de nudos en las probetas.	72
Figura 5.45. Sistemática en la medición del tiempo de paso de una onda sonora mediante el aparato Microsecond Timer (Fakopp).	73
Figura 5.46. Sistemática en la medición de la frecuencia de vibración mediante un analizador de espectro de onda (Fakopp).	73
Figura.5.47. Marco de ensayos Sitenor2001.	74
Figura 5.48. Detalle del ensayo a flexión en laboratorio.	74
Figura 5.49. Detalle acotado del ensayo.....	75
Figura 5.50. Dispositivo de ensayo para la medición del módulo de elasticidad local en flexión.....	75
Figura.5.51 Banco de flexión para ensayos de madera.	76
Figura. 5.52. Mediciones del ensayo de flexión.	76
Figura.5.53. Gráfico de carga-deformación dentro de los márgenes de deformación elástica. .	77
Figura .5.54. Detalle de puntos de rotura de las vigas ensayadas tras en ensayo a flexión.	80
Figura.5.55. Determinación de la humedad de las vigas.	82
Figura. 5.56. Determinación de la densidad de rodaja tras ensayo de rotura.	82
Figura. 5.57. Introducción de probetas en estufa para el cálculo de la densidad en seco.	83
Figura 6.1. Histograma de frecuencias de las variables mecánicas y la densidad.	89
Figura 6.2. Gráfico probabilístico Normal de las variables mecánicas y la densidad.	90
Figura 6.3. Histograma de frecuencias de las singularidades más relevantes.	91
Figura 6.4. Rotura por nudo aislado en cara.....	92
Figura 6.5. Rotura por desviación de la fibra.	92
Figura 6.6. Diagramas de caja y bigotes según la sección.....	93
Figura 6.7. Diagramas de caja y bigotes según la procedencia.	94
Figura 6.8. Gráficos para verificar la homocedasticidad de los residuos.	107
Figura 6.9. Gráficos para verificar la independencia de los residuos.	108

Figura 6.10. Diagrama de caja y bigotes del MOR a diferentes alturas del árbol.	109
Figura 6.11. Relación entre el MOR y la altura del árbol.	110
Figura 6.12. Diagrama de caja y bigotes del MOE a diferentes alturas del árbol.	112
Figura 6.13. Diagrama de caja y bigotes de la densidad 12% a diferentes alturas del árbol. ..	113
Figura 6.14. Relación porcentaje probetas clasificadas como MEG-1 y altura DEL ÁRBOL. ..	115
Figura 6.15. Relación porcentaje probetas clasificadas como MEG-2 y altura del árbol.	116
Figura 6.16. Relación en troza entre el MOR corregido por sección y el MOED obtenido por velocidad de onda de paso.	118
Figura 6.17. Relación en troza entre el MOE sin corregir por humedad y el MOED obtenido por velocidad de onda de paso.	118
Figura 6.18. Relación en troza entre el MOEG sin corregir por humedad y el MOED obtenido por velocidad de onda de paso.	119
Figura 6.19. Relación en probeta seca entre el MOR corregido por sección y el MOED obtenido por velocidad de onda de paso.	119
Figura 6.20. Relación en probeta seca entre el MOE sin corregir por humedad y el MOED obtenido por velocidad de onda de paso.	120
Figura 6.21. Relación en probeta seca entre el MOED sin corregir por humedad y el MOED obtenido por velocidad de onda de paso.	120
Figura 6.22. Relación en probeta seca entre el MOR corregido por sección y el MOED obtenido por frecuencia de vibración longitudinal.	120
Figura 6.23. Relación en probeta seca entre el MOE sin corregir por humedad y el MOED obtenido por frecuencia de vibración longitudinal.	121
Figura 6.24. Relación en probeta seca entre el MOEG sin corregir por humedad y el MOED obtenido por frecuencia de vibración longitudinal.	121
Figura 6.25. Análisis gráfico de la influencia de la época de corta en el contenido de humedad.	127
Figura 6.26. Análisis gráfico de la influencia de la época de corta en la densidad sin corregir.	128
Figura 6.27. Análisis gráfico de la influencia de la época de corta en la densidad corregida por humedad.	128
Figura 6.28. Análisis gráfico de la influencia de la época de corta en el ancho de fenda.	129
Figura 6.29. Análisis gráfico de la influencia de la época de corta en la profundidad de fenda.	130
Figura 6.30. Análisis gráfico de la influencia de la época de corta en la curvatura de cara.	131
Figura 6.31. Análisis gráfico de la influencia de la época de corta en la curvatura de canto.	131
Figura 6.32. Análisis gráfico de la influencia de la época de corta en el alabeo.	131
Figura 6.33. Análisis gráfico de la influencia de la época de corta en la RAPIDEZ DE secado.	132
Figura 6.34. Análisis gráfico de la influencia de la época de corta en la higroscopicidad.	132
Figura 6.35. Análisis gráfico de la influencia de la época de corta en el MOR sin corregir.	135

Figura 6.36. Análisis gráfico de la influencia de la época de corta en el MOR corregido por sección.	135
Figura 6.37. Análisis gráfico de la influencia de la época de corta en el MOE sin corregir.	135
Figura 6.38. Análisis gráfico de la influencia de la época de corta en el MOE corregido por humedad.....	136
Figura 6.39. Análisis gráfico de la influencia de la época de corta en el MOEG sin corregir. ..	136
Figura 6.40. Análisis gráfico de la influencia de la época de corta en el MOEG corregido por humedad.....	136
Figura 6.41. Análisis gráfico de la influencia de la época de corta en el MOED_veh sin corregir.	137
Figura 6.42. Análisis gráfico de la influencia de la época de corta en el MOED_veh corregido por humedad.....	137
Figura 6.43. Análisis gráfico de la influencia de la época de corta en el MOED_ves sin corregir.	137
Figura 6.44. Análisis gráfico de la influencia de la época de corta en el MOED_ves corregido por humedad.....	138

Índice de tablas

Tabla 4.1: Datos sobre existencias por clases diamétricas en la comunidad autónoma de País Vasco y Navarra (territorios que incluyen las muestras objeto del estudio).	24
Tabla 4.2: Clases visuales y clases resistentes asignadas a determinadas especies en las principales normas de clasificación de Europa.	29
Tabla 4.3: Tabla de clases resistentes para coníferas establecida en la norma europea EN 338: 2016 basadas en ensayos de flexión de canto.	35
Tabla 5.1: Zonas de muestreo seleccionadas para la madera de alerce del Japón y características generales.	61
Tabla 5.2: Número, dimensiones y procedencia de las probetas ensayadas.	62
Tabla 6.1: Causas de rotura.	92
Tabla 6.2: Especificaciones para las clases resistentes MEG-1 y MEG-2.	96
Tabla 6.3: Longitud total máxima de las piezas según norma UNE-EN 14081-1:2016.....	97
Tabla 6.4: Deformación máxima (en mm) en 2 m de longitud según norma UNE-EN 14081-1:2016.....	97
Tabla 6.5. Piezas de cada sección clasificadas como MEG-1, MEG-2 y rechazadas.	98
Tabla 6.6. Valores característicos del MOR, MOE y densidad de la clase visual MEG-1.....	99
Tabla 6.7. Valores característicos del MOR, MOE y densidad de la clase visual MEG-2.....	99
Tabla 6.8. Valores medios y coeficientes de variación de las variables explicativas y estimadas.	101
Tabla 6.9. Coeficientes de los modelos de regresión para estimar el MOE_H , $MOEG_H$ y MOR_S	103
Tabla 6.10. Coeficientes de los modelos de regresión para estimar el MOE_{12} , $MOEG_{12}$ y MOR_{Kh}	103
Tabla 6.11. <i>Valores P</i> de los modelos de regresión múltiple.	105

Tabla 6.12. Modelos analíticos para estimar el MOE _H , MOE ₁₂ , MOEG _H , MOEG ₁₂ , MOR _S y MOR _{Kh}	106
Tabla 6.13. Rendimiento de clasificación según la altura del árbol.	115
Tabla 6.14. Coeficientes de determinación (r^2) obtenidos entre los módulos de elasticidad dinámicos (MOED) corregidos a la humedad del ensayo destructivo H%, y las variables MOR, MOE y MOEG sin corregir.....	117
Tabla 6.15: Porcentajes de clasificación por clase visual en función de la velocidad de paso de la onda de choque.	122
Tabla 6.16: Calidades visuales en troza y porcentajes de clasificación visual por calidades visuales en las piezas de madera aserradas.	123
Tabla 6.17: Análisis analítico de la influencia de la época de corta en el contenido de humedad.	126
Tabla 6.18: Análisis analítico de la influencia de la época de corta en la densidad.	127
Tabla 6.19: Análisis analítico de la influencia de la época de corta en las fendas.	129
Tabla 6.20: Análisis analítico de la influencia de la época de corta en las deformaciones por secado.	130
Tabla 6.21: Análisis analítico de la influencia de la época de corta en el MOR, MOE, MOEG y MOED.	134
Tabla 6.22: Resumen de diferencias estadísticamente significativas entre probetas de creciente y de menguante.....	139

Resumen

En el presente trabajo de investigación se llevó a cabo la caracterización mecánica de la madera estructural de alerce del Japón (*Larix kaempferi* (Lamb.) Carr.). Además, se analizó la influencia de la época de corta de la madera, en relación con las fases lunares, sobre las propiedades físicas y mecánicas de la misma.

La muestra consistió en un total de 370 piezas de madera aserrada (de 225 pies diferentes), 4 lotes de 92, 92, 90 y 96 piezas, de secciones 7x15, 10x15, 14x18 y 20x25 cm, respectivamente. Para la obtención de los lotes se establecieron 5 zonas de muestreo, 3 de ellas localizadas en la provincia de Gipuzkoa y 2 en la región de Navarra, representativas de la industria de madera estructural de esta especie a nivel nacional. De los sobrantes del mecanizado de probetas, se obtuvieron 140 tablas con las que se analizó la influencia de la época de corta en el proceso de secado, bajo cubierta y al aire. Se realizaron ensayos mecánicos destructivos en laboratorio para determinar las propiedades caracterizadoras del material: rigidez (MOE), resistencia (MOR), y densidad (12% de humedad). Además, se realizaron mediciones de singularidades de la madera y ensayos no destructivos sobre las trozas en húmedo (tras el tronzado en monte), y sobre las probetas finales secas (antes de ejecutar los ensayos mecánicos).

Considerando los parámetros visuales se elaboró una tabla de clasificación visual para la madera estructural de alerce del Japón de procedencia española, obteniendo 2 clases visuales denominadas MEG-1 (Madera Estructural de Gran Escuadría-1) y MEG-2 (Madera Estructural de Gran Escuadría-2). Los valores característicos de resistencia, rigidez y densidad de la clase MEG-1 fueron $f_k = 31,80$ MPa, $E_{0,mean} = 13.082$ MPa, y $\rho_k = 465,6$ kg/m³, asignándose una clase resistente C30. Los valores característicos de la clase MEG-2 fueron $f_k = 24,55$ MPa, $E_{0,mean} = 12.320$ MPa, y $\rho_k = 469,1$ kg/m³, asignándose una clase resistente C24. Para la estimación de la rigidez (MOE y MOEG) y de la resistencia (MOR), se realizaron modelos analíticos considerando conjuntamente parámetros no destructivos y visuales. La estimación del MOEG ($r^2 = 0,66$) alcanzó un ajuste ligeramente mayor que la estimación del MOE ($r^2 = 0,56$), y mucho mayor que la estimación del MOR ($r^2 = 0,44$).

Respecto a las trozas, se observó una clara relación entre el MOR y la altura del árbol, de modo que la resistencia de la probeta disminuía cuanto mayor era la altura de la troza de procedencia. Se elaboró una tabla de clasificación visual en troza, estableciendo 3 calidades (Superior, Media e Inferior) que se relacionaron directamente con las clases visuales (MEG-1 y MEG-2) de las probetas finales.

En relación a la época de corta, se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las probetas de creciente (pies cortados entre 2 y 5 días tras la luna nueva) y las probetas de menguante (pies cortados entre 2 y 5 días tras la luna llena). Concretamente, las probetas de creciente presentaron menor densidad, mayor rapidez de secado, mayor higroscopicidad, y menor módulo de elasticidad dinámico (aplicando para su obtención el método de frecuencia de vibración longitudinal).

1 INTRODUCCIÓN

Desde hace siglos, la madera ha sido un bien fundamental para el hombre por sus múltiples aplicaciones. Así, por ejemplo, uno de los principales hitos en la Historia de la Humanidad y clave para su progreso, fue la invención de la rueda hacia el final del Neolítico (hacia el quinto milenio a. C., aproximadamente), cuando sus primeros modelos fueron hechos con este material.

Durante miles de años el hombre se ha servido de la madera para cubrir sus necesidades más diversas, tales como leña para protegerse y para cocinar, para fabricar herramientas y utensilios, armas para cazar, muebles, etc.

Otro de los usos esenciales de la madera a lo largo de la historia ha sido el de material básico con el que proporcionarse cobijo, gracias a sus múltiples propiedades de resistencia, durabilidad, versatilidad, disponibilidad, etc., toda vez que la madera es uno de los mejores materiales para tal menester, y casi el único a su disposición y de fácil elaboración a lo largo de milenios.

Su resistencia, calidad, seguridad, calor que proporciona y su color, quedan patentes en todas y cada una de las construcciones que utilizan este noble material, cuyos resultados son, además, visualmente insuperables.

Hasta nuestros días han llegado ejemplos de monumentos arquitectónicos de la Humanidad realizados en madera hace cientos de años, tales como la Ciudad Prohibida de Pekín (China), construida en el siglo XV, señalada como la mayor colección de estructuras de madera antiguas que se conserva en el mundo; o el Taj Mahal, construido en el siglo XVII en la India, una de las Siete Maravillas del Mundo moderno, sustentada sobre pilares de madera, al igual que la ciudad italiana de Venecia.

Pero sin irnos geográficamente tan lejos, la madera es uno de los elementos clave en los sistemas constructivos de la Alhambra de Granada (S. XIII), ya sea en soportes, ornamentación u otros elementos. En éstas y otras obras grandiosas, la madera aporta una plasticidad y una vistosidad únicas.

Estos y muchos otros ejemplos convienen en señalar que la madera es un material que, bien utilizado, es capaz, no solo de resistir a la perfección el paso del tiempo, si no, además, de seguir impresionando siglos después de su utilización.

A lo largo de la historia, y aún en la actualidad, el bosque ha permitido la supervivencia de las poblaciones rurales gracias al aprovechamiento de los recursos forestales.

A su vez, los avances tecnológicos que se han desarrollado en los últimos años, han permitido acabar con uno de los mitos existentes acerca de las limitaciones del material

de madera en la construcción: aquél que señalaba que el uso de la madera estaba ligado a construcciones muy pequeñas y tradicionales. Hoy en día, se desarrollan permanentemente, y ante nuestros ojos, obras de ingeniería absolutamente vanguardistas realizadas con madera mejorada tecnológicamente.

Es con la aparición de las construcciones de madera laminada, de los tableros contrachapados, de partículas y de fibras, etc., productos todos ellos derivados de la madera junto con el descubrimiento de su buen comportamiento frente al fuego, cuando la madera recupera un campo de aplicación propio de sus características.

Así en Estados Unidos, Canadá, países del norte de Europa, etc. la madera extiende rápidamente su uso en el campo de la vivienda unifamiliar y como material protagonista de proyectos en los que se requieren grandes luces libres junto con calidades decorativas difíciles de alcanzar por sus competidores como el hormigón y acero. (Arriaga y Argüelles, 1993).

Por el contrario, en España durante el último siglo la madera ha perdido importancia a nivel constructivo a favor de otros materiales como el hormigón o el acero. La brillantez de los nuevos materiales, unido a la escasa tecnificación de los productos de madera, provocaron un cambio de tendencia en el uso de los materiales constructivos.

Podemos decir que los datos sobre el uso de la madera en los últimos años indican que la madera ha vuelto a formar parte de las nuevas construcciones, sobre todo en viviendas, así como en grandes instalaciones deportivas, de ocio, etc., representando un porcentaje importante de las mismas.

Así, en los países industrializados, el consumo anual de madera es superior a 1000 millones de toneladas (Manrique, 2010), mientras que, en los países en vía de desarrollo, se estima que el consumo es de magnitud comparable a la anterior. Esto hace que en todo el mundo se utilicen unos 2000 millones de toneladas de madera con fines estructurales al año (Alares, 1992). Este auge, es debido principalmente a cuatro factores:

- **Tecnológico y técnico:** Con los nuevos productos de madera, más tecnificados (madera laminada encolada, madera microlaminada, madera estructural empalmada con finger-joint, los diferentes tableros derivados de la madera para fines estructurales, los procesos de tratamiento de la madera que mejoran la durabilidad natural propia de la madera, etc.), los arquitectos y aparejadores ya cuentan con un material de fácil montaje y que resuelven con rapidez gran cantidad de problemas constructivos.
- **Ecológico:** La madera es el material constructivo más ecológico que existe, ya que es un material natural, que necesita poca energía para ser transformado y además almacena CO₂ de la atmósfera en su interior. También se debe tener en cuenta la aparición de las nuevas certificaciones de los productos de madera (PEFC y FSC), que garantizan que los productos de madera certificados

proviene de montes gestionados de manera sostenible, eliminando en parte el concepto equivoco de que cortar y usar madera resulta perjudicial para el medio ambiente. Ha sido la divulgación de las ventajas de usar la madera como material ecológico y renovable frente a otros materiales más contaminantes y no renovables, la que ha contribuido de forma vital en que la madera sea más solicitada en obras públicas y por particulares.

- **Económico:** Una estructura bien diseñada y dimensionada puede ser más barata que una estructura de hormigón o de acero.
- **Estético:** Por su calidez, apariencia y múltiples opciones de acabado, cada vez es más demandada.

Otro punto relevante es el incremento durante los últimos años de las exigencias de calidad a los productos de madera estructural. Surge la necesidad imperante de satisfacer el cumplimiento de nuevas reglamentaciones, como el Código Técnico de la Edificación y la directiva de productos de la construcción, con el Mercado CE. Ambas normativas obligan a todos los fabricantes a declarar los valores de resistencia y rigidez de cada pieza de madera estructural que coloquen en el mercado y que a su vez se vaya a incorporar a una edificación. Por ello, resulta primordial abordar todas las carencias existentes actualmente en la caracterización de especies de madera de origen español.

2 JUSTIFICACIÓN

Cada país ha desarrollado estándares nacionales para clasificar estructuralmente la madera de sus masas forestales, estableciendo su propia clasificación y nomenclatura estructural. Debido a la gran variedad de especies de madera, orígenes y diferentes reglas de clasificación, se recomienda utilizar el sistema europeo de clasificación de madera para uso estructural. La madera de sección rectangular se clasifica en categorías (clases de resistencia) según tres propiedades clave: resistencia, rigidez y densidad. Las clases de resistencia y sus propiedades se indican en la norma EN 338:2016.

Bajo el actual sistema europeo existen dos sistemas para la clasificación estructural de la madera, la clasificación visual y la clasificación mecánica.

La clasificación visual consiste en medir las singularidades de la madera, que afectan a su resistencia y rigidez, como los nudos, la inclinación de la fibra, la anchura de los anillos de crecimiento, la médula, las grietas, etc. La transformación válida de las calidades visuales a las clases de resistencia correspondientes se definen en la norma española UNE 56544:2011 y en la norma europea EN 1912:2012. Sin embargo, en España sólo 4 especies de coníferas están asignadas a una clase resistente: Pino laricio (*Pinus nigra* Arn. var. *Salzmannii*), pino silvestre (*Pinus sylvestris* L.), pino radiata (*Pinus radiata* D. Don) y pino pinaster (*Pinus pinaster* Ait.), limitando el acceso de cualquier otra especie maderable al mercado de la madera estructural.

La clasificación mecánica requiere la evaluación mediante técnicas no destructivas (NDT) de cada pieza, pero la diferencia es que la madera es clasificada por una máquina que mide una o más propiedades físico-mecánicas llegando a rendimientos clasificatorios mayores que con la clasificación visual.

A partir de los datos físico-mecánicos obtenidos en los ensayos de rotura (resistencia a flexión, módulo de elasticidad global y local, y densidad) y de su posterior correlación y limitación con los defectos de la madera medidos en cada una de las piezas sometidas a rotura, se obtiene la herramienta para llevar a cabo una clasificación visual. De la relación de dichos datos y de los diferentes parámetros físicos obtenidos mediante ensayos no destructivos, se determinan las diferentes herramientas de clasificación mecánica.

En España es necesario realizar trabajos de investigación tanto para aumentar el número de especies maderables clasificadas por clasificación visual, como para adaptar y calibrar los dispositivos de clasificación mecánica basadas en métodos no destructivos.

Cabe señalar que numerosas investigaciones han demostrado la capacidad predictiva de las técnicas no destructivas a la hora de evaluar diversas características físico-mecánicas de la madera (Acuña et al., 2006; Divos and Tanaka, 1997; Arriaga et al., 2012; Llana et al., 2018; Montero et al., 2015; Crespo et al., 2017). En este sentido, son varios los autores que han recomendado la utilización de métodos mixtos para la clasificación estructural y obtención de propiedades mecánicas, basados en la combinación de NDT y en la medición de parámetros visuales (Casado et al., 2012; Arriaga et al., 2014).

Durante los últimos años, las masas de pino radiata están siendo atacadas por una plaga de hongos (*Phytophthora ramorum*) que está causando importantes daños forestales y enormes pérdidas económicas, debido a que esta especie constituye el motor de la industria maderera en la franja norte de la península, especialmente en el País Vasco y en Navarra. Las condiciones ambientales de alta humedad y temperaturas suaves favorecen la proliferación de estos patógenos, condiciones cada vez más frecuentes por el avance del conocido cambio climático.

La creciente preocupación ha provocado que se busquen especies de coníferas que pudieran ser alternativas capaces de sustituir con garantías aquellas masas forestales afectadas, manteniendo los turnos de corta reducidos que se vienen aplicando en la zona. En este contexto, una de las especies candidatas es el alerce del Japón (*Larix kaempferi* (Lamb.) Carr.) cuya utilidad en construcción está sobradamente demostrada en edificaciones emblemáticas japonesas (Yamabiko Dome en Matsumoto, The Nagano 'M Wave' arena en Nagano, Mokuzai Nakagai Kaikan edificio de oficinas en Osaka, o Mizu-no-Machiya Nanokamachi-Gotenzeki en Yamagata). En Europa, esta especie solo está clasificada en el Reino Unido (norma BS 4978:2007+A2:2017).

Mediante este trabajo de investigación se pretende caracterizar mecánicamente la madera de alerce del Japón para que se presente como una alternativa viable a utilizar en la construcción con madera.

Se pretende, además, estudiar la posible influencia de la época de corta, y concretamente de la fase lunar, en las propiedades físicas y mecánicas de la madera.

La influencia que la fase lunar existente en el momento del apeo de un árbol, tiene sobre las propiedades de la madera que luego se obtiene, es un tema que posiblemente se haya debatido a lo largo de los siglos por nuestros antecesores, pero sólo en las dos últimas décadas puede decirse que se haya iniciado su estudio de forma rigurosa y científica.

En el presente trabajo de investigación se analizará, desde un punto de vista estrictamente científico, la influencia de la época de corta en las propiedades mecánicas y físicas de la madera. Se podrá de este modo ratificar o refutar algunas de las afirmaciones ancestrales arraigadas en el acervo cultural, que han pervivido a lo largo de los siglos con la única herramienta de la transmisión oral intergeneracional.

3 OBJETIVOS

En el presente trabajo de investigación se pretende obtener una clasificación visual del alerce del Japón para su inclusión en las normas de clasificación nacionales y europeas. El establecimiento de clases resistentes requiere la realización de ensayos mecánicos destructivos para conocer las propiedades del material.

A su vez, se aplicarán técnicas no destructivas que, combinadas con parámetros visuales, permiten desarrollar modelos analíticos para la estimación de las variables de rigidez y resistencia. Los ensayos no destructivos ofrecerán información necesaria para el desarrollo futuro de la clasificación mecánica de esta especie.

Los ensayos no destructivos se llevarán a cabo en troza, tras el tronzado en monte, y en las probetas finales secas, antes de los ensayos mecánicos. La información adquirida de este modo es muy relevante para la aplicación industrial del producto final, ya que permite establecer criterios de calidad del material en una etapa muy temprana del proceso de transformación.

Finalmente, se pretende averiguar la influencia de la época de corta de la madera, en relación con las fases lunares, sobre las propiedades de la misma. Concretamente, se estudiarán las propiedades mecánicas de resistencia y rigidez, y las propiedades físicas de densidad, contenido de humedad, aparición de fendas, deformaciones y rapidez de secado e higroscopicidad.

4 ANTECEDENTES

4.1 DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE

4.1.1 DISTRIBUCIÓN Y EXISTENCIAS

El alerce del Japón ha sido utilizado fundamentalmente en Gipuzkoa, donde su extensión superó las 9.000 ha. Hace años fue utilizado como alternativa al pino radiata (*Pinus radiata* D. Don) que resultó muy afectado de las heladas de 1956. Sus crecimientos no han satisfecho las expectativas que se tenían con la especie habiéndose dejado de utilizar prácticamente en la actualidad (Aunós, 2008). De una forma más dispersa, la especie se ha utilizado en repoblaciones desde Galicia a Cataluña (Gracia, 2004).

En el País Vasco el alerce del Japón se utilizó en masas mezcladas con haya (*Fagus sylvatica* L.) para la restauración de hayedos. Su preferencia por suelos profundos exige una labor preparatoria del suelo en profundidad, bien mediante ahoyados mecanizados o mediante subsolados, según las características de la estación. Además, su elevada sensibilidad a daños por herbívoros exige una protección de la nueva masa, bien de carácter perimetral o individual, si se quiere compatibilizar la superficie arbolada con otros usos. Pese a todo ello, tal y como se indica en la figura 4.1, es en Navarra y en Gipuzkoa donde se detectan actualmente un gran número de existencias de esta especie. Esta especie presenta un elevado potencial para producir productos de alto valor añadido como la madera estructural y la madera de carpintería para revestimientos.

En la tabla 4.1, se detallan las clases diamétricas de esta especie pertenecientes a la comunidad autónoma del País Vasco.

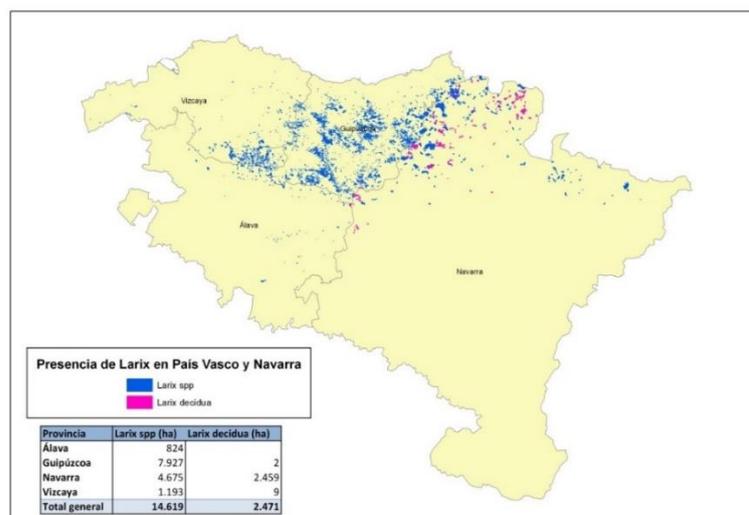


FIGURA. 4.1: MAPA DE DISTRIBUCIÓN ACTUAL DE ESPECIES DE ALERCE EN LAS COMUNIDADES AUTÓNOMAS DE PAÍS VASCO Y NAVARRA.

Fuente: Elaboración propia a partir del Mapa Forestal de España a escala 1:50.000 (MFE50). MAGRAMA.

TABLA 4.1: DATOS SOBRE EXISTENCIAS POR CLASES DIAMÉTRICAS EN LA COMUNIDAD AUTÓNOMA DE PAÍS VASCO Y NAVARRA (TERRITORIOS QUE INCLUYEN LAS MUESTRAS OBJETO DEL ESTUDIO).

CD	VCC Gipuzkoa(m ³)	VCC Vizcaya (m ³)	VCC Navarra (m ³)
10	10.448	411	16.490
15	28.379	-	96.259
20	95.857	2.897	195.272
25	217.582	10.896	281.385
30	378.698	45.378	238.218
35	307.371	70.105	54.563
40	107.721	63.036	9.927
45	30.720	13.927	14.537
50	10.121	2.845	7.727
55	1.754	1.712	-
TOTAL	1.188.651	215.605	914.378

Fuente: Elaboración propia. Datos obtenidos a partir del tercer Inventario Forestal Nacional y tercer Mapa Forestal Español. 2006.

En la actualidad, si bien existe material de base identificado en el Catálogo Nacional de Materiales de Base, aún suele recurrirse a la importación de semillas y plantas.

En el caso del alerce japonés, a pesar de su reducida distribución en las montañas del centro de la isla de Honshu, su utilización en repoblaciones en diferentes partes del mundo ha puesto de manifiesto que las fuentes de semillas más septentrionales y a mayor altitud dan lugar a progenies con un endurecimiento más temprano y una mayor resistencia al frío (Shearer, 2008). La resistencia del alerce europeo (*Larix decidua* Mill.) a la nieve, al frío, a las heladas y al viento, lo convierten en una especie muy interesante para su uso en estaciones de alta montaña con un fin protector, sobre todo de estabilización de suelos. Su carácter caducifolio le limita para el uso en repoblaciones de protección frente a aludes. No obstante, los mediocres resultados obtenidos en nuestro país, comparado con el pino uncinata (*Pinus uncinata* Mill), no han avalado su empleo futuro en la estabilización de suelos y lucha contra la erosión (Aunós, 2008).

4.1.2 PROPIEDADES TECNOLÓGICAS DE LA MADERA

A continuación, se hace una breve descripción de la madera de esta especie, alerce del Japón, según Vignote (2014), en su documento “Principales maderas de coníferas en España. Características, tecnología y aplicaciones”.

La madera de alerce del Japón es muy semejante a la de alerce europeo. La albura es blanco-amarillenta claramente diferenciada del duramen marrón-rojizo. Anillos de crecimiento bien diferenciados a veces de contorno algo ondulado. Tiene textura fina y es de fibra recta.

La madera proveniente de masas naturales de alerce del Japón es en cuanto a peso específico muy parecida a la del alerce europeo, quizás ligeramente menos pesada 0,50 a 0,55 kg/m³. En cambio, la madera procedente de las repoblaciones europeas de esta especie es más ligera (450 a 550 kg/m³ al 12% de humedad) y sensiblemente más blanda.

En general, las características mecánicas de esta madera son muy similares a las de la madera de alerce europeo de densidad comparable, es decir, si ha crecido en zona llana. De todas maneras, la dureza es inferior.

Tanto las características tecnológicas como las aplicaciones de esta madera son similares a las del alerce europeo, y en general similares a la de los pinos españoles.

Sus aplicaciones más importantes están en la construcción, tanto de edificios como naval, y en menor medida en ebanistería.

4.1.2.1 DURABILIDAD E IMPREGNABILIDAD

Reseñar que la durabilidad natural para la mayor parte de las especies de madera quedan definidas en la Norma Europea UNE EN 350-2: 1995. La madera de alerce del Japón sí aparece en dicha clasificación, pero solo ha quedado caracterizada para madera procedente de América del Norte, siendo la clasificación presentada la siguiente:

- **Hongos:** clase 3-4. Medianamente durable - Poco durable.
- **Hylotrupes:** Clase S. Sensible.
- **Anóbidos:** Clase S. Sensible.
- **Termitas:** Clase S. Sensible.
- **Impregnabilidad:**
 - **Duramen:** Clase 4. No impregnable: Prácticamente imposible de impregnar. Después de 3 h a 4 h de tratamiento bajo presión sólo se absorben pequeñas cantidades de producto. Penetraciones longitudinales y laterales mínimas.
 - **Albura:** Clase 2v. Medianamente impregnable: Fácil de impregnar. Normalmente no es posible una impregnación completa, pero después de 2h ó 3h de tratamiento a presión se puede alcanzar una penetración de más de 6 mm. Presenta además una gran diversidad de comportamiento.

Estos datos de durabilidad difieren con las valoraciones de los industriales que utilizan dicha madera, tanto en España como en otros países de Europa, que se refieren a dicha madera como una especie durable, resistente frente a hongos e insectos.

4.2 HERRAMIENTAS DE CLASIFICACIÓN DE MADERA ASERRADA PARA USO ESTRUCTURAL

4.2.1 INTRODUCCIÓN

Dentro del sector europeo de la madera, el conocimiento de las propiedades de los diversos productos estructurales de muy diferentes especies forestales se realiza siguiendo unos protocolos de trabajo ya definidos por el Comité Técnico (TC 124), el competente en materia normalizadora de los productos destinados al mercado estructural e incluido a su vez en el Comité Europeo de Normalización (Sáenz, 2011).

La caracterización de la madera de acuerdo con los postulados y metodologías descritas en las normas dictadas por el TC 124, se ha convertido en una necesidad de supervivencia competitiva dentro del mercado estructural, ya que la inexistencia de datos homologados sobre una determinada madera imposibilita su libre mercado en el ámbito europeo.

Dentro de este proceso normalizador se ha trabajado en la unificación de normas que permitan la libre circulación de los productos y que aseguran su calidad, logrando un marco normativo con exigencias comunes en toda la Unión Europea (Sáenz, 2011). En este marco se establecen las diferentes metodologías a seguir para llevar a cabo los ensayos a flexión, la medición de las diferentes singularidades de la madera, el desarrollo de nuevas normas de clasificación o nuevas metodologías de clasificación mecánica.

En este marco se han disparado las necesidades de investigación, desarrollo e innovación, y así lo demuestran las numerosas líneas de investigación abiertas en nuestro país, tanto en el ámbito de caracterización como de clasificación, con una clara vocación de responder a las necesidades surgidas en el sector y de satisfacer los requisitos de seguridad planteados en la normativa.

Existen varios métodos de clasificación de madera para uso estructural. Los más habituales son el ensayo mecánico estructural de tipo destructivo, la clasificación visual y la clasificación mecánica. El primero se conoce comúnmente como técnica destructiva, y es el que aporta una mayor exactitud a la hora de obtener las propiedades de resistencia y rigidez de la madera, así como su densidad.

La clasificación visual y la clasificación mecánica se basan en las denominadas Técnicas No Destructivas (NDT), que permiten estimar de forma individualizada (pieza a pieza) las propiedades resistentes de la madera, sin necesidad de alterar de forma permanente sus propiedades físicas y mecánicas. Ambos métodos requieren, para su desarrollo, la realización de ensayos mecánicos estructurales de tipo destructivo de la especie y procedencia a caracterizar.

La clasificación visual se basa en un proceso de caracterización, donde se definen, relacionan y delimitan la influencia de las singularidades presentes en la madera con valores de resistencia y rigidez de la misma.

Una de las principales desventajas que tiene una clasificación visual es que subestima la calidad resistente de la madera, situándose siempre del lado de la seguridad, además de ser un proceso lento de clasificación (requiere el manejo de la pieza para visualizar sus cuatro caras), que siempre queda sujeto a la decisión final de un clasificador.

Actualmente existen numerosas normas de clasificación visual resistente en Europa. Esto se debe en gran parte a la heterogeneidad de la madera como material constructivo, ya que en cada país o zona geográfica se detectó la disponibilidad y uso de diferentes especies o grupos de especies, diferentes requisitos dimensionales, diferentes calidades del material disponible, e incluso diferentes prácticas y costumbres históricas. Esto llevó a que cada país o zona geográfica decidiera cubrir las necesidades derivadas de sus usos y costumbres teniendo en cuenta la diversidad presente en su territorio.

El empleo de una clasificación mecánica consiste en medir una variable y relacionarla de la forma más estrecha posible con una variable clasificadora (en casi todos los casos con el módulo de elasticidad), de tal modo que, cuanto mayor sea esa relación entre factores y más fácil de medir sea el estimador, mejor será la técnica.

Existe una gran diversidad de métodos de clasificación mecánica, aunque todos exigen grandes esfuerzos en la caracterización del producto de forma inicial y en la obtención de correlaciones estadísticas entre los diferentes parámetros mecánicos y/o físicos, y los valores de resistencia y rigidez. Así se consigue obtener una clasificación instantánea y mecanizada. Según el método de clasificación mecánica escogido, puede resultar necesaria la toma de muestras continuas durante la producción para controlar e incluso reajustar favorablemente los parámetros de clasificación establecidos en la máquina.

Por otra parte, en ambos métodos es necesario delimitar el alcance de la aplicación, es decir, la especie o grupos de especies a valorar, y sus procedencias geográficas, tanto para la obtención de las tablas de clasificación visual, como para el ajuste de los parámetros de las máquinas.

El objetivo final de ambos sistemas, basados en técnicas no destructivas, es obtener una herramienta de clasificación que permita declarar unos valores de resistencia y rigidez a cada pieza de madera estructural clasificada, sin necesidad de tener que someter a rotura dichas piezas.

Actualmente en España generalmente se hace uso del método de clasificación visual por dos motivos esencialmente: los escasos volúmenes de producción, y la escasa

tecnificación de los procesos industriales de la industria maderera que deriva en una escasez de máquinas de clasificación mecánica con parámetros ajustados a las especies y distribuciones españolas.

4.2.2 NORMAS DE CLASIFICACIÓN VISUAL

4.2.2.1 PASADO Y PRESENTE

La clasificación visual de la madera en función de su aspecto exterior ha sido, y es, el método más usado para decidir sobre la calidad mecánica de la madera. Una de las primeras normas de clasificación visual de la madera estructural data de 1923 y fue desarrollada y publicada por el Forest Products Laboratory de Madison (Estados Unidos). Hacia 1950 tuvieron su desarrollo normas similares en Europa, apareciendo las primeras versiones de las normas alemanas (DIN), inglesa (BSI), francesa (AFNOR), etc. (Fernández Golfín *et al.*, 2001).

Por su parte en España la madera aserrada empezó siendo clasificada por su aspecto, donde los criterios de clasificación están basados en la apariencia estética y los defectos de la madera penalizaba atendiendo al grado de aparición en la superficie (Arriaga *et al.*, 2003).

Estas primeras clasificaciones estéticas atendían a los usos y costumbres de la zona de explotación y comercialización, ligándose así a especies y procedencias. Un ejemplo que ha perdurado en el tiempo es la clasificación para el pino silvestre procedente del sistema ibérico, que tipifica cinco calidades, especial, primera, segunda, tercera, y cuarta o construcción.

En general se trata de una clasificación incompleta, que puede dar lugar a muchos conflictos entre comprador y vendedor (Vignote *et al.*, 1999). Por esta razón se desarrolló en 1995 la Norma UNE 56545:1995 que establecía cuatro calidades visuales de calidad según el aspecto: especial, 1º, 2ºA, 2ºB, 3º y 4º. Estas normas delimitaban los tamaños y/o la presencia de singularidades típicas de la madera, teniéndolos únicamente en cuenta por temas puramente estéticos y/o funcionales. Dicha norma no llegó a implantarse en la industria, siendo posteriormente anulada. Actualmente existen diferentes normas europeas que pretenden poner criterios de clasificación comunes que regulen en mejor medida el mercado de la madera dentro de la Unión Europea, como la EN 942:2007, útil para madera en elementos de carpintería.

La primera norma española de clasificación visual de la madera aserrada según su resistencia estructural (actual UNE 56544: 2011) se remonta al año 1996. El desarrollo de esta norma española ha sido siempre paralelo a la antigua norma marco europea EN 518:1996, ahora sustituida por la norma armonizada EN 14081-1: 2016, por lo que se puede asegurar que la normativa española cumple en estos momentos con todos los requisitos que se establecen a nivel europeo para la clasificación visual de la madera según su resistencia.

Respecto a la situación actual en el continente europeo, son numerosos los estudios realizados, lo que ha permitido la caracterización y fijación de tablas de clasificación para las principales maderas comercializadas a nivel estructural. Esencialmente se han determinado a nivel nacional o a nivel de grandes extensiones geográficas de características muy similares con distribución por diferentes países.

Es por lo tanto cada país o grupo de países quienes establecen en sus correspondientes normas de clasificación, las diferentes calidades visuales (clases visuales) por especie o grupo/s de especies caracterizadas, donde se delimitan los criterios de clasificación visual y se asignan los valores de resistencia y rigidez a cada una de ellas. Este proceso se suele realizar mediante la asignación directa por especie y clase visual de las denominadas clases resistentes (establecidas en la Norma Europea UNE EN 338: 2016, tales como la C18, C22, C24, C30, etc.). Esto es posible ya que cada clase resistente lleva asociados unos valores característicos de la resistencia, rigidez y densidad, tal y como se establece en la Norma UNE EN 338: 2016.

La estructura de todas las normas de clasificación suele ser bastante similar:

- Inicialmente se hace una breve descripción de los defectos que deben ser analizados y se establece la metodología de medición por la que se ha optado en cada caso.
- La metodología de medición de las singularidades de la madera suele variar de unas normas a otras, pero en la mayor parte de los casos optan por alguna de las opciones que plantea la Norma Europea EN 1310:1997, tal y como establece la norma EN 14081-1: 2016, como es para el caso de los nudos, fendas, desviaciones de fibra y deformaciones.
- Seguidamente se fijan las diferentes tablas de clasificación para cada especie o grupo de especies analizadas. Cada tabla contiene los valores límite para cada una de las singularidades analizadas y para cada una de las diferentes calidades (clases visuales) que se hayan fijado, en la mayor parte de los casos de una a tres.
- Y finalmente, y no en todos los casos, la asignación a cada calidad (clase visual) de la correspondiente clase resistente. Esto se debe a que no todas las normas optan por recoger en su propia norma de clasificación dicha opción, ya que existe una norma, la EN 1912: 2012, que recoge la asignación de clases resistentes de todas las especies o grupos de especies, calidades y normas de clasificación, existentes a nivel europeo, e incluso de fuera de Europa, como es el caso de la norma estadounidense y canadiense.

A continuación, en la tabla 4.2, se hace un breve resumen de las principales normas de clasificación establecidas en Europa:

TABLA 4.2: CLASES VISUALES Y CLASES RESISTENTES ASIGNADAS A DETERMINADAS ESPECIES EN LAS PRINCIPALES NORMAS DE CLASIFICACIÓN DE EUROPA.

Procedencia	País que publica la norma de clasificación	Norma de clasificación ¹⁾	Especie (nombre comercial)	Nombre científico	Calidad	Clase resistente
España	España	UNE 56544 ²⁾	Pino radiata	<i>Pinus insignis</i>	ME-1	C24
					ME-2	C18
					MEG	C22
			Pino marítimo	<i>Pinus pinaster</i>	ME-1	C24
					ME-2	C18
					MEG	C22
			Pino silvestre	<i>Pinus sylvestris</i>	ME-1	C27
					ME-2	C18
					MEG	C22
		Pino laricio	<i>Pinus nigra</i>	ME-1	C30	
ME-2	C18					
MEG	C22					
UNE 56546	Eucalipto	<i>Eucalyptus globulus</i> (Hasta 20x7 cm)	MEF	D40		
Francia	Francia	NF B 52001	Abeto blanco Picea Abeto douglas	<i>Abies alba</i> ³⁾ <i>Picea abies</i> ³⁾ <i>Pseudotsuga menziesii</i>	ST-I	C30
					ST-II	C24
					ST-III	C18
			Pino silvestre Pino marítimo Pino laricio	<i>Pinus sylvestris</i> ⁴⁾ <i>Pinus pinaster</i> ^{4), 5)} <i>Pinus nigra</i> ⁴⁾	ST-I	C30
					ST-II	C24
					ST-III	C18
					ST-IV	C14
			Chopo	Clones Robusta, I 214, I 4551 ⁶⁾ (Hasta secciones <200 cm ²)	ST-III	C18
					ST-II	C24
			Roble	<i>Quercus robur-petrea</i>	1	D30
					2	D24
					3	D18
			Alerce	<i>Larix decidua</i> (Hasta secciones <200 cm ²)	ST-I	C27
					ST-II	C24
ST-III	C18					
Norte y Noroeste de Europa	Países nórdicos	INSTA 142 (madera de grandes escuadrías)	Pino silvestre Abeto blanco Picea Alerce	<i>Pinus sylvestris</i> <i>Abies alba</i> <i>Picea abies</i> <i>Larix decidua</i>	T3	C30
					T2	C24
					T1	C18
					T0	C14
Centro, norte y este de Europa	Alemania y Austria	DIN 4074-1 (madera escuadrada)	Pino silvestre Abeto blanco Picea Alerce	<i>Pinus sylvestris</i> <i>Abies alba</i> <i>Picea abies</i> <i>Larix decidua</i>	S13	C30
					S10	C24
					S7	C16

- 1) Existen además de las indicadas en la presente tabla numerosas normas de clasificación de otros países, como Portugal (pino marítimo), Irlanda (picea noruega y picea de Sitka), república checa (abeto), Reino Unido, Canadá y Estados Unidos (que establecen una gran variedad de coníferas y frondosas), etc.
- 2) Las clases visuales ME-1 y ME-2 corresponden a piezas de grosor menor o igual a 7 cm y la MEG para piezas de grosor superior a 7 cm.
- 3) El abeto blanco y la picea procedente de Francia solo se puede clasificar como C30 en piezas con secciones inferiores a 200 cm²
- 4) Las piezas de madera de pinos de Francia con secciones inferiores a 160 cm² no se pueden clasificar como ST-I (C30).
- 5) En el caso concreto del pino marítimo todas las piezas clasificadas como ST-I (C30) son reclasificadas como ST-II (C24).

En cuanto a la norma actual UNE 56544: 2011 para madera de coníferas de procedencia española, conviene remarcar que, las clases visuales ME-1 y ME-2 para madera de pinos procedentes de España solo son útiles para piezas de grosor inferior o igual a 7 cm, mientras que la clase visual MEG es válida para piezas de un grosor mayor a 7 cm. En cuanto a la norma española para frondosas existe una única clase visual, la MEF, que únicamente se puede aplicar a piezas de un grosor máximo de 60 mm y una anchura

máxima de 200 mm. Se puede decir que con las normas de clasificación españolas existentes sólo quedan cubiertas parte de las necesidades más generales de la industria de la madera. Así, actualmente en España solamente se encuentran caracterizadas 4 especies de coníferas (*Pinus nigra* Arn. var. *Salzmannii*, *Pinus sylvestris* L., *Pinus radiata* D. Don, *Pinus pinaster* Ait.) y 2 especies de frondosas (*Eucalyptus globulus* Labill., y *Castanea sativa* Mill.), que representan un pequeño fragmento de las especies maderables que se pueden utilizar a nivel estructural.

Especies minoritarias como el roble del país (*Quercus* sp.), alerce (*Larix* sp.), abeto blanco (*Abies alba* Mill.), abeto Douglas (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco), ciprés de Lawson (*Chamaecyparis lawsoniana* (A. Murray) Parl.), y no tan minoritarias, como el chopo (*Populus* sp.), no se encuentran recogidas en la actual normativa española, aunque en algunos casos concretos se están acometiendo actualmente.

Si comparamos además con otras normas de clasificación se detecta la ausencia de variedad de calidades visuales para piezas estructurales con secciones actualmente demandadas en el mercado estructural español, ya que para piezas de un grosor superior a 7 cm únicamente existe la clase visual MEG (equivalente para todas las especies incluidas a una C22). Este hecho también es de vital importancia ya que una norma con diferentes calidades se convierte en una herramienta de estratificación y valorización de los productos estructurales, abriendo un abanico de posibilidades que se adapta en mayor medida a la flexibilidad tan demandada por arquitectos e ingenieros.

Si además tenemos en cuenta la entrada en vigor del Mercado CE de madera estructural maciza (31/12/11), que obliga a todos los fabricantes a declarar los valores de resistencia y rigidez de cada pieza de madera estructural que coloquen en el mercado, resulta primordial abordar todas estas carencias existentes actualmente en la caracterización de especies españolas.

En esta situación se encontraba el alerce japonés del norte de España, que una vez detectada y analizada la necesidad imperante de caracterizar dicha madera, FP Euskadi a través de Tknika (Centro de Innovación e Investigación Aplicada para la Formación Profesional del País Vasco), Secoma (Servicios Comerciales de la madera de Gipuzkoa) el Departamento de Desarrollo Económico e Infraestructuras del Gobierno Vasco, la Diputación Foral de Gipuzkoa y el Gobierno de Navarra decidieron abordar dicho estudio contando con la experiencia y apoyo de Cesefor, así como con parte de su industria.

El objetivo era obtener tablas de clasificación que fuesen incluidas dentro de la norma española para coníferas, la UNE 56544: 2011, que habilitaran a todo el sector maderero a clasificar visualmente dicha madera por su resistencia. Con la incorporación además de la evaluación de las denominadas técnicas no destructivas basadas en métodos acústicos se pretendía demostrar la viabilidad en el uso de una nueva metodología de clasificación que reduciría el número de rechazos durante la clasificación.

4.2.2.2 CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN

La clasificación visual se basa en la evaluación y medición de determinadas singularidades de la madera, ligadas a la propia anatomía de la madera (nudos, fendas, desviaciones de la fibra, entrecascos, etc.), al aserrado de las propias piezas (gemas, daños de mecanizado), a alteraciones de tipo biológico (azulados, pudriciones, ataques de insectos, muérdago, etc.) y a ciertas deformaciones derivadas en gran medida por su secado (curvaturas, alabeos y atejados). Consiste, por lo tanto, en la medición y control de todos aquellos criterios que limitan en cierta medida los valores de resistencia, rigidez, y densidad, y que pueden ser evaluados visualmente.

En cuanto a los factores más determinantes, son los nudos el factor que más influye en los valores de resistencia y rigidez, mientras que la desviación de la fibra es la propiedad de mayor influencia sobre el comportamiento geométrico de la madera (curvaturas y alabeos).

Además del análisis de la influencia de dichos criterios en la madera en rollo y en la madera aserrada, con mayor influencia negativa sobre esta última, se puede interpretar que el aserrado influye negativamente a causa de la discontinuidad producidas en las fibras y al desajuste de tensiones a lo largo de la pieza de madera y alrededor de los nudos.

Respecto a las diferencias en el procedimiento de medición de las singularidades de la madera entre unas y otras normas de clasificación, se encuentran principalmente en la metodología de medición de nudos, criterio que como ya se ha comentado es de elevada relevancia y a la vez el criterio que posiblemente mayor dificultad presenta a la hora de clasificar, por las múltiples formas en las que puede presentarse en una pieza aserrada en función del corte recibido.

Por otra parte, conviene remarcar que es la norma EN 14081-1: 2016 la que establece los requisitos para las características que reducen la resistencia en las normas de clasificación, indicando las singularidades que se han de tener en cuenta y que por lo tanto deben ser incluidas en la norma de clasificación, estableciendo en casos específicos valores umbrales máximos.

4.2.2.3 CLASES VISUALES Y CLASES RESISTENTES

El siguiente paso en cualquier norma de clasificación, tras establecer la sistemática a seguir para la evaluación y control de las singularidades presentes en las piezas de madera, es el establecimiento de las calidades (clases visuales), es decir, la relación de los valores limitantes y las singularidades de la madera aserrada que ha de cumplir una pieza de madera de una determinada especie y procedencia.

El surgimiento del establecimiento de una tipificación de los valores de resistencia y rigidez de la madera estructural no se debe sino a una necesidad de asemejar y establecer unas bases comunes para todos los países de la Unión Europea.

Este sistema de clases resistentes tipifica los valores de resistencia en una serie de grupos o intervalos de resistencia. Cada grupo de resistencia se codifica con la siguiente nomenclatura, C (para coníferas) y D (para frondosas), seguido de dos dígitos que corresponden al valor característico de la resistencia a flexión (percentil 5).

La única especie que no cumple estos criterios es la madera de chopo, que se incluye dentro de la asignación de clases resistentes como si fuera una conífera, debido a que presenta un comportamiento más parecido a éstas.

Cada clase resistente lleva consigo unos valores característicos de resistencia y rigidez: de flexión, de tensión paralela y perpendicular, de compresión paralela y perpendicular, de cortante, de módulo de elasticidad paralelo y perpendicular; además de unos valores característicos de densidad.

Para establecer una clase resistente para una especie o grupo de especies es necesario evaluar y determinar sus valores característicos respecto a la resistencia a flexión, al módulo de elasticidad local y a la densidad.

La menor clase resistente de las tres características será la que fije la clase resistente de la especie o grupo de especies caracterizada/s, pudiendo a posteriori asignar no solo los valores característicos correspondientes a las tres propiedades evaluadas, sino también el resto de valores característicos asociados. La norma europea que regula y desarrolla el sistema de clases resistentes de la madera es la norma EN 338: 2016 que se puede ver en la tabla 4.3.

La sistemática, en definitiva, no es otra que aplicar a cada combinación de especie, procedencia y calidad, independientemente del método de clasificación, una determinada clase resistente. En el ámbito europeo es la norma EN 1912: 2012 la que establece las asignaciones de clases resistentes sobre las combinaciones de especie, procedencia y calidad.

La enorme ventaja que presenta este procedimiento es que permite calcular y proyectar con las propiedades mecánicas de una clase resistente determinada, independientemente del tipo de especie de madera que luego se utilice. Por otra parte, el comercio de la madera se optimiza ya que, por un lado, los stocks de los almacenistas se reducen (podrán vender sólo aquella madera que les resulta rentable sin necesidad de mantener una amplia oferta con distintas calidades) y se amplía la oferta al poder obtener para una misma resistencia diferentes combinaciones de especie-calidad, y por otro lado, el usuario final dispondrá de más información y una mayor oferta, teniendo la seguridad de comprar un producto con unos valores mínimos de resistencia (Adell, 2005).

La única norma europea que contempla la clasificación estructural del alerce del Japón es la norma de clasificación visual de coníferas del Reino Unido (BS 4978:2007+A2:2017). La calidad SS tiene asignada una clase resistente C24, y la calidad GS, una clase resistente C16.

En cambio, el alerce europeo se encuentra incluido en normas de clasificación visual de numerosos países (Alemania, Austria, República Checa, Países Nórdicos, Países Bajos, Francia, Reino Unido e Italia).

TABLA 4.3: TABLA DE CLASES RESISTENTES PARA CONÍFERAS ESTABLECIDA EN LA NORMA EUROPEA EN 338: 2016 BASADAS EN ENSAYOS DE FLEXIÓN DE CANTO.

Valores característicos		Coníferas											
		C14	C16	C18	C20	C22	C24	C27	C30	C35	C40	C45	C50
Propiedades de resistencia (en N/mm²)													
Flexión	$f_{m,k}$	14	16	18	20	22	24	27	30	35	40	45	50
Tracción paralela	$f_{t,0,k}$	7,2	8,5	10	11,5	13	14,5	16,5	19	22,5	26	30	33,5
Tracción perpendicular	$f_{t,90,k}$	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Compresión paralela	$f_{c,0,k}$	16	17	18	19	20	21	22	24	25	27	29	30
Compresión perpendicular	$f_{c,90,k}$	2,0	2,2	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,7	2,8	2,9	3,0
Cortante	$f_{v,k}$	3,0	3,2	3,4	3,6	3,8	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Propiedades de rigidez (en kN/mm²)													
Módulo de elasticidad paralelo medio	$E_{0,mean}$	7	8	9	9,5	10	11	11,5	12	13	14	15	16
Módulo de elasticidad paralelo 5º percentil	$E_{0,05}$	4,7	5,4	6,0	6,4	6,7	7,4	7,7	8,0	8,7	9,4	10,0	10,7
Módulo de elasticidad perpendicular medio	$E_{90,mean}$	0,23	0,27	0,30	0,32	0,33	0,37	0,38	0,40	0,43	0,47	0,50	0,53
Módulo de elasticidad transversal medio	G_{mean}	0,44	0,5	0,56	0,59	0,63	0,69	0,72	0,75	0,81	0,88	0,94	1,00
Densidad (en kg/m³)													
Densidad característica	ρ_k	290	310	320	330	340	350	360	380	390	400	410	430
Densidad media	ρ_{mean}	350	370	380	400	410	420	430	460	470	480	490	520

Fuente: Norma EN 338: 2016

4.2.3 TÉCNICAS NO DESTRUCTIVAS

Un patrón común a todas las normas de clasificación visual es su elevado conservadurismo, que las lleva a eficiencias clasificadoras (porcentaje de acierto) que difícilmente superan el 50%. En España y para el pino laricio (*Pinus nigra* Arnold) la efectividad de la norma UNE 56544: 2011 es tan solo del 53% (Fernández Golfín, 2000). Esto quiere decir que las normas de clasificación visual subestiman fuertemente la calidad mecánica del material y, por tanto, el beneficio económico del productor (Fernández Golfín *et al.*, 2001).

Buscando un mayor grado de eficacia y objetividad en la predicción de la calidad mecánica del material, las investigaciones sobre nuevos métodos clasificatorios se orientaron hacia nuevos métodos de clasificación mecánica.

La Norma UNE-EN 14081-1:2016, y sus sucesivas partes, establecen el método normalizado para la utilización de dichas máquinas de clasificación mecánica. La misma define la clasificación mecánica como el proceso mediante el cual puede clasificarse una pieza de madera con una máquina que detecta, de forma no destructiva, y con el control visual que eventualmente pudiera precisarse, una o más propiedades de la madera, en calidades a las que pueden asignarse valores de resistencias, rigidez y densidad.

En este campo se abre un enorme abanico de líneas de investigación tan extenso como necesario. Las posibilidades y tiempos que ofrece una clasificación visual es muy limitada cuando hablamos de grandes producciones, que requieren altos rendimientos, por lo que se antoja necesario incorporar una clasificación mecánica en el proceso.

Inicialmente los nuevos métodos de clasificación se centraron en la clasificación mecánica por máquina, conocida como "Machine Stress Grading o Rating (MSR)". Habitualmente estas máquinas se basan en la determinación de la elasticidad o rigidez de la madera y en la posterior predicción de su resistencia mediante el uso de relaciones conocidas entre ambas variables.

La utilización de la elasticidad o de la rigidez de la madera como predictor de la resistencia se basa en su relación con el módulo de resistencia a flexión (MOR) y en su facilidad de medición a ritmo elevado.

El descubrimiento de la utilización de nuevos y diversos métodos y técnicas para determinar el módulo de elasticidad o rigidez de la madera es el origen de los nuevos métodos de clasificación automática que existen y se están desarrollando en la actualidad.

Dentro de este nuevo grupo se pueden destacar dos nuevos tipos de técnicas: las que se basan en la determinación del módulo de elasticidad mediante métodos acústicos, basados en la medición de la velocidad de propagación de ondas acústicas o en la medición de la frecuencia de vibración; y los que se basan en la localización y medición de los defectos presentes en la madera y de su densidad y humedad mediante la combinación de técnicas de radiofrecuencia (microondas) y de absorción de radiaciones ionizantes.

Otros métodos y técnicas con escasa implantación en la industria maderera europea, son las basadas en la resistencia a la penetración de una varilla y la resistencia a la extracción de un tornillo. El resistógrafo también resulta una técnica muy utilizada, aunque sus aplicaciones en la práctica se encuentran más relacionadas con el diagnóstico de daños que con la caracterización de las propiedades mecánicas.

Otras técnicas son la termografía, que permite detectar con alta sensibilidad los cambios de temperatura, el georradar, que detecta discontinuidades internas en el material mediante campos electromagnéticos, o los rayos X, que detectan singularidades internas de la madera como nudos, bolsas de resina o desviación de la fibra.

En el presente trabajo nos centraremos en los métodos acústicos, utilizando dos métodos, uno basado en la medición de la velocidad de paso de una onda sonora, y el segundo, en la medición de la frecuencia de vibración longitudinal que provoca una onda sonora a su paso por una pieza de madera.

La aplicación de métodos acústicos para la clasificación y evaluación de las propiedades de la madera no cuenta con el mismo grado de desarrollo tecnológico que posee en otros materiales, como el hormigón, sin embargo, existe una dilatada experiencia de uso (se aplica desde hace más de 50 años) y existen pocos, pero potentes grupos de investigación dedicados a su estudio.

Fueron Ross y Pellerin, de la Washington State University en Estados Unidos, quienes usaron por primera vez las ondas de impacto para determinar el módulo de elasticidad dinámico de probetas libres de defectos. Se obtuvo un alto grado de predicción midiendo el tiempo de propagación y relacionándolo con la elasticidad del material (Iñiguez *et al.*, 2007).

Los métodos acústicos se emplean además para la clasificación y detección de las singularidades de la madera en múltiples campos. Existiendo desde grandes equipos de alto rendimiento para líneas de producción (Machado *et al.*, 2004) a pequeños y ligeros equipos portátiles diseñados para su utilización en campo y laboratorio (Iñiguez, 2007). Actualmente en España es la técnica que más se está investigando en el sector de la madera.

4.2.3.1 MÉTODOS BASADOS EN ONDAS DE IMPACTO Y ULTRASONIDOS

Los métodos acústicos pueden emplear dos tipos de ondas, una onda ultrasónica (frecuencias superiores a los 20 kHz) y una onda sónica (frecuencias comprendidas entre los 20 Hz y 20 kHz) generada, por ejemplo, mediante el impacto con un martillo. En el primer caso, a la técnica se le denomina ultrasonidos, mientras que la segunda ondas de impacto. Pese a todo ello los ultrasonidos son un caso particular de ondas de impacto, que debido a su importancia suelen ser tratados de modo independiente (Iñiguez, 2007).

Con estas técnicas la capacidad resistente de la madera se puede estimar a partir de la velocidad de la onda sónica, puesto que la presencia de singularidades propias de la madera como la medula, nudos, degradaciones internas, etc., hacen que la velocidad de transmisión de las ondas generadas sea diferente de la que presentan en el material sin defectos. En definitiva, la velocidad de propagación será mayor cuanto menor sea la presencia de defectos en la madera debido a que, por ejemplo, las fendas, las desviaciones e la fibra generales o las locales producidas por los nudos provocan la interrupción de la continuidad de la transmisión de la onda y por tanto retardan su llegada al receptor (Gojar R. de Oliveira *et al.*, 2002).

Como ejemplo de equipos de ultrasonidos, se pueden destacar por su amplia utilización el Sylvatest®, que trabaja por transmisión ultrasónica con un generador de 30 kHz de frecuencia, y el Ultrasonic Timer de la casa Fakopp (45 kHz).

Como ejemplo de equipos de ondas de impacto para madera, se puede citar el dispositivo portátil denominado "Microsecond Timer" de la casa Fakopp. Este equipo utiliza el principio de transmisión directa de una onda acústica y calcula el tiempo de propagación de dicha onda entre dos puntos de distancia conocida (Iñiguez, 2007). Este mecanismo fue uno de los seleccionados en el presente trabajo para los ensayos en troza y en las piezas aserradas.

Para los ultrasonidos, Iñiguez (2007), señala que las relaciones lineales que se obtienen en madera entre la velocidad de propagación de los ultrasonidos en la dirección longitudinal y las propiedades mecánicas, dan coeficientes de determinación del orden de 0,45 a 0,75, aproximadamente (Sandoz, 1989, Machado *et al.*, 1998), llegando incluso a valores de 0,98 en probetas libres de defectos (Pellerín *et al.*, 2002).

También hay que insistir en que normalmente los mejores coeficientes de determinación se obtendrán cuando se relaciona la velocidad de ultrasonidos (o mejor, el módulo de elasticidad dinámico) y el módulo de elasticidad del material, ya que la predicción de la resistencia suele ser sensiblemente más baja, debido a la presencia de defectos locales que, siendo registrados en su magnitud, limitan significativamente la carga máxima soportada (Iñiguez, 2007). Este hecho puede extrapolarse a los métodos basados con ondas de impacto.

En una investigación realizada por Kessel sobre 450 piezas de madera de píce, (*Picea abies* (L.) Karst.), de gruesa escuadría (100x120 mm y 120 x 240 mm), el coeficiente de determinación que obtuvo es del 0,50 (valor muy elevado dada la bibliografía analizada) entre la velocidad de transmisión y la tensión de rotura a flexión, y con el módulo de elasticidad de 0,67 (Kessel *et al.*, 1998).

Existen también experiencias de interés en la aplicación de este método en la madera aserrada de coníferas españolas del género *Pinus* (Hermoso *et al.*, 2003), y en secciones de gran escuadría (Arriaga *et al.*, 1992; Arriaga *et al.*, 2005).

Iñiguez (2007), obtuvo regresiones lineales simples entre el módulo de elasticidad dinámico determinado a partir de la velocidad de una onda ultrasónica y el módulo de elasticidad global con un coeficiente de determinación de 0,74, para especies de procedencia española como el pino silvestre y el pino laricio. Saenz (2011), obtuvo regresiones entre módulo de elasticidad local y módulo de elasticidad dinámico con un coeficiente de determinación del 0,62, y del 0,72 entre el módulo de elasticidad global y el módulo de elasticidad dinámico, para madera de chopo (*populus x euramericana* I-214), haciendo para ello uso de dos aparatos diferentes, uno de la casa Sylvatest y otro de la casa Fakopp, obteniendo correlaciones del mismo orden.

Con ondas de impacto, Fernández *et al.*, (2009), realizaron estudios con madera de abeto Douglas obteniendo regresiones entre el módulo de elasticidad global y el módulo de elasticidad dinámico con un coeficiente de determinación del 0,75, haciendo uso del aparato "Microsecond Timer".

En este trabajo se plantea además su utilización para la clasificación tanto de la madera en troza. INIA (2011), obtuvo regresiones entre las mismas variables con un coeficiente de determinación de 0,60 con el mismo aparato, y para madera de grandes escuadrías de pino radiata.

Cesefor por último, y también con este aparato, ha obtenido regresiones entre el módulo de elasticidad global y el módulo de elasticidad dinámico con coeficientes de determinación del 0,78, para madera de grandes escuadrías de pino silvestre (procedente de los montes de Soria y Burgos).

También se obtuvieron coeficientes de determinación de hasta el 0,5 entre la resistencia a flexión y el módulo de elasticidad dinámico, valores muy esperanzadores para el uso de dicha técnica. Por otra parte para madera de gran escuadría de roble americano (*Quercus rubra* L.) obtuvo valores de 0,56 entre el módulo de elasticidad global y el dinámico.

4.2.3.1.1 SISTEMÁTICA DEL MÉTODO DE MEDICIÓN DEL TIEMPO DE PASO DE UNA ONDA SONORA

Este ensayo consiste en la medición en microsegundos, del tiempo que tarda en llegar la onda sonora desde un extremo al otro de la probeta (tiempo de paso). Esta variable está influenciada por tres factores: el material con que se trabaja (en nuestro caso madera), la longitud de la pieza, y las propiedades del propio material. Es este tercer factor del que más desconocemos su influencia, por lo que interesa analizar y evaluar la misma.

En este estudio se ha utilizado el Microsecond Timer de la casa Fakopp. Utiliza dos palpadores o sensores, uno que hace funciones de emisor y el otro de receptor. Se produce una onda acústica por excitación mecánica mediante un golpe sobre uno de los sensores (emisor). El emisor y el receptor se clavan en las testas en caso de las trozas o de la madera aserrada. A continuación, se golpea con un martillo en el emisor, el aparato registra el tiempo en microsegundos que la onda sonora tarda en recorrer la distancia entre el emisor y el receptor.

La presión de contacto entre el palpador y el material es determinante en la intensidad de la señal recibida, existiendo un requerimiento mínimo (Divos, 2005). De ahí la ventaja del método utilizado en este proyecto, ya que los palpadores se clavan, con lo que se asegura el pleno contacto entre medios, además la presión siempre es la suficiente, es constante y se evita el tener que hacer previamente orificios en la madera.

La velocidad de propagación (V_H) de la onda sónica a través de la madera, a la humedad en que se ha realizó el ensayo, se obtuvo de:

$$V_H = l/t \quad [1]$$

Donde:

V_H es la velocidad de propagación de la onda sónica en m/s.

l es la distancia recorrida entre los sensores o palpadores (longitud de la pieza) en metros.

t es el tiempo que tarda la onda sónica en atravesar la pieza de madera en segundos.

Con respecto a la humedad, la casa Fakopp determina por ejemplo que su efecto es importante por debajo del punto de saturación de las fibras (entorno al 30%). Por encima del punto de saturación no cambia demasiado porque las fibras son responsables de la propagación de las ondas. Pese a ello, no ofrece ninguna fórmula de corrección de la humedad.

La corrección por humedad de la velocidad ejecutada a una humedad de la probeta $H\%$ (V_H), distinta de la humedad de referencia del 12% (V_{12}), se lleva a cabo considerando que por cada 1% de humedad de ensayo por encima del 12%, la velocidad obtenida era inferior en un 1%. Para ello se aplicó la expresión siguiente:

$$V_{12} = V_H (1+0,01 (H-12)) \quad [2]$$

Esta relación es recomendada habitualmente por los fabricantes y también en investigaciones realizadas recientemente sobre el tema (Íñiguez-González *et al.*, 2015).

Una vez que se obtiene la velocidad de propagación a humedad real de cada pieza de madera, se calcula el módulo de elasticidad dinámico (MOE_d) mediante la siguiente expresión:

$$MOE_d = V_H^2 \rho_H \quad [3]$$

Donde:

MOE_d es el módulo de elasticidad dinámico en N/m^2 .

V_H es la velocidad de propagación de la onda ultrasónica a través de la madera al contenido de humedad real de la pieza en m/s .

ρ_H es la densidad de la pieza en al contenido de humedad real de la pieza en kg/m^3 .

4.2.3.2 MÉTODOS BASADOS EN LA VIBRACIÓN

La utilización del método de análisis de vibraciones consiste en medir la frecuencia natural de vibración de una pieza y, a partir de ella, estimar sus propiedades resistentes. Dicha vibración se puede provocar, por ejemplo, mediante el impacto de un martillo, o de una bola de acero, en un extremo.

El módulo de elasticidad dinámico de un material puede ser determinado mediante la medición de la frecuencia natural de vibración de una pieza prismática de dimensiones conocidas y de su densidad. La relación matemática existente entre estas variables, se enuncia suponiendo que se trate de medios sólidos: homogéneos, isotrópicos y perfectamente elásticos; sin embargo, esta expresión puede aplicarse también a sistemas heterogéneos, como la madera o el hormigón, cuando las dimensiones de la

pieza son grandes en relación al tamaño de los elementos constituyentes del material (Malhotra *et al.*, 2003).

Uno de los posibles métodos para determinar las frecuencias fundamentales consiste exactamente en golpear la probeta con un martillo. El impacto hace que la pieza comience a vibrar en su frecuencia natural. La amplitud y frecuencia de la vibración de resonancia son obtenidas utilizando un analizador de espectro que determina las frecuencias relativas mediante la transformada rápida de Fourier.

Por tanto, la utilización del método de análisis de vibraciones consiste en medir la frecuencia natural de vibración de una pieza y a partir de ella, estimar sus propiedades resistentes.

Una de las numerosas aplicaciones prácticas de este método se centra en la evaluación del estado de la estructura de pasarelas y puentes de madera (Wang *et al.*, 2005a y 2005b). También hay experiencias de su aplicación para la estimación de forjados en edificios históricos, en las que se llega a coeficientes de determinación de la rigidez de $R^2= 0,97$ (ROSS *et al.*, 2001).

En España este método se ha comenzado a aplicar en madera especialmente en las últimas décadas. Íñiguez (2007), obtuvo coeficientes de determinación entre módulo de elasticidad dinámico y el módulo de elasticidad global para la madera de pino silvestre y pino laricio de 0,76. Fernández *et al.*, (2009), obtuvieron coeficientes de determinación de 0,82 en madera de abeto Douglas. Sáenz (2011) utilizó también este método con madera de chopo (*Populus x euramericana* I-214), obteniendo un coeficiente de determinación de 0,88 para el módulo de elasticidad global, y de 0,58 para el módulo de elasticidad local.

Villanueva (2009) analizó en Cesefor la relación entre el módulo de elasticidad dinámico y el módulo de elasticidad local para rollizos de sabina (*Juniperis thurifera*, L.) obteniendo un coeficiente de determinación de únicamente 0,12, siendo mejora mediante regresión múltiple (inclusión de variables independientes como la densidad, conicidad y densidad) hasta obtener un coeficiente de 0,43.

En otro estudio llevado a cabo por Cesefor con pino silvestre de gran escuadría procedente de Soria y Burgos, se obtuvieron coeficientes de determinación entre los módulos de elasticidad global y dinámico de 0,72, y de 0,56 entre la resistencia a flexión y el módulo de elasticidad dinámico.

Por otra parte, en el estudio realizado por la misma entidad para la madera de gran escuadría de roble americano se obtuvieron coeficientes de determinación de 0,52 entre los módulos de elasticidad global y dinámico.

4.2.3.2.1 SISTEMÁTICA DEL MÉTODO DE MEDICIÓN DE LA FRECUENCIA DE VIBRACIÓN

Para la medición de dicho parámetro se utiliza también el lector de la frecuencia de vibración de la casa Fakopp.

La probeta se coloca sobre dos apoyos rígidos situados en los extremos, los apoyos contendrán en su parte superior unas bandas de vinilo las cuales aseguraban la vibración libre de la probeta. A continuación, se coloca en una de las testas un micrófono, necesario para la posterior obtención de la frecuencia de resonancia.

Una vez se encuentra en posición, la probeta se procede al ensayo y se golpea con un martillo en el extremo opuesto al del micrófono, cada golpeo da una lectura de frecuencia en hercios.

Conocida la frecuencia de vibración longitudinal y la longitud de la pieza se puede determinar la velocidad de propagación (V), como:

$$V = 2lf \quad [4]$$

Donde:

V es la velocidad de propagación en m/s.

f es la frecuencia de vibración longitudinal en hercios.

l longitud de la pieza en metros.

A continuación, el módulo de elasticidad dinámico (MOE_d) para madera se calcula como:

$$MOE_d = (2lf)^2 \rho_H \quad [5]$$

Donde:

MOE_d es el módulo de elasticidad dinámico en N/m^2 .

f es la frecuencia de vibración longitudinal en hercios.

l longitud de la pieza en metros.

ρ_H es la densidad de la pieza en kg/m^3 .

La corrección por humedad de la velocidad obtenida mediante esta metodología se lleva a cabo del mismo modo que la corrección de la velocidad obtenida por la medición del tiempo de paso de una onda de impacto, siguiendo las investigaciones realizadas recientemente (Íñiguez-González *et al.*, 2015).

4.2.4 TÉCNICAS DESTRUCTIVAS

Las técnicas destructivas se fundamentan en la rotura de las piezas para la determinación de sus características, principalmente mecánicas. Con este tipo de ensayos, lo que se pretende, es determinar el módulo de rotura y el módulo de elasticidad de las piezas principalmente y comparar los resultados con los valores obtenidos por otros métodos menos exactos y fiables, como los métodos no destructivos de tipo mecánico (para su posible incorporación posterior como método de clasificación mecánica), o como los métodos de control de singularidades existentes en las piezas de madera, para su posterior delimitación y obtención de herramientas de clasificación visual (ya sean de tipo manual, tablas de clasificación, o de tipo mecánico).

Las normas europeas más importantes referentes a la determinación de las propiedades estructurales de la madera estructural de sección transversal rectangular (maciza), son las siguientes:

- Norma EN 384:2016. Madera estructural. Determinación de los valores característicos de las propiedades mecánicas y la densidad.
- Norma EN 408:2011 + A1:2012. Estructuras de madera. Madera aserrada y madera laminada encolada para uso estructural. Determinación de algunas propiedades físicas y mecánicas.

5 MATERIAL Y MÉTODOS

5.1 MEDIOS Y EQUIPOS

Los medios y equipos utilizados durante las diferentes fases del desarrollo experimental se dividen en los grupos I, II y III, en función del equipo humano y las instalaciones de los dos laboratorios que han colaborado en los trabajos de investigación.

5.1.1 PERSONAL



El grupo I está constituido por el servicio de guarderío de la Diputación Foral de Gipuzkoa, Gobierno de Navarra y personal de la Fundación Hazi, tal y como se indica en la Figura 5.1.

FIGURA. 5.1 PERSONAL DE LA DIPUTACIÓN FORAL DE GIPUZKOA.

5.1.2 ASERRADEROS

El grupo II, está constituido por las empresas Larrañaga, Errekondo y Maderas Alemán de las comunidades autónomas del País Vasco y Navarra.

5.1.2.1 SERRERÍA LARRAÑAGA



Situada en Azpeitia, Gipuzkoa, fue creada en el año 1993, pero asienta sus raíces tiempo atrás de la mano del fundador José Miguel Larrañaga Urrestarazu. En la figura 5.2 se puede ver una imagen de las instalaciones de la empresa.

FIGURA 5.2: SERRERÍA LARRAÑAGA DE AZPEITIA.

Larrañaga es una empresa familiar dedicada también a la explotación forestal de los bosques del entorno y utilizan la madera de pino radiata, pero también trabajan el alerce y el abeto para madera estructural y restauración. Entre sus productos destacan las maderas para embalaje, madera estructural, madera para carpintería y mueble, así como los restos y residuos para la producción de energía.

5.1.2.2 SERRERÍA ALEMÁN



Empresa familiar situada en Arizkun (Navarra) dedicada al aserrado de madera para uso estructural, tabla, traviesa, roble, roble americano y alerce, tarimas suelo, laminados, KVH, vigas curvas, cepillados, tratamientos y laxurados de madera. En la figura 5.3 se puede observar un detalle de las instalaciones de la empresa.

FIGURA 5.3: SERRERÍA ALEMÁN DE ERRATZU.

5.1.2.3 MADERAS ERREKONDO



Errekondo es una empresa con una trayectoria profesional en el mundo de la madera con más de 60 años de experiencia. Realiza todo tipo de estructuras como vallados, parrillas, suelos, etc. Utiliza especies de madera de roble, pino, alerce, abeto Douglas, abeto blanco y cedro, Acacia. En la figura 5.4. podemos ver la sierra de carro que siguen utilizando en la empresa.

FIGURA 5.4: SERRERÍA ERREKONDO DE USURBIL.

5.1.3 LABORATORIOS

El grupo III, está constituido por el personal del Centro de Servicios y Promoción Forestal y de su Industria de Castilla y León (Cesefor).

5.1.4 INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN UTILIZADOS

Los instrumentos de medición que se han utilizado son los siguientes:

5.1.4.1 INSTRUMENTOS UTILIZADOS EN LOS TRABAJOS DE MONTE

- Cintas métricas o flexómetros de 5 m y 8 m de longitud, con precisión 1,0 mm.
- Localizador GPS.
- Hipsómetros.
- Láser Nikon Forestry Pro utilizado para medir la altura a nivel del mar.

En las figuras 5.5 y 5.6, se indican dos aparatos de medición que se han utilizado en los trabajos realizados en monte (Láser Nikon Forestry y la forcípula).



FIGURA. 5.5. LÁSER NIKON FORESTRY.



FIGURA 5.6. FORCÍPULA.



FIGURA 5.7. FLEXÓMETRO.

En la figura 5.7, se detalla cómo se realiza el paso de onda en la madera cuando se procede a la medición de la velocidad.

5.1.4.2 APARATOS UTILIZADOS EN ASERRADERO Y LABORATORIOS

Los equipos utilizados para determinar las dimensiones, la localización y el tamaño de las singularidades de las piezas son los siguientes:



Calibre digital marca TESA, modelo electrónico, representado en la figura 5.8.

FIGURA. 5.8. CALIBRE DIGITAL.



Escuadra de carpintero de 30 cm, visible en la figura 5.9 y utilizada para marcar y señalar las secciones correspondientes a los lugares de apoyo para el ensayo mecánico de flexión.

FIGURA.5.9. ESCUADRA DE CARPINTERO.



Perfil o regla metálica de 2 metros de longitud, representada en la figura 5.10 y empleada para evaluar las deformaciones de las piezas durante la clasificación visual.

FIGURA.5.10. REGLA MILIMÉTRICA.



Escuadra milimetrada de 300 mm, con precisión 1mm, utilizada para medir la profundidad y anchura de las fendas tal y como se puede observar en la figura 5.11.

FIGURA.5.11. ESCUADRA MILIMÉTRICA.



Trazador de madera, que se utiliza para determinar la desviación general de la fibra de acuerdo a la norma UNE-EN 1309-3: 2018. A continuación, en la figura 5.12 se representa un detalle del trazador utilizado para realizar las mediciones.

FIGURA.5.12. TRAZADOR DE MADERA.

Taladro eléctrico marca Makita, representado en la figura 5.13, modelo HP347DWE; utilizado para realizar los orificios donde se alojan los palpadores del equipo de ultrasonidos. Herramienta con la que se han mecanizado y preparado las piezas a ensayar en el ensayo a flexión.



FIGURA. 5.13. TALADRO ELÉCTRICO.



FIGURA. 5.14. XILOHIGRÓMETRO.

Xilohigrómetro marca BROOKHUIS, modelo FM Moisture meter y resolución de décima, utilizado en la determinación del contenido de humedad de las probetas siguiendo el procedimiento descrito en la norma UNE-EN 13183-2: 2002. A continuación, en la figura 5.14, se observa un detalle de medición realizado con este instrumento de medición.

Equipo de ultrasonidos Microsecond Timer, representado en la figura 5.15 está diseñado específicamente para madera, por la empresa FAKOPP, para medir el tiempo

de propagación de una onda de impacto. La señal es generada por un golpe de martillo en el sensor de inicio, y la unidad muestra el tiempo de propagación medido. Al medir la distancia entre los dos sensores, la velocidad puede ser calculada, de manera que se puede utilizar para detectar zonas podridas ocultas o agujeros entre los dos sensores.



FIGURA. 5.15. EQUIPO DE ULTRASONIDOS MICROSEND TIMER REALIZANDO MEDICIONES EN VIGAS.

Equipo de medición de frecuencia sonora, de la casa Fakopp. Este equipo cuenta con software específico (FFT Analyzer), una balanza industrial de 400 kg de capacidad con resolución de gramo (marca Brookhuis) y un micrófono para recoger la frecuencia. Este equipo ha sido desarrollado por el Laboratorio de Técnicas No Destructivas de la Madera de la Universidad del Oeste de Hungría en Sopron, y está comercializado por la empresa Fakopp Enterprise. A continuación, en la figura 5.16, se indican unos detalles de este equipo de medición.



FIGURA. 5.16. EQUIPO DE MEDICIÓN, SOFTWARE Y BALANZA DE LA CASA FAKOPP.

Pórtico de ensayos mecánicos. En la figura 5.17 se ve representado este pórtico de ensayos marca SITENOR 2001, específicamente diseñado para los ensayos mecánicos conforme a la norma UNE-EN 408:2011+A1:2012. En flexión permite ensayar piezas de directriz recta de hasta 8 m de longitud. Se trata de un pórtico hidráulico, dotado de un célula de carga: de 500 kN de capacidad, y resolución de 10 Newton. Igualmente posee varios extensómetros o deformadores de diversos recorridos.



FIGURA. 5.17. PÓRTICO DE ENSAYOS SITENOR 2001.



FIGURA. 5.18. CINTAS MÉTRICAS, FLEXÓMETRO Y CALIBRE.

Cintas métricas, flexómetro y calibre con precisión centésima de mm, utilizados para determinar las dimensiones de las rebanadas obtenidas de las vigas. Se pueden observar en la figura 5.18 los aparatos de medición para la medición de vigas.

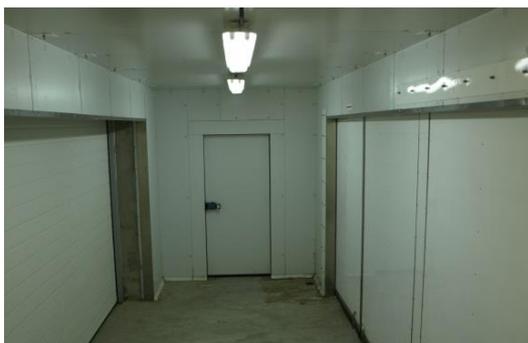


FIGURA. 5.19. CÁMARA DE ACONDICIONAMIENTO.

Cámara de acondicionamiento: utilizada para acondicionar las rebanadas en una atmósfera normalizada de $20 \pm 2^\circ\text{C}$ de temperatura y 65% de humedad relativa. En la figura 5.19, se indica una imagen de la cámara de acondicionado utilizada para las vigas a ensayar.

Balanzas. Para calcular mediante pesado tanto la densidad como la humedad de las probetas, se han utilizado en esta investigación dos balanzas electrónicas: balanza marca RADWAG, modelo WLC 10/A2 con una capacidad de 10000 g y una precisión de 0,1 g; y balanza marca GRAM, serie DM, con capacidad de 10000 g. En las figuras 5.20 y 5.21, se pueden observar las balanzas utilizadas para las mediciones de peso realizadas con las probetas.



FIGURA.5.20. BALANZA DE MEDICIÓN DE PESO RADWAG.



FIGURA. 5.21. BALANZA DE MEDICIÓN DE PESO GRAM.



Estufa. La estufa empleada para el secado de las probetas a 103 ± 2 °C, para determinar el contenido de humedad según la norma UNE-EN 13183-1/AC: 2004, fue una estufa electrónica y programable de la marca Indelab, de circulación forzada. Con una capacidad de 125.000 cm³ y regulación de temperaturas entre 0 y 200 °C. En la figura 5.22, se indica un detalle de las probetas en el momento del secado de las mismas.

FIGURA. 5.22. ESTUFA PARA EL SECADO

DE PROBETAS.

Todos los equipos de ensayo se encontraban convenientemente calibrados conforme a la periodicidad requerida en cada caso (anual), y de acuerdo a los manuales de calidad del laboratorio.

5.2 METODOLOGÍA

5.2.1 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se describen a continuación los conceptos y métodos estadísticos más relevantes que se han utilizado en este trabajo. El software estadístico que se ha empleado es Statgraphics 18.

5.2.1.1 ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS

La estadística descriptiva consiste en una técnica matemática encargada de la organización, síntesis y descripción de los datos recogidos con el apoyo de tablas, medidas numéricas o gráficas. A continuación, se muestran los estadísticos descriptivos empleados.

Media aritmética

$$\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i \text{ (distribución normal)} \quad [6]$$

$$\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \ln y_i \text{ (distribución logarítmica)} \quad [7]$$

Donde n es el número total de probetas analizadas de la muestra, e y_i es el valor individual de variable y de cada probeta.

Desviación típica

$$s_y = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \text{ (distribución normal)} \quad [8]$$

$$s_y = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\ln y_i - \bar{y})^2} \text{ (distribución logarítmica)} \quad [9]$$

Donde n es el número total de probetas analizadas de la muestra, y_i es el valor individual de la variable y de cada probeta, e \bar{y} es la media aritmética.

Coeficiente de variación

$$CV = \frac{s_y}{\bar{y}} \quad [10]$$

Donde s_y es la desviación típica de la variable aleatoria y , e \bar{y} es la media aritmética.

5.2.1.2 HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS

Consiste en la representación gráfica de una variable aleatoria en forma de barras, figura 5.23. En el eje vertical se representan las frecuencias, es decir, la cantidad de la muestra que se ubica en un determinado rango de valores indicados en el eje horizontal. Sirve para obtener una vista general de la distribución de la muestra respecto a una variable cuantitativa discreta.

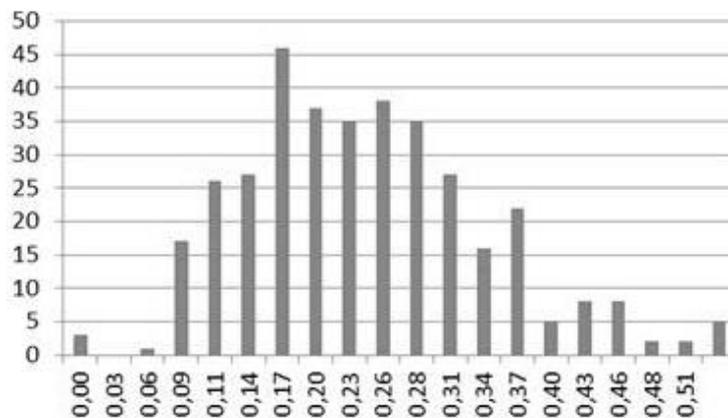


FIGURA. 5.23. HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS.

5.2.1.3 DIAGRAMA DE CAJA Y BIGOTES

Es una forma de mostrar gráficamente grupos de datos numéricos a través de sus cuartiles, figura 5.24. La gráfica consiste en una caja rectangular, donde los lados más largos muestran el recorrido intercuartílico. La caja está dividida por un segmento vertical que indica donde se posiciona la mediana y por lo tanto su relación con los cuartiles primero y tercero (el segundo cuartil coincide con la mediana). La caja se ubica a escala sobre un segmento que tiene como extremos los valores mínimo y máximo de la variable. Las líneas que sobresalen de la caja se llaman bigotes. Estos bigotes tienen un límite de prolongación, de modo que los valores que no se encuentren dentro de este rango son identificados individualmente mediante puntos, denominándose valores atípicos (*outliers*).

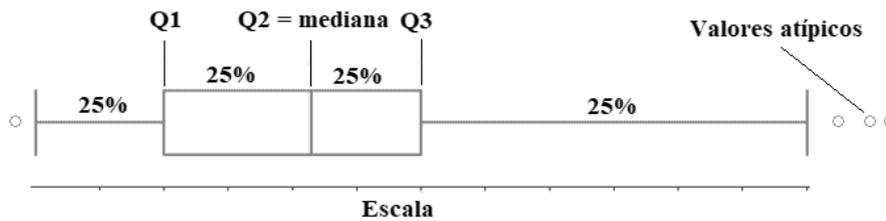


FIGURA. 5.24. DIAGRAMA DE CAJA Y BIGOTES.

5.2.1.4 TEST DE NORMALIDAD

Es muy útil conocer la distribución de las variables aleatorias que se pretenden estudiar. Para ello es frecuente realizar pruebas (tests) de normalidad de los datos antes de abordar un análisis más complejo. El test de normalidad se puede realizar tanto gráfica como numéricamente. Comprobar que se verifica la hipótesis de normalidad resulta necesario para que el resultado de algunos análisis sea fiable como, por ejemplo, el análisis de varianza.

En la verificación gráfica puede emplearse el Gráfico Probabilístico Normal, donde la diagonal representa la ubicación teórica de los datos en el caso de que éstos sigan una distribución normal, figura 5.25.

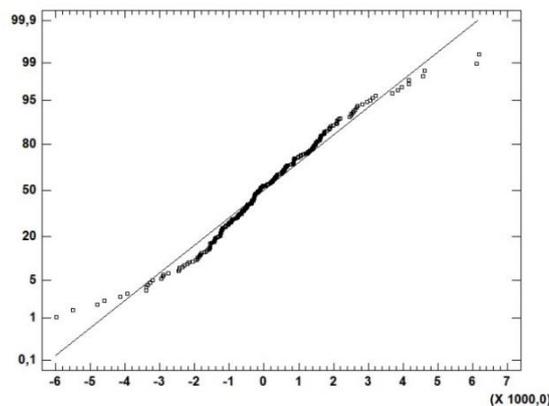


FIGURA.5.25. GRÁFICO PROBABILÍSTICO NORMAL.

Para comprobar la normalidad de una distribución numéricamente existen varias pruebas. En este trabajo se utilizó el test no paramétrico de Kolmogorov-Smirnov (K-S) por resultar más adecuado que otros al analizar muestras grandes y mostrar una menor sensibilidad a las variaciones en las observaciones extremas (Vega, 2013).

El test K-S compara la función de distribución acumulada de los datos observados de la muestra con la distribución esperada si los datos siguiesen una distribución normal. Si la diferencia observada es adecuadamente grande, la prueba rechazará la hipótesis de normalidad de la población.

En el contraste de hipótesis, la hipótesis nula, H_0 , considera que la distribución de la variable seleccionada proviene de una distribución normal; y la hipótesis alternativa, H_1 , considera que no proviene de una distribución normal. Si el *valor-P* obtenido en el test K-S es mayor o igual que el nivel de significación (en este trabajo se ha considerado un nivel de significación de 0,05), no es posible rechazar la hipótesis nula. Por tanto, según este test, se puede establecer que la distribución de los datos observados es normal.

5.2.1.5 ANÁLISIS DE VARIANZA (ANOVA)

Un análisis de varianza (ANOVA) es una metodología muy utilizada para comparar diferentes grupos y determinar si existen diferencias entre los mismos. Se averigua si existen diferencias estadísticamente significativas entre las medias de las poblaciones o si, por el contrario, no existen diferencias entre las medias y las diferencias encontradas se deben a las limitaciones del muestreo (Gorgas et al., 2011).

Para ello, se utiliza el *test-F* donde el estadístico F (*razón-F*) se obtiene al estimar la variación de los datos entre las muestras (“entre grupos”), y dividirla por la estimación de la variación de los datos dentro de las muestras (“dentro de grupos”).

En el contraste de hipótesis, la hipótesis nula, H_0 , considera que las medias de las muestras son iguales; y la hipótesis alternativa, H_1 , considera que al menos una de ellas es distinta. Si el *valor-P* obtenido en el *test-F* es mayor o igual que el nivel de significación (0,05), no es posible rechazar la hipótesis nula, y por tanto no existe diferencia estadísticamente significativa entre las muestras.

En cambio, cuando el *valor-P* es menor que el nivel de significación, se rechaza la hipótesis nula y, por tanto, existe una diferencia estadísticamente significativa entre las muestras. En esta situación, si se quiere determinar qué muestras son diferentes de otras, se utiliza una Prueba de Múltiples Rangos que consiste en un procedimiento de comparación múltiple, dos a dos, para determinar qué medias son significativamente diferentes de las otras. El método empleado para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher (con este método hay un riesgo del 5,0% al decir que cada par de medias es significativamente diferente, cuando la diferencia real es igual a 0).

5.2.1.6 MODELOS DE REGRESIÓN

Un modelo de regresión simple trata de explicar la relación que existe entre la variable dependiente, y , y una única variable explicativa, x . El modelo de regresión múltiple consiste en la extensión del modelo simple a k variables explicativas.

En el modelo de regresión múltiple las variables se pueden relacionar mediante una función de tipo lineal de la siguiente forma: $y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_kx_k + \mathcal{E}$; siendo a_0, a_1, \dots, a_k los parámetros desconocidos que se estiman, y \mathcal{E} el error aleatorio o perturbación. La variable dependiente que se quiere predecir se denomina y . Las variables x_1, x_2, \dots, x_k son las variables explicativas.

En el modelo de regresión los parámetros desconocidos son estimados por mínimos cuadrados, resultando la ecuación estimada de regresión: $\hat{y} = \hat{a}_0 + \hat{a}_1x_1 + \hat{a}_2x_2 + \dots + \hat{a}_kx_k$; siendo cada coeficiente \hat{a}_i el efecto sobre la respuesta cuando la variable aumenta una unidad y las demás variables permanecen constantes, y \hat{a}_0 el valor de la respuesta ajustada cuando todas las variables explicativas toman el valor cero.

Como indicativo cuantitativo del ajuste global de un modelo de regresión se emplea el coeficiente de determinación, r^2 , que se obtiene mediante la razón entre la suma de cuadrados de la regresión y la suma de cuadrados total. Su valor varía entre 0 y 1, y representa la proporción de la variación de la variable, y , explicada por el modelo de regresión. Cuanto más cerca esté de 1, mayor es la variación de y explicada por el modelo de regresión, y, por tanto, mejor es la ecuación analítica de ajuste. En ocasiones, también se utiliza el coeficiente de correlación, r .

5.2.1.6.1 ANÁLISIS DE RESIDUOS

Para que un modelo de regresión sea adecuado es necesario realizar un análisis final de los residuos de modo que éstos cumplan las condiciones de normalidad (distribución normal), homocedasticidad (varianza de los errores constante) e independencia (de los residuos respecto de la toma de datos).

Para verificar la normalidad numéricamente se realizó el test de Kolmogorov-Smirnov (K-S) según se ha comentado anteriormente. Una de las condiciones deseables para acercarse al cumplimiento de la normalidad de residuos, es que las variables explicativas sigan también una distribución normal.

Para averiguar si se cumple la homocedasticidad se elaboró una gráfica que representa los residuos estudentizados (cada residuo i -ésimo es dividido por la desviación estándar de todos los residuos salvo el i -ésimo) en el eje vertical, y los valores estimados en el eje horizontal. El análisis de esta gráfica indica que se verifica la hipótesis de varianza de los residuos constante, cuando no existe un aumento o disminución de los residuos de forma sistemática a medida que aumenta el valor estimado, es decir, cuando el gráfico no muestra ningún patrón.

Para determinar la independencia de residuos se utilizó el contraste de Durbin-Watson (D-W). De este modo, se examinaron los residuos para determinar si eran independientes de la toma de datos, es decir, si existía alguna correlación significativa basada en el orden en el que se presentaban en el archivo de datos. Este contraste considera la hipótesis nula, H_0 , de independencia de residuos, de modo que cuando el *valor-P* es mayor o igual que 0,05 se puede considerar que los residuos son independientes con un nivel de confianza del 95%. Cuando el *valor-P* es menor que 0,05 no se puede considerar la independencia de residuos por lo que es recomendable visualizar gráficamente el valor de los residuos obtenidos frente al número de fila (de los datos de entrada) para detectar la posible existencia de algún patrón.

5.2.1.6.2 SIMPLIFICACIÓN DE MODELOS

Con el objeto de simplificar los modelos de regresión múltiple se trató de averiguar si era posible eliminar alguna de las variables explicativas.

Para ello, se realizaron contrastes de significación individuales, es decir, para cada uno de los coeficientes (a_i) que acompaña a cada variable explicativa (x_i), se realizó un contraste de hipótesis utilizando el estadístico T . La hipótesis nula considerada, H_0 , fue que el coeficiente asociado a la variable explicativa es cero, $a_i = 0$, y la hipótesis alternativa, H_1 , que el resto de coeficientes eran distintos de cero, $a_i \neq 0$. De este modo, si el *valor-P* es mayor o igual que 0,05 se acepta la hipótesis nula y por tanto es posible eliminar la variable explicativa correspondiente.

5.2.1.7 COMPARACIÓN DE MUESTRAS

Para analizar la influencia del periodo de corta con las propiedades de la madera se compararon entre sí las muestras cosechadas (cortadas) en luna creciente y en luna menguante.

La comparación de ambas muestras se realizó gráfica y analíticamente. Gráficamente se elaboraron histogramas de frecuencias enfrentados de las dos muestras, así como diagramas de caja y bigotes. Analíticamente se estudió la existencia de diferencias estadísticamente significativas en la distribución de la muestra y en las medias.

Para comparar la distribución de las dos muestras se ejecutó una prueba de Kolmogorov-Smirnov (K-S). Esta prueba se realiza calculando la distancia máxima entre las distribuciones acumuladas de las dos muestras. El contraste de hipótesis considera la hipótesis nula, H_0 , de igualdad de distribución de ambas muestras, de modo que cuando el *valor-P* es mayor o igual que 0,05 se puede considerar que no hay diferencias estadísticamente significativas entre las dos distribuciones, con un nivel de confianza del 95%.

Para comparar las medias de las dos muestras se ejecutó una prueba T que construye los intervalos de confianza para cada media y para la diferencia entre las medias. El contraste de hipótesis considera la hipótesis nula, H_0 , de igualdad de medias de ambas muestras asumiendo que las varianzas de ambas son iguales. Cuando el *valor-P* es mayor o igual que 0,05 se puede considerar que no hay diferencias estadísticamente significativas entre las dos medias, con un nivel de confianza del 95%.

5.2.2 CONSIDERACIONES NORMATIVAS Y TAMAÑO DE LA MUESTRA

Las muestras para los ensayos deben ser representativas de la población a analizar. La madera debe representar la procedencia, las dimensiones y las calidades reales que serán clasificadas en la fabricación.

Tal y como queda reflejado en el documento de aclaraciones en la caracterización estructural de madera aserrada emitido por AENOR, 2011, del Comité Técnico de Normalización Madera y Corcho- Subcomite 6 “Estructuras de madera”, una muestra es un lote de piezas de una especie con la misma procedencia y la misma sección. En lo que se refiere a la procedencia de una muestra, ésta debe estar ligada a una localización geográfica de características comunes. Las muestras pueden tomarse de aserradero, siempre que la producción de éste proceda de una zona geográfica de características comunes.

La muestra consistió en un total de 370 piezas de madera aserrada, 4 lotes de 92, 92, 90 y 96 piezas, de modo que se pudieran obtener dos clases visuales y por lo tanto dos clases resistentes. Con este muestreo, cada clase visual estaría compuesta por una submuestra de 4 lotes que contenían al menos 40 piezas cada, una vez excluidos los rechazos. Al tratarse de 4 lotes, la norma UNE-EN 384:2016 establece un factor de ajuste k_n de valor 0,97 para la obtención del MOE y de la densidad, y 0,95 para la obtención del MOR.

5.2.3 SELECCIÓN DE ZONAS DE MUESTREO

Para la obtención de los lotes se establecieron 5 zonas de muestreo, 3 de ellas localizadas en la provincia de Gipuzkoa y 2 en la región de Navarra, representativas de la industria de alerce del Japón a nivel nacional. Las serrerías colaboradoras fueron Serrería Larrañaga y Serrería Errekondo en Gipuzkoa, y Serrería Alemán en Navarra.

A la hora de seleccionar la muestra se consideraron las secciones habituales, el método de aserrío, así como los tamaños mínimos y máximos utilizados habitualmente en la industria de la madera estructural de alerce del Japón. Las secciones establecidas, a las que se aplicarían las reglas de clasificación durante su fabricación, y los aserraderos elegidos, representan aproximadamente el 95% de la producción de madera estructural de esta especie.

Las plantaciones seleccionadas tuvieron como requisito mínimo el tratarse de masas adultas con presencia de pies con un diámetro normal mínimo en torno a los 30 cm, valor establecido por la propia industria maderera para el aprovechamiento de los pies.

Para el análisis de la posible influencia de la época de corta en las propiedades físico-mecánicas de la madera, las probetas objeto de estudio corresponden a dos fases lunares distintas (la mitad de los árboles fueron derribados en luna creciente y la otra mitad en luna menguante). Los días de luna creciente la luna era ascendente y en los días de luna menguante, la luna era descendente.

Se contó con un total de 225 pies de los que se obtuvieron 4 trozas de cada pie. Las probetas de madera aserrada se sacaron a razón de 2 probetas de cada pie, de modo que cada una de las 2 probetas, de un mismo pie, procedía de trozas distintas. Las características de las zonas de muestreo seleccionadas se muestran en la tabla 5.1.

TABLA 5.1: ZONAS DE MUESTREO SELECCIONADAS PARA LA MADERA DE ALERCE DEL JAPÓN Y CARACTERÍSTICAS GENERALES.

LOCALIZACIÓN DE LAS ZONAS DE CORTA			COTAS		EXPOSICIÓN	COORDENADAS	
TERMINO MUNICIPAL	MUP - RODAL - PARAJE	RODAL O PARAJE	EXTREMAS RODAL	ZONA DE APEO			
LESAKA ¹ (Navarra)	MUP 566, "ZALAKO ERREKA- ENDARAKO ERREKA y OTSANGO".	Rodal ARITXULEGI	565 m	650-700 m	Predominante Norte	X	599827
			712 m		N-NW	Y	4788645
BERA ¹ DE BIDASOA (Navarra)	MUP 639, "SATA BÁRBARA Y LABEAGA". Rodal LABEAGA	Rodal LABEAGA	650 m	450-500	OESTE	X	436897
ATAUN ¹ (Gipuzkoa)	MUP 2.015.2 "AITZARTE"	Rodal BEDAMABURU ²	650 m	710-740 m	SUR	X	569387
			755 m			Y	475974
		Rodal GOROSTIZA ²	535 m	595-905 m	OESTE	X	568701
			755 m			Y	4760535
LA PARZONERÍA GENERAL (Gipuzkoa)	MUP 3.070.2 "LA PARZONERÍA GENERAL DE GIPUZKOA Y ALAVA"	Rodal ALDAOLA ¹	805 m	825-860 m	SUR	X	557587
			900 m			Y	4754130
LA PARZONERÍA DE GIPUZKOA (Gipuzkoa)	MUP 3.070.1 "LA PARZONERÍA DE GIPUZKOA"	Rodal GIZONZABAL ³	695 m	700-705 m	Predominante Norte	X	561261
			708 m		Todos los vientos	Y	4754685
LA PARZONERÍA GENERAL (Gipuzkoa)	MUP 3.070.2 "LA PARZONERÍA GENERAL DE GIPUZKOA Y ALAVA"	Rodal OTZAUURTE ^{1,3}	650 m	675-700 m	ESTE	X	560513
			725 m			Y	4754339

1) Se reseña en negrita el nombre con el que denominarán las zonas de muestreo en adelante, en este documento.

2) Los rodales Bedamaburu y Gorostiza se consideraron como una misma zona de muestreo, denominada Ataun, debido a su proximidad.

3) Los rodales Gizonzabal y Outzaurte se consideraron como una misma zona de muestreo, denominada Outzaurte, debido a su proximidad.

Fuente: Diputación de Gipuzkoa.

El número de probetas, dimensiones y procedencia de las mismas, se muestran en la tabla 5.2.

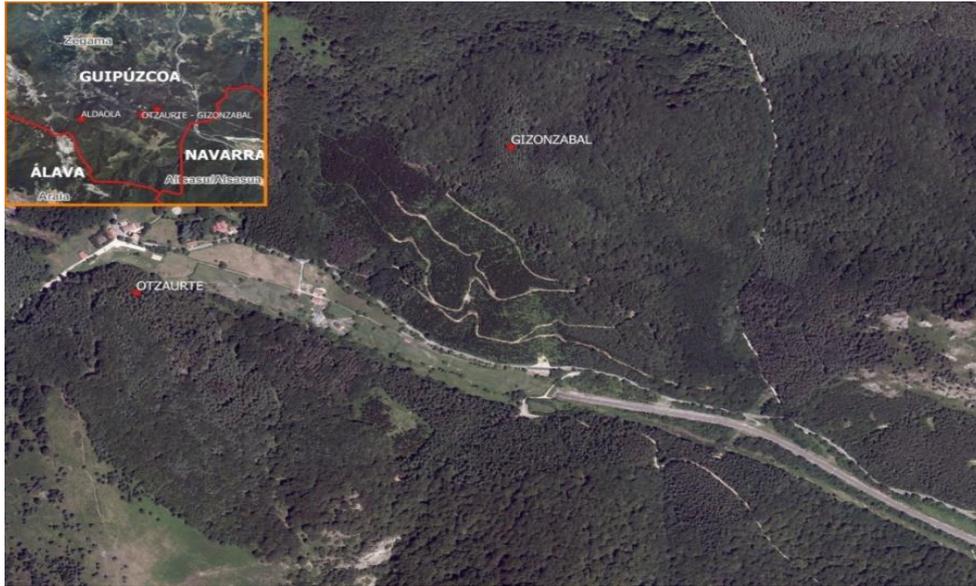
TABLA 5.2: NÚMERO, DIMENSIONES Y PROCEDENCIA DE LAS PROBETAS ENSAYADAS.

Lote	Provincia	Rodal	Serrería	Número probetas	Anchura (cm)	Altura (cm)	Longitud (cm)
1	Gipuzkoa	Ataun	Larrañaga	45	7	15	300
		Aldaola	Larrañaga	47			
2	Gipuzkoa	Ataun	Larrañaga	45	10	15	300
		Aldaola	Larrañaga	47			
3	Navarra	Bera	Alemán	45	14	18	400
		Lesaka	Alemán	45			
4	Gipuzkoa	Otzaurte	Errekondo	50	20	25	500
		Otzaurte	Larrañaga	46			

Respecto a la ubicación de las parcelas de muestreo, se presentan a continuación los mapas de localización en las figuras 5.26, 5.27, 5.28, 5.29 y 5.30 de los rodales indicados en la tabla 4.



FIGURA 5.26. LOCALIZACIÓN DE LOS RODALES GOROSTIZA Y BEDAMABURU (ZONA DE MUESTREO: ATAUN).



**FIGURA 5.27. LOCALIZACIÓN DE LOS RODALES GIZONZABAL Y OTZAUZTE
(ZONA DE MUESTREO: OTZAUZTE).**



**FIGURA 5.28. LOCALIZACIÓN DEL RODAL ARITXULEGI
(ZONA DE MUESTREO: LESAKA).**



FIGURA. 5.29. LOCALIZACIÓN DEL RODAL DE LABEAGA (BERA DE BIDASOA).



FIGURA 5.30. LOCALIZACIÓN DEL RODAL DE ALDAOLA (ATAUN).

5.2.4 TRABAJOS PREVIOS

5.2.4.1 SELECCIÓN DE PIES

La selección de pies fue pie a pie, de forma aleatoria, y distantes unos de otros con el objeto de no dejar grandes aberturas en los montes seleccionados y realizando una entresaca adecuada a la edad de la población. Sólo se rechazaron pies por motivos de sanidad o fuertes curvaturas que impidieran su posterior aprovechamiento para uso estructural. En ningún momento se tuvo en cuenta el grado de nudosidad, desviación de la fibra, conicidad, etc. En todos los casos se tomaron los diámetros normales de los pies. En las figuras 5.31 y 5.32, se representan cómo se realizaron la selección de pies, el marcado de árboles con spray y la medición de los mismos.

Según Zhu et al., (2000), el límite entre madera juvenil y madera madura varía entre una edad de 15 y 21 años para el alerce del Japón, dependiendo de la procedencia y lugar de plantación. En este trabajo de investigación todos los pies seleccionados provenían de masas de edad comprendida entre 55 y 80 años, por lo que las probetas se pueden considerar constituidas por madera madura.



FIGURA.5.31. DETALLE REPRESENTANDO LA SELECCIÓN DE PIES.



FIGURA.5.32. MEDICIÓN DE DIÁMETROS DE ÁRBOLES.

5.2.4.2 MUESTREO DE TROZAS EN GABINETE

El siguiente paso fue la selección de trozas en gabinete, el cual vino influenciado por la muestra de madera aserrada que se deseaba obtener. Fueron las características dimensionales de las piezas las que determinaron la tipología de trozas a adquirir a partir de los pies seleccionados. Para cada sección fijada las trozas debían presentar un diámetro mínimo concreto a lo largo de toda su longitud (longitud de la pieza de madera aserrada).

Este trabajo de muestreo fue desarrollado en gabinete, previamente al apeado de los pies. Para ello se utilizaron los datos tomados en campo en el momento de la selección y marcado de pies.

El muestreo de trozas dependió por lo tanto de las características dasométricas de las plantaciones seleccionadas y del tamaño concreto de los pies.

A partir de los requisitos establecidos la distribución de las trozas dentro de los pies fue del mismo modo aleatoria. Las trozas se tomaron a diferentes alturas, pudiendo utilizar trozas que tuvieran un diámetro mínimo en punta delgada de 25 cm, criterio establecido por la industria para su incorporación en proceso de aserrado para las piezas de inferior sección. La toma a diferentes alturas permitió el posterior análisis de la evolución de la calidad de la madera en la altura de los pies.

En este proceso fue determinante lograr mantener la proporción de todas las variables que pudieran influir en las características físico-mecánicas a analizar en el estudio de la posible influencia de la época de corta entre la muestra procedente de la madera apeada en luna menguante y en luna creciente. Fue necesario lograr un equilibrio en cada monte respecto al tamaño de las piezas de madera aserrada y la altura de las trozas donde obtenerse.

5.2.5 TRABAJOS EN MONTE

5.2.5.1 APEO, TRONZADO Y ETIQUETADO



El apeo de los pies se llevó a cabo en dos tiempos. El 50% de los pies de cada zona de muestreo se apearon en días con luna creciente (entre 2 y 5 días después de la aparición de la luna nueva), y el otro 50% con luna menguante (entre 2 y 5 días después de la aparición de la luna llena).



Para los días de luna creciente la luna era ascendente y en los días de fase de luna menguante, correspondía a días de luna descendente. Los árboles derribados en las dos distintas fases lunares se identificaron de manera diferente tal y como se puede ver en la figura 5.33.

FIGURA.5.33. ÁRBOLES DERRIBADOS EN LUNA CRECIENTE (ARRIBA) Y MENGUANTE (ABAJO).

En ambos procesos se siguieron en todo momento los criterios establecidos por el muestreo de trozas realizado en gabinete. Para asegurar la trazabilidad de cada una de las trozas y que en ningún caso se perdiera la información en el transcurso del proyecto, se utilizaron etiquetas de plástico codificadas previamente mediante un trabajo previo de identificación y colocación de placas serigrafiadas en gabinete, tal y como viene indicado en la figura 5.34.



FIGURA.5.34. DETALLE DE PLACAS SERIGRAFIADAS PARA IDENTIFICACIÓN DE PROBETAS.

A cada troza se le colocaron dos etiquetas, una con la identificación de la zona de muestreo, el número de árbol y la troza seleccionada dentro del árbol; y una segunda etiqueta donde se indicaba la sección a obtener en el aserrado. De este modo, las etiquetas de color blanco o negro identificaban la sección a obtener del rollo; y las etiquetas de otros colores identificaban la troza de la que procedía el rollo (1ª-4ª).

Las trozas de las cuales se iban a sacar probetas de sección 7x15 cm, tenían una longitud de 3 m; las de sección 10x15 cm, una longitud de 3 m; las de sección 14x18 cm, una longitud de 4 m; y las de sección 20x25 cm, una longitud de 5 m.

Las placas, tal y como se puede observar en la figura 5.35, se colocaron en ambas caras de la troza mediante martillo, lo que permitió un fuerte anclaje y que en ninguno de los casos se perdiera la trazabilidad en las piezas hasta su incorporación en aserradero.



FIGURA. 5.35. INCORPORACIÓN DE PLACAS SERIGRAFIADAS EN TROZAS DE ÁRBOLES.

5.2.5.2 APLICACION DE TÉCNICAS NO DESTRUCTIVAS EN TROZAS

El siguiente paso fue la evaluación de la trozas mediante la aplicación del ensayo no destructivo tal y como se indica en las figuras 5.36 y 5.37, que registra el tiempo de paso, en la longitud total de la troza, de una onda sonora haciendo uso para ello del equipo Microsecond Timer de la casa Fakopp.

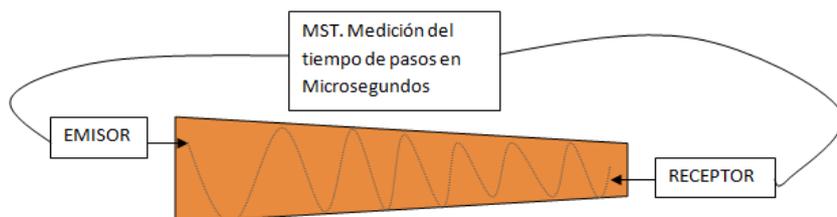


FIGURA 5.36. ESQUEMA DE UTILIZACIÓN DE LAS TÉCNICAS NO DESTRUCTIVAS EN UNA TROZA DE MADERA.

La metodología fue de tres repeticiones del ensayo de testa a testa y medición de la distancia entre sensores.



FIGURA. 5.37. EVALUACIÓN DE TROZAS MEDIANTE TÉCNICAS NO DESTRUCTIVAS.

La madera se quedó almacenada en monte, aproximadamente unos 8 meses, lo que permitió un secado progresivo de la madera en rollo. Posteriormente a esta fase del proyecto las trozas fueron transportadas hasta los diferentes aserraderos seleccionados como se puede apreciar en la figura 5.38.



FIGURA 5.38. TRANSPORTE DE LA MADERA AL ASERRADERO.

5.2.6 TRABAJOS EN ASERRADERO

Las trozas seleccionadas se transportaron hasta las diferentes serrerías, donde fueron procesadas para obtener las piezas de ensayo. El aserrado se realizó siguiendo la metodología de trabajo tradicional para la obtención de madera estructural.

5.2.6.1 MEDICIÓN DE SINGULARIDADES DE LA MADERA EN TROZAS



FIGURA. 5.39. MEDICIÓN DE SINGULARIDADES DE LAS TROZAS EN ASERRADERO.

Previamente al trabajo de aserrado se llevó a cabo una medición de las singularidades de la madera en trozas, como se observa en las figuras 5.39 y 5.40. Para ello, se midieron a lo largo de la longitud los siguientes parámetros:

Nº de verticilos y distancia entre verticilos.
Nudos por verticilo y tamaño máximo del nudo en cada uno de ellos.

Desviación de la fibra en caso de detectarse visualmente.

Curvaturas.

Heridas, perforaciones u otros defectos de tipo biótico.



FIGURA. 5.40. MEDICIÓN DE SINGULARIDADES DE LAS TROZAS EN ASERRADERO.

5.2.6.2 ASERRADO DE TROZAS Y OBTENCIÓN DE PROBETAS

Se procedió al aserrado de cada una de las trozas siguiendo para ello las propias indicaciones que quedaban reflejadas en las etiquetas de las trozas. Inmediatamente después de pasar por la sierra de carro y obtener la pieza de madera aserrada éstas fueron identificadas mediante spray con el mismo código que el de la troza. En la figura 5.41 se puede ver cómo se realizó esta identificación de probetas.



FIGURA. 5.41. SUPERVISIÓN DE LA TRAZABILIDAD DE LAS TROZAS Y DE LA MADERA ASERRADA DURANTE SU TRANSFORMACIÓN EN ASERRADERO.



FIGURA. 5.42. PREPARACIÓN DE LOTES DE PROBETAS PARA TRANSPORTE A LABORATORIO.

La madera aserrada, pudiéndose ver en la figura 5.42, fue apilada conformando paquetes con piezas de sección similar, haciendo uso de rastreles para permitir la circulación del aire y el secado de la madera.



FIGURA.5.43. DETALLE DE PROBETAS EN EL EXTERIOR DEL LABORATORIO.

Posteriormente todos los paquetes de madera aserrada conformados fueron enviados al laboratorio de Cesefor, pudiéndose ver en la figura 5.43.

5.2.7 TRABAJOS EN LABORATORIO

5.2.7.1 ACONDICIONADO DE LAS PROBETAS

Las vigas se almacenaron al aire bajo cubierta durante aproximadamente 2 meses para ir reduciendo su humedad. Periódicamente se controló su humedad mediante xilohigrómetro, con capacidad de medición hasta una profundidad de 4 cm (estimación por el método de la resistencia eléctrica). Una vez se detectaron contenidos de humedad próximos al 30%, los lotes se introdujeron de forma separada en la cámara de acondicionado, primeramente, el de menor escuadría, después en el de escuadría intermedia y así sucesivamente.

De este modo, los lotes de menor escuadría presentaban valores de humedad más próximos a la humedad de referencia del ensayo (12% de humedad), dando así tiempo a los lotes más húmedos de reducir el contenido de humedad de forma natural.

La normativa de ensayo UNE-EN 408: 2011 + A1: 2012 indica que la madera se deberá acondicionar en cámara de acondicionado bajo determinadas condiciones, $(20 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ y $(65 \pm 5)\%$ de temperatura y humedad respectivamente.

No obstante, el documento de aclaraciones en la caracterización estructural de madera aserrada, AENOR, 2011, del comité técnico madera y corcho-subcomité 6 “Estructuras de madera”, indica respecto al acondicionamiento de probetas, “que cuando sea difícil alcanzar el acondicionado de la madera (como en el caso de algunas frondosas de alta densidad), se debe mencionar este hecho. Es decir, se acepta que no siempre es posible el acondicionamiento en cámara”.

Este hecho conviene tenerlo en cuenta, ya que las probetas de alerce del Japón presentaron gran dificultad a la hora de intentar alcanzar contenidos de humedad próximos al 12%, tal y como se observó durante el acondicionado de dicha madera, y en los valores de humedad obtenidos finalmente por desecación de la madera, detectándose valores de humedad si cabe más alejados en las piezas de mayor escuadría.

En aquellas piezas en que no se logró la humedad de referencia se recogió tal hecho y se tuvo en cuenta a la hora de llevar a cabo las correcciones sobre los parámetros físico mecánicos debidas a la variación de la humedad detectada respecto a la humedad de referencia (12%).

5.2.7.1.1 CONTROL DE LAS DIMENSIONES, PESO Y HUMEDAD DE LAS PROBETAS

Para el control de las dimensiones reales de las piezas tras su acondicionado se realizaron medidas tanto en altura como en anchura, tomando tres medidas de cada una de ellas (dos en los extremos y otra en la parte central de la pieza), utilizando como dimensión de referencia la media de las tres.

Una vez controladas las dimensiones se realizó el pesado de las piezas. Para ello se utilizó una báscula de 150 kg de capacidad y 100 g de precisión.

Por último, se midió la humedad de la madera en su parte central, con una profundidad de 4 cm, haciendo uso de un xilohigrómetro de estimación por el método de la resistencia eléctrica con precisión de 0,1% de humedad. El punto de medición se tomó siempre sobre una sección libre de defectos, tales como nudos, entrecascos, etc. Se analizó así la proximidad de las piezas de madera a la humedad de referencia.

5.2.7.2 MEDICIÓN DE SINGULARIDADES DE LA MADERA EN PROBETAS

Se procedió al control y medición de todas las singularidades existentes en las piezas de madera, de acuerdo a la norma UNE-EN 1309-3:2018, anotando su localización a lo largo de la longitud de la pieza, ya fuera en el tercio central, zona donde previsiblemente se produciría la rotura de la pieza y en la que la distribución de momentos es constante, o en los tercios exteriores. Las singularidades presentadas en la zona del tercio central se utilizaron para la obtención de la herramienta de clasificación visual.

En el caso concreto de los nudos, se diferenció entre nudos detectados en las caras de las piezas y nudos detectados en los cantos. Los nudos detectados en el tercio central se midieron tanto por su tamaño absoluto como por su tamaño relativo, es decir, como la relación entre el tamaño del nudo y la superficie en la que se encontraban, por ser ésta la metodología más utilizada en las normas de clasificación existentes. De este modo, no solo se tiene en cuenta el tamaño del nudo sino también la proporción de la sección que se ve afectada por el mismo, efecto de mayor relevancia que el propio tamaño del nudo.

Se midieron las siguientes singularidades tal y como se señala en la figura 5.44: nudos de cara, nudos de canto, anillos de crecimiento, fendas, acebolladuras, entrecascos, desviación de la fibra, gemas, médula, alteraciones biológicas, deformaciones y daños de mecanizado.



FIGURA. 5.44. MEDICIÓN DE NUDOS EN LAS PROBETAS.

5.2.7.3 APLICACIÓN DE TÉCNICAS NO DESTRUCTIVAS EN PROBETAS EN SECO

Una vez realizada la clasificación visual, se procedió a ensayar las vigas con los equipos de ensayos no destructivos.

En la figura 5.45 se indica cómo se realizó en laboratorio el ensayo en vigas.

Para determinar las propiedades mecánicas del material se emplearon dos dispositivos distintos, el Microsecond Timer de Fakopp que está basado en el tiempo de paso de una onda de impacto testa a testa (utilizado anteriormente); y un analizador de espectro de onda (también de la casa Fakopp) basado en la frecuencia natural de vibración, indicado en la figura 5.46.

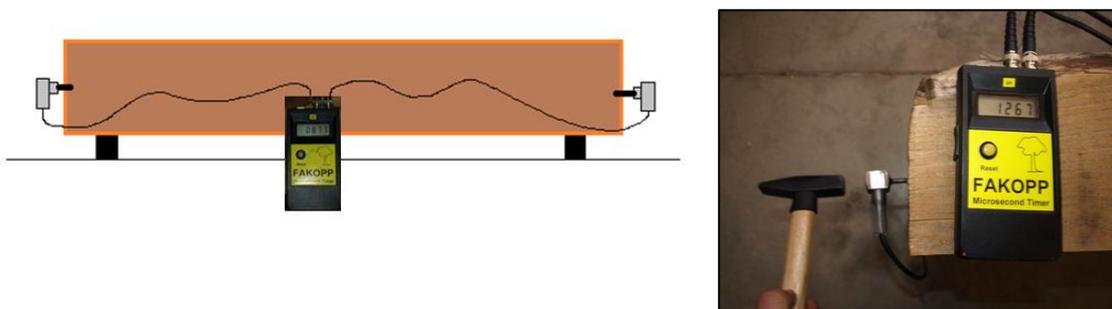


FIGURA 5.45. SISTEMÁTICA EN LA MEDICIÓN DEL TIEMPO DE PASO DE UNA ONDA SONORA MEDIANTE EL APARATO MICROSECOND TIMER (FAKOPP).

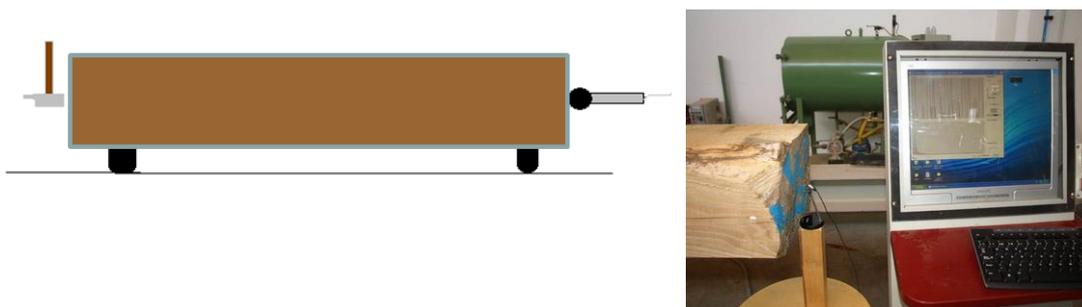


FIGURA 5.46. SISTEMÁTICA EN LA MEDICIÓN DE LA FRECUENCIA DE VIBRACIÓN MEDIANTE UN ANALIZADOR DE ESPECTRO DE ONDA (FAKOPP).

Una vez realizados los ensayos basados en técnicas acústicas se procedió a la realización de los ensayos mecánicos.

5.2.7.4 CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LA MADERA MEDIANTE ENSAYOS DESTRUCTIVOS

5.2.7.4.1 DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS. ENSAYOS DE FLEXIÓN

El protocolo de ensayo se realizó según la Norma UNE-EN 408: 2011 + A1: 2012.



Cesefor dispone en su laboratorio de un Marco de ensayos Sitenor2001, indicados en las figuras 5.47 y 5.48, con capacidad de 500 kN de fuerza y dotada de dos extensómetros para la medición, de modo continuo, de la flecha de las vigas durante el ensayo. Todos los aparatos de medida disponían de su certificado de calibración.

FIGURA.5.47. MARCO DE ENSAYOS SITENOR2001.

Los ensayos mecánicos tuvieron por objeto determinar los siguientes parámetros: módulo de elasticidad global y local en flexión estática, y módulo de rotura en flexión, que junto con la densidad son los parámetros que determinan los valores característicos de los diferentes lotes de madera.



FIGURA 5.48. DETALLE DEL ENSAYO A FLEXIÓN EN LABORATORIO.

La longitud de cada una de las piezas fue al menos 19 veces el alto (cara o anchura) de la sección de la misma, tal y como establece la norma. El procedimiento del ensayo se inició con la colocación de la probeta sobre dos puntos simétricos de apoyo con una luz igual a 18 veces la altura de la pieza, y sometiendo a la pieza a dos cargas puntuales, simétricamente colocadas en los tercios de la luz y por lo tanto con separación entre apoyos de 6 veces la altura de la pieza. Se indica el detalle en la figura 5.49.

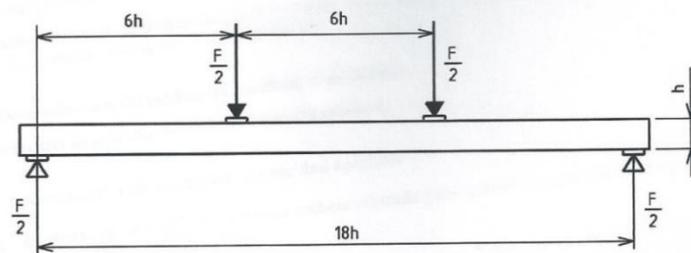


FIGURA 5.49. DETALLE ACOTADO DEL ENSAYO.

Fuente: Norma UNE-EN 408: 2011 + A1: 2012.

El módulo de elasticidad global mide la deformación en la parte central y por la parte inferior de la pieza, considerando toda la longitud. En cambio, el módulo de elasticidad local mide la deformación de la pieza en el tercio central y en su línea neutra, donde la deformación es debida únicamente a momentos flectores al no existir esfuerzo cortante. En el presente estudio, se optó por medir tanto el módulo de elasticidad local como el global.

En ambos casos la deformación se midió mediante la utilización de extensómetros. Para el módulo de elasticidad global el extensómetro se colocó en el centro de la pieza, en la parte inferior.

Para el módulo elasticidad local primero fue necesario colocar una percha en uno de sus cantos, soportada en unos clavos puestos en la línea neutra (formando un segmento de longitud igual a 5 veces el ancho de la probeta), representado en detalles en las figuras 5.49 y 5.50 y el extensómetro en una chapa colocada en la parte central de la pieza, de tal modo que el extremo del flexómetro apoyara sobre la percha y así se midiera la deformación producida en la línea neutra.

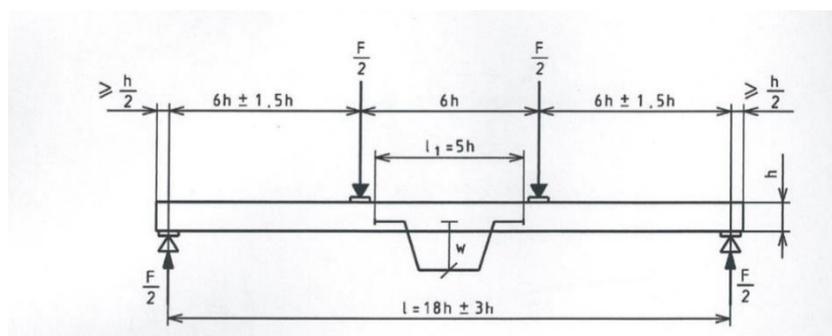


FIGURA 5.50. DISPOSITIVO DE ENSAYO PARA LA MEDICIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD LOCAL EN FLEXIÓN.

Fuente: Norma UNE-EN 408: 2011 + A1: 2012.

Cada 0,25 segundos de ensayo el equipo guardó una medición, con la fuerza que registraba la célula de carga y la deformación que se había producido en cada extensómetro. Al final y para ambos casos se obtuvo una serie de registros fuerza-deformación, a partir de los cuales se determinó el módulo de elasticidad global y local.

Una vez colocados todos los dispositivos tal y como se observa en la figura 4.53, se comenzó a ejercer lentamente la presión, siempre con una velocidad constante que no debía superar en ningún momento los $0,003h$ mm/s y que la carga máxima a aplicar no debía ser superior a $0,4 F_{max}$, no debiendo dañar en ningún momento la probeta. La presión se mantuvo hasta alcanzar una carga (dentro del tramo elástico del material) suficiente para obtener la gráfica deformación-fuerza.



FIGURA.5.51 BANCO DE FLEXIÓN PARA ENSAYOS DE MADERA.



FIGURA. 5.52. MEDICIONES DEL ENSAYO DE FLEXIÓN.

A partir de los valores de deformación-carga, como se representan en la figura 4.54 obtenidos para cada uno de los módulos de elasticidad se debe buscar el tramo más largo de cada sección que de un coeficiente de correlación de 0,99 o mejor.

La Norma UNE-EN 408: 2011 + A1: 2012, establece como requisito mínimo incluir el tramo comprendido entre el 0,2 F_{max} y 0,3 F_{max} , siendo F_{max} la carga media de rotura. En el presente trabajo se optó por analizar el tramo comprendido entre el 0,1 y 0,4 F_{max} , siempre y cuando se cumplieran las condiciones anteriormente nombradas, con el objetivo de recoger un tramo aún más representativo, indicado en la figura 5.53.

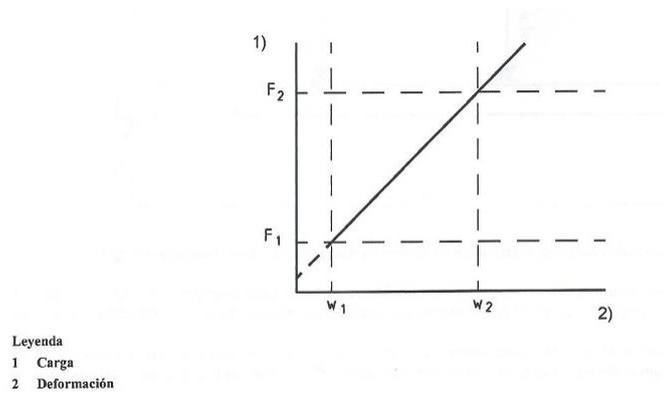


FIGURA.5.53. GRÁFICO DE CARGA-DEFORMACIÓN DENTRO DE LOS MÁRGENES DE DEFORMACIÓN ELÁSTICA.

Fuente: Norma UNE-EN 408: 2011 + A1: 2012.

-Obtención del módulo de elasticidad global de canto a flexión (MOEG)¹:

El módulo de elasticidad global en flexión (MOEG) se obtuvo, tal y como define la norma UNE-EN 408: 2011 + A1: 2012, de:

$$MOEG = \frac{l^3(F_2 - F_1)}{bh^3(w_2 - w_1)} \left[\left(\frac{3a}{4l} \right) - \left(\frac{a}{l} \right)^3 \right] \quad [11]$$

Donde:

$F_2 - F_1$ es el incremento de la carga en el tramo recto de la curva de carga/deformación, en newtons, correspondiente al tramo comprendido entre el 10% y el 40% de la fuerza de rotura.

$w_2 - w_1$ es el incremento de deformación correspondiente a $F_2 - F_1$, en milímetros.

l es la luz de la pieza en milímetros.

b es el ancho de la sección de la pieza, o la menor dimensión de la sección transversal de la pieza, en milímetros.

¹ En la norma UNE-EN 408: 2011 + A1: 2012, queda definida con la abreviatura $E_{m,g}$.

h es la altura de la sección de la pieza, o la mayor dimensión de la sección transversal de la pieza, en milímetros.

a es la distancia entre un punto de carga y el apoyo más próximo en milímetros.

-Obtención del módulo de elasticidad local de canto a flexión (MOE)²:

El módulo de elasticidad local en flexión (MOE) se obtuvo, tal y como define la norma UNE-EN 408: 2011 + A1: 2012, de:

$$MOE = \frac{al_1^2(F_2 - F_1)}{16I(w_2 - w_1)} \quad [12]$$

Donde:

$F_2 - F_1$ es el incremento de la carga en el tramo recto de la curva de carga/deformación, en newtons, correspondiente al tramo comprendido entre el 10% y el 40% de la fuerza de rotura.

$w_2 - w_1$ es el incremento de deformación correspondiente a $F_2 - F_1$, en milímetros.

L es la luz de la pieza en milímetros.

A es la distancia entre un punto de carga y el apoyo más próximo en milímetros.

I es el momento de inercia en milímetros elevados a la cuarta potencia.

La Norma UNE-EN 384:2016, establece para la determinación de los valores característicos un contenido de humedad de referencia que corresponde a una humedad ambiental del 65% y una temperatura de 20°C, lo que supone una humedad del 12%, por ello todos aquellos ensayos que no se hayan realizado a dicha humedad de referencia deberán ser corregidos, dada la influencia de la humedad respecto a los módulos de elasticidad. La corrección propuesta por dicha norma para ambos módulo de elasticidad (MOE y MOEG) es de un 1% por cada variación del 1% del contenido de humedad. En este ajuste, aquellas probetas cuyo contenido de humedad sea mayor del 18% (extremo superior del intervalo de humedad de referencia propuesto para la humedad de la madera durante el ensayo) deben corregirse como si tuvieran un contenido de humedad del 18% y no desde su contenido real de humedad, tal y como indica además el documento de aclaraciones en la caracterización estructural de madera aserrada, AENOR, 2011, del comité técnico madera y corcho-subcomité 6 "Estructuras de madera".

- Determinación de la resistencia a flexión estática (MOR)³:

La metodología para la determinación de la resistencia a flexión estática se basa en un ensayo de idéntica configuración que el descrito para la determinación de los módulos

² En la norma UNE-EN 408: 2011 + A1: 2012, queda definida con la abreviatura $E_{m,l}$.

³ En la norma UNE-EN 408: 2011 + A1: 2012, queda definida con la abreviatura f_m .

de elasticidad global y local, es por ello que normalmente, al igual que en el presente trabajo, se opte por, una vez finalizados los ensayos para la determinación de los módulos de elasticidad, continuar aumentando la carga de la pieza hasta su rotura.

Debiendo cumplir que la carga se mantenga constante y la carga máxima (punto de rotura) se alcance en (300 ± 120) s, tal y como establece la Norma UNE-EN 408: 2011 + A1: 2012.

En cada ensayo se anotó el tiempo de ensayo hasta la rotura de cada probeta, dejando constancia de la desviación obtenida en aquellas probetas que difirieron en más de 120 s respecto al objetivo de 300 s.

La resistencia a flexión estática (MOR) se obtuvo mediante la expresión:

$$MOR = \frac{aF_{max}}{2W} \quad [13]$$

Donde:

a es la distancia entre un punto de carga y el apoyo más próximo en milímetros.

F_{max} es la carga máxima en newtons.

W es el módulo resistente de la sección, en milímetros elevados a la tercera potencia.

Conviene reseñar que la metodología de ensayo está concebida para obtener una rotura en el tercio central de la pieza, es decir en la sección de la pieza que queda dentro de los puntos de carga y donde mayor es el momento flector, además de mantenerse constante, hecho que facilita a posteriori la determinación de la resistencia a flexión estática de cada pieza.

Es por ello que aquellas roturas que se produjeron fuera del tercio central fueron controladas y anotadas midiendo su distancia al punto de carga más próximo. En estos casos la tensión real a la que se produce la rotura no es la correspondiente al momento máximo sino al momento en la sección de rotura fuera del tercio central, de ahí que el valor real en dichas condiciones se calcula mediante una expresión diferente a la [13].

Por otra parte, para la determinación de los valores característicos no resulta necesario aplicar ningún tipo de corrección por el contenido de humedad, dada la escasa influencia de la misma en la resistencia a flexión de la madera en los contenidos de humedad de referencia de la norma UNE-EN 384:2016. En cambio, sí deben ser corregidos a un canto o altura de referencia de 150 mm, por lo que para alturas inferiores a 150 mm y densidad menor o igual a 700 kg/m^3 , los valores obtenidos se dividieron por el factor k_h cuya expresión se indica a continuación:

$$k_h = \left(\frac{150}{h}\right)^{0,2} \quad [14]$$

Donde:

h es el canto de la pieza en milímetros.

Debido a que las secciones más pequeñas de las probetas analizadas (7x15 cm) tenían un canto de 150 mm, esta corrección tuvo que aplicarse de manera muy puntual en alguna probeta que tenía un canto ligeramente inferior, pero no resultó relevante en cuanto a la obtención del MOR de la muestra.



Análisis visual de la sección de rotura:

Una vez finalizado el ensayo de flexión se analizó visualmente la sección de rotura de la pieza, midiendo y anotando la singularidad de la madera que previsiblemente ha provocado la rotura de la pieza (nudos, desviación de la fibra, etc.), tal y como se indica en la figura 5.54.



FIGURA .5.54. DETALLE DE PUNTOS DE ROTURA DE LAS VIGAS ENSAYADAS TRAS EN ENSAYO A FLEXIÓN.

5.2.7.4.2 DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS

Posteriormente se procedió a extraer una rebanada de sección completa lo más próxima posible al punto de rotura y libre de defectos, tales como nudos, entrecascos, bolsas de resina, etc. Para ello se hizo uso de una motosierra eléctrica, así como de una escuadradora. El grosor de dicha rebanada fue aproximadamente de unos 5 cm.

Cada rebanada fue identificada con el número de la viga de la que provenía. Se midieron todas las dimensiones de la pieza (longitud, anchura y espesor), para así obtener el

volumen de la pieza. Posteriormente se obtuvo el peso húmedo, haciendo uso de una balanza analítica de precisión de 0,001 g.

A continuación, se introdujeron las rebanadas en estufas de secado a 103° C de temperatura. Al cabo de 24 horas se extrajeron y se pesaron nuevamente las probetas, y así sucesivamente a intervalos de 2 horas de duración, hasta que alcanzaron un peso constante, es decir se ha alcanzado el peso anhidro en la probeta. Esto se consigue cuando la diferencia de masa entre dos pesadas sucesivas sea menor del 0,1%. Todo ello se realizó conforme a la norma UNE-EN 13183-1/AC: 2004.

- **Determinación de la humedad:**

La determinación de la humedad es necesaria ya que es un parámetro que influye directamente sobre los valores de resistencia y rigidez obtenidos para cada una de las piezas. Por ello la norma de ensayo establece una humedad de referencia para presentar y poder comparar los resultados, que no es otra que la humedad correspondiente a unas condiciones habituales en el uso de la madera, 20 °C y 65% de humedad, lo que corresponde a un contenido de humedad del 12% en la madera.

A continuación, en la figura 5.55 se representa una imagen de medición de la humedad de la probeta.

El contenido de humedad, medido en porcentaje de humedad, se obtiene de:

$$H = \left(\frac{P_h - P_0}{P_0} \right) 100 \quad [15]$$

Donde:

H es el contenido de humedad de la probeta en tanto por ciento.

P_h es el peso húmedo de la probeta en gramos.

P₀ es el peso anhidro de la probeta en gramos.



FIGURA.5.55. DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD DE LAS VIGAS.



Determinación de la densidad:

Desde el punto de vista de la clasificación de la madera aserrada el valor que se necesita es el de la densidad normal (humedad al 12%) estimada por el cociente peso/volumen medido a la humedad en las condiciones del laboratorio y corregida para el 12% de humedad.

FIGURA. 5.56. DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DE RODAJA TRAS ENSAYO DE ROTURA.

A partir del volumen y del peso húmedo obtenido se calculó la densidad medida, tal y como se puede comprobar en la figura 5.56, para una determinada humedad que más adelante fue corregida a una humedad de referencia del 12%, representada en la figura 5.57 tal y como establece la norma UNE-EN 384: 2016. Se redujo el valor en un 0,5% por cada 1% de disminución en el contenido de la misma, o lo que es lo mismo, se aplicó la siguiente fórmula:

$$\rho_{12} = \rho_H(1 - 0,005(H - 12)) \quad [16]$$

Donde:

ρ_{12} es la densidad corregida al 12% de humedad.

ρ_H es la densidad correspondiente a la humedad de la madera cuando se hizo el ensayo.

H es la humedad de la madera cuando se hizo el ensayo.



FIGURA. 5.57. INTRODUCCIÓN DE PROBETAS EN ESTUFA PARA EL CÁLCULO DE LA DENSIDAD EN SECO.

5.2.7.4.3 OBTENCIÓN DE LOS VALORES CARACTERÍSTICOS

El valor del percentil del 5% del MOR ($f_{05,i}$) y de la densidad ($\rho_{05,i}$), así como el valor medio del MOE (\bar{E}_i), de cada lote (submuestra i) se obtuvieron aplicando la norma UNE-EN 14358:2016. Para la obtención del valor medio y la desviación típica del MOR, esta norma indica ecuaciones distintas dependiendo de si los datos se ajustan mejor a una distribución normal o a una distribución log-normal. En cambio, para el valor medio y la desviación típica del MOE y de la densidad, la norma indica directamente las ecuaciones de una distribución normal. Con estas consideraciones, el valor característico (percentil 5%) se obtuvo mediante las siguientes expresiones:

con distribución log-normal:

$$m_k = \exp(\bar{y} - k_s(n)s_y) \quad [17]$$

con distribución normal:

$$m_k = (\bar{y} - k_s(n)s_y) \quad [18]$$

Donde:

m_k valor del percentil del 5% parámetro estimado ($f_{05,i}$, $\rho_{05,i}$, \bar{E}_i) de cada lote (submuestra i).

\bar{y} es el valor medio.

s_y es la desviación típica.

$k_s(n)$ toma el valor de $(6,5n+6)/(3,7n-3)$, siendo n el número de probetas.

Los valores obtenidos se utilizaron posteriormente para obtener el valor característico del MOR (f_k), el MOE característico medio ($E_{0,mean}$) y la densidad característica (ρ_k)

aplicando las formulaciones de la norma UNE-EN 384:2016 que se muestran a continuación:

$$f_k = \min\left(1, 2f_{05,i,min}, \frac{\sum_{i=1}^{n_s} n_i f_{05,i}}{n}\right) \cdot k_n \quad [19]$$

Donde:

- $f_{05,i}$ es el valor del 5º percentil de la resistencia de la submuestra i .
- $f_{05,i,min}$ es el menor valor del 5º percentil de las resistencias de las i -submuestras.
- n_s es el número de submuestras.
- n_i es el número de probetas de la submuestra i .
- n es el número total de probetas.
- k_n es un factor de ajuste del número de submuestras. Al tratarse de 4 lotes, toma el valor de 0,95.

$$E_{0,mean} = \frac{\min\left(1, 1\bar{E}_{i,min}, \frac{\sum_{i=1}^{n_s} n_i \bar{E}_i}{n}\right) \cdot k_n}{0,95} \quad [20]$$

Donde:

- \bar{E}_i es el valor medio del módulo de elasticidad de la submuestra i .
- $\bar{E}_{i,min}$ es el menor valor medio del módulo de elasticidad de las i -submuestras.
- n_s es el número de submuestras.
- n_i es el número de probetas de la submuestra i .
- n es el número total de probetas.
- k_n es un factor de ajuste del número de submuestras. Al tratarse de 4 lotes, toma el valor de 0,95.

$$\rho_k = \min\left(1, 1\rho_{05,i,min}, \frac{\sum_{i=1}^{n_s} n_i \rho_{05,i}}{n}\right) \cdot k_n \quad [21]$$

Donde:

- $\rho_{05,i}$ es el valor del 5º percentil de la resistencia de la submuestra i .
- $\rho_{05,i,min}$ es el menor valor del 5º percentil de las densidades de todas las muestras.
- n_s es el número de submuestras.
- n_i es el número de probetas de la submuestra i .
- n es el número total de probetas.
- k_n es un factor de ajuste del número de submuestras. Al tratarse de 4 lotes, toma el valor de 0,97.

5.2.7.5 CLASIFICACIÓN VISUAL

Inicialmente se analizó la distribución de los valores de resistencia, rigidez y densidad obtenidos en la muestra total, así como la distribución de las diferentes singularidades medidas, para posteriormente y con el objeto de obtener 2 clases resistentes, dividir la muestra en 2. Las 2 submuestras debían estar conformadas por 4 lotes (cada uno de ellos correspondiente con cada una de las secciones) y contener al menos 40 piezas, para que la muestra fuese estadísticamente representativa. Para cada una de las submuestras se calcularon los valores característicos de resistencia (f_k), módulo de elasticidad medio ($E_{0,mean}$) y densidad (ρ_k).

Según la norma UNE-UNE 338:2016, una población se asigna a una clase resistente cuando los valores característicos (f_k , $E_{0,mean}$ y ρ_k) son iguales o mayores que los indicados en la propia norma para dicha clase resistente, de modo que los 3 valores deben verificar dicha condición.

Con el objeto de que el presente estudio no se quedase en una mera caracterización sin aplicación práctica en la industria, se procedió al análisis posterior de las tablas de clasificación obtenidas para evaluar si las clases resistentes establecidas eran competitivas, desde un punto de vista mecánico, y si la clasificación realizada se ajustaba al porcentaje de rechazos de la realidad industrial. Si no se cumplían ambos requisitos, se determinó la necesidad de modificar los criterios de clasificación tantas veces como fuese necesario hasta encontrar un resultado adecuado al material ensayado y a las necesidades de mercado.

Una vez obtenidos los criterios de clasificación se compararon con los existentes en otras normas de clasificación. Concretamente con las normas francesa NF B 52-001-1:2011, italiana UNI 11035-2:2010, inglesa BS 4978:2007+A2:2017, y española UNE 56544:2011.

5.2.7.6 OBTENCIÓN DE MODELOS ANALÍTICOS PARA DETERMINAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS

Con el objetivo de obtener los parámetros mecánicos principales (MOEG, MOE y MOR) se elaboraron modelos analíticos basándose en las mediciones de las singularidades de la madera y en los ensayos no destructivos realizados sobre las piezas aserradas en seco (después del acondicionamiento).

En los modelos se consideró la totalidad de la muestra, es decir, los valores de todas las probetas ensayadas, independientemente de que éstas tuviesen clasificación visual estructural o fuesen de rechazo.

Para ello, se realizaron varios modelos de regresión múltiple, con un nivel de confianza del 95%. Se consideraron las variables dependientes siguientes:

- MOE sin corregir por humedad (MOE_H).
- MOE corregido al 12% de humedad (MOE_{12}).
- MOEG sin corregir por humedad ($MOEG_H$).

- MOEG corregido al 12% de humedad ($MOEG_{12}$).
- MOR sin corregir por tamaño (MOR_S).
- MOR corregido por tamaño (MOR_{Kh}).

Para la obtención de modelos analíticos de las variables dependientes, se consideraron las variables explicativas que se muestran a continuación:

- Longitud de la probeta, en cm (LON).
- Densidad de la probeta sin corregir por humedad, en $kg \cdot m^{-3}$ (DEN_H).
- Densidad de la probeta corregida al 12% de humedad, en $kg \cdot m^{-3}$ (DEN_{12}).
- Velocidad de onda vibratoria sin corregir por humedad, en $m \cdot s^{-1}$ (VEV_H).
- Velocidad de onda vibratoria corregida al 12% de humedad, en $m \cdot s^{-1}$ (VEV_{12}).
- Velocidad de onda sonora sin corregir por humedad, en $m \cdot s^{-1}$ (VES_H).
- Velocidad de onda sonora corregida al 12% de humedad, en $m \cdot s^{-1}$ (VES_{12}).
- MOE dinámico obtenido a partir de la velocidad de onda vibratoria sin corregir por humedad, en $N \cdot mm^{-2}$ ($MOED_{VEV_H}$).
- MOE dinámico obtenido a partir de velocidad de onda vibratoria corregida al 12% de humedad, en $N \cdot mm^{-2}$ ($MOED_{VEV_{12}}$).
- MOE dinámico obtenido a partir de la velocidad de onda sonora sin corregir por humedad, en $N \cdot mm^{-2}$ ($MOED_{VES_H}$).
- MOE dinámico obtenido a partir de velocidad de onda sonora corregida al 12% de humedad, en $N \cdot mm^{-2}$ ($MOED_{VES_{12}}$).
- Relación diámetro nudo en cara/altura de la pieza + relación diámetro nudo en canto/espesor de la pieza (NUD).
- Desviación de la fibra, en % (DOF).
- Anchura unitaria de los 5 anillos de crecimiento internos, en $mm \cdot anillo^{-1}$ (WOR).

Aplicando el test de normalidad K-S, todas las variables indicadas seguían una distribución normal excepto VES_H que fue necesario hacer la transformación a $\ln(VES_H)$, $MOED_{VES_H}$ que se hizo la transformación a $\ln(MOED_{VES_H})$, y DOF que se hizo la transformación a $(DOF)^{11/20}$.

5.2.7.7 EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DE LA ALTURA DE LA TROZA EN EL ÁRBOL

Dado el muestreo realizado, en que se llegó a contar en la gran mayoría de los pies con dos piezas de madera aserrada procedentes de dos trozas de diferentes alturas del árbol, se procedió al análisis de la influencia la altura del árbol en las variables caracterizadoras.

Además, se analizó el rendimiento clasificatorio, en relación a las clases visuales establecidas en este trabajo, en función de la altura del árbol.

5.2.7.8 RELACIÓN DE MOED CON MOR, MOE Y MOEG

Se realizaron análisis de regresión simple (dos a dos) para averiguar las relaciones entre los módulos de elasticidad dinámicos (MOED), los módulos de elasticidad estáticos (MOE y MOEG) y el módulo de resistencia a flexión (MOR).

Estas relaciones se utilizaron para establecer modelos de predicción de la rigidez y de la resistencia en función de mediciones no destructivas, tanto en troza, como en probeta aserrada y seca.

5.2.7.9 CLASIFICACIÓN DE LA MADERA EN TROZA

En base a los parámetros medidos de las singularidades de la madera en troza, y a los resultados de los ensayos no destructivos aplicados en troza, se establecieron unas directrices para realizar una primera evaluación de la calidad de la madera.

5.2.7.10 INFLUENCIA DE LA ÉPOCA DE CORTA EN LAS PROPIEDADES

Finalmente se procedió al análisis de la existencia o no de diferencias significativas en diferentes propiedades de la madera entre la muestra cortada en época de luna creciente (entre 2 y 5 días tras la aparición de la luna nueva) y en época de luna menguante (entre 2 y 5 días tras la aparición de la luna llena). Las propiedades que se analizaron fueron las siguientes:

- Propiedades físicas: contenido de humedad, densidad, fendas, deformaciones, y rapidez de secado e higroscopicidad.
- Propiedades mecánicas: MOR, MOE, MOEG y MOED (el MOED se obtuvo a partir de ensayos no destructivos sobre probeta en seco).

El material de ensayo utilizado para estimar las propiedades mecánicas y físicas fueron las mismas probetas objeto de estudio en este proyecto de investigación. Sin embargo, para analizar el la rapidez de secado y la higroscopicidad se consideraron tablas sobrantes del mecanizado de las probetas mencionadas.

Concretamente, se estudiaron un total de 140 tablas: 35 tablas procedentes de pies cortados en luna creciente y de dimensiones aproximadas 4x10x200 cm, 35 tablas procedentes de pies cortados en luna menguante y de dimensiones aproximadas 4x10x200 cm, 35 tablas procedentes de pies cortados en luna creciente y de dimensiones aproximadas 4x10x300 cm, y 35 tablas procedentes de pies cortados en luna menguante y de dimensiones aproximadas 4x10x300 cm.

Las tablas de longitud 200 cm se secaron en exterior bajo cubierta durante 3 meses, tomando mediciones del peso de las mismas cada 15 días. Finalmente se introdujeron en la cámara de acondicionado, aproximadamente otros 15 días, hasta alcanzar una humedad de referencia del 12%. Al secar bajo cubierta estas tablas se pretendía conocer si existe alguna diferencia en la rapidez de secado entre las tablas cortadas en luna creciente y las cortadas en luna menguante.

Las tablas de longitud 300 cm se secaron siguiendo el mismo procedimiento pero al aire libre. Con ello, se pretendía conocer si existe alguna diferencia en la higroscopicidad de las tablas procedentes de lunas diferentes. Es decir, en el proceso de ajuste del contenido de humedad hacia la humedad de equilibrio higroscópico, las tablas perderían humedad en periodos sin lluvias y la aumentarían en los momentos lluviosos.

6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 CLASIFICACIÓN VISUAL

6.1.1 HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS

En la figura 6.1 se muestra el histograma de frecuencias para las variables MOR, MOEG, MOE y densidad al 12% de todas las probetas. En todas ellas se realizó un test de normalidad K-S para verificar que efectivamente seguían una distribución normal. Además, la normalidad se verificó visualmente mediante el trazado de un Gráfico Probabilístico Normal mostrado en la figura 6.2.

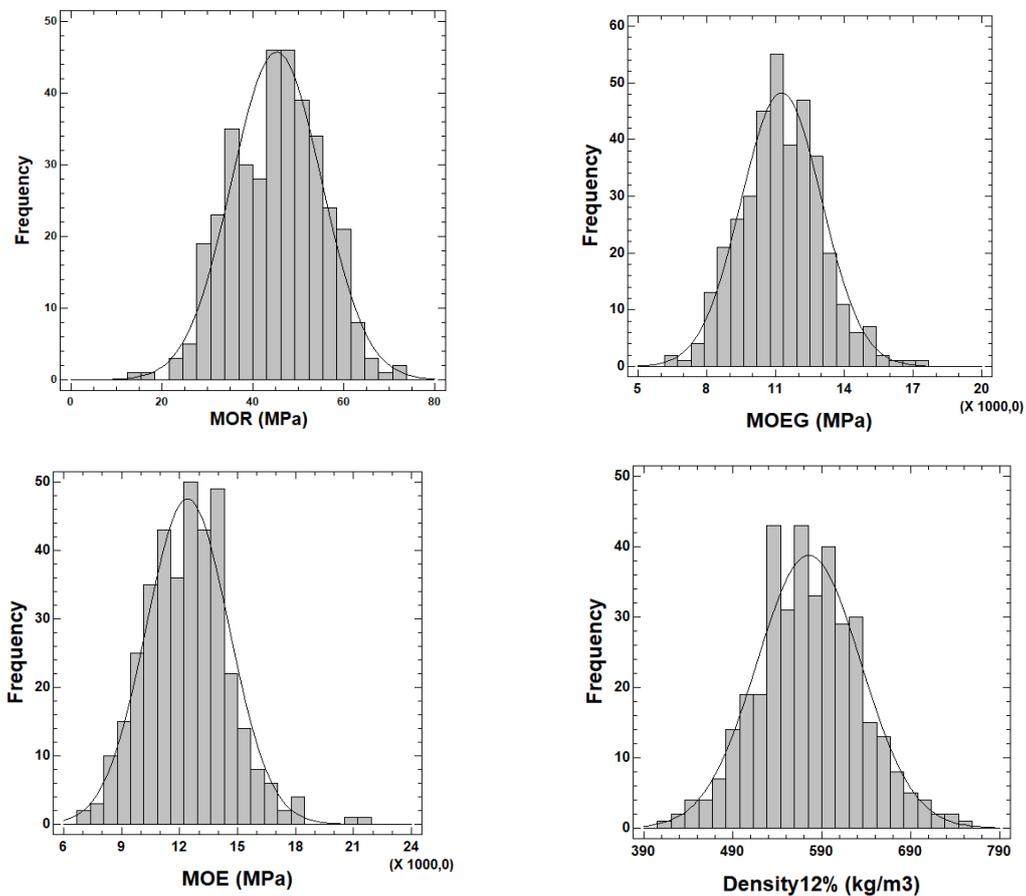


FIGURA 6.1. HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS DE LAS VARIABLES MECÁNICAS Y LA DENSIDAD.

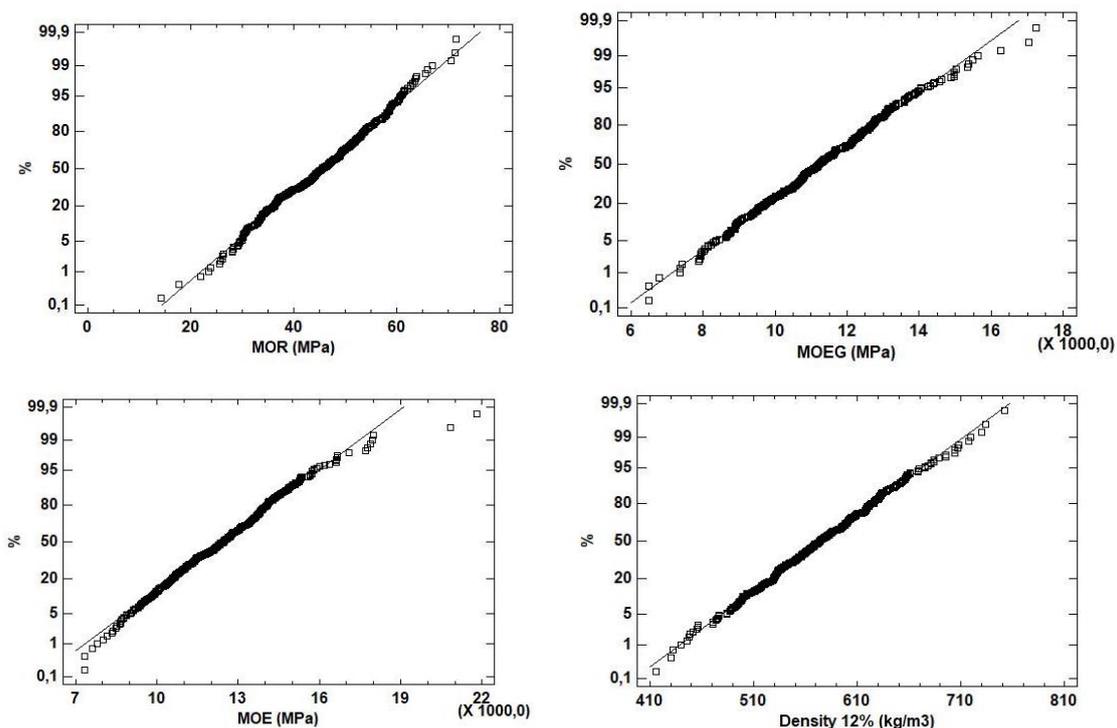


FIGURA 6.2. GRÁFICO PROBABILÍSTICO NORMAL DE LAS VARIABLES MECÁNICAS Y LA DENSIDAD.

El comportamiento del alerce de Japón a flexión es excelente superando generalmente a muchas otras coníferas utilizadas para madera estructural. El 85% de las muestras analizadas tenía una resistencia (MOR) superior a 30 MPa, el 35% una superior a 50 MPa, llegando a detectarse valores de hasta 72 MPa. En cuanto a rigidez (MOE), el 90% de las piezas superaban los 9 GPa, el 75% superaban los 10,5 GPa, llegando a valores de 21,8 GPa. Respecto a la densidad, se trata de una conífera especialmente densa ya que el 90% de las piezas superaba los 500 kg/m³, llegando a valores de 752 kg/m³.

En la figura 6.3 se muestra el histograma de frecuencias de las singularidades de la madera más relevantes de las probetas clasificadas visualmente. El principal defecto que presentaba la madera eran los nudos, detectándose una elevada presencia de nudos agrupados, tanto en canto (51% de las piezas) como en cara (85%). Esto denota que se trata de una especie fuertemente verticilada con un número elevado de ramas por verticilo.

Alrededor del 90% de las piezas tenía una desviación de la fibra inferior al 10% que es un indicador de la calidad estructural de la madera. En cuanto al espesor de los 5 primeros anillos de crecimiento, el 85% de las piezas presentaba un crecimiento superior a 2 cm/anillo lo que denota un fuerte crecimiento en los primeros años.

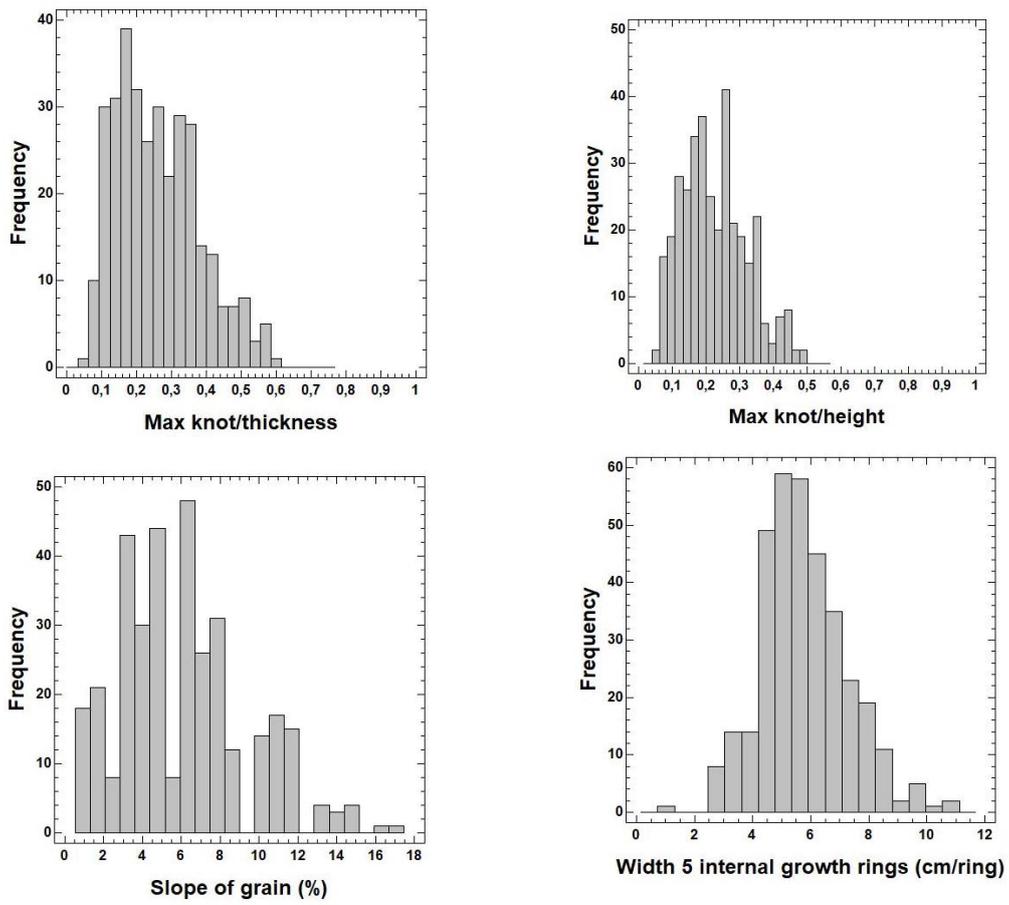


FIGURA 6.3. HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS DE LAS SINGULARIDADES MÁS RELEVANTES.

6.1.2 CAUSAS DE ROTURA

En cuanto a los motivos que provocaron la rotura en las piezas de madera, se muestran en la tabla 6.1.

TABLA 6.1: CAUSAS DE ROTURA.

Causa de rotura	Porcentaje (%)
Sin apuntar	1,4
Rotura limpia sin defectos aparente	25
Rotura por nudo de cara	9,1
Rotura nudos agrupados en cara	1,4
Rotura por nudo de canto	32,2
Rotura por nudo agrupado en canto	9,4
Rotura por nudo de cara + nudo de canto	10
Rotura por cortante	1,9
Rotura por desviación de la fibra	10,3
Bolsa de resina, separación de anillos	0,5



FIGURA 6.4. ROTURA POR NUDO AISLADO EN CARA.

En el ensayo mecánico a flexión, el principal motivo de rotura fueron los nudos localizados en canto, aislados o agrupados, alcanzando esta rotura el 41,6% de las piezas. Un 80% se produjo por nudos localizados en canto, un 10% por nudos combinados de cara y canto, y un 10% por nudos en cara, figura 6.4.



FIGURA 6.5. ROTURA POR DESVIACIÓN DE LA FIBRA.

El segundo motivo de rotura, en porcentaje, fue la desviación de la fibra con un 10,3% de las roturas totales, figura 6.5.

Cabe destacar el elevado número de piezas cuya rotura se produjo de forma limpia, sin defecto aparente, aproximadamente un 25%, que denotan la excelente calidad de la madera. Alguna de estas piezas si presentaron nudos en el canto pero con un tamaño reducido.

6.1.3 INFLUENCIA DE LA SECCIÓN Y PROCEDENCIA EN EL MOR, MOE Y DENSIDAD

Se analizó si existían diferencias estadísticamente significativas en las variables caracterizadoras (MOR, MOE y Densidad12%) en función de la sección y de la procedencia. Para este análisis se tomaron los valores corregidos de las variables caracterizadoras, es decir, el MOR corregido por sección, el MOE corregido por humedad, y la densidad corregida por humedad.

Para ello se elaboraron diagramas de caja y bigotes y se construyó (para cada variable) una tabla ANOVA donde el *valor-P* indica que cuando su valor es menor que 0,05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de todas las variables (con un nivel de significación del 5%), figuras 6.6 y 6.7. Finalmente, para determinar qué variables eran significativamente diferentes de otras se realizaron Pruebas de Múltiples Rangos.

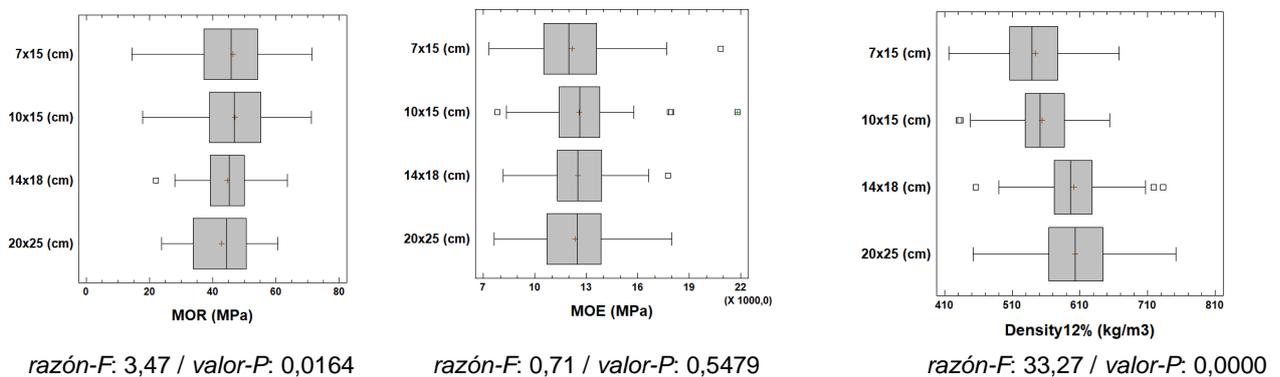


FIGURA 6.6. DIAGRAMAS DE CAJA Y BIGOTES SEGÚN LA SECCIÓN.

Respecto al MOR, existen diferencias significativas entre las 4 secciones ensayadas, apareciendo dos grupos homogéneos entre sí, uno formado por las secciones 14x18 y 20x25, y otro por las secciones 7x15, 10x15 y 14x18.

En el diagrama de caja y bigotes se muestra cómo a pesar de que todas las secciones tienen medianas similares, las probetas de menor sección tienen un rango mucho mayor así como una mayor simetría en los cuartiles Q2 y Q3 respecto a la mediana, que las probetas de mayor sección.

Los valores del MOE son más homogéneos y no existen diferencias significativas entre las 4 secciones. Al ser la *razón-F* menor que la unidad (0,71), indica que la varianza “entre grupos” es incluso menor que la varianza “dentro de grupos”. Aparecen únicamente algunos valores atípicos en las secciones 7x15, 10x15 y 14x18 que son poco relevantes.

En lo que se refiere a la densidad, existen diferencias significativas entre las 4 secciones mostrando claramente 2 grupos homogéneos; por un lado las secciones menores de 7x15 y 10x15, y por otro lado las secciones mayores de 14x18 y 20x25, que presentan densidades mayores que el anterior.

Esta circunstancia puede ser debida a que las masas muestreadas de alerce de Japón tienen crecimientos rápidos hasta los 40-50 años. A partir de esa edad el crecimiento es más lento, y por tanto, mayor la densidad de las paredes celulares que se van formando. Las piezas de secciones mayores (14x18 y 20x25) provienen mayoritariamente de trozas inferiores incorporando en la sección un porcentaje más alto de madera de mayor densidad que las piezas de secciones menores (7x15 y 10x15). Además, pese a que las piezas de secciones menores se obtienen de cualquier troza, muchas de ellas provienen de las trozas superiores donde la proporción de madera juvenil respecto a la sección total es más elevada.

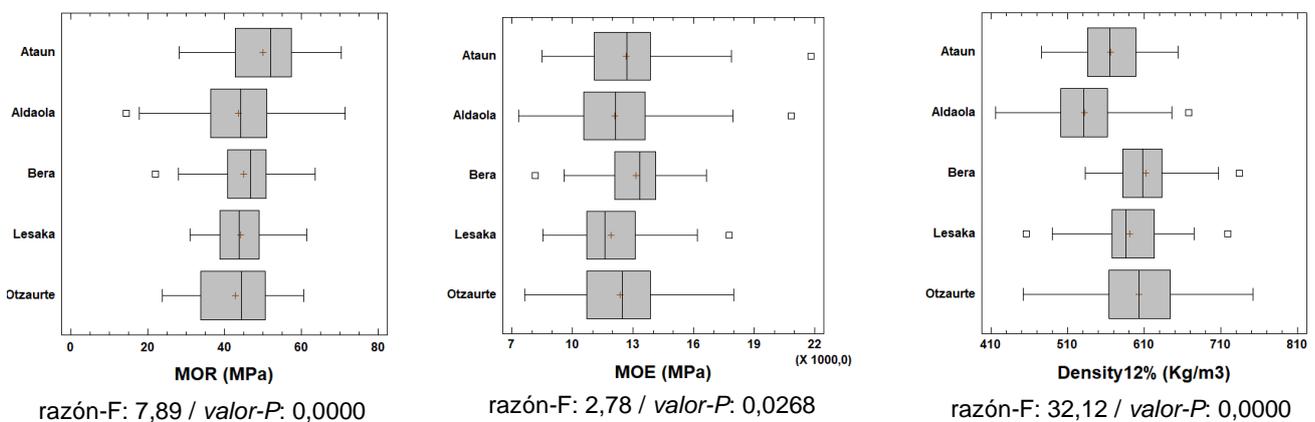


FIGURA 6.7. DIAGRAMAS DE CAJA Y BIGOTES SEGÚN LA PROCEDENCIA.

Respecto al MOR, existen diferencias significativas entre las 5 procedencias ensayadas. Sin embargo aparecen 2 grupos homogéneos bastante dispares, uno formado por las procedencias Aldaola, Bera, Lesaka y Otzaurte, entre los que no existen diferencias significativas; y otro formado únicamente por la procedencia Ataun, que indica valores de resistencia mayores que el resto.

Los valores del MOE también muestran diferencias significativas entre las 5 procedencias. Al ser la *razón-F* ligeramente mayor que la unidad (2,78), indica que esta diferencia no es excesivamente acusada. Aparecen 2 grupos homogéneos, uno formado por las procedencias Aldaola, Lesaka, Otzaurte y Ataun; y otro formado por las procedencias Bera y Ataun, siendo este segundo grupo el que muestra valores de rigidez ligeramente mayores.

En lo que se refiere a la densidad, existen claramente diferencias significativas entre las 5 procedencias apareciendo hasta 3 grupos homogéneos diferentes. El primero estaría formado únicamente por la procedencia Aldaola, el segundo únicamente por la procedencia Ataun, y el tercero por las procedencias Lesaka, Otzaurte y Bera. El tercer grupo es el que muestra valores de densidad más altos, y el primero más bajos.

El análisis realizado indica que existen diferencias estadísticamente significativas entre las diferentes secciones y las diferentes procedencias. Sin embargo, también revela que no existe una evidencia estadística de que una misma sección, o una misma procedencia, sea claramente diferente del resto considerando las 3 variables caracterizadoras (MOR, MOE y densidad).

6.1.4 CLASES VISUALES Y CLASES RESISTENTES ASIGNADAS

Se establecen 2 clases visuales para la madera estructural de alerce del Japón, denominadas MEG-1 (Madera Estructural de Gran Escuadría-1) y MEG-2 (Madera Estructural de Gran Escuadría-2), cuyos requisitos se indican en la tabla 6.2.

TABLA 6.2: ESPECIFICACIONES PARA LAS CLASES RESISTENTES MEG-1 Y MEG-2.

Criterios de calidad		MEG-1	MEG-2
Diámetro de nudos en cara		≤ 1/4 de "h"	≤ 1/2 de "h"
Diámetro de los nudos sobre canto		≤ 1/3 de "b"	≤ 3/5 de "b"
Anchura de anillos de crecimiento ¹⁾		≤ 11 mm/anillo	≤ 11 mm/anillo
Fendas	Pasantes	No se admite	No se admite
	De contracción ²⁾³⁾ No pasantes (profundidad)	< 1/2 de "b" se admite. ≥ 1/2 de "b" se admite si la longitud es menor o igual que el menor de los valores: 1/4 de la longitud de la pieza y 1 metro.	< 1/2 de "b" se admite. ≥ 1/2 de "b" se admite si longitud es menor o igual que el menor de los valores: 1/4 de la longitud de la pieza y 1 metro.
	De rayo, de heladura, de abatimiento	No se admite	No se admite
Acebolladuras		No se admite	No se admite
Bolsas de resina y Entrecasco		No se admite	≤ 3/2 de "h"
Desviación de la fibra		≤ 1:11 (9,1 %)	≤ 1:6 (16,7 %)
Madera de reacción		≤ 1/5 de la sección o de la superficie externa de la pieza	≤ 2/5 de la sección o de la superficie externa de la pieza
Gemas	Longitud	≤ 1/3 de "L"	≤ 1/3 de "L"
	Anchura y espesor	≤ 1/4 de "b"	≤ 1/3 de "b"
Médula ¹⁾		Se admite	Se admite
Alteraciones biológicas	Pudrición	No se admite	No se admite
	Insectos xilófagos	No se admite	No se admite
	Azulado	Se admite	Se admite
Deformaciones máximas ^{2) 3) 4)}	Curvatura de cara	≤ 10 mm (para 2 m de longitud)	≤ 10 mm (para 2 m de longitud)
	Curvatura de canto	≤ 8 mm (para 2 m de longitud)	≤ 8 mm (para 2 m de longitud)
	Alabeo	≤ 1 mm (por cada 25 mm de "h")	≤ 1 mm (por cada 25 mm de "h")
	Atejado o abarquillado	Sin limitación	Sin limitación
<p>Notas:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Estas características solo se consideran cuando se comercializa en húmedo. 2) Estas características no se consideran cuando la clasificación se efectúa en húmedo. 3) Referidas a una humedad del 20%. 4) Pueden aceptarse deformaciones mayores siempre que no afecten a la estabilidad de la construcción (por que puedan corregirse durante la fase del montaje) y exista un acuerdo expreso al respecto entre el suministrador y el cliente. 			

Para determinar los criterios de clasificación de las fendas y de las deformaciones máximas se consideraron las limitaciones indicadas en la norma UNE-EN 14081-1:2016, tablas 6.3 y 6.4.

TABLA 6.3: LONGITUD TOTAL MÁXIMA DE LAS PIEZAS SEGÚN NORMA UNE-EN 14081-1:2016.

Tipo	Longitud máxima admitida correspondiente a las clases resistentes inferiores o iguales a C18 ²⁾	Longitud máxima admitida correspondiente a las clases resistentes superiores a C18 ²⁾
Fendas no pasantes	Las fendas que profundicen menos de la mitad pueden despreciarse	
	No mayores que 1,5 m o ½ de la longitud de la pieza, la que sea menor	No mayores que 1 m ¼ de la longitud de la pieza, la que sea menor
Fendas pasantes	No mayores que 1 m ¼ de la longitud de la pieza, la que sea menor. Si están en los extremos, la longitud no debe ser mayor que dos veces el ancho de la pieza.	Solo se admiten en los extremos y si son de longitud no mayor que el ancho de la pieza.
<p>Nota: La longitud de las fendas es función del contenido de humedad, y en consecuencia, las limitaciones anteriores son únicamente aplicables al momento de la clasificación.</p> <p>1) Los límites admisibles tanto para la profundidad como para la longitud de las fendas se refieren a la suma acumulada en una misma cara de una pieza de madera.</p> <p>2) Según la norma UNE-EN 338:2016.</p>		

TABLA 6.4: DEFORMACIÓN MÁXIMA (EN MM) EN 2 M DE LONGITUD SEGÚN NORMA UNE-EN 14081-1:2016.

Tipo	Desviación máxima admisible para clases resistentes inferiores o iguales a C18 ²⁾	Desviación máxima admisible para clases resistentes superiores a C18 ²⁾
Curvatura de cara	20	10
Curvatura de canto	12	8
Alabeo	2 mm / 25 mm de anchura	1 mm / 25 mm de anchura
Abarquillado	Sin limitación	Sin limitación
<p>1) Para otras longitudes deben extrapolarse las deformaciones.</p> <p>2) Según la norma UNE-EN 338:2016.</p>		

La clasificación resultante de piezas de cada lote como MEG-1, MEG-2 y rechazo, se detalla en la tabla 6.5.

TABLA 6.5. PIEZAS DE CADA SECCIÓN CLASIFICADAS COMO MEG-1, MEG-2 Y RECHAZADAS.

Lote	Sección	Procedencia	Clase visual	Nº de piezas	Rechazos (%)
1	15 x 7	Gipuzkoa	MEG-1	40	4,3
			MEG-2	48	
			Rechazos	4	
2	15 x 10	Gipuzkoa	MEG-1	40	5,4
			MEG-2	47	
			Rechazos	5	
3	18 x 14	Navarra	MEG-1	47	1,1
			MEG-2	42	
			Rechazos	1	
4	25 x 20	Gipuzkoa	MEG-1	52	4,2
			MEG-2	40	
			Rechazos	4	

Con los criterios de clasificación visual establecidos fue necesario rechazar 14 piezas de 370 piezas ensayadas, lo que equivale a un porcentaje de rechazo del 3,8%. Este rechazo tan reducido permite considerar que el rendimiento de clasificación es muy elevado y bien ajustado a las condiciones habituales de fabricación. El 48,4% de las piezas se clasificó como MEG-1 y el 47,8% como MEG-2.

De cada uno de los lotes conformados por muestras clasificadas como MEG-1 y MEG-2 se determinaron los valores característicos de MOR, MOE y densidad. Los resultados obtenidos se muestran en las tablas 6.6 y 6.7.

Para analizar si los datos de resistencia se ajustaban mejor a una distribución normal o a una distribución log-normal, para cada lote se realizó una prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov-Smirnov. Se observó que los lotes 2 y 4, de las probetas asignadas como MEG-2, se ajustaban mejor a una distribución log-normal, al igual que sucede en otras investigaciones llevadas a cabo con *Larix gmelinii* del noreste de China (Wanli et al., 2012).

TABLA 6.6. VALORES CARACTERÍSTICOS DEL MOR, MOE Y DENSIDAD DE LA CLASE VISUAL MEG-1.

Lote	Número de probetas MEG-1	$f_{05,i}$ (CoV)	\bar{E}_i (MPa) (CoV)	$\rho_{05,i}$ (kg/m ³) 12% de humedad (CoV)
1	40	34,18 (0,29) normal	12.691 (0,20)	439,2 (0,10)
2	40	31,77 (0,29) normal	12.798 (0,15)	463,9 (0,08)
3	47	33,63 (0,18) normal	12.706 (0,16)	525,6 (0,07)
4	52	34,08 (0,23) normal	13.013 (0,14)	482,6 (0,10)
		f_k (MPa)	$E_{0,mean}$ (MPa)	ρ_k (kg/m ³) 12% humedad
		31,80	13.082	465,6
Clase resistente UNE-EN 338		C30	C35	C50

TABLA 6.7. VALORES CARACTERÍSTICOS DEL MOR, MOE Y DENSIDAD DE LA CLASE VISUAL MEG-2.

Lote	Número de probetas MEG-2	$f_{05,i}$ (CoV)	\bar{E}_i (MPa) (CoV)	$\rho_{05,i}$ (kg/m ³) 12% de humedad (CoV)
1	48	25,63 (0,22) normal	11.847 (0,16)	465,5 (0,09)
2	47	26,93 (0,07) log-normal	12.372 (0,19)	467,8 (0,09)
3	42	26,59 (0,20) normal	12.295 (0,15)	502,6 (0,09)
4	40	24,04 (0,07) log-normal	11.730 (0,19)	504,1 (0,10)
		f_k (MPa)	$E_{0,mean}$ (MPa)	ρ_k (kg/m ³) 12% humedad
		24,55	12.320	469,1
Clase resistente UNE-EN 338		C24	C30	C50

Una vez obtenidos los valores de resistencia, rigidez y densidad (f_k , $E_{0,mean}$ y ρ_k) para cada clase visual, el menor de ellos es el que determina la clase resistente a la que se puede asignar una población (según la norma UNE-EN 338:2016). Así, a la denominación MEG-1 se le asignaría una clase resistente C30, y a la denominación MEG-2, una clase resistente C24.

6.1.5 COMPARACIÓN CON NORMAS DE CLASIFICACIÓN VISUAL EXISTENTES

Comparando los criterios de clasificación establecidos con la norma francesa NF B 52-001-1:2011 para el alerce europeo (*Larix decidua*), a priori se puede indicar que las limitaciones en cuanto al tamaño y disposición de los nudos, que es la singularidad que más incide en la calidad estructural de la madera (Bunetti et al., 2016; Moriguchi et al., 2016; Jung-Kwon et al., 2016; Takashi and Takeo, 1999), son similares, aunque no iguales, en las clases visuales ST-I y MEG-1, y en las clases ST-II y MEG-2. Estas semejanzas se evidencian también en la similitud de asignación de clases resistentes ya que la ST-I equivale a una C27 y la ST-II a una C24 (según la norma EN 1912:2012).

La norma de clasificación italiana UNI 11035-2:2010 establece para el alerce europeo una clase visual S2 y mejor (que es una agrupación de las clases S1 y S2), asimilable a la MEG-2, que se corresponde con una clase resistente C22 (según la norma EN 1912:2012). En general, esta norma tiene un bajo rendimiento clasificatorio e infravalora la capacidad resistente de esta especie según los resultados de un trabajo de investigación llevado a cabo con madera de los Alpes italianos y franceses, donde se obtuvieron mediante clasificación mecánica asignaciones resistentes de C30/C24/C18/R (Bunetti et al., 2016).

La norma de clasificación inglesa BS 4978:2007+A2:2017 establece, en el mejor de los casos, una clase visual SS para el alerce europeo y para el alerce de Japón que se corresponde con una clase resistente C24 (según la norma EN 1912:2012). En este sentido, cabe señalar que la norma inglesa utiliza un sistema de medición de nudos diferente de la norma europea (EN 1309-3:2018) que dificulta enormemente su comparación objetiva con el resto.

Respecto a la norma de clasificación española UNE 56544:2011, los criterios de clasificación visual para la clase MEG, establecida para diferentes especies del género *Pinus*, se ajustan en gran medida a las limitaciones establecidas en la clase visual MEG-2, para el alerce de Japón, excepto para los nudos de cara donde la limitación se ha fijado en 1/2 en lugar de 2/3; y para los nudos de canto, donde la limitación se ha fijado en 3/5 en lugar de 2/3.

6.2 MODELOS ANALÍTICOS PARA DETERMINAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS

En la tabla 6.8 se muestran los valores medios y los coeficientes de variación (CV) de las variables explicativas y estimadas obtenidos en la fase experimental.

TABLA 6.8. VALORES MEDIOS Y COEFICIENTES DE VARIACIÓN DE LAS VARIABLES EXPLICATIVAS Y ESTIMADAS.

Variable	Unidad	Media (CV)	Valor mínimo	Valor máximo
MOE_H	N/mm ²	11.893 (0,18)	6.910	20.790
MOE₁₂	N/mm ²	12.407 (0,17)	7.324	21.815
MOEG_H	N/mm ²	10.779 (0,16)	6.143	16.264
MOEG₁₂	N/mm ²	11.248 (0,16)	6.493	17.240
MOR_s	N/mm ²	45,25 (0,22)	14,35	71,58
MOR_{Kh}	N/mm ²	45,23 (0,22)	14,35	71,48
LON	cm	383 (0,23)	285	629
DEN_H	kg/m ³	598 (0,10)	427	780
DEN₁₂	kg/m ³	575 (0,10)	416	752
VEV_H	m/s	4.355 (0,07)	2.721	5.126
VEV₁₂	m/s	4.678 (0,08)	2.885	5.686
VES_H	m/s	4.746 (0,07)	3.915	7.504
VES₁₂	m/s	5.101 (0,08)	3.871	8.445
MOED_{VEVH}	N/mm ²	11.396 (0,17)	4.059	17.205
MOED_{VEV12}	N/mm ²	12.654 (0,18)	4.427	18.653
MOED_{VESH}	N/mm ²	13.491 (0,16)	8.521	32.042
MOED_{VES12}	N/mm ²	15.016 (0,19)	8.524	38.040
NUD	---	0,48 (0,42)	0,00	1,03
DOF	%	5,93 (0,57)	0,00	19,00
WOR	mm/anillo	5,79 (0,27)	1,20	12,81

En una investigación realizada con 20 ejemplares de alerce del Japón procedentes del este de Canadá (Fowler et al., 1988), se obtuvo un MOE de 12.380 N/mm² (0,24) similar al obtenido en el presente trabajo. En otra investigación sobre 126 ejemplares de alerce del Japón, también procedentes del este de Canadá (Chui y MacKinnon-Peters, 1995), se obtuvieron valores de MOE de 8.440 N/mm² (0,29), MOR 39,51 N/mm² (0,30), densidad 442 kg/m³ (0,09), y tasa de crecimiento 5,77 mm/año (0,28). En este caso, los valores son ligeramente inferiores a los de este trabajo, excepto el ancho de los anillos de crecimiento, que es el mismo.

En un estudio experimental realizado con 600 ejemplares de alerce del Japón procedentes de Japón (Takeda y Hasizume, 1999), se obtuvo una densidad de 570 kg/m³ (0,10), similar a la obtenida en este trabajo. También se obtuvo un MOED de 12.950 N/mm² (0,09) por el método de vibración longitudinal, similar al obtenido en este trabajo.

En otra investigación realizada sobre 50 ejemplares de alerce del Japón y 45 de alerce europeo procedentes de Bélgica, sin distinción entre madera juvenil y madera madura (Charron et al., 2003), se obtuvo una densidad de 526 kg/m³ (0,15), un MOE de 8.600 N/mm² (0,33) y un MOR de 81,5 N/mm² (0,33) para el alerce del Japón; y una densidad de 642 kg/m³ (0,12), un MOE de 12.000 N/mm² (0,30) y un MOR de 112,00 N/mm² (0,20) para el alerce europeo. La densidad obtenida en este trabajo fue similar a la del alerce del Japón, el MOE similar a la del alerce europeo, y el MOR inferior a cualquiera de ellos. Estos resultados dan una idea de la importancia que tiene la procedencia del material de ensayo debido a la variabilidad que existe entre ellas.

En cuanto a los coeficientes de variación obtenidos, están dentro de la normalidad al tratarse de madera, y en ninguno de los casos se supera el 27% salvo en las variables NUD y DOF donde se aprecia una variabilidad de resultados más elevada.

En las tablas 6.9. y 6.10 se muestran los coeficientes de determinación (r^2) y los coeficientes de correlación (r) de los modelos de regresión más representativos. En estos modelos no se ha considerado la combinación de variables NDT con variables visuales, con el objeto de obtener inicialmente información del aporte independiente de cada una de ellas.

En las tablas 6.9. y 6.10 se muestra el coeficiente de determinación (r^2) ajustado ya que valora con mayor exactitud la información aportada por cada una de las variables explicativas.

TABLA 6.9. COEFICIENTES DE LOS MODELOS DE REGRESIÓN PARA ESTIMAR EL MOE_H, MOEG_H Y MOR_S.

Variables estimadas Variables explicativas	MOE_H r² (r)	MOEG_H r² (r)	MOR_S r² (r)
VEV _H	0,43 (0,66)	0,42 (0,65)	0,20 (0,45)
Ln(VES _H)	0,24 (0,49)	0,18 (0,42)	0,15 (0,39)
VEV _H + DEN _H + LON	0,55 (0,74)	0,62 (0,79)	0,34 (0,58)
Ln(VES _H) + DEN _H + LON	0,38 (0,62)	0,48 (0,69)	0,23 (0,48)
MOED _{VEV_H}	0,50 (0,71)	0,62 (0,79)	0,19 (0,44)
Ln(MOED _{VEV_H})	0,38 (0,62)	0,46 (0,68)	0,17 (0,41)
MOED _{VEV_H} + LON	0,56 (0,75)	0,63 (0,79)	0,34 (0,58)
Ln(MOED _{VEV_H}) + LON	0,38 (0,62)	0,48 (0,69)	0,23 (0,48)
NUD + DOF ^{11/20} + WOR	0,09 (0,30)	0,16 (0,40)	0,19 (0,44)

TABLA 6.10. COEFICIENTES DE LOS MODELOS DE REGRESIÓN PARA ESTIMAR EL MOE₁₂, MOEG₁₂ Y MOR_{KH}.

Variables estimadas Variables explicativas	MOE₁₂ r² (r)	MOEG₁₂ r² (r)	MOR_{KH} r² (r)
VEV ₁₂	0,28 (0,53)	0,39 (0,62)	0,11 (0,33)
VES ₁₂	0,11 (0,33)	0,15 (0,39)	0,04 (0,20)
VEV ₁₂ + DEN ₁₂ + LON	0,41 (0,64)	0,56 (0,75)	0,22 (0,47)
VES ₁₂ + DEN ₁₂ + LON	0,25 (0,50)	0,39 (0,62)	0,13 (0,36)
MOED _{VEV₁₂}	0,38 (0,62)	0,56 (0,75)	0,13 (0,36)
MOED _{VES₁₂}	0,21 (0,46)	0,31 (0,56)	0,06 (0,24)
MOED _{VEV₁₂} + LON	0,42 (0,65)	0,56 (0,75)	0,22 (0,47)
MOED _{VES₁₂} + LON	0,20 (0,45)	0,33 (0,57)	0,10 (0,32)
NUD + DOF ^{11/20} + WOR	0,08 (0,28)	0,15 (0,39)	0,19 (0,44)

Tanto el MOE como el MOEG sin corregir por humedad (MOE_H y MOEG_H) se estiman con mayor exactitud que el MOE y el MOEG corregidos por humedad (MOE₁₂ y MOEG₁₂). Lo mismo sucede con el MOR sin corregir por tamaño (MOR_S) respecto al MOR corregido por tamaño (MOR_{KH}).

Todas las piezas ensayadas tenían un porcentaje de duramen superior al 80%. Esto dificultó mucho el secado hasta el contenido de humedad de referencia del 12%, especialmente en las probetas más grandes (20x25 cm). En general, en el momento de realizar los ensayos mecánicos las probetas tenían un contenido medio de humedad del 19,4%, obtenido mediante secado de rebanada en estufa. El contenido de humedad obtenido con xilohigrómetro fue de 15,8%. Este valor es inferior debido a que la medición se realizó a una profundidad de 4 cm, y en las probetas de sección grande el gradiente de humedad, desde el centro de la probeta hasta el exterior, puede ser relevante.

Por otra parte, la norma UNE-EN 384:2016 indica una corrección del módulo de elasticidad (MOE y MOEG) únicamente en el tramo comprendido entre el 12 y el 18%. Como la corrección por humedad empleada en los métodos no destructivos considera todo el intervalo (desde la humedad de la probeta hasta la humedad de referencia del 12%), sin tener en cuenta límites superiores, parece que la corrección de humedad realizada en los métodos no destructivos no se ajusta perfectamente al alerce de Japón debido a su elevado porcentaje de duramen y la consecuente dificultad de secado a las condiciones de referencia.

Otro resultado importante es que se consigue una mejor estimación del MOEG que del MOE, circunstancia lógica y esperable porque tanto las variables obtenidas por NDT como por análisis visual vienen determinadas por propiedades presentes en la totalidad de la pieza, y no solo en el tercio central.

Respecto a las metodologías NDT, a la hora de estimar cualquiera de las variables dependientes, el método de frecuencia de vibración longitudinal se mostró mucho más eficiente que el de velocidad de paso de onda sónica. Esta circunstancia ha sido constatada también por otros autores previamente (Martins et al., 2017; Marchal and Jacques, 1999).

Si no se consideran las variables visuales, la combinación de las variables módulo de elasticidad dinámico obtenido por vibración longitudinal ($MOED_{VEV}$) y longitud de la pieza (LON), ofrece los ajustes más adecuados para estimar cualquiera de las variables dependientes.

Las variables explicativas basadas en parámetros visuales no influyen prácticamente en la determinación del MOE, resultado obtenido también en otras investigaciones anteriores (Vega et al., 2011). Lo hacen en mayor medida en la determinación del MOEG, pero son mucho más relevantes en la estimación del MOR. Cabe destacar que la anchura unitaria de los 5 anillos de crecimiento internos (WOR) resultó estadísticamente insignificante en todos los modelos de regresión analizados.

En cuanto a los coeficientes de determinación (r^2), en estudios realizados en los últimos años sobre coníferas se obtuvieron regresiones entre el MOEG y el MOED (utilizando el método de frecuencia de vibración longitudinal con diferentes dispositivos) de 0,76 para madera de pino silvestre y pino laricio (Llana et al., 2018); 0,82 para madera de abeto Douglas (Fernández et al., 2009); 0,77 para madera de pino radiata (Arriaga et al., 2014; Yang et al., 2015); 0,78 para madera de pino taeda (Yang et al., 2017); ó 0,77 para madera de pino del sur (Arriaga et al., 2014). En el presente trabajo el valor obtenido fue de 0,62, que se encuentra en el rango inferior a los valores encontrados en la bibliografía científica, pero dentro de valores aceptables.

Utilizando la misma metodología NDT se encontraron también valores r^2 de 0,27 para las relaciones entre el MOR y el MOED (Dahlen et al., 2018). Estos valores son también ligeramente superiores a los observados en esta investigación, con valores de 0,19 (en el mejor de los casos).

En base a los resultados obtenidos, la utilización de métodos NDT resulta apropiada por sí sola para estimar los valores de rigidez, pero a la hora de estimar el MOR es recomendable utilizar el apoyo de variables visuales para mejorar el modelo analítico.

Una vez observada la influencia de los parámetros NDT y los parámetros visuales, para cada una de las variables dependientes se realizó un modelo de regresión con la combinación de todas las variables explicativas.

Para estimar cada variable dependiente se fueron eliminando las variables explicativas, estadísticamente no significativas, realizando contrastes de significación individuales. Cuando el *valor P* de una variable explicativa era igual o superior a 0,05, significaba que se podía eliminar del modelo de regresión múltiple porque no era estadísticamente significativa con un nivel de confianza del 95%.

La Tabla 6.11 muestra los *valores P* obtenidos. Los números en negrita se corresponden con las variables explicativas que mejor explican la variabilidad de las variables estimadas y, por lo tanto, deben incluirse en el modelo analítico.

TABLA 6.11. VALORES P DE LOS MODELOS DE REGRESIÓN MÚLTIPLE.

Variables explicativas Variables estimadas	VEV _H	DEN _H	LON	MOED _{VEVH}	NUD	DOF ^{11/20}	WOR
MOE _H	0.3353	0.1256	0.0000	0.0005	0.1593	0.2662	0.3483
MOEG _H	0.3853	0.3130	0.0591	0.0931	0.0039	0.0000	0.9706
MOR _s	0.7887	0.6403	0.0000	0.0943	0.0000	0.0112	0.6208
Variables explicativas Variables estimadas	VEV ₁₂	DEN ₁₂	LON	MOED _{VEV12}	NUD	DOF ^{11/20}	WOR
MOE ₁₂	0.8221	0.9308	0.0000	0.0779	0.0037	0.0830	0.7849
MOEG ₁₂	0.2570	0.1469	0.1178	0.3497	0.0011	0.0000	0.6875
MOR _{kh}	0.2676	0.0888	0.0000	0.6667	0.0000	0.0030	0.4273

Las variables explicativas que no fueron estadísticamente significativas en la estimación de cada variable dependiente fueron eliminadas gradualmente, dando el resultado final de los modelos analíticos que se muestran en la tabla 6.12. Aunque el MOED no fue estadísticamente significativo en algunos modelos, se incluyó en todos ellos para mejorar el ajuste de la regresión (r^2) utilizando además la combinación de variables explicativas NDT y visuales.

TABLA 6.12. MODELOS ANALÍTICOS PARA ESTIMAR EL MOE_H , MOE_{12} , $MOEG_H$, $MOEG_{12}$, MOR_S Y MOR_{KH} .

Ecuación	r^2 (r)	Error absoluto medio
$MOE_H = 4406.1000 - 6.1743 \cdot LON + 0.8642 \cdot MOED_{VEVH}$	0,56 (0,75)	1019,140
$MOE_{12} = 7420,7800 - 5,4319 \cdot LON + 0,6138 \cdot MOED_{VEV12} - 1449,9000 \cdot NUD$	0,44 (0,66)	1196,240
$MOEG_H = 4445,9000 + 0,6517 \cdot MOED_{VEVH} - 299,8710 \cdot DOF^{11/20} - 689,5080 \cdot NUD$	0,66 (0,81)	740,414
$MOEG_{12} = 5509,7300 + 0,5548 \cdot MOED_{VEV12} - 344,4210 \cdot DOF^{11/20} - 844,8230 \cdot NUD$	0,60 (0,77)	827,698
$MOR_S = 44,2778 - 0,0497 \cdot LON + 0,0026 \cdot MOED_{VEVH} - 1,1820 \cdot DOF^{11/20} - 14,1492 \cdot NUD$	0,44 (0,66)	5,815
$MOR_{KH} = 51.0908 - 0.0391 \cdot LON + 0.0016 \cdot MOED_{VEV12} - 1.4352 \cdot DOF^{11/20} - 15.7377 \cdot NUD$	0,35 (0,59)	6.300

Se observa como los modelos de regresión obtenidos alcanzaron coeficientes de determinación aceptables para la estimación del MOE y del MOEG, sin considerar la corrección por humedad; y del MOR, sin considerar la corrección por tamaño. Cuando se realizaron las correcciones pertinentes, tanto en las variables dependientes como en las explicativas, los modelos analíticos alcanzaron peores estimaciones.

En la etapa final del estudio se analizaron los residuos para verificar los modelos de regresión múltiple mostrados en la tabla 10. La normalidad de los residuos se comprobó numéricamente mediante el test K-S, obteniendo los valores siguientes: MOE_H (*valor-P* = 0,1497), MOE_{12} (*valor-P* = 0,2981), $MOEG_H$ (*valor-P* = 0,2415), $MOEG_{12}$. (*valor-P* = 0,2456), MOR_S (*valor-P* = 0,9945) y MOR_{KH} (*valor-P* = 0,5714). Por tanto, se puede establecer que la distribución de residuos de todos los modelos analíticos se ajusta a una distribución normal con un nivel de significación del 5%.

Para verificar la homocedasticidad (o varianza de los residuos constante) se representaron gráficamente los residuos estudentizados (*Residues*) frente a los valores estimados (*Estimated values*), figura 6.8.

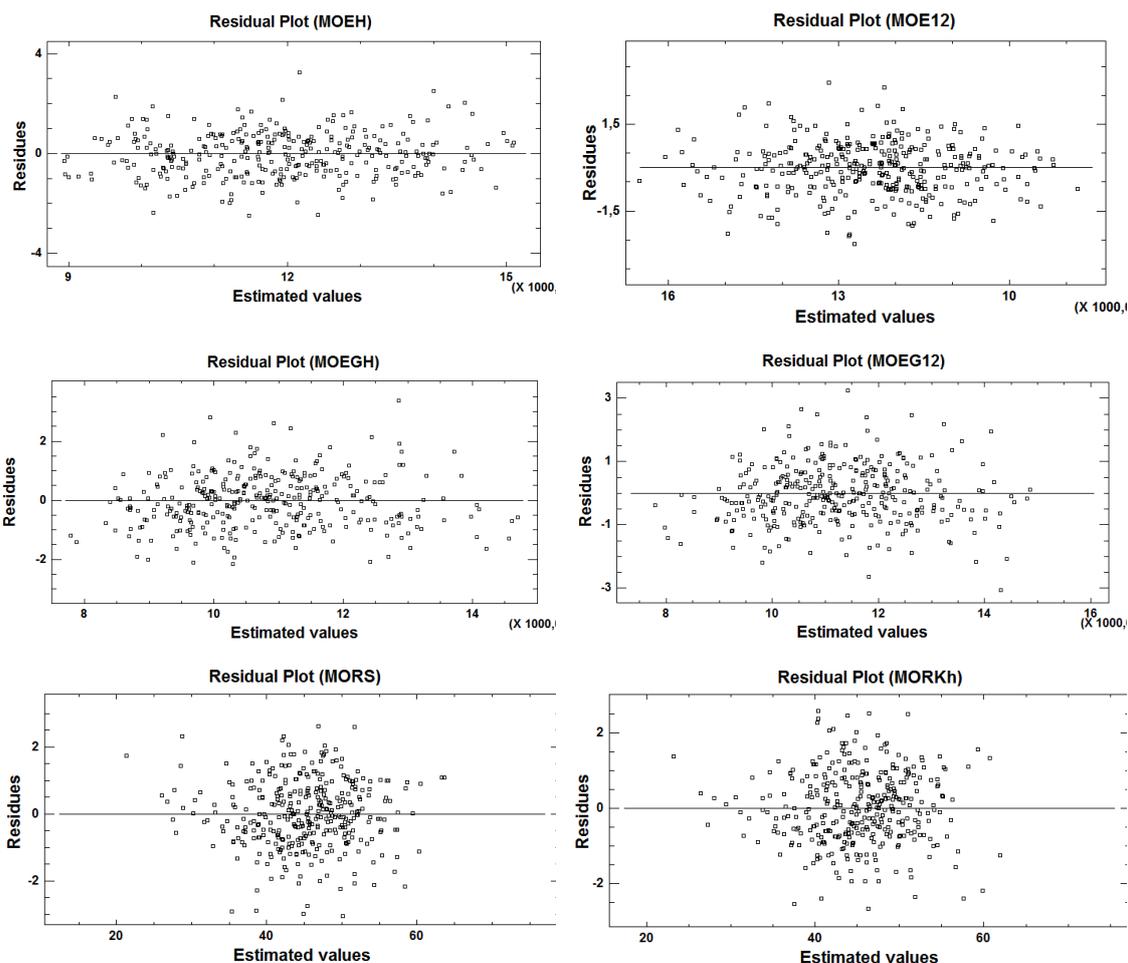


FIGURA 6.8. GRÁFICOS PARA VERIFICAR LA HOMOCEDASTICIDAD DE LOS RESIDUOS.

En ningún caso apreció un patrón definido (el tamaño de los residuos no aumentaba o disminuía de forma sistemática a medida que aumentaba la variable dependiente), por lo que se comprobó gráficamente el cumplimiento de la hipótesis de homocedasticidad para todos los modelos analíticos (MOE_H , MOE_{12} , $MOEG_H$, $MOEG_{12}$, MOR_S y MOR_{Kh}).

Finalmente, mediante el estadístico D-W se examinaron los residuos para determinar si eran independientes de la toma de datos. Se obtuvieron los valores siguientes: MOE_H (estadístico D-W = 1,8123; *valor-P* = 0,0381), MOE_{12} (estadístico D-W = 1,5561, *valor-P* = 0,0000), $MOEG_H$ (estadístico D-W = 1,9496; *valor-P* = 0,3175), $MOEG_{12}$ (estadístico D-W = 1,7666, *valor-P* = 0,0136), MOR_S (estadístico D-W = 2,0606; *valor-P* = 0,7161) y MOR_{Kh} (estadístico D-W = 1,8128, *valor-P* = 0,0384).

Todos los modelos analíticos mostraron valores mayores o iguales que 0,05 excepto los modelos para estimar el MOE_H , MOE_{12} , $MOEG_{12}$ y MOR_{Kh} por lo que no era posible determinar la independencia de los residuos en estos casos. Para verificarla, se trazaron las gráficas del valor de los residuos obtenidos frente al número de fila para detectar la posible existencia de algún patrón, figura 6.9.

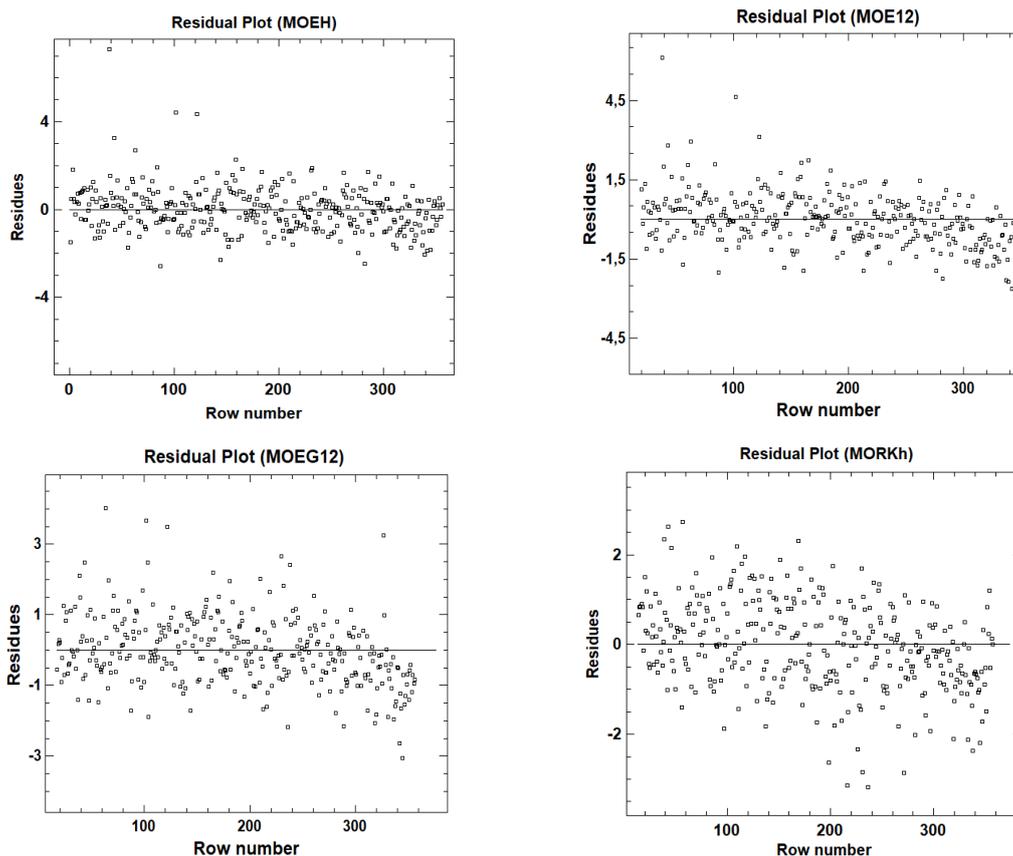


FIGURA 6.9. GRÁFICOS PARA VERIFICAR LA INDEPENDENCIA DE LOS RESIDUOS.

Según se observa, no existen patrones marcados que relacionen los residuos obtenidos con la posición en la entrada de datos por lo que se aceptó la independencia de los mismos en todos los modelos analíticos.

6.3 EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DE LA ALTURA DE LA TROZA DEL ÁRBOL

Las propiedades físicas y mecánicas de la madera tienen una gran variabilidad debida a factores fenotípicos y genotípicos, no solo entre poblaciones de la misma especie sino también en árboles individuales. La variación de estas propiedades dentro de un mismo individuo no es tan evidente, ya que es el resultado de un complejo sistema de factores interrelacionados que modifican los procesos fisiológicos involucrados en la formación de la madera (Rodrigo et al., 2013).

La influencia de la troza respecto a la altura del árbol se estudió mediante un análisis de la varianza entre las diferentes muestras obtenidas a diferentes alturas del árbol, para las variables caracterizadoras (densidad, MOR y MOE), con el objeto de conocer si existían diferencias significativas en las medias debidas al factor altura.

En el contraste de hipótesis, la hipótesis nula, H_0 , consideraba que la variable caracterizadora era igual en todas las alturas del árbol.

Posteriormente, cuando era adecuado, se definieron, mediante regresión simple, ecuaciones analíticas que relacionaban la altura del árbol y cada una de las variables caracterizadoras. Para el análisis se consideró la altura de la que provenía cada troza, con el valor promedio de cada variable caracterizadora para esa altura.

6.3.1 RESISTENCIA A FLEXIÓN (MOR) A DIFERENTES ALTURAS DEL ÁRBOL

La figura 6.10 muestra el diagrama de caja y bigotes y la tabla ANOVA del MOR a diferentes alturas del árbol.

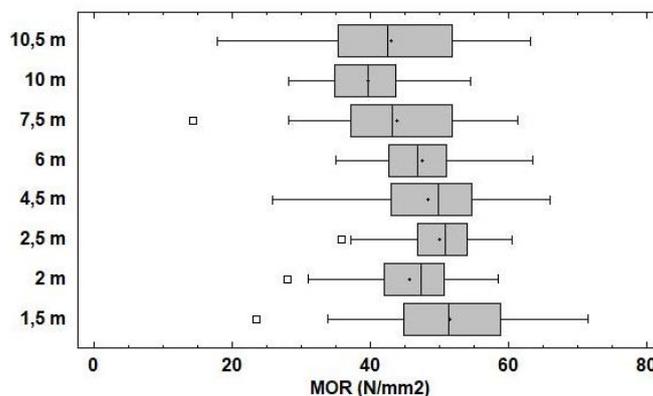


Tabla ANOVA

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	4091,85	7	584,55	6,98	0,0000
Intra grupos	25954,8	310	83,7252		
Total (Corr.)	30046,7	317			

FIGURA 6.10. DIAGRAMA DE CAJA Y BIGOTES DEL MOR A DIFERENTES ALTURAS DEL ÁRBOL.

La tabla ANOVA muestra una *razón-F* de 6,98 y un *valor-P* de 0,0000. Puesto que el *valor-P* es menor que 0,05; existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 8 alturas consideradas, con un nivel del 5% de significación.

La figura 6.11 muestra la relación entre el MOR y la altura del árbol mediante un análisis de regresión simple.

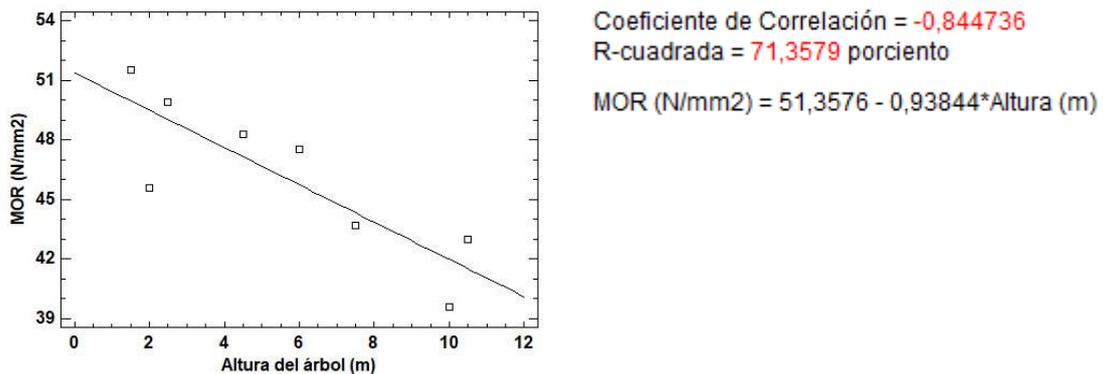


FIGURA 6.11. RELACIÓN ENTRE EL MOR Y LA ALTURA DEL ÁRBOL.

Se observa una clara tendencia a reducir el MOR a medida que la troza proviene de una altura mayor del árbol. La mejor aproximación consiste en una recta con un r^2 de 0,71 que indica que la altura de la que procede la troza, de la cual se mecanizan las probetas, influye en gran medida en la resistencia a flexión. Además, es posible averiguar esta relación mediante la ecuación analítica del modelo.

$$\text{MOR (N/mm}^2\text{)} = 51,3576 - 0,93844 \cdot \text{Altura (m)} \quad [22]$$

Según se ha comentado previamente, la principal causa de rotura es la presencia de nudos, aislados o agrupados, y la desviación de la fibra. La fuerte relación que existe entre la altura del árbol y la resistencia a flexión podría deberse a que en las partes inferiores del árbol se han producido podas naturales o se han realizado tratamientos selvícolas consistentes en podas tempranas para favorecer el crecimiento en altura de los pies. Tras las podas, el fuste sigue creciendo en grosor hasta que la discontinuidad de la fibra, provocada por la inserción de ramas en el tronco, desaparece en los nuevos tejidos. El resultado es que en estas trozas se pueden obtener piezas estructurales con menor presencia de nudos, y por tanto, con menor desviación local de la fibra.

Por otra parte, el incremento del porcentaje de madera juvenil en la sección transversal, o sección resistente del fuste, debido a la conicidad del árbol y a la proximidad a la copa, justificaría también este resultado. En este sentido cabe señalar que el propio funcionamiento mecánico del árbol en el monte requiere la existencia de una diferencia de capacidad resistente entre las partes bajas del fuste y las partes altas, en respuesta a un reparto óptimo de resistencia según las acciones que recibe. Así, desde un punto de vista mecánico, el fuste se comporta como un voladizo vertical sometido a las acciones del viento que provocan que éste trabaje a flexión. Las secciones inferiores del fuste deberán tener una sección resistente mayor que las secciones superiores, para soportar los momentos más altos, o en caso de tener la misma sección, disponer de una capacidad resistente mayor. Lo mismo sucede si se considera que las secciones inferiores del tronco están sometidas a esfuerzos de compresión mayores que las secciones superiores, debido al peso propio de la copa y del fuste.

En un estudio realizado con probetas de pino marítimo procedente de Portugal, se determinó una reducción del MOR según se aumenta la altura del árbol, en las partes intermedias y más alejadas de la médula en dirección radial. En la parte cercana a la médula se observó un ligero descenso del MOR únicamente en la zona alta del árbol. Se observó también un aumento del MOR en la dirección radial según se aumenta la distancia a la médula. Estos se justificaron por la creciente presencia de madera juvenil causada por la conicidad del árbol y la proximidad a la copa (Machado y Cruz, 2005). En el estudio se utilizaron probetas prismáticas libres de defectos de dimensiones 2x2x3,4 cm.

En otro estudio llevado a cabo en los pirineos españoles en madera de abeto blanco (*Abies alba* Mill.) procedente del pirineo español (Rodrigo et al., 2013), se trazaron líneas de igual MOR en función de la altura del árbol y de la distancia a la médula. En la parte cercana a la médula el MOR prácticamente no variaba en función de la altura, en la parte intermedia el MOR decrecía con la altura del árbol pero con un gradiente poco acusado, y en parte exterior el MOR decrecía con un gradiente incluso menos acusado. En dirección radial, también se observó un aumento desde el anillo 0 hasta aproximadamente los anillos 40-50, un posterior descenso con un gradiente poco acusado hasta los anillos 70-75, y un descenso con un gradiente más acusado hasta el anillo exterior. En el estudio se utilizaron probetas prismáticas libres de defectos de dimensiones 2x2x3 cm.

En base a las investigaciones analizadas se puede concluir que se produce un descenso generalizado del MOR con la altura del árbol al igual que ocurre en el presente estudio.

6.3.2 MÓDULO DE ELASTICIDAD LOCAL (MOE) A DIFERENTES ALTURAS DEL ÁRBOL

La figura 6.12 muestra el diagrama de caja y bigotes y la tabla ANOVA del MOE a diferentes alturas del árbol.

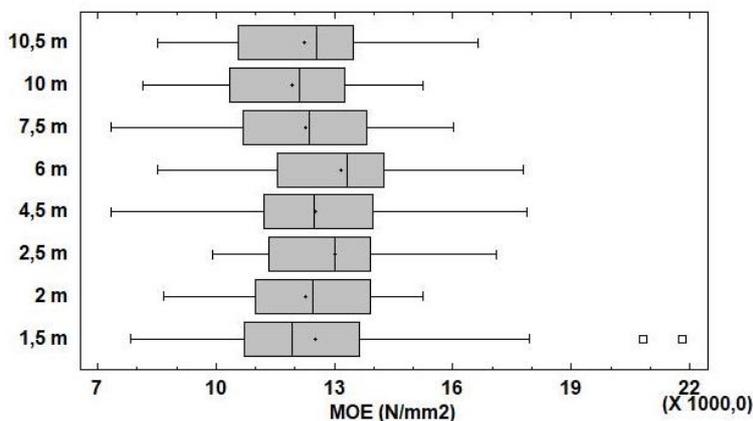


Tabla ANOVA

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	4,1267E7	7	5,89528E6	1,29	0,2544
Intra grupos	1,4024E9	307	4,56809E6		
Total (Corr.)	1,44367E9	314			

FIGURA 6.12. DIAGRAMA DE CAJA Y BIGOTES DEL MOE A DIFERENTES ALTURAS DEL ÁRBOL.

La tabla ANOVA muestra una *razón-F* de 1,29 y un *valor-P* de 0,2544. Puesto que el *valor-P* es mayor o igual que 0,05; no existen diferencias estadísticamente significativas entre las medias de las 8 alturas consideradas, con un nivel del 5% de significación. Este resultado indica que no se puede considerar que la altura del árbol influya decisivamente en el MOE, por lo que no se procedió a buscar relaciones analíticas mediante modelos de regresión entre ambos factores.

En el estudio realizado con probetas de pino marítimo (*Pinus pinaster* Ait.) procedente de Portugal (Machado y Cruz, 2005), se obtuvieron los mismos resultados con el MOE que se indicaron anteriormente para el MOR, aludiendo a la misma casuística.

En las investigaciones realizadas con abeto blanco procedente de los pirineos españoles (Rodrigo et al., 2013) se trazaron igualmente líneas de igual MOE en función de la altura del árbol y de la distancia a la médula. En la parte cercana a la médula el MOE descendía ligeramente entre 0 y 5 m de altura, se mantenía constante entre los 5 y los 12 metros de altura, y volvía a aumentar ligeramente hasta el final de la altura del árbol. En la parte intermedia el MOE descendía paulatinamente hasta el final de la altura del árbol. En la parte exterior el MOE seguía un trazado similar a la parte cercana a la médula, disminuyendo primero y aumentando después pero con un gradiente mucho más suave. En dirección radial el MOE seguía una tendencia similar a la indicada para el MOR.

Por tanto, en base a las investigaciones analizadas se puede concluir que se produce un descenso generalizado del MOE con la altura del árbol pero que se aprecia especialmente en la parte intermedia en dirección radial.

En el diseño experimental de este trabajo se utilizaron probetas de tamaño estructural, con presencia de madera juvenil o no, que responden a una situación real donde las probetas de mayor sección abarcaban casi la sección completa del pie. No se utilizaron probetas pequeñas libres de defectos, obtenidas de una posición conocida, tal y como se ha indicado en las investigaciones anteriores. Mediante las probetas pequeñas es posible obtener información independiente de la influencia de la altura y de la influencia de la distancia a la médula, aunque su utilidad tenga un carácter más teórico que de aplicación práctica directa.

6.3.3 DENSIDAD AL 12% A DIFERENTES ALTURAS DEL ÁRBOL

La figura 6.13 muestra el diagrama de caja y bigotes y la tabla ANOVA de la densidad a una humedad del 12% a diferentes alturas del árbol.

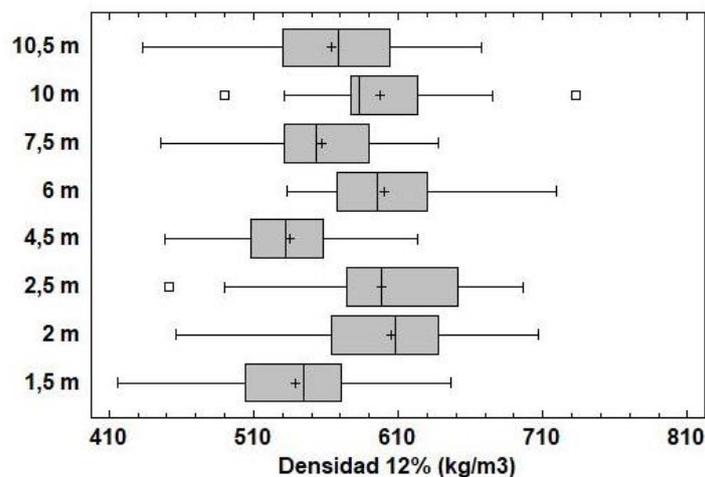


Tabla ANOVA

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	223039,	7	31862,7	12,87	0,0000
Intra grupos	760204,	307	2476,23		
Total (Corr.)	983242,	314			

FIGURA 6.13. DIAGRAMA DE CAJA Y BIGOTES DE LA DENSIDAD 12% A DIFERENTES ALTURAS DEL ÁRBOL.

La tabla ANOVA indica una razón-F de 12,87 y un valor-P de 0,0000. Puesto que el valor-P es menor que 0,05; existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 8 alturas consideradas, con un nivel del 5% de significación.

Sin embargo, pese a que existen diferencias significativas, no es posible establecer una relación analítica adecuada (mediante modelos de regresión) ya que la densidad no sigue una tendencia marcada a aumentar o disminuir en función de la altura del árbol, figura 13.

La variación de la densidad a lo largo de la dirección longitudinal de un pie depende de la especie y de su procedencia (Zobel y Van Buijtenen, 1989).

En un estudio llevado a cabo con probetas de sección transversal completa de pino silvestre y picea común procedentes del sur de Finlandia (Repola, 2006), se observó que la densidad disminuía bruscamente con la altura en el pino. Sin embargo, la dependencia vertical de la densidad en el abeto era baja e irregular, disminuyendo primero y aumentando después, lo que coincidió con otras investigaciones llevadas a cabo con picea común (Hakkila 1979, Frimpong-Mensah 1987) y otras especies de abeto (Spurr et al., 1954, Wahlgren et al., 1966, Heger 1974).

Investigaciones realizadas con pino taeda (*Pinus taeda L.*) en distintas regiones del sureste de Estados Unidos (Antony et al., 2010), mostraron una tendencia de la densidad a disminuir de manera no lineal. Para ello se utilizaron probetas de secciones transversales enteras del tronco.

Otro estudio realizado con probetas de alerce europeo procedentes de Turquía (Ay et al., 2012) muestra un decrecimiento lineal de la densidad desde 0 hasta 6 metros de altura, una densidad prácticamente constante entre 6 y 15 metros, y nuevamente un descenso a partir de los 15 metros. Se analizaron probetas pequeñas libres de defectos de 2x2x3 cm secadas en estufa a un contenido de humedad del 12%.

En el llevado a cabo en los pirineos en madera de abeto blanco (*Abies alba Mill.*) procedente del pirineo español (Rodrigo et al., 2013), se observó un ligero decrecimiento de la densidad con la altura, apreciable especialmente en las zonas intermedias en dirección radial. Además se analizó también la variación de la densidad en la dirección radial mostrando un aumento hasta aproximadamente los 40-50 primeros anillos, y un posterior descenso hasta el anillo exterior. Se utilizaron probetas pequeñas libres de defectos de sección transversal 2x2x4 cm.

Los resultados obtenidos en el presente trabajo, es decir, una dependencia irregular entre la densidad y la altura del árbol, coinciden con los estudios realizados sobre abetos en probetas de sección transversal completa, donde no se ha tenido en consideración la distancia a la médula en dirección radial. Estos resultados son lógicos y no comparables estrictamente con los resultados llevados a cabo con probetas pequeñas libres de defectos ya que, según se ha comentado anteriormente, mediante las probetas pequeñas es posible diferenciar la influencia de la altura y de la distancia a la médula, y con probetas mayores esta influencia deja de ser independiente.

6.3.4 RENDIMIENTOS DE CLASIFICACIÓN SEGÚN ALTURA DEL ÁRBOL

A continuación, se presentan en la tabla 6.13 los rendimientos de clasificación obtenidos en las diferentes alturas de extracción de las piezas. Una pieza se considera clasificada cuando verifica al menos las exigencias para ser clasificada con la clase menos resistente, es decir, como MEG-2.

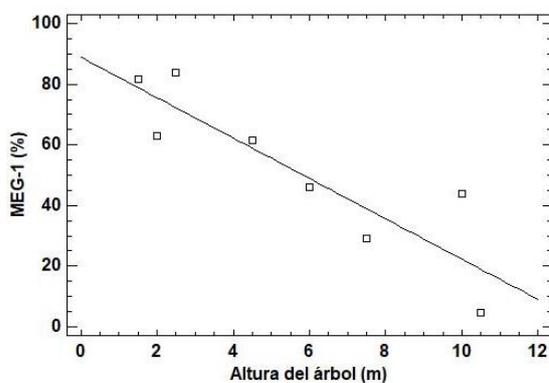
TABLA 6.13. RENDIMIENTO DE CLASIFICACIÓN SEGÚN LA ALTURA DEL ÁRBOL.

Altura	Distribución por calidades		Rendimiento clasificación total ¹ (%)
	MEG1	MEG2	
	Rendimiento (%)	Rendimiento (%)	
1,5	81,8	18,2	100
2	63,0	37,0	100
2,5	83,9	16,1	100
4,5	61,4	38,6	100
6	46,2	51,3	99
7,5	29,1	65,5	96
10	44,0	52,0	98
10,5	4,7	88,4	97

1) Recoge el porcentaje de piezas que cumplen al menos con los criterios de clasificación establecidos de la clase visual inferior, es decir la clase visual MEG-2

Se aprecia que todas las piezas obtenidas de trozas de altura inferior a 6 metros obtienen una clasificación estructural. A partir de 6 metros de altura aparecen algunos rechazos de piezas que no tienen un aprovechamiento estructural.

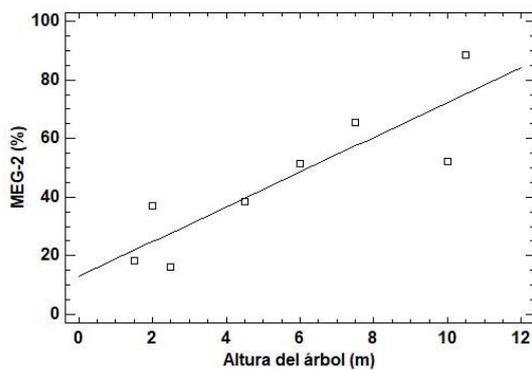
Para obtener una información gráfica de estos porcentajes, en las figuras 6.14 y 6.15 se muestra la relación entre el porcentaje de éxito de piezas clasificadas para la clase visual MEG-1 y MEG-2, y la altura del árbol.



Coefficiente de Correlación = **-0,883954**
R-cuadrada = **78,1375** por ciento

$$\text{MEG1 (\%)} = 88,7881 - 6,65629 \cdot \text{Altura}$$

FIGURA 6.14. RELACIÓN PORCENTAJE PROBETAS CLASIFICADAS COMO MEG-1 Y ALTURA DEL ÁRBOL.



Coefficiente de Correlación = 0,873859
R-cuadrada = 76,363 por ciento

$$\text{MEG2 (\%)} = 12,8807 + 5,93381 \cdot \text{Altura}$$

FIGURA 6.15. RELACIÓN PORCENTAJE PROBETAS CLASIFICADAS COMO MEG-2 Y ALTURA DEL ÁRBOL.

Se aprecia como las probetas que proceden de trozas inferiores tienen más probabilidad de ser clasificadas como MEG-1, y según se incrementa la altura del árbol aumenta también la probabilidad de ser clasificadas como MEG-2.

Este resultado sigue la misma línea de conclusiones obtenidas anteriormente donde la resistencia a flexión (MOR) disminuye al aumentar la altura del árbol, y por tanto, la clasificación tenderá a una clase resistente menor.

6.4 RELACIÓN DE MOED CON MOR, MOE Y MOEG EN TROZA Y PROBETA

En la tabla 6.14 se presentan los diferentes coeficientes de determinación obtenidos en los modelos de regresión realizados para buscar la relación entre los módulos de elasticidad dinámicos (MOED), calculados a partir de métodos no destructivos, y las variables de resistencia (MOR) y rigidez (MOE y MOEG), determinadas a partir de ensayos destructivos en laboratorio.

La humedad de las probetas no se conocía en el momento de realizar los ensayos no destructivos sobre troza, sin embargo, se sabía que la humedad era superior al 30% (punto de saturación de la fibra). Los parámetros no destructivos se corrigieron a la humedad H% que tenía la probeta en el momento de realizarse el ensayo destructivo, considerando el intervalo de humedad desde 30% hasta H%.

En el momento de realizar los ensayos no destructivos sobre pieza aserrada en seco (probeta seca), la humedad se correspondía con la humedad H% porque se realizaban secuencialmente el ensayo no destructivo y el ensayo destructivo. Por tanto, no se aplicó ningún factor de corrección en estas mediciones no destructivas.

Los valores de rigidez (MOE y MOEG) no se corrigieron por humedad. Tampoco se aplicaron correcciones por humedad en el MOR, aunque sí se consideró la corrección por sección que, según se ha comentado previamente, tiene muy poca incidencia en los

resultados ya que se tuvo que aplicar a muy pocas piezas y con modificaciones de los valores de resistencia insignificantes.

Todas las variables seguían una distribución normal excepto el módulo de elasticidad dinámico obtenido mediante la velocidad de onda de paso ($MOED_{VES}$). Por ello fue necesario normalizarla utilizando la función logaritmo neperiano.

TABLA 6.14. COEFICIENTES DE DETERMINACIÓN (R^2) OBTENIDOS ENTRE LOS MÓDULOS DE ELASTICIDAD DINÁMICOS ($MOED$) CORREGIDOS A LA HUMEDAD DEL ENSAYO DESTRUCTIVO H%, Y LAS VARIABLES MOR, MOE Y MOEG SIN CORREGIR.

	Momento de aplicación de los métodos no destructivos	MOR	MOE	MOEG
Ln ($MOED_{VES}$) Velocidad onda de paso	Troza (en monte)	0,17	0,33	0,32
	Probeta seca (en laboratorio)	0,17	0,38	0,46
$MOED_{VEV}$ Frecuencia de vibración	Probeta seca (en laboratorio)	0,19	0,50	0,62

En general, se puede observar como el grado de predicción disminuye conforme la pieza de madera aserrada presenta mayor grado de humedad, así como la materia prima se encuentra en menor grado de transformación.

Además, el método que mejor resultados logra en laboratorio es el de medición de la frecuencia de vibración, con unos resultados que demuestran una elevada viabilidad para su uso e incorporación en nuevos métodos de clasificación mecánica.

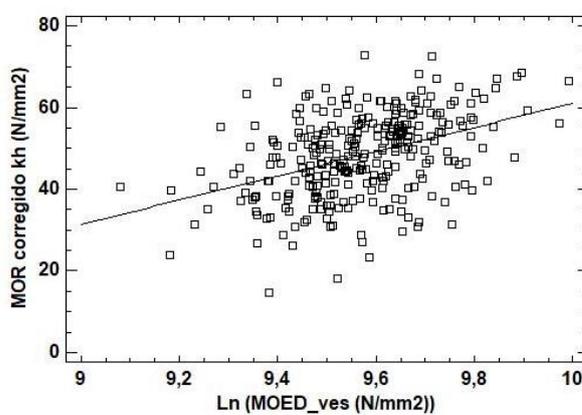
Para ambas metodologías y momentos de aplicación de los métodos no destructivos, las correlaciones más significativas se han detectado para explicar el módulo de elasticidad global (MOEG).

Respecto al MOE y el MOEG, se puede observar como el grado de predicción es menor en las trozas que en las probetas secas. Este resultado tiene sentido porque en las trozas se ha aplicado una corrección por humedad y en las probetas no. Además, según se ha comentado en apartados anteriores, esta corrección por humedad no es del todo acertada en esta especie por su alto porcentaje de duramen.

En el caso del MOR, el grado de predicción no varía sustancialmente entre las trozas y las probetas secas, por lo que viene a corroborar que la humedad no tiene una influencia determinante en este parámetro (al determinarse por ensayo mecánico de flexión), tal y como se indica en la norma UNE-EN 384:2016.

Seguidamente se muestra en las figuras 6.16 a 6.24 los modelos de predicción obtenidos en troza y en probeta seca, mediante las metodologías de medición de velocidad de onda de paso y medición de frecuencia de vibración longitudinal. En troza se aplica solamente la primera metodología (velocidad de onda de paso), mientras que en probeta seca se aplican ambas metodologías.

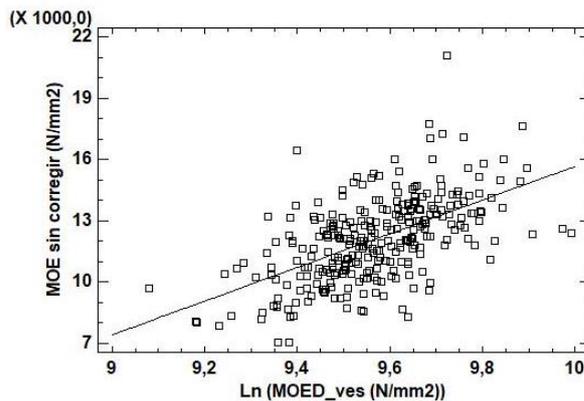
6.4.1 MODELOS DE PREDICCIÓN EN TROZA



Coefficiente de Correlación = 0,412853
R-cuadrada = 17,0448 por ciento

$$\text{MOR corregido kh (N/mm}^2\text{)} = -235,27 + 29,628 \cdot \text{Ln (MOED_ves (N/mm}^2\text{))}$$

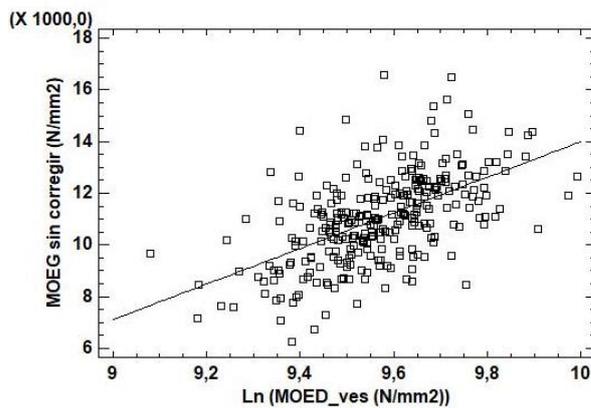
FIGURA 6.16. RELACIÓN EN TROZA ENTRE EL MOR CORREGIDO POR SECCIÓN Y EL MOED OBTENIDO POR VELOCIDAD DE ONDA DE PASO.



Coefficiente de Correlación = 0,571654
R-cuadrada = 32,6789 por ciento

$$\text{MOE sin corregir (N/mm}^2\text{)} = -66848 + 8250,86 \cdot \text{Ln (MOED_ves (N/mm}^2\text{))}$$

FIGURA 6.17. RELACIÓN EN TROZA ENTRE EL MOE SIN CORREGIR POR HUMEDAD Y EL MOED OBTENIDO POR VELOCIDAD DE ONDA DE PASO.



Coefficiente de Correlación = 0,564913
R-cuadrada = 31,9127 por ciento

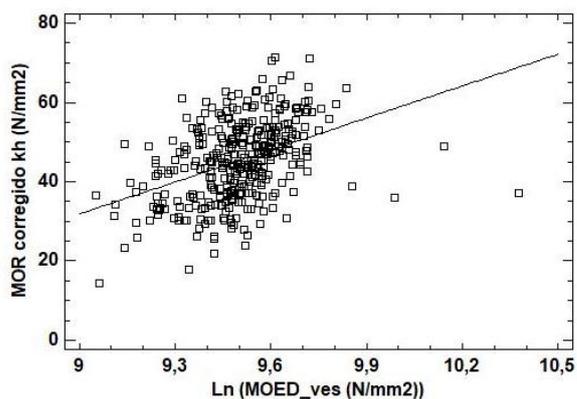
$$\text{MOEG sin corregir (N/mm}^2\text{)} = -54965,8 + 6896,26 \cdot \text{Ln (MOED_ves (N/mm}^2\text{))}$$

FIGURA 6.18. RELACIÓN EN TROZA ENTRE EL MOEG SIN CORREGIR POR HUMEDAD Y EL MOED OBTENIDO POR VELOCIDAD DE ONDA DE PASO.

Analizando los coeficientes de determinación, solo es posible aceptar el uso de las ecuaciones para obtener los valores de rigidez (MOE y MOEG).

6.4.2 MODELOS DE PREDICCIÓN EN PROBETA ASERRADA SECA

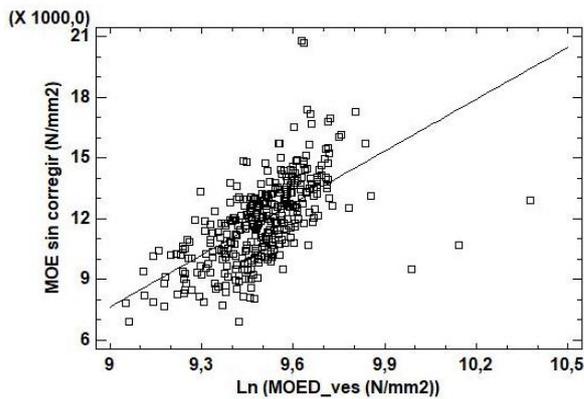
En las figuras 19-24 se muestran las relaciones entre el módulo de elasticidad dinámico obtenido a partir de los parámetros no destructivos (velocidad de onda de impacto y frecuencia de vibración longitudinal), y las variables caracterizadoras MOR, MOE y densidad.



Coefficiente de Correlación = 0,4087
R-cuadrada = 16,7036 por ciento

$$\text{MOR corregido kh (N/mm}^2\text{)} = -210,547 + 26,9287 \cdot \text{Ln (MOED_ves (N/mm}^2\text{))}$$

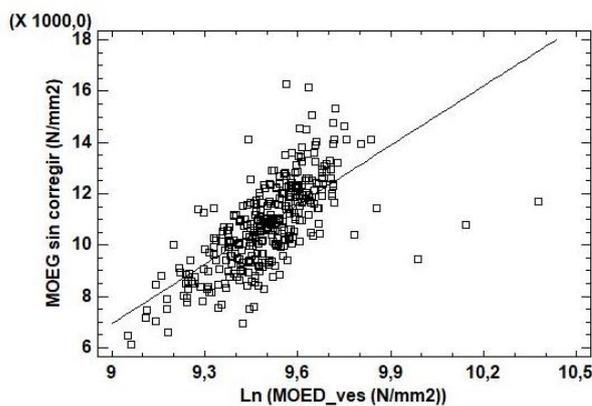
FIGURA 6.19. RELACIÓN EN PROBETA SECA ENTRE EL MOR CORREGIDO POR SECCIÓN Y EL MOED OBTENIDO POR VELOCIDAD DE ONDA DE PASO.



Coefficiente de Correlación = 0,614836
R-cuadrada = 37,8023 por ciento

$$\text{MOE sin corregir (N/mm}^2\text{)} = -69404 + 8559,09 \cdot \text{Ln (MOED_ves (N/mm}^2\text{))}$$

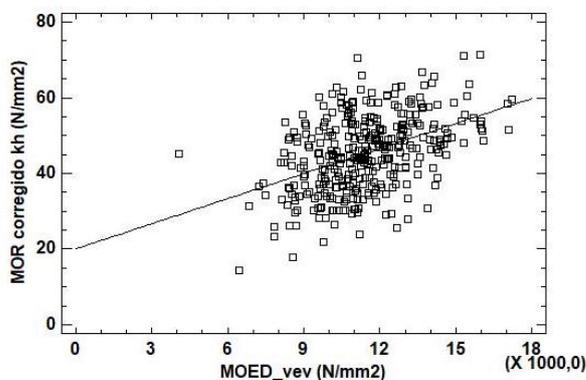
FIGURA 6.20. RELACIÓN EN PROBETA SECA ENTRE EL MOE SIN CORREGIR POR HUMEDAD Y EL MOED OBTENIDO POR VELOCIDAD DE ONDA DE PASO.



Coefficiente de Correlación = 0,681085
R-cuadrada = 46,3877 por ciento

$$\text{MOEG sin corregir (N/mm}^2\text{)} = -62605,7 + 7726,05 \cdot \text{Ln (MOED_ves (N/mm}^2\text{))}$$

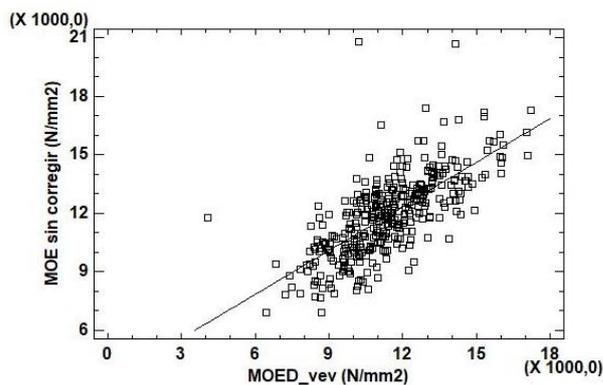
FIGURA 6.21. RELACIÓN EN PROBETA SECA ENTRE EL MOED SIN CORREGIR POR HUMEDAD Y EL MOED OBTENIDO POR VELOCIDAD DE ONDA DE PASO.



Coefficiente de Correlación = 0,438965
R-cuadrada = 19,2691 por ciento

$$\text{MOR corregido kh (N/mm}^2\text{)} = 20,0358 + 0,0022107 \cdot \text{MOED_vev (N/mm}^2\text{)}$$

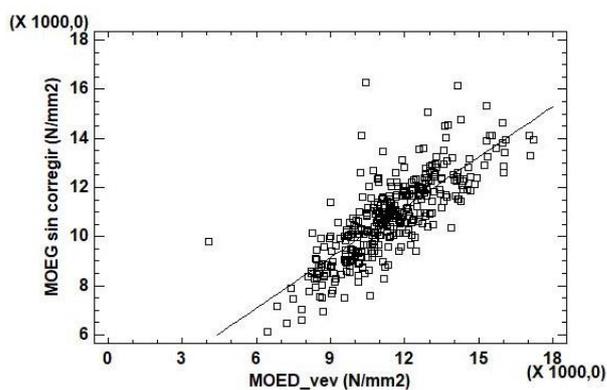
FIGURA 6.22. RELACIÓN EN PROBETA SECA ENTRE EL MOR CORREGIDO POR SECCIÓN Y EL MOED OBTENIDO POR FRECUENCIA DE VIBRACIÓN LONGITUDINAL.



Coefficiente de Correlación = 0,707556
R-cuadrada = 50,0636 por ciento

$$\text{MOE sin corregir (N/mm}^2\text{)} = 3312,75 + 0,752868 \cdot \text{MOED_veh (N/mm}^2\text{)}$$

FIGURA 6.23. RELACIÓN EN PROBETA SECA ENTRE EL MOE SIN CORREGIR POR HUMEDAD Y EL MOED OBTENIDO POR FRECUENCIA DE VIBRACIÓN LONGITUDINAL.



Coefficiente de Correlación = 0,790189
R-cuadrada = 62,4398 por ciento

$$\text{MOEG sin corregir (N/mm}^2\text{)} = 2970,57 + 0,685136 \cdot \text{MOED_veh (N/mm}^2\text{)}$$

FIGURA 6.24. RELACIÓN EN PROBETA SECA ENTRE EL MOEG SIN CORREGIR POR HUMEDAD Y EL MOED OBTENIDO POR FRECUENCIA DE VIBRACIÓN LONGITUDINAL.

Analizando los coeficientes de determinación, solo es posible aceptar el uso de las ecuaciones para obtener los valores de rigidez (MOE y MOEG), aunque la mejor predicción se corresponde con el método de frecuencia de vibración longitudinal.

6.5 CLASIFICACIÓN DE LA MADERA EN TROZA

Se analizó también el grado de predicción de la velocidad de paso de la onda sonora en troza como método de estimación de la posibilidad de éxito de clasificación en una u otra calidad visual de las piezas de madera aserrada a obtener.

Para ello se estimó, en cada lote, la velocidad media de las ondas sonoras obtenidas, utilizando posteriormente este parámetro como criterio de la calidad de las trozas para calcular el grado de éxito de clasificación en función de éste, tabla 6.15.

TABLA 6.15: PORCENTAJES DE CLASIFICACIÓN POR CLASE VISUAL EN FUNCIÓN DE LA VELOCIDAD DE PASO DE LA ONDA DE CHOQUE.

	Longitud troza (m)	Velocidad media (m/s)	Velocidades < media		Velocidades > media	
			MEG-2 y Rechazo	MEG-1	MEG-2 y Rechazo	MEG-1
Trozas de 25 x 20 cm	5	4.444	80 %	20 %	20 %	80 %
Trozas de 18 x 14 cm	4	4.600	62 %	38 %	38 %	62 %
Trozas de 15 x 10 cm	3	4.550	49 %	51 %	51 %	49 %
Trozas de 15 x 7 cm	3	4.579	37 %	63 %	63 %	37 %

El método es solamente factible para secciones grandes de la pieza aserrada con una fiabilidad del 80%. Esto se debe a que la sección de la pieza representa en mayor medida las características totales de la troza, y por lo tanto, es más cercana la relación entre la velocidad de paso medida en troza y la calidad visual de la pieza aserrada a obtener.

Este resultado invalida la metodología de velocidad de paso de onda de choque, de cara a ser utilizada en el sistema de clasificación en troza (que se realiza posteriormente), lo que obliga a elaborar la clasificación en base únicamente a parámetros visuales.

Establecer un criterio de clasificación visual en troza resulta de gran utilidad para conocer la calidad estructural de la madera recién tronzada. Se establecieron, así, unos parámetros de medición visual sobre troza que permitiesen determinar a priori su calidad estructural. Para ello, se relacionaron las trozas, en las cuales se habían realizado mediciones de singularidades, con la clasificación visual (MEG-1 y MEG-2) de las probetas que se mecanizaron posteriormente de esas trozas, tabla 6.16. Ello fue posible gracias al sistema minucioso de trazabilidad que se desarrolló en todo el proceso de transformación de la madera.

TABLA 6.16: CALIDADES VISUALES EN TROZA Y PORCENTAJES DE CLASIFICACIÓN VISUAL POR CALIDADES VISUALES EN LAS PIEZAS DE MADERA ASERRADAS.

Criterio de clasificación	Calidades visuales (trozas)		
	Inferior	Superior	Media
Distancia entre verticilos	< 100 cm	> 150 cm	No cumple alguno de los requisitos establecidos en las dos calidades inferior o superior
Máximo nudo en troza	> 4 cm	< 4 cm	
Máximo número de nudos por verticilo	4 o mas	3 o menos	
Desviación de la fibra	< 16,6 %	< 10 %	
Entrecascos	Se admite si son de reducido tamaño	Se admite si son de reducido tamaño	
Calidades visuales (piezas aserradas)	Resultados de clasificación		
MEG-1	33%	80%	50%
MEG-2	62%	20%	47%
Rechazos	5%	0%	3%

Los parámetros visuales que se utilizaron fueron la distancia entre verticilos, el diámetro máximo del nudo en troza, el máximo número de nudos por verticilo, la desviación de la fibra, y la presencia de entrecasco.

Se establecen 3 niveles de calidad de madera en troza: “Superior”, “Media” e “Inferior”. Las características de cada una de ellas se muestran en la tabla 6.16.

Se observa que las probetas obtenidas de trozas clasificadas previamente como “Superior”, tienen un porcentaje del 80% de alcanzar una clasificación MEG-1, un 20% de alcanzar una clasificación MEG-2, y un 0% de resultar rechazadas para uso estructural. Las probetas obtenidas de trozas clasificadas previamente como “Media”, tienen un porcentaje del 50% de alcanzar una clasificación MEG-1, un 47% de alcanzar una clasificación MEG-2, y un 3% de resultar rechazadas para uso estructural. Finalmente, las probetas obtenidas de trozas clasificadas previamente como “Inferior”, tienen un porcentaje del 33% de alcanzar una clasificación MEG-1, un 62% de alcanzar una clasificación MEG-2, y un 5% de resultar rechazadas para uso estructural.

Cabe indicar que con los criterios de clasificación establecidos en troza se consigue que cada calidad recoja aproximadamente 1/3 de la muestra total analizada.

6.6 INFLUENCIA DE LA ÉPOCA DE CORTA EN LAS PROPIEDADES

6.6.1 NOCIONES SOBRE EL MOVIMIENTO DE AGUA EN LAS PLANTAS

El movimiento de agua en las plantas se rige por gradientes de potencial hídrico y está provocado por el fenómeno de la transpiración, que se define como el proceso de pérdida de agua por evaporación que se produce en su mayor proporción a través de los estomas de las hojas.

El agua es absorbida del suelo por las raíces y transportada en forma líquida por el xilema hacia las hojas. En este proceso, las raíces se comportan como un osmómetro, al favorecer la entrada de agua en los vasos xilemáticos por ósmosis (disponen de células con mayor concentración de solutos que el suelo circundante) y originar una presión hidrostática en el interior del cilindro central (Azcón-Bieto y Talón 2013). Así, la presión necesaria para mover la columna de agua desde las raíces hasta las hojas se genera por la suma de la presión positiva, generada por las raíces, y la presión negativa, creada por las hojas.

El vapor de agua fluye de la hoja a la atmósfera mediante difusión a través de los estomas. Éstos son poros situados en la superficie foliar que permiten el intercambio de gases y cuyo diámetro varía por modificaciones en la turgencia de las células oclusivas. La principal función de los estomas es la regulación de la pérdida de agua por transpiración y la absorción de CO₂, necesario para la realización del proceso fotosintético (Azcón-Bieto y Talón 2013).

La luz y la concentración intercelular de CO₂ controlan la abertura de los estomas de modo que una concentración baja de CO₂, en el interior de las hojas, normalmente aumenta la abertura de los estomas; mientras que una elevada concentración de CO₂, la reduce. Sin embargo, la regulación de la abertura estomática es muy compleja, ya que los estomas responden a una diversidad amplia de influencias ambientales, como la intensidad luminosa, temperatura, concentración de CO₂, viento, etc.; e influencias endógenas, como la producción y liberación de hormonas en raíces y hojas. Todos estos factores actúan a través de complejos sistemas interconectados difíciles de predecir en su conjunto (Azcón-Bieto y Talón 2013).

El xilema es el tejido a través del cual el agua asciende por el tallo desde las raíces hasta las hojas. El transporte de agua en el xilema depende del gradiente de potencial hídrico y de las características anatómicas de sus tejidos conductores. En gimnospermas, el agua asciende por el tallo a través de las traqueidas, que están formadas por paredes de células muertas dispuestas en filas verticales en forma de huso, formando conductos cerrados con membranas oblicuas con las que se unen de forma vertical. Las traqueidas poseen paredes terminales adelgazadas, que se superponen con las células contiguas, y punteaduras, tanto en las paredes laterales como en las terminales, a través de las cuales fluye el agua y que actúan como pequeñas válvulas. Las células de las traqueidas pierden el citoplasma durante su maduración, y poseen paredes celulares muy lignificadas y relativamente rígidas. Las traqueidas se extienden hacia las raíces y las hojas, donde se ramifican repetidamente (Azcón-Bieto y Talón 2013).

Aunque en el último siglo se han propuesto muchas teorías para explicar la ascensión de la savia ya que ha sido un tema que ha generado mucha controversia, actualmente la teoría de mayor aceptación es la de tensión-cohesión del agua. Ésta explica que cuando el agua se halla confinada en tubos con un diámetro estrecho y paredes humedecibles (tales como las traqueidas xilemáticas), al aplicar una presión (negativa o positiva) desde la parte superior, ésta se transmitirá a través de la columna de agua sin que se pierda el contacto entre las moléculas de agua (fuerzas de cohesión) ni con

la pared del tubo (fuerzas de adhesión). De este modo, si se aplica una presión negativa (succión) en el extremo superior de la columna, el agua se moverá hacia arriba (Azcón-Bieto y Talón 2013).

En base a la teoría tensión-cohesión, las traqueidas encierran columnas de agua continuas que se extienden desde los nervios foliares hasta el xilema de las raíces más pequeñas. Mediante el proceso de transpiración se crea un gradiente de potencial hídrico a través del mesófilo foliar, que hace que el agua desaparezca en los extremos de los nervios foliares. La pérdida de agua a ese nivel genera una presión negativa en las columnas del xilema que provocan el movimiento ascendente del agua (Azcón-Bieto y Talón 2013).

El floema es el tejido conductor encargado del transporte de nutrientes generados en las partes aéreas fotosintéticas, hacia las partes que actúan como sumidero. Normalmente, durante el desarrollo vegetativo, el transporte tiene lugar hacia los ápices del tallo y la raíz; mientras que durante la fructificación, los frutos acumulan la mayor parte de los azúcares exportados desde las hojas próximas. En gimnospermas los elementos conductores son las células cribosas (Azcón-Bieto y Talón 2013).

Comúnmente se denomina *savia bruta* al flujo transportado por el xilema desde las raíces hasta las hojas, y está formada por agua, sales minerales inorgánicas y fitohormonas, que las raíces absorben del suelo a través de los pelos radicales. Se denomina *savia elaborada* al flujo que circula por el floema desde las hojas hasta los sumideros. Está compuesta principalmente por agua, azúcares, aminoácidos, vitaminas, ácidos orgánicos, minerales disueltos y fitohormonas. En las hojas, la savia bruta se convierte en savia elaborada mediante el proceso de fotosíntesis.

El xilema es la sección del tronco que constituye la madera propiamente dicha, por lo que será, principalmente, el comportamiento de sus tejidos el que interesa en este trabajo.

6.6.2 ANTECEDENTES

La posible influencia de la fase lunar en las diferentes propiedades de la madera constituye una temática antigua como lo refleja Theophrastus de Eresos (372-287 a.C.) en Historia de las Plantas (Vol 1, 3), donde se afirma que hay un periodo adecuado para apea los árboles indicando además que si se cortan al comienzo de la luna menguante, la madera es más dura y menos propensa a pudrirse.

Este conocimiento popular ha llegado a nuestros días, donde en algunas localidades se aplican directrices temporales para la ejecución de actividades selvícolas en función de las fases lunares y del uso posterior de la madera (Zürcher 2000).

Las investigaciones llevadas a cabo anteriormente sobre este tema se han centrado principalmente en estudiar determinadas propiedades físicas de la madera, como el contenido de humedad, la densidad, la pérdida de agua durante el secado y el comportamiento higroscópico. La importancia del agua como factor decisivo ha sido descrito en varios estudios (Seeling 1998, Seeling 2000, Bariska y Rösch 2000, Zürcher 2003, Ikeda 2006, Bues and Kretschmar 2008, Zürcher et al., 2010, Zürcher et al., 2012).

En los últimos años aparecen algunas investigaciones focalizadas en el abeto de Noruega (*Picea abies* (L.) Karst) (Jahn, 1982; Triebel, 1998; Seeling and Herz, 1998; Rösch, 1999, Bariska and Rösch, 2000; Niemz, 2000; Seeling, 2000; Zürcher, 2003; Bues, 2008; y Zürcher, 2009). Más concretamente, 3 investigaciones casi simultáneas y en diferentes ciudades, analizaron la influencia de la fase lunar en las propiedades de la madera en 120 pies de abeto de Noruega en Dresde (Triebel 1998), 60 pies en Friburgo (Seeling and Herz 1998; Seeling, 2000), y 30 pies en Zúrich (Rösch 1999; Bariska and Rösch 2000). En ninguno de los trabajos mencionados se pudo afirmar de forma significativa la influencia de la fase lunar en las propiedades estudiadas. Sin embargo, los datos procedentes y recogidos de estos 30 árboles por Rösch en 1999 fueron reanalizados por Zürcher et al., (Zürcher y Mandallaz 2001; Zürcher 2003) encontrándose diferencias significativas con respecto a la densidad de la madera, así como en la pérdida de agua y contracción.

Generalmente, los resultados publicados en la bibliografía científica no siguen una dirección única, ya que en ocasiones se han obtenido relaciones significativas entre la influencia de la luna y alguna de las propiedades físicas, y en otras no se han encontrado tales relaciones. La forma de plantear el diseño experimental, de analizar los datos estadísticos, y la posible influencia de múltiples factores externos, dificultan la obtención de resultados independientes que muestren solamente la influencia de la fase lunar.

En el presente trabajo, para analizar la influencia del periodo de corta con las propiedades de la madera, se compararon entre sí las muestras obtenidas en luna creciente (pies apeados 3-5 días tras luna nueva) y en luna menguante (pies apeados 3-5 días tras luna llena). La comparación de ambas se realizó gráficamente, mediante histogramas de frecuencias y diagramas de caja y bigotes, y analíticamente, estudiando diferencias estadísticamente significativas en la distribución de las muestras y en las medias.

6.6.3 PROPIEDADES FÍSICAS

6.6.3.1 CONTENIDO DE HUMEDAD

En la tabla 6.17 y en la figura 6.25 se muestran los resultados del análisis estadístico realizado.

TABLA 6.17: ANÁLISIS ANALÍTICO DE LA INFLUENCIA DE LA ÉPOCA DE CORTA EN EL CONTENIDO DE HUMEDAD.

	Comparación	Test	p-valor	Diferencias estadísticamente significativas
Contenido de humedad	Distribución	Kolmogorov Smirnov	0,0216	Sí
	Media	T-test	0,5022	No

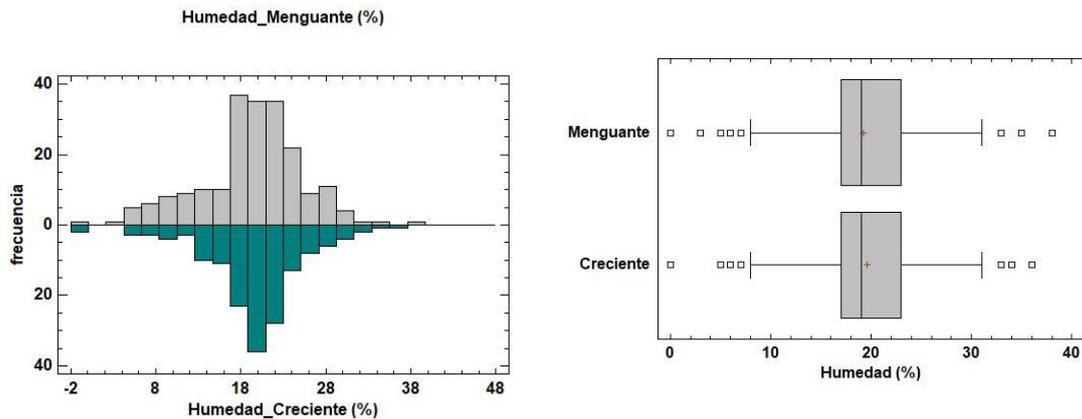


FIGURA 6.25. ANÁLISIS GRÁFICO DE LA INFLUENCIA DE LA ÉPOCA DE CORTA EN EL CONTENIDO DE HUMEDAD.

Respecto a la humedad, se encontraron diferencias significativas en la distribución pero no en la media. Estas diferencias se producen porque las probetas de menguante tienen un rango de humedad mayor, presentando algunas de ellas humedades en torno al 38%. Por tanto, este resultado no muestra claramente diferencias en cuanto a la humedad, pese a que la media en las probetas de creciente sea ligeramente mayor.

En el caso de la madera de *abeto de Noruega*, los estudios de Zürcher (2003 y 2009) mostraron relaciones significativas entre la época de corta y la proporción de agua en el lumen celular, mientras que Seeling (2000) observó una relación escasa, si bien significativa, respecto al contenido en humedad.

Por el contrario, en los trabajos de Bariska (2000) y Bues (2008), efectuados con la misma especie, no se obtuvieron valores suficientes para establecer la misma posible influencia. Tampoco pudo establecer relaciones significativas Ikeda (2006), analizando el comportamiento de la madera de la *Cryptomeria (Cryptomeria japonica D. Don)*.

6.6.3.2 DENSIDAD

En la tabla 6.18 y en las figuras 6.26 y 6.27 se muestran los resultados del análisis estadístico realizado.

TABLA 6.18: ANÁLISIS ANALÍTICO DE LA INFLUENCIA DE LA ÉPOCA DE CORTA EN LA DENSIDAD.

	Comparación	Test	p-valor	Diferencias estadísticamente significativas
Densidad H%	Distribución	Kolmogorov Smirnov	0,0372	Sí
	Media	T-test	0,0096	Sí
Densidad 12%	Distribución	Kolmogorov Smirnov	0,0191	Sí
	Media	T-test	0,0044	Sí

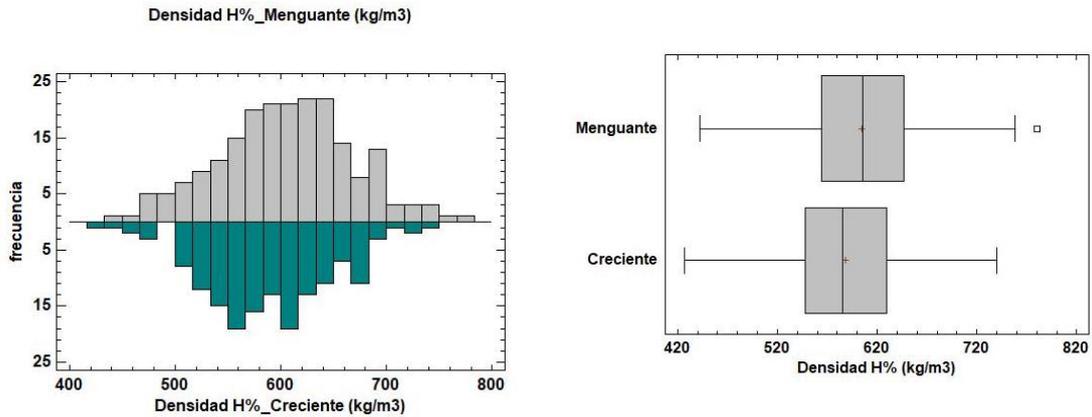


FIGURA 6.26. ANÁLISIS GRÁFICO DE LA INFLUENCIA DE LA ÉPOCA DE CORTA EN LA DENSIDAD SIN CORREGIR.

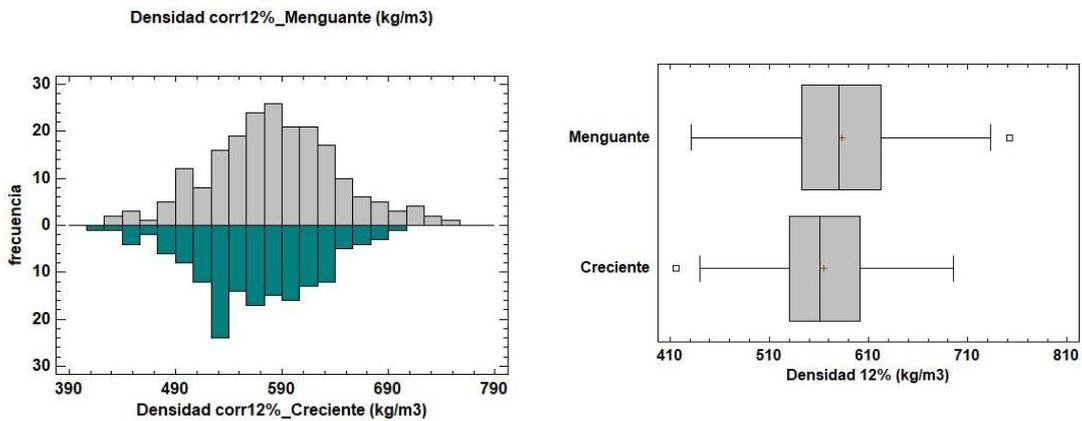


FIGURA 6.27. ANÁLISIS GRÁFICO DE LA INFLUENCIA DE LA ÉPOCA DE CORTA EN LA DENSIDAD CORREGIDA POR HUMEDAD.

Según se observa en los resultados, respecto a la densidad existen diferencias estadísticamente significativas, tanto en la distribución como en la comparación de medias. Las distribuciones se corresponden con muestras claramente distintas. Por tanto, se puede afirmar que la densidad, tanto a humedad H% como a humedad 12%, es mayor en las probetas obtenidas en luna menguante que en las obtenidas en luna creciente.

El posible efecto sobre la densidad también fue estudiado por Zürcher et al., (Zürcher y Mandallaz 2001, Zürcher 2003, Zürcher et al., 2010, Zürcher et al., al. 2012) detectando un cambio sistemático de esta variable en función de las diferentes fases lunares. Los resultados publicados en 2010 se basaron en muestras de cerca de 600 árboles de cuatro procedencias diferentes, y se concluyó que, en el caso del abeto noruego, el valor mayor de densidad se corresponde con el periodo de 3,5 días a partir del día de la luna llena, es decir, los primeros días de luna menguante.

Este periodo coincide con la corta de árboles de luna menguante que se realizó para el presente trabajo, y también coinciden los resultados obtenidos en el mismo (densidad mayor en probetas de menguante).

Seeling (2000) llegó a los mismos resultados con probetas de abeto de noruega, obteniendo las muestras más densas a partir de las probetas de los árboles apeados en la fase de luna menguante.

Sin embargo, otros estudios no han encontrado relación entre todas las fases lunares con propiedades físicas tales como densidad o encogimiento (Villasante et al., 2010).

6.6.3.3 FENDAS

En la tabla 6.19 y en la figuras 6.28 y 6.29 se muestran los resultados del análisis estadístico realizado.

TABLA 6.19: ANÁLISIS ANALÍTICO DE LA INFLUENCIA DE LA ÉPOCA DE CORTA EN LAS FENDAS.

	Comparación	Test	p-valor	Diferencias estadísticamente significativas
Anchura fenda	Distribución	Kolmogorov Smirnov	0,0000	Si
	Media	T-test	0,8940	No
Profundidad fenda	Distribución	Kolmogorov Smirnov	0,1932	No
	Media	T-test	0,4884	No

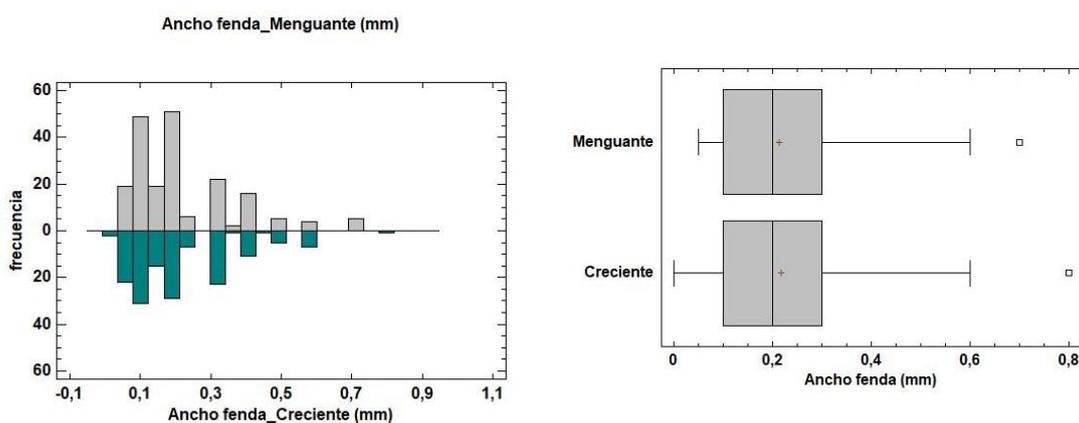


FIGURA 6.28. ANÁLISIS GRÁFICO DE LA INFLUENCIA DE LA ÉPOCA DE CORTA EN EL ANCHO DE FENDA.

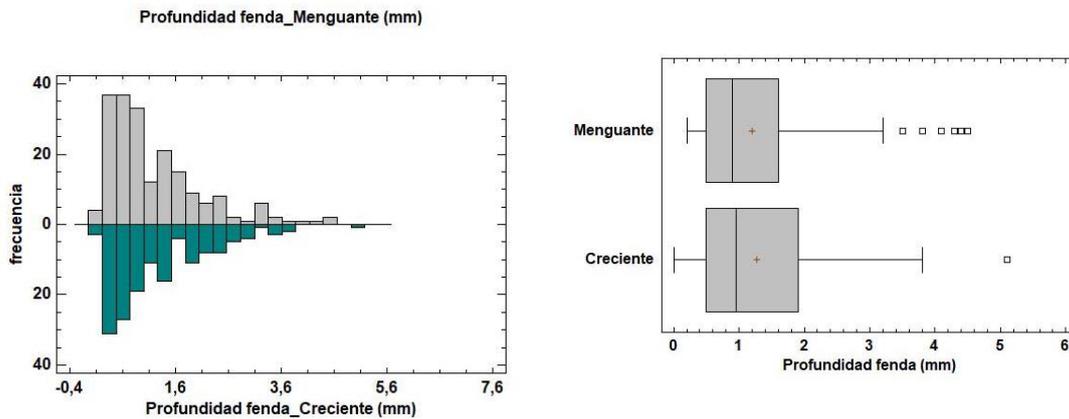


FIGURA 6.29. ANÁLISIS GRÁFICO DE LA INFLUENCIA DE LA ÉPOCA DE CORTA EN LA PROFUNDIDAD DE FENDA.

En base a los resultados se puede determinar que no existen diferencias estadísticamente significativas en las fendas de las probetas de creciente y de las probetas de menguante. En la tabla 18 se muestra que hay diferencias en la distribución de la anchura de la fenda en ambas muestras, pero observando la figura 28, se aprecia que ésta diferencia es debida a que la anchura máxima de la muestra de luna menguante es de 0,7 mm, y la de luna creciente de 0,8 mm; siendo el resto de anchuras bastante similares en ambas muestras.

6.6.3.4 DEFORMACIONES

En la tabla 6.20 y en las figuras 6.30, 6.31 y 6.32 se muestran los resultados del análisis estadístico realizado.

TABLA 6.20: ANÁLISIS ANALÍTICO DE LA INFLUENCIA DE LA ÉPOCA DE CORTA EN LAS DEFORMACIONES POR SECADO.

	Comparación	Test	p-valor	Diferencias estadísticamente significativas
Curvatura cara	Distribución	Kolmogorov Smirnov	0,0000	Si
	Media	T-test	0,6727	No
Curvatura canto	Distribución	Kolmogorov Smirnov	0,0001	Si
	Media	T-test	0,1194	No
Alabeo	Distribución	Kolmogorov Smirnov	0,0028	Si
	Media	T-test	0,1139	No

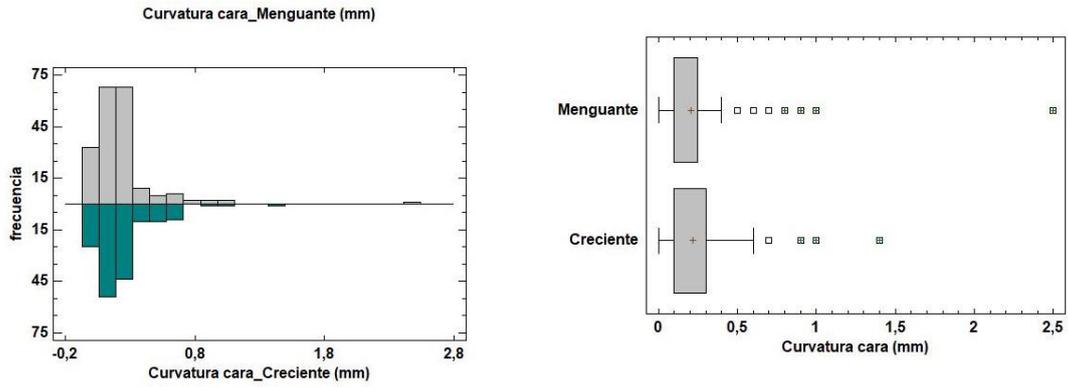


FIGURA 6.30. ANÁLISIS GRÁFICO DE LA INFLUENCIA DE LA ÉPOCA DE CORTA EN LA CURVATURA DE CARA.

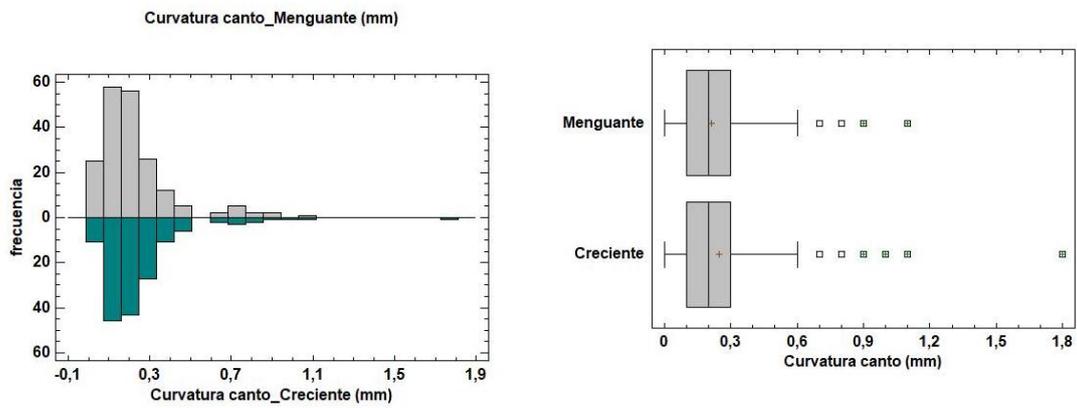


FIGURA 6.31. ANÁLISIS GRÁFICO DE LA INFLUENCIA DE LA ÉPOCA DE CORTA EN LA CURVATURA DE CANTO.

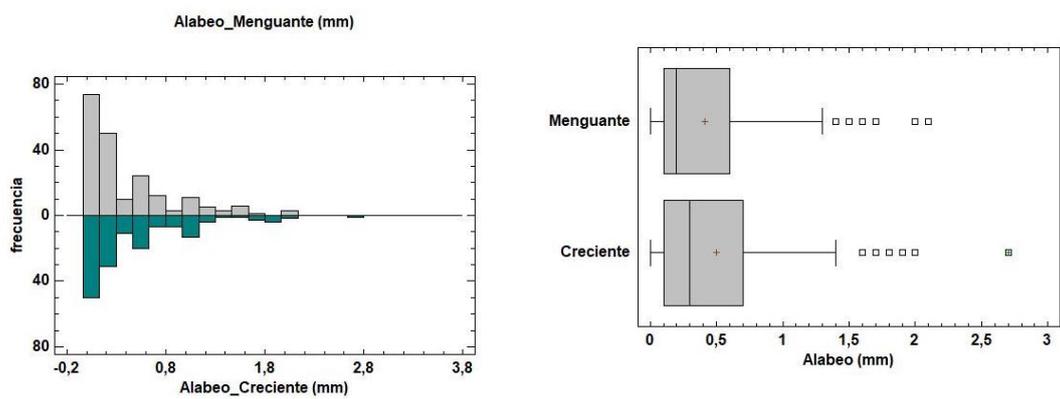


FIGURA 6.32. ANÁLISIS GRÁFICO DE LA INFLUENCIA DE LA ÉPOCA DE CORTA EN EL ALABEO.

Analizando los resultados se puede determinar que no existen diferencias estadísticamente significativas en las deformaciones de las probetas de creciente y de las probetas de menguante. En la tabla 19 se muestra que hay diferencias en la distribución de todos los parámetros contemplados (curvatura de cara, curvatura de canto y alabeo), pero observando las figuras 30, 31 y 32, se aprecia que éstas diferencias son debidas principalmente a que alguna probeta aislada de creciente se deformó excesivamente en comparación con el resto, seguramente debido a que estaba en una zona de elevadas tensiones de crecimiento. Éste caso atípico no se puede considerar representativo para la comparación de ambas muestras.

6.6.3.5 RAPIDEZ DE SECADO E HIGROSCOPICIDAD

En la figura 6.33 se muestra la evolución del secado de las tablas en exterior bajo cubierta, y en la figura 6.34 la evolución del secado de las tablas en exterior. El proceso de secado fue el mismo en todas las tablas. Inicialmente se mantuvieron al exterior durante 3 meses (unas bajo cubierta y otras al aire) para observar el secado natural, y posteriormente se introdujeron en cámara de acondicionamiento, alrededor de 15 días, hasta alcanzar el 12% de humedad de referencia.

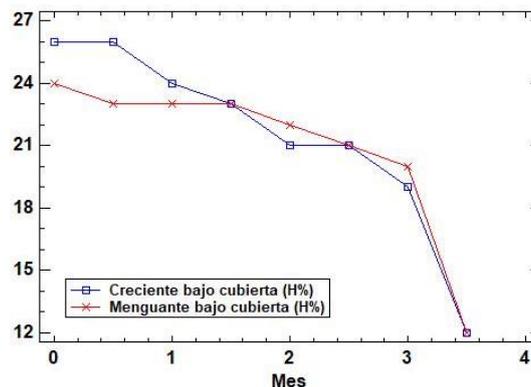


FIGURA 6.33. ANÁLISIS GRÁFICO DE LA INFLUENCIA DE LA ÉPOCA DE CORTA EN LA RAPIDEZ DE SECADO.

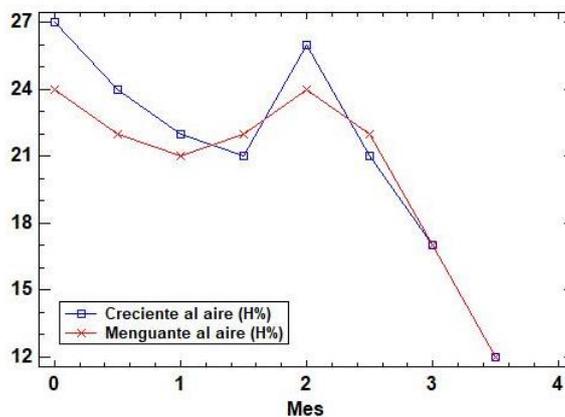


FIGURA 6.34. ANÁLISIS GRÁFICO DE LA INFLUENCIA DE LA ÉPOCA DE CORTA EN LA HIGROSCOPICIDAD.

En ambas gráficas se aprecia como las tablas cortadas en creciente tienen un contenido de humedad inicial ligeramente superior. Este resultado concuerda con el obtenido anteriormente con la humedad de las probetas, aunque la diferencia entre medias no fue suficiente como para considerarla estadísticamente significativa.

En la figura 6.33 se aprecia como las probetas de creciente parten de una humedad superior a las de menguante (26% frente a 24%, aunque según se ha indicado anteriormente esta diferencia no es estadísticamente significativa). Durante el primer mes y medio, las probetas de creciente secan más rápidamente hasta que se igualan en humedad con las de menguante (en torno al 23%). A partir de ese momento, la velocidad de secado de ambas probetas es más pareja aunque se aprecia que las probetas de creciente secan ligeramente más rápido, ya que justo antes de ser introducidas en la cámara de acondicionamiento (al mes 3) alcanzan una humedad inferior a las probetas de menguante (19% frente a 20%).

Por tanto, en base al análisis de la gráfica mostrada en la figura 6.33, es posible concluir que existe una diferencia entre la rapidez de secado de ambas muestras, y más concretamente, que las probetas de creciente secan más rápidamente que las de menguante.

Con respecto a la higroscopicidad (capacidad de absorber o emitir humedad al aire), en la figura 6.34 se aprecia claramente como las probetas de creciente son más sensibles a los cambios de humedad exterior, secándose más rápido cuando hay un tiempo soleado, e incrementando su humedad, también a mayor velocidad, con tiempo lluvioso (periodo de lluvias ocurrido a los 2 meses).

Por tanto, en base al análisis de la gráfica de la figura 6.34, es posible concluir que existe una diferencia entre la higroscopicidad de ambas muestras, y más concretamente que las probetas de creciente tienen una mayor higroscopicidad que las de menguante, porque varían su contenido de humedad más rápidamente al variar la humedad del aire exterior.

En el caso del abeto de Noruega, Zürcher et al., (Zürcher y Mandallaz 2001, Zürcher 2003, Zürcher et al., 2010) encontraron relaciones significativas entre el momento de la tala y la proporción de agua perdida durante el proceso de secado, de modo que el valor de menor pérdida de agua se correspondía con el período sinódico de 3,5 días a partir del día de la luna llena, es decir, los primeros días de la luna menguante. Este resultado concuerda con el resultado obtenido de este trabajo.

En otros estudios realizados sobre abeto de Noruega se encontraron también relaciones significativas entre la pérdida de agua y las fases lunares (Seeling 1998, Bariska 2000, Niemz 2000, Seeling 2000). Además, Ikeda (2006) llega a resultados similares trabajando con madera de *Cryptomeria*.

6.6.4 PROPIEDADES MECÁNICAS

6.6.4.1 MOR, MOE, MOEG Y MOED

En la tabla 6.21 y en las figuras 6.35 a 6.44 se muestran los resultados del análisis estadístico realizado.

TABLA 6.21: ANÁLISIS ANALÍTICO DE LA INFLUENCIA DE LA ÉPOCA DE CORTA EN EL MOR, MOE, MOEG Y MOED.

	Comparación	Test	p-valor	Diferencias estadísticamente significativas
MOR sin corregir	Distribución	Kolmogorov Smirnov	0,4040	No
	Media	T-test	0,1266	No
MOR corregido Kh	Distribución	Kolmogorov Smirnov	0,5057	No
	Media	T-test	0,1319	No
MOE sin corregir	Distribución	Kolmogorov Smirnov	0,9753	No
	Media	T-test	0,9982	No
MOE corregido 12%	Distribución	Kolmogorov Smirnov	0,9995	No
	Media	T-test	0,9305	No
MOEG sin corregir	Distribución	Kolmogorov Smirnov	0,7863	No
	Media	T-test	0,5558	No
MOEG corregido 12%	Distribución	Kolmogorov Smirnov	0,5649	No
	Media	T-test	0,6578	No
MOED_12v sin corregir	Distribución	Kolmogorov Smirnov	0,0607	No
	Media	T-test	0,0382	Sí
MOED_12v corregido 12%	Distribución	Kolmogorov Smirnov	0,0523	No
	Media	T-test	0,0616	No
MOED_12v sin corregir	Distribución	Kolmogorov Smirnov	0,6914	No
	Media	T-test	0,9565	No
MOED_12v corregido 12%	Distribución	Kolmogorov Smirnov	0,7629	No
	Media	T-test	0,8040	No

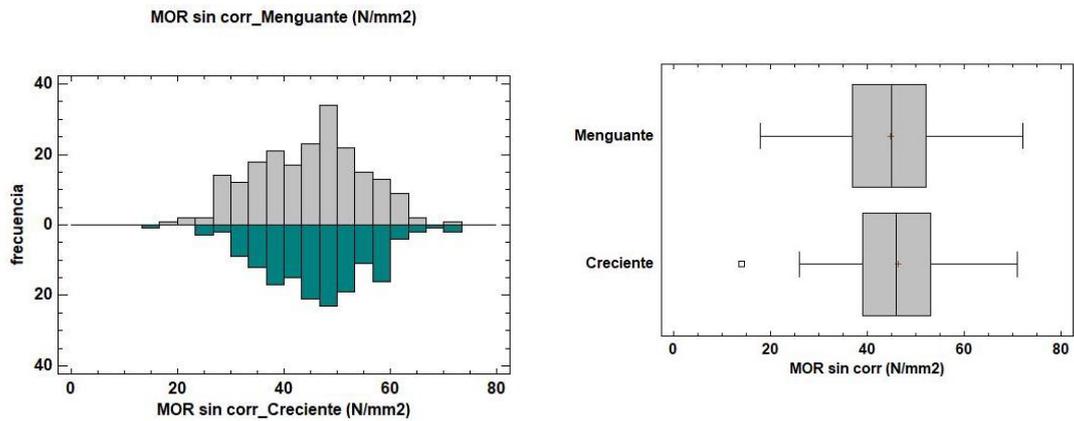


FIGURA 6.35. ANÁLISIS GRÁFICO DE LA INFLUENCIA DE LA ÉPOCA DE CORTA EN EL MOR SIN CORREGIR.

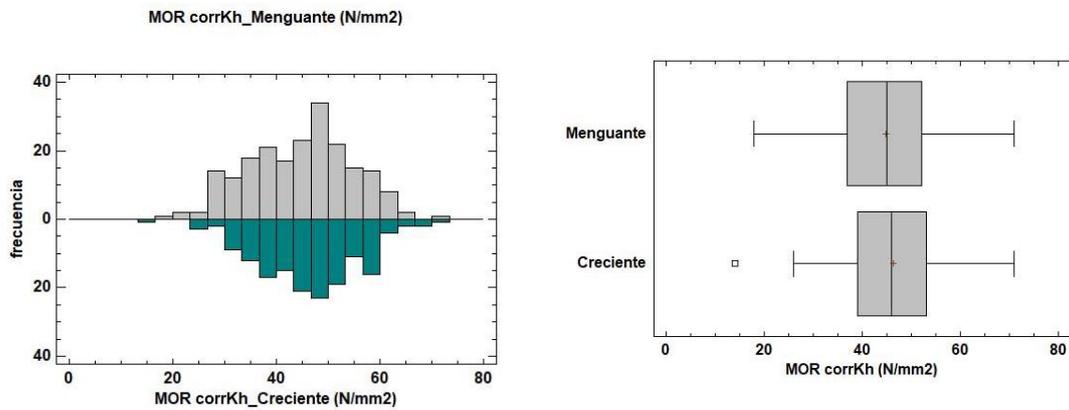


FIGURA 6.36. ANÁLISIS GRÁFICO DE LA INFLUENCIA DE LA ÉPOCA DE CORTA EN EL MOR CORREGIDO POR SECCIÓN.

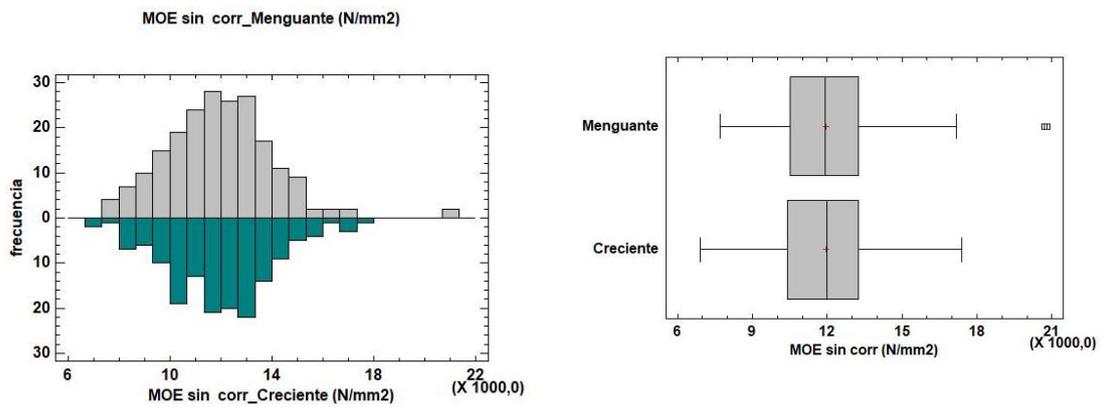


FIGURA 6.37. ANÁLISIS GRÁFICO DE LA INFLUENCIA DE LA ÉPOCA DE CORTA EN EL MOE SIN CORREGIR.

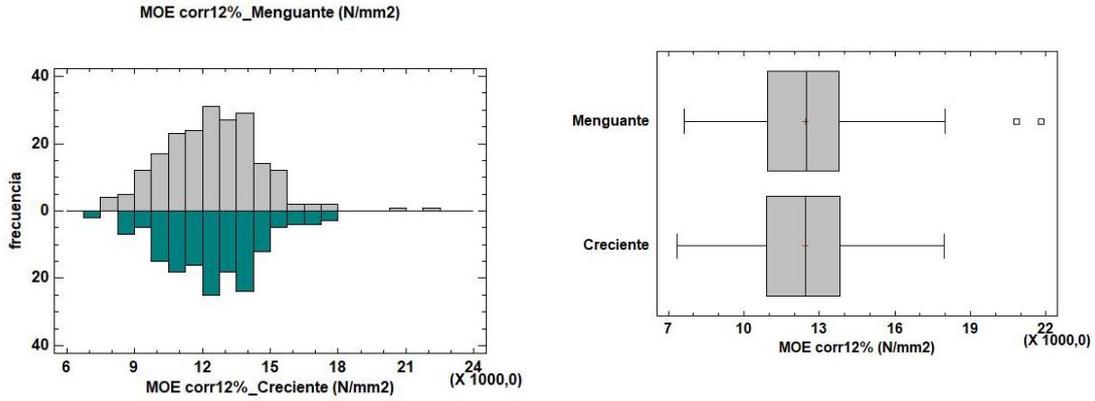


FIGURA 6.38. ANÁLISIS GRÁFICO DE LA INFLUENCIA DE LA ÉPOCA DE CORTA EN EL MOE CORREGIDO POR HUMEDAD.

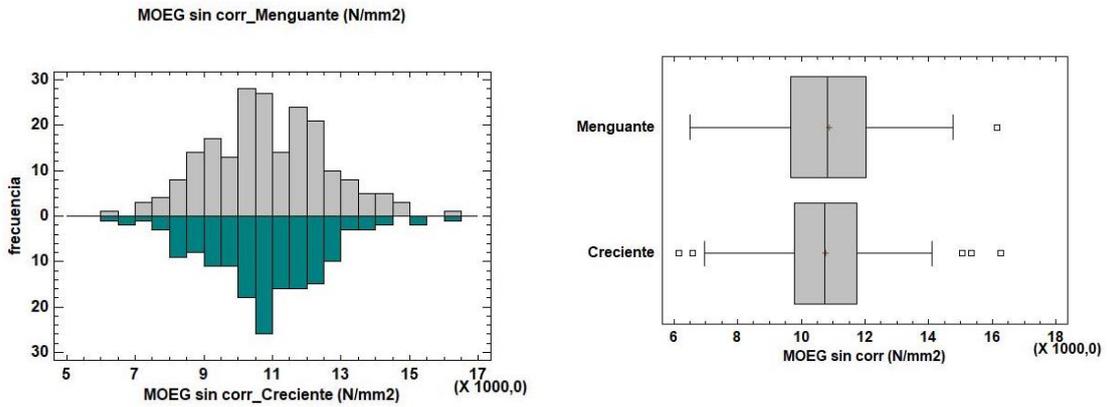


FIGURA 6.39. ANÁLISIS GRÁFICO DE LA INFLUENCIA DE LA ÉPOCA DE CORTA EN EL MOEG SIN CORREGIR.

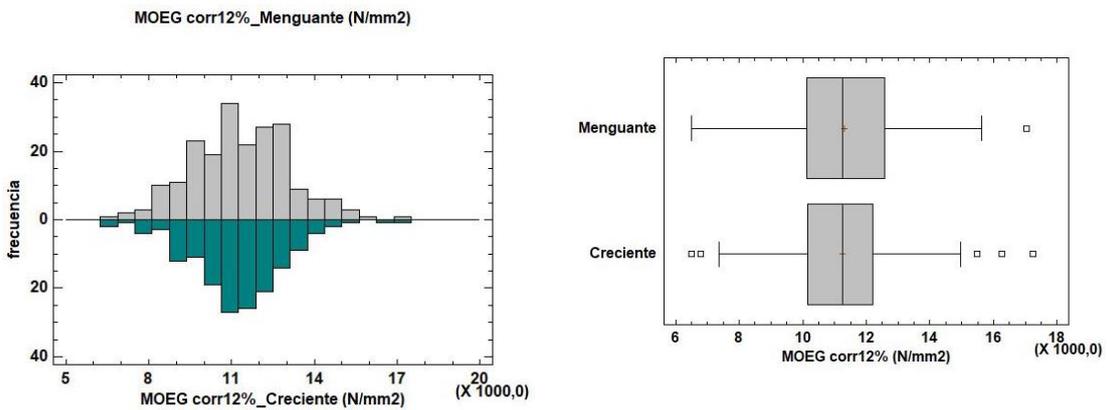


FIGURA 6.40. ANÁLISIS GRÁFICO DE LA INFLUENCIA DE LA ÉPOCA DE CORTA EN EL MOEG CORREGIDO POR HUMEDAD.

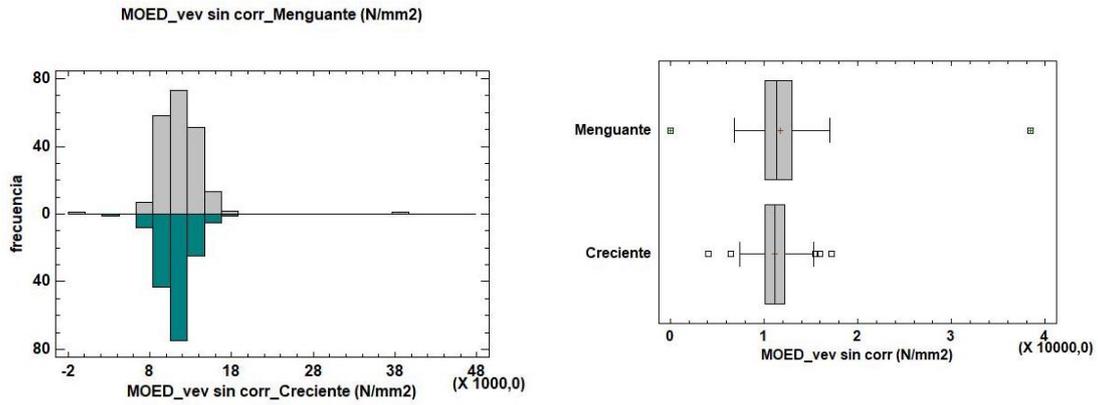


FIGURA 6.41. ANÁLISIS GRÁFICO DE LA INFLUENCIA DE LA ÉPOCA DE CORTA EN EL MOED_VEV SIN CORREGIR.

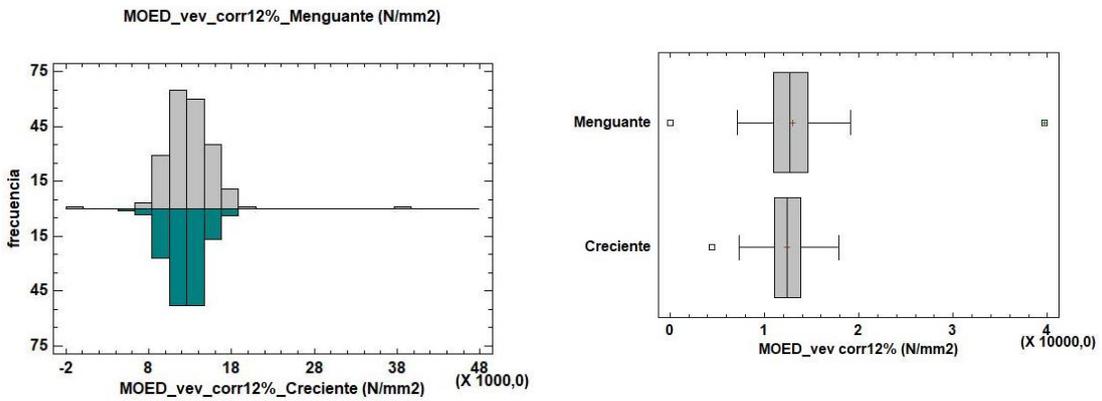


FIGURA 6.42. ANÁLISIS GRÁFICO DE LA INFLUENCIA DE LA ÉPOCA DE CORTA EN EL MOED_VEV CORREGIDO POR HUMEDAD.

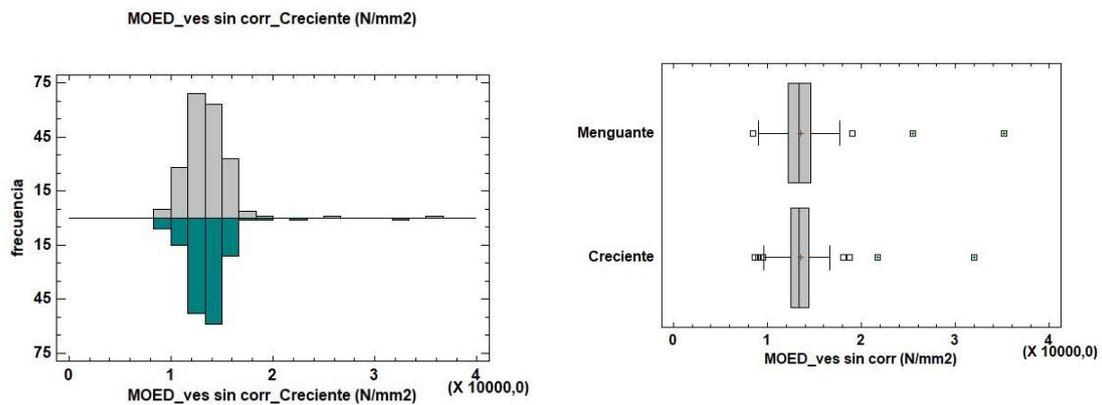


FIGURA 6.43. ANÁLISIS GRÁFICO DE LA INFLUENCIA DE LA ÉPOCA DE CORTA EN EL MOED_VES SIN CORREGIR.

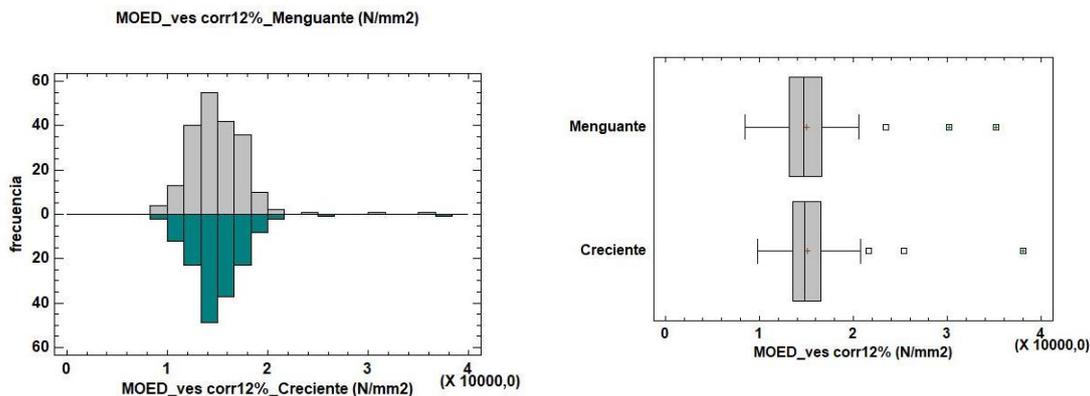


FIGURA 6.44. ANÁLISIS GRÁFICO DE LA INFLUENCIA DE LA ÉPOCA DE CORTA EN EL MOED_VES CORREGIDO POR HUMEDAD.

En general, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las propiedades mecánicas de ambas muestras. Únicamente aparecieron diferencias entre las medias del $MOED_{VEV \text{ sin corregir}}$ que es lógico de acuerdo a los resultados obtenidos respecto a las propiedades físicas. Así, en la figura 6.41 se aprecia que las probetas de menguante tienen mayor $MOED_{VEV \text{ sin corregir}}$ lo cual es debido a que el módulo de elasticidad dinámico, obtenido por el método de vibración longitudinal, es directamente proporcional a la densidad de la probeta (ecuación [5] del presente documento), y según se ha visto en apartados anteriores, las probetas de menguante tienen una mayor densidad que las de creciente.

Al aplicar la corrección por humedad, el $MOED_{VEV \text{ corregido } 12\%}$ deja de indicar diferencias significativas. No obstante, el P -valor (0,0616) es muy bajo y cercano a 0,05 por lo que se podría decir que el $MOED_{VEV}$ muestra diferencias significativas independientemente de que se realice la corrección por humedad o no, aludiendo a la misma explicación anterior.

Resultados similares se obtuvieron en un estudio preliminar a este trabajo, donde se analizó la influencia de la época de corta en las propiedades mediante ensayos no destructivos sobre probetas de alerce del Japón procedentes del País Vasco. Para ello se midió la velocidad de onda de impacto mediante el dispositivo Microsecond Timer de la casa Fakopp. No se encontraron diferencias entre las propiedades mecánicas de MOE y MOR (Íñiguez-González *et al.*, 2015).

6.6.5 DISCUSIÓN DE LA INFLUENCIA DE LA LUNA

Como resumen de los resultados, se han encontrado diferencias significativas en las propiedades físicas: densidad, rapidez de secado e higroscopicidad; y en las propiedades mecánicas: módulo de elasticidad dinámico (cuando éste se obtiene por el método de frecuencia de vibración longitudinal). Concretamente, las probetas de creciente presentaron menor densidad, mayor rapidez de secado, mayor higroscopicidad, y menor módulo de elasticidad dinámico, tabla 6.22.

TABLA 6.22: RESUMEN DE DIFERENCIAS ESTADÍSTICAMENTE SIGNIFICATIVAS ENTRE PROBETAS DE CRECIENTE Y DE MENGUANTE.

Propiedad	Probetas de creciente	Probetas de menguante
Densidad	menor	mayor
Rapidez de secado	mayor	menor
Higroscopicidad	mayor	menor
MOED_vev	menor	mayor

La densidad está relacionada con la masa y el volumen de modo que ante una masa constante, un aumento de volumen provoca una reducción de la densidad. En relación al volumen, estudios llevados a cabo con abeto noruego en los que se midió el diámetro en pie, mediante extensometría, bajo condiciones controladas e independientes de factores diarios como la luz, la temperatura o la humedad (en invernadero), descubrieron que el ritmo lunar sinódico provocaba fluctuaciones en el diámetro debido a que la luna influye en el flujo de agua en diferentes partes del árbol (Zürcher, et al., 1998). Estos mismos resultados fueron obtenidos por Barlow et al., (2010).

Analizando los resultados obtenidos en este trabajo y en investigaciones anteriores, respecto a la densidad y a la variación del diámetro de los árboles, se podría intuir que las probetas de creciente tienen menor densidad porque los pies se encuentran más "hinchados" en el momento de ser apeados, es decir, la presión de agua en el interior de sus tejidos vegetales es mayor que la de los pies cortados en luna menguante. Así, considerando una misma masa de las probetas en creciente y en menguante, las probetas de creciente ocuparán más volumen una vez secadas y, por tanto, tendrían menor densidad.

Por otra parte, la teoría de tensión-cohesión, explicada previamente, indica que el agua es conducida en el interior de las traqueidas ocupando la sección completa del conducto, sin cavitarse ni despegarse de las paredes, debido a las fuerzas de cohesión entre moléculas y de adhesión con las paredes, respectivamente. Se podría relacionar la actividad de movimiento de savia bruta con la presión ejercida sobre las paredes laterales mediante el Principio de Bernoulli de dinámica de fluidos. Éste establece que dentro de un flujo que fluye a presión por un conducto, las regiones del flujo que fluyen a mayor velocidad ejercen una menor presión sobre las paredes laterales del conducto que las regiones que fluyen a menor velocidad. Por ello, continuando con el razonamiento, cabe pensar que en luna menguante, donde los tejidos están menos "hinchados", la presión sobre los conductos laterales es menor debido a que la savia bruta está circulando con mayor velocidad y, por tanto, la intensidad de transpiración sería mayor.

Cabe introducir en este punto un estudio llevado a cabo por Barlow et al., (2010) donde se analizó la relación que existía entre la variación de la acción gravitatoria debida a la acción conjunta de la luna y el sol, la variación de la intensidad de transpiración, y la variación del diámetro de los pies.

Para los pies de abeto de Noruega se realizó un análisis de Cosinor que permitía comparar la variación rítmica de estos 3 parámetros a lo largo de 3 días consecutivos (17, 18 y 19) del mes de julio de 1988. En la gráfica mostrada del análisis se puede observar como las horas de mayor acción gravitatoria coinciden con las horas de mayor diámetro, y a su vez, de menor transpiración. Lo mismo sucede con las horas de menor acción gravitatoria, que coinciden con las de menor diámetro y de mayor transpiración. Los máximos y mínimos no coinciden exactamente, ya que existe un pequeño desfase entre ellos. El periodo de fluctuación de los 3 parámetros coincidía con la duración de un día lunar. De este modo, los autores constataron que existía una relación entre la fluctuación de la acción gravitatoria y el diámetro de los pies, así como entre la fluctuación gravitatoria y la transpiración.

Aunque el estudio realizado por Barlow et al., (2010) no es comparable con el realizado en el presente trabajo porque ambos aluden a espacios temporales distintos (fluctuación en un día y fluctuación en varios días), parece lógico pensar que el aumento de la acción gravitatoria contribuya, de alguna manera, a reducir la intensidad de transpiración, y que a su vez, ésta provoque la disminución de la velocidad del flujo, aumentando, a su vez, el diámetro de los pies (por el Principio de Bernoulli).

Finalmente, siguiendo con el razonamiento anterior, la mayor presión del fluido sobre las paredes laterales de las traqueidas no solo provocaría que las probetas de creciente tuviesen menor densidad una vez secadas, sino también que las oquedades internas de los tejidos conductores fuesen ligeramente mayores, y por tanto, reaccionasen con mayor rapidez al intercambio de agua con el exterior, lo que justificaría que tengan una mayor rapidez de secado e higroscopicidad.

Sin embargo, hay que considerar que los mecanismos de activación de la transpiración son muy complejos y dependen de múltiples factores, no solo de la acción gravitatoria o de la intensidad lumínica, por lo que el razonamiento esgrimido anteriormente no es más que una suposición, realizada en base a principios sencillos, siendo por ello necesario realizar investigaciones posteriores de mayor calado y más específicas, que se escapan del objeto de este trabajo.

7 CONCLUSIONES

Para la realización de este trabajo de caracterización mecánica y de análisis de la influencia del periodo de corta en las propiedades del alerce del Japón (*Larix kaempferi* (Lamb.) Carr.), se han estudiado 370 probetas de dicha especie, con 4 secciones diferentes (7x15, 10x15, 14x18, y 20x25 cm), sobre las cuales se han realizado ensayos no destructivos (en troza húmeda y en probeta seca) y ensayos destructivos (en probeta seca). Además, se ha estudiado el proceso de secado, bajo cubierta y al aire, de 140 tablas de la misma especie. Se detallan a continuación las conclusiones obtenidas:

- El comportamiento del alerce de Japón a flexión es excelente superando generalmente a muchas otras coníferas utilizadas para madera estructural. El 85% de las muestras analizadas tiene una resistencia (MOR) superior a 30 MPa, el 90% una rigidez (MOE) superior a 9 MPa, y el 90% una densidad al 12% superior a 500 kg/m³.
- Desde un punto de vista mecánico, debido al carácter verticilado de esta especie, el principal defecto que presenta la madera son los nudos, detectándose una elevada presencia de nudos agrupados tanto en canto (51% de las piezas) como en cara (85%). La mayoría de las piezas (alrededor del 90%) tienen una desviación de la fibra reducida (por debajo del 10%). Por ello, la causa principal de rotura en el ensayo de flexión son los nudos, 62,1%, seguidos por la desviación de la fibra en una proporción mucho menor, 10,3%.
- Todas las piezas ensayadas tenían un porcentaje de duramen superior al 80%, con un promedio del 90%. Esto dificultó mucho el secado hasta el contenido de humedad de referencia del 12%, especialmente en las probetas de mayor sección. En general, en el momento de realizar los ensayos mecánicos, las probetas tenían un contenido medio de humedad del 19,4%, obtenido mediante secado de rebanada en estufa; y del 15,8%, obtenido con xilohigrómetro.
- Se elaboró una tabla de clasificación visual para la madera estructural de alerce del Japón de procedencia española, obteniendo 2 clases visuales denominadas MEG-1 (Madera Estructural de Gran Escuadría-1) y MEG-2 (Madera Estructural de Gran Escuadría-2). El rendimiento clasificatorio es muy elevado, con un porcentaje de rechazo de tan solo el 3,8%. El 48,4% de las piezas se clasifica como MEG-1, y el 47,8%, como MEG-2.
- Los valores característicos de resistencia, rigidez y densidad de la clase MEG-1 son $f_k = 31,80$ MPa, $E_{0,mean} = 13.082$ MPa, y $\rho_k = 465,6$ kg/m³, asignándose una clase resistente C30. Los valores característicos de la clase MEG-2 son $f_k = 24,55$ MPa, $E_{0,mean} = 12.320$ MPa, y $\rho_k = 469,1$ kg/m³, asignándose una clase resistente C24.

- Se realizaron modelos analíticos, considerando conjuntamente parámetros no destructivos y visuales, para la estimación de la rigidez (MOE y MOEG) y de la resistencia (MOR). La estimación del MOEG ($r^2 = 0,66$) alcanzó un ajuste ligeramente mayor que la estimación del MOE ($r^2 = 0,56$), y mucho mayor que la estimación del MOR ($r^2 = 0,44$). En todos los casos los modelos muestran peores estimaciones al aplicar las correcciones pertinentes (por humedad para la rigidez, y por tamaño para la resistencia). Esto puede ser debido a que la corrección por humedad propuesta para las mediciones no destructivas, no se ajusta perfectamente al alerce del Japón por su alto porcentaje de duramen.
- La utilización de métodos no destructivos resulta apropiada por sí sola para estimar los valores de rigidez (MOE y MOEG), obteniendo relaciones aceptables entre el módulo de elasticidad dinámico y la rigidez, tanto en troza como en probeta seca. Sin embargo, a la hora de estimar la resistencia (MOR), es recomendable utilizar además el apoyo de parámetros visuales para mejorar la estimación. Dentro de los métodos no destructivos empleados, el método de frecuencia de vibración longitudinal es más eficiente que el método de velocidad de paso de onda de impacto, mostrando una mejor viabilidad para la clasificación mecánica.
- Se observó una clara relación entre el MOR y la altura del árbol, de modo que la resistencia de la probeta se reduce cuanto mayor es la altura de la troza de procedencia. Se estableció una ecuación lineal entre ambos parámetros con un buen ajuste ($r^2 = 0,71$). Para el resto de parámetros caracterizadores (MOE y densidad al 12%), no fue posible encontrar una relación coherente con la altura. Esto es debido a que las probetas utilizadas eran de tamaño estructural real, con 4 secciones transversales diferentes, que podían contener parte o la totalidad de la sección del tronco, y que, por tanto, no tenían capacidad para aislar la variación de las variables caracterizadores en dirección longitudinal, de su posible variación en dirección radial.
- La utilización de la velocidad de onda de impacto como método de predicción de la calidad en troza, no es de aplicación, siendo solo fiable en las probetas de mayor sección porque éstas representan mejor las características de la troza completa. En consecuencia, se elaboró una tabla de clasificación visual en troza, considerando únicamente parámetros visuales, donde se establecieron 3 calidades: Superior, Media e Inferior. Las probetas obtenidas de trozas clasificadas como Superior, tienen un porcentaje del 80% de alcanzar una clasificación MEG-1, y un 20% de alcanzar una clasificación MEG-2. Las probetas obtenidas de trozas clasificadas como Media, tienen un porcentaje del 50% de alcanzar MEG-1, un 47% de alcanzar MEG-2, y un 3% de resultar rechazadas para uso estructural. Finalmente, las probetas obtenidas de trozas clasificadas como Inferior, tienen un porcentaje del 33% de alcanzar MEG-1, un 62% de alcanzar MEG-2, y un 5% de resultar rechazadas para uso estructural.

- Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las probetas de creciente (pies cortados entre 2 y 5 días tras la luna nueva) y las probetas de menguante (pies cortados entre 2 y 5 días tras la luna llena). Concretamente, las probetas de creciente presentan menor densidad, mayor rapidez de secado, mayor higroscopicidad, y menor módulo de elasticidad dinámico (cuando éste se obtiene por el método de frecuencia de vibración longitudinal). Para explicar el fundamento de las diferencias encontradas es necesario realizar investigaciones futuras más específicas y de mayor envergadura.

8 FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Durante el proceso de elaboración de este trabajo han ido surgiendo ideas sobre otras líneas de investigación, que desarrollen los resultados obtenidos y los complementen, o incluso, que aborden directamente nuevas temáticas para alcanzar visiones más profundas y científicas sobre algunos aspectos concretos. Se enumeran a continuación algunas líneas de investigación que podrían desarrollarse en el futuro:

- Establecer ecuaciones de corrección por humedad específicas para el alerce del Japón para distintos dispositivos de ensayos no destructivos. Comparar los resultados con otras especies con alto porcentaje de duramen, y con mediciones realizadas de duramen a duramen
- Analizar mediante probetas pequeñas la evolución de las variables caracterizadoras (MOR, MOE y densidad al 12%) para el alerce del Japón, tanto en dirección longitudinal (según la altura del árbol), como en dirección radial. Establecer relaciones entre estas variaciones cuando se utilizan probetas mayores de tamaño estructural.
- Establecer relaciones fiables, mediante técnicas no destructivas y parámetros visuales, que permitan evaluar y relacionar la calidad estructural de la madera en todas las etapas de la línea de producción, es decir, en pie, en troza, y en probeta seca.
- Desarrollar la clasificación mecánica del alerce del Japón mediante la metodología de frecuencia de vibración, longitudinal y/o transversal, sobre probeta en seco.
- Analizar la relación de la época de corta con la actividad fisiológica de las plantas, aislando posibles variables influyentes con respuestas concretas. Se pretende entender mejor las respuestas fisiológicas relativas a la intensidad de transpiración, actividad fotosintética, movimiento de savia, activación de la respiración, etc.; ante agentes externos específicos como intensidad lumínica, acción gravitatoria, fotoperiodo, velocidad del viento, temperatura, humedad del aire, necesidades vegetativas, etc. Estudiar este tipo de relaciones para espacios temporales distintos, es decir, diariamente, mensualmente, trimestralmente, anualmente, en función de las fases lunares, etc.

9 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

9.1 TEXTOS CIENTÍFICOS

- ACUÑA L., DÍEZ M., CASADO M. 2006. Los ultrasonidos y la calidad de la madera estructural. Aplicación a *Pinus pinaster* Ait. CIDEU 2:7-26.
- ADELL F.J. (2005). Comparación de las normas de clasificación de madera estructural española (UNE 56544) y alemana (DIN 4074) para madera de pino silvestre (*Pinus sylvestris* L.) de procedencia alemana. Proyecto final de carrera. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes. Universidad Politécnica de Madrid.
- ALARES MARTÍN, J.M., GUINDEO CASASÚS A., LÍAN ORTEGA, L. C., PERAZA ORAMAS, C. 1992. Estructuras de madera. UNED. Escuela de la edificación.
- ANTONY F., SCHIMLECK L.R., DANIELS, R.F., CLARK III, A., HALL D.B. 2010. Modeling the longitudinal variation in wood specific gravity of planted loblolly pine (*Pinus taeda*) in the United States. Canadian Journal of Forest Research 40: 2439-2451. DOI: 10.1139/X10-187.
- ARGUELLES R., ARRIAGA F. CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL - Lourizán 1.993. Ponencias y comunicaciones. Tomo IV.
- ARRIAGA F., GARCÍA L., GEBREMEDHIN K. G., PERAZA F. 1992. Grading and load carrying capacity of old omber beams. International Summer Meeting, American Society of Agricultural Engineers. Paper nº 92 4068. American Society of Agricultural Engineers, ASAE. Charlotte, North Carolina, USA. 21 -24 jun. 1992.
- ARRIAGA F., PERAZA, F.; ESTEBAN, M. 2003. Madera aserrada estructural. Editorial AITIM. 159 p.
- ARRIAGA F., ESTEBAN M., RELEA E. 2005. Evaluación de la capacidad portante de piezas de gruesa escuadría de madera de conífera en estructuras existentes. Materiales de Construcción. Vol. 55, nº 280. P. 43-52.
- ARRIAGA F., ÍÑIGUEZ-GONZÁLEZ G., ESTEBAN M., DIVOS F. 2012. Vibration method for grading of large cross-section coniferous timber species. Holzforschung. Vol. 66, pp. 381-387. DOI: 10.1515/HF.2011.167.
- ARRIAGA F., ÍÑIGUEZ G., ESTEBAN M. 2014. Assessment of strength and stiffness properties using longitudinal stress wave on structural gross cross section timber of radiata pine (*Pinus radiata* D. Don). Proceedings of the 14th International Symposium on Non-destructive Testing of Wood. Shaker Verlag, Germany, pp. 101–110.
- ARRIAGA F., MONTON J., SEGUES E., ÍÑIGUEZ-GONZÁLEZ G. 2014. Determination of the mechanical properties of radiata pine timber by means of longitudinal and transverse vibration methods. Holzforschung. 68(3):299-305. DOI: 10.1515/hf-2013-0087.
- ARRIAGA F., ÍÑIGUEZ G., ESTEBAN M. 2014. Assessment of strength and stiffness properties using longitudinal stress wave on structural gross cross section timber of radiata pine (*Pinus radiata* D. Don). Proceedings of the 14th International

Symposium on Non-destructive Testing of Wood. Shaker Verlag, Germany, pp. 101–110.

- AUNÓS A. (2008). Selvicultura de *Larix* spp. : Compendio de Selvicultura aplicada en España (Serrada R., Montero G., Reque J.A., eds.). Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Agroalimentaria. Madrid. pp. 259-266.
- AY N., TOPALOGLU E., AKPINAR E. 2012. The effects of stem height on the physical properties of European larch (*Larix decidua* Mill.) wood. Innovations in Forest Industry and Engineering Design, November 15-17, Yundola, Bulgaria.
- AZCÓN-BIETO J. Y TALÓN M. 2013. Fundamentos de fisiología vegetal. 2º edición. Publicacions i edicions Universitat de Barcelona. ISBN 978-84-475-3230-8.
- BARISKA M., ROSCH P. 2000. Felling date and shrinkage behavior of Norway spruce. Schweiz. Z. Forstwes. 151(11): 439-443.
- BARLOW, P. W., MIKULECKY, M., & STRESTIK, J. (2010). Tree-stem diameter fluctuates with the lunar tides and perhaps with geomagnetic activity. Protoplasma, 247(1-2), 25-43. <http://dx.doi.org/10.1007/s00709-010-0136-6>.
- BROENDEGAARD, VJ. (1985) Ethnobotany: plants in traditions, history and popular medicine—tree felling and moon phases: superstition or folk-visdom? In: Contributions to ethnomedicine, ethnobotany and ethnozoology. Verl. Mensch und Leben, Berlin, vol 6, pp 82–92 (in German).
- BROWN F.A., CHOW CS. 1973. Lunar-correlated variations in water uptake by bean seeds. Biol Bull 145:265–278.
- BUES C.T., KRETSCHMAR, K. 2008. Moisture content and insect infestation at timber of Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst.), which was harvested at specific moon phases. Forst. Holz. 63(9): 32-36.
- BUNETTI M., BURATO P., CREMONINI C., NEGRO F., NOCETTI M., ZANUTTINI R. 2016. Visual and machine grading of larch (*Larix decidua* Mill.) structural timber from the Italian Alps. Materials and Structures. 49:2681-2688. DOI: 10.1617/s11527-015-0676-5.
- BURMESTER A. (1978A). Annual variations in shrinkage and swelling of Oak wood in living trees. Holz Roh-Werkst 36:157–161 (in German).
- BURMESTER A. (1978B). Annual variations of physical wood properties in an Oak tree (*Quercus robur* L.). Holz Roh-Werkst 36:315–321 (in German).
- CASADO M., ACUÑA L., BASTERRA L.A., RAMÓN-CUETO G., VECILLA D. 2012. Grading of structural timber of *Populus x euramericana* clone I.214. Holzforschung. Vol. 66, pp. 633, 633-638. DOI: 10.1515/hf-2011-0153.
- CHARRON S., JOUREZ B., MARCHAL M., HÉBERT J. 2003. Étude comparative des caractéristiques physiques et mécaniques du bois des mélèzes d'Europe (*Larix decidua* Mill.), du Japon (*Larix kaempferi* (Lambert) Carr.) et de leur hybride (*Larix x eurolepis* Henry). Biotechnol. Agron. Soc. Environ. 7 (1), 5-16.
- CHUI Y.H. AND MACKINNON-PETERS G. 1995. Wood properties of exotic larch grown in eastern Canada and north-eastern United States. The Forestry Chronicle. Vol. 71, No. 5. pp. 639-646.
- COLUNGA VILLAR A. (2008). Determinación de la capacidad resistente de madera estructural de *Populus* sp. Mediante métodos no destructivos. Proyecto fin de carrera. Ingeniería de Montes, ETSIIAA de Palencia. Universidad de Valladolid.

- CRESPO J., AIRA J.R., VÁZQUEZ C., GUAITA M. 2017. Comparative Analysis of the Elastic Constants Measured via Conventional, Ultrasound, and 3-D Digital Image Correlation Methods in *Eucalyptus globulus* Labill. *Bioresources*. Vol. 12, N°2, pp. 3728-3743. DOI: 10.15376/biores.12.2.3728-3743.
- DAHLEN J., MONTES C., EBERHARDT T.L., AUTY D. 2018. Probability models that relate non-destructive test methods to lumber design values of plantation loblolly pine. *Forestry*. 00, 1-12. DOI: 10.1093/forestry/cpy001.
- DELIVEZ A. (1984). Influencia de diversos factores en la calidad de la madera de uso estructural de *Pinus sylvestris* L. *Revista de Investigación Agraria*, 1 (2). P. 41-53.
- DIVOS F., TANAKA T. 1997. Lumber Strength Estimation by Multiple Regression. *Holzforschung*. 51(5):467-471.
- DIVOS F.(2005). Course in Non-Destructive Testing of Wood. Apuntes y presentaciones del curso. Madrid 13 – 16 junio 2005. ETS Ingenieros de montes-ETS Arquitectura, UPM, Madrid.
- DORDA G. (2004). Sun, earth, moon—the influence of gravity on the development of organic structures. Part II: the influence of the moon. *Sudetendeutsche Akademie der Wissenschaften und Künste, München*, vol 25, pp 29–44.
- DUVOISIN J., Lab: Laborantzako liburua edo bi aita semeen solasak laborantzaren gainean. Baiona, 1858 (ed. facsímil, Donostia, 1978).
- ENDRES K.P., SCHAD W.(1997). Biology of the moon. Moon periodicities and life rhythms. S. Hirzel Verlag, Stuttgart, 308 pp (in German).
- FERNANDEZ-GOLFÍN J.I., DIEZ M.R. 2000. Caracterización de la madera de *Pinus nigra subsp salzmanii*. Memoria fin de proyecto. Documento interno.
- FERNANDEZ-GOLFÍN J.I., DIEZ M. R., HERMOSO E. 2001. Análisis y estado del arte de la técnica de clasificación mecánica por máquina de la madera aserrada estructural (Revisión). *Revista de Investigación Agraria*, 10 (1). P. 5-20.
- FERNANDEZ-GOLFÍN J. L.; DIEZ M. R.; HERMOSO E.; MIER, R. (2003). Manual de clasificación de madera. AITIM. ISBN: 84-87381-26-X.
- FERNANDEZ ORDIZ, A., SANCHEZ M., SANTA CLARA O., GUATIA M. 2009. Los métodos sónicos y la calidad estructural de madera aserrada. Aplicación a *Pseudotsuga menziesii*. 5º Congreso Forestal Español. 21 -25 sep.
- FERNÁNDEZ A., SÁNCHEZ M., SANTA CLARA O., GUAITA M. 2009. Los métodos sónicos y la calidad estructural de madera aserrada. Aplicación a *Pseudotsuga menziesii*. 5º Congreso Forestal Español.
- FOWLER D.P., SIMPSON J.D., PARK Y.S. AND SCHNEIDER M.H. 1988. Yield and Wood Properties of 25-year-old Japanese Larch of Different Provenance in Eastern Canada. *The Forestry Chronicle*. Scientific Technical Articles. December 1988, pp. 475-479.
- FROMPONG-MENSAH K. 1987. Fibre length and basic density variation in the wood of Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst.) from northern Norway. *Communications of the Norwegian Forest Research Institute* 40(1): 1–25.
- GÄUMANN E.(1930). Research on the influence of the felling time on the wood properties of Norway Spruce and Silver Fir. 2. Teil. Beiheft Nr.5, *Zeitschriften des Schweizerischen Forstvereins*, 155 pp (in German).

- GOIA R. DE OLIVEIRA F., PLETZ E., SALES A. 2002. Assessment of mechanical properties of Wood using an ultrasonic Technique. 13th International Symposium on Nondestructive Testing of Wood.
- GORJAS GARCÍA J., CARDIEL LÓPEZ N., ZAMORANO CALVO J. 2011. Estadística básica para el estudiante de ciencias. Departamento de Astrofísica y Ciencias de la Atmósfera. Facultad de Ciencias Físicas. Universidad Complutense de Madrid.
- GRACIA C. (2004). Inventari Ecològic i Forestal de Catalunya. Catalunya. CREAM, Barcelona.
- HAKKILA P. 1966. Investigation on the basic density of Finnish pine, spruce and birch wood. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 61(5). 98 p.-1979. Wood density surveys and dry weight tables for pine, spruce and birch stems in Finland. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 96(3). 59 p.
- HAUSER A. (1973). Rural rules. A Swiss collection with comments. Artemis Verlag, Zürich, 710 pp (in German).
- HEGER L. 1974. Longitudinal variation of specific gravity in stems of black spruce. Balsam fir, and lodgepole pine. *Canadian Journal of Forest Resource* 4(3): 321–326.
- HERMOSO E., FERNANDEZ GOLFÍN J. I., DIEZ M. R. 2003. Análisis del factor de altura k_h en la madera aserrada estructural de pino silvestre. *Revista de Investigación Agraria*, 11 (2). P- 441-448.
- HOLZKNECHT K. (2002). Electrical potential in the sapwood of Norway spruce (*Picea abies* L.) and stone pine (*Pinus cembra* L.) and their relationship with climate and lunar phase. Phd thesis G0443. Physiology, Universitaet Innsbruck, Naturwissenschaftliche Fakultaet, Institut fuer Botanik, 124 pp (in German, English summary).
- HOLZKNECHT K., ZÜRCHER E. (2006). Tree stems and tides—a new approach and elements of reflexion. *Schweiz Z Forstwes* 157(6):185–190.
- IKEDA K. (2006). Green moisture content of sugi (*Cryptomeria japonica*) felled at the new of the moon and the full of the moon in every month. *Bull. Shizuoka Prefecture Forestry Forest Prod. Res.* 34: 25-30.
- INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN Y TECNOLOGÍA AGRARÍA Y ALIMENTARIA (INIA). 2011. Informe del desarrollo del proyecto sobre caracterización mecánica de vigas de gruesa escuadría de pino radiata del País Vasco. Mesa Intersectorial de la Madera y Diputación Foral de Bizkaia.
- IÑIGUEZ G. (2007). Clasificación mediante técnicas no destructivas y evaluación de las propiedades mecánicas de la madera aserrada de coníferas de gran escuadría para uso estructural. Tesis Doctoral. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes. Universidad Politécnica de Madrid.
- IÑIGUEZ G., ARRIAGA F., ESTEBAN M., LLANA D.F. 2015. Reference conditions and modification factors for the standardization of non-destructive variables used in the evaluation of existing timber. *Construction and Building Materials*. 101, 1166-1171. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2015.05.128.

- ÍÑIGUEZ-GONZÁLEZ G., BARRIOLA M.J., ZURCHER E. 2015. Influence of the moon phase on stress wave velocity and structural timber properties. General Technical Report FPL-GTR-239. Proceedings: 19th International Nondestructive Testing and Evaluation of Wood Symposium.
- JAHN E. (1982). Studies on the attack of spruce trees by bark beetles in connection with moon phases during the period of cutting. Anz.Schaedlingskd. Pflanzenschutz Umweltschutz 55(10):145–149.
- JUNG-KWON O., KWANG-MO K., JUN-JAE L. 2010. Use of adjacent knot data in predicting bending strength of dimension lumber by x-ray. Wood and Fiber Science. 42 (1), pp. 10-20.
- KESSEL M.H., PLINKE B., AUGUSTIN R., HUSE M.1998. Strength grading of construction timber with large cross sections. Proceedings of the 5th World Conference on Timber Engineering. Montreaux, Switzerland. 17-20 august 1998. Vol. 1. 557-562.
- KLEIN G. (2007). Farewell to the internal clock. A contribution in the field of chronobiology. Springer, New York, 116 pp Kleinhoonte A (1932) Research on the autonomous movements of the primary leaves of *Canavalia ensiformis* DC. Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik 75:679-725 (in German).
- LLANA D F., INIGUEZ-GONZALEZ G., MONTON J., ARRIAGA, F. 2018. In-situ density estimation by four nondestructive techniques on Norway spruce from built-in Wood structures. Holzforschung. 72(10): 871–879. DOI: 10.1515/hf-2018-0027.
- MACHADO J.S., SARDINA R., CRUZ H. 1998. Evaluation of lengthwise variation of mechanical properties by ultrasound. Proceedings of the 5th World Conference on Timber Engineering. Montreaux, Switzerland. 17- 20 August 1998. Vol. 2. P. 304-311.
- MACHADO J.S., SARDINHA R.A., CRUZ H P. 2004. Evaluation of lengthwise variation of knots in maritime pine timber by acousto-ultrasonic scanning. Wood Science and technology, 38 (4). P. 277-284.
- MACHADO J.S., CRUZ H.P. 2005. Within stem variation of Maritime pine timber mechanical properties. Holz als Roh-und Werkstoff 63 (2): 154-159.
- MANRIQUE F.J. (2010). Determinación de la capacidad resistente en madera estructural de escuadría de *Populus x euramericana i-214* mediante métodos de vibración inducida y ultrasonido. Proyecto fin de carrera. Ingeniería de montes, ETSIIAA de Palencia. Universidad de Valladolid.
- MALHOTRA V. M., CARINO N.J. 2003. Handbook on Nondestructive Testing of Concrete. CRC Press, 2nd edition. 384 p.
- MARCHAL M. and JACQUES D. 1999. Évaluation de deux méthodes acoustiques de détermination du module délasticité de bois de mélèze hybride jeune (*Larix x eurolepis* Henry) - comparaison avec une méthode normalisée en flexion statique. Ann. For. Sci. 56: 333-343.
- MARTIN VICENTE R. (2009). Determinación de la capacidad resistente en madera estructural de *populus x euramericana I-214* mediante ultrasonidos. Proyecto final de carrera. Ingeniería de Montes, ETSIA de Palencia. Universidad de Valladolid.

- MARTINS C.E.J., DÍAS A.M.P.G., MARQUES A.F.S., DÍAS A.M.A. 2017. Non-Destructive methodologies for assessment of the mechanical properties of new utility poles. *Bioresources*. 12(2), 2269-2283. DOI: 10.15376/biores.12.2.2269-2283.
- MONTON J. (2012). Clasificación estructural de la madera de *Pinus radiata* D. Don. Procedente de Cataluña mediante métodos no destructivos y su aplicabilidad en la diagnosis estructural. Tesis Doctoral. Escola tècnica superior d'arquitectura de barcelona. Universitat Politècnica de Catalunya.
- MONTERO M.J., DE LA MATA J., ESTEBAN M., HERMOSO E. 2015. Influence of moisture content on the wave velocity to estimate the mechanical properties of large cross-section pieces for structural use of scots pine from Spain. *maderas-Ciencia y Tecnología*. Vol. 17, 2, pp. 407-420. DOI: 10.4067/S0718-221X2015005000038.
- MORIGUCHI K., SCHIBATA N., IMAI M., YAMANOUCHI M., YOSHIDA T. 2016. Optimizing the parameters of a knot assesment model base don the visual grading of JAS of lumber. *The Japan Wood Research Society. J-Stage*. Vol 62, No 4, p. 133-145. DOI: 10.2488/jwrs.62.133.
- NAVI P., HEGER F. (2005). Thermo-hydromechanical behavior of wood. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Lausanne, 298 pp (in French).
- NIEMZ P., KUCERA L.J. 2000. Influence of the felling date in essential properties of Norway spruce—An investigation of published theses. *Schweiz. Z. Forstwes*. 151(11):444–450.
- PAUNGER J., THOMAS P., 1996. *Vivir con la luna*.
- PELLERIN R.F., ROSS, R.J. 2002. *Nondestructive evaluation of wood*. Forest Products Society. Madison, WI, USA. 210 p.
- PEMÁN GARCÍA J., NAVARRO R., NICOLÁS JL., PRADA M.A, SERRADA R. 2012. *Producción y manejo de semillas y plantas forestales Tomo I*, Publisher: Organismo Autónomo Parques Nacionales, P.707-717.
- REPOLA J. 2006. Models for vertical wood density of Scots pine, Norway spruce and Birch stems, and their application to determine average wood density. *Silva Fennica* 40 (4): 673-685.
- RESTREPO J. 2003. *El sol nocturno en los trópicos y su influencia en la agricultura*.
- RODRIGO B.G., ESTEBAN, L.G. DE PALACIOS, P., FERNÁNDEZ, F.G., CASASÚS, A.G. 2013. Variation throughout the tree stem in the physical-mechanical properties of the wood of *Abies alba* Mill. from the Spanish Pyrenees. *Madera y Bosques* 19 (2): 87-107.
- RÖSCH P. (1999). Research on the influence of the moon phase-related felling date on the drying process and shrinkage of Norway Spruce-wood (*Picea abies* Karst.). Diploma thesis, Swiss Federal Institute of Technology, Wood Sciences, Zuřich, 42 pp (in German, English summary).
- ROSS R. J., HUNT, M. O., WANG, X., SOLTIS L. A. 2001. Floor vibration: a possible assessment method for historic buildings. *APT Bulletin, The Journal of Presrvation Technology*. Vol. XXII, 2-3. P. 23-25.
- SÁENZ GONZALEZ, C. (2008). Caracterización mecánica de rollizos descortezados de *Pinus nigra* para uso estructural. Trabajo fin de carrera. Ingeniería técnica forestal, EUIA Soria. Universidad de Valladolid.

- SÁENZ GONZALEZ C. (2011). Caracterización físico mecánica y estructural de madera de *Populus x euramericana I-214*. Respuesta a ensayos no destructivos. Trabajo fin de carrera. Ingeniería de montes, ETSIAA de Palencia. Universidad de Valadolid.
- SEELING U. (1998). Doesn't non-wood shrink and burn?. AFZ/Der Wald, Allg. Forst Z. Waldwirtschaft Umweltvorsorge. 53(26): 1599-1601.
- SEELING U. (2000). Selected wood properties of Norway spruce *Picea abies* (L.) Karst and its dependence on the date of felling. Schweiz. Z. Forstwes. 151(11): 451-458.
- SHEARER R.C., 2008. *Larix P. Mill.* En: The woody plant seed manual (Bonner F.T., Karrfalt R.P., eds.). United States Department of Agriculture, Forest Service, Agriculture Handbook 727, Washington. pp. 637-647.
- SPURR, S.H. & HSIUNG, W.-Y. 1954. Growth rate and specific gravity in conifers. Journal of Forestry 52(3): 191–200.
- TAKASHI T., TAKEO H. 1999. Differences of tensile strength distribution between mechanically high-grade and low-grade Japanese larch lumber II: Effect of knots on tensile strength distribution. Journal of Wood Science. 45:207-212. DOI: 10.1007/BF01177727.
- TAKEDA T. and HASHIZUME T. 1999. Differences of tensile strength distribution between mechanically high-grade and low-grade Japanese larch lumber I: Effect of length on the strength of lumber. Journal of Wood Science, 45:200-206.
- TRIEBEL J. (1998). Moon phase-dependent tree-felling—a literature survey and research on some properties of Norway Spruce (*Picea abies* Karst.). Technical University of Dresden, Forest Sciences, Tharandt, 108 pp (in German).
- VEGA A., DIESTE A., GUAITA M., MAJADA J., BAÑO V. 2011. Modelling of the mechanical properties of *Castanea sativa* Mill. structural timber by a combination of non-destructive variables and visual grading parameters. European Journal of Wood and Wood Products. DOI: 10.1007/s00107-012-0626-7.
- VEGA A. (2013). Caracterización mecánica de la madera estructural de *Castanea sativa* Mill. Clasificación visual y evaluación mediante métodos no destructivos. Dissertation. Universidad de Santiago de Compostela.
- VIGNOTE S., JIMENÉZ F.J. 1999. Tecnología de la madera. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA). ISBN: 84-491-0293-6.
- VIGNOTE S., JIMÉMEZ F.J. 2006. Tecnología de la madera. Ediciones Mundi Prensa. ISBN: 84-8476-263-7.
- VIGNOTE S. (2014). Principales maderas de coníferas en España características, tecnología y aplicaciones.
- VILLANUEVA J. L. (2009). Caracterización mecánica de rollizos de Sabina (*Juniperus thurifera* L.) de Castilla y León. Prueba de clasificación visual y evaluación mediante resonancia. Proyecto final de carrera. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agraria de Lleida. Universidad de Lleida.
- VILLASANTE A., VIGNOTE, S., FERRER D. 2010. Influence of the Lunar Phase of Tree Felling on Humidity, Weight Densities, and Shrinkage in Hardwoods (*Quercus humilis*). Forest Products Journal. 60(5): 415-419.

- VOGT K.A., BEARD KH., HAMMANN S., O'HARA PALMIOTTO J., VOGT D.J., SCATENA F.N., HECHT B.P. 2002. Indigenous knowledge informing management of tropical forests: the link between rhythms in plant secondary chemistry and lunar cycles. *Ambio* 31(6):485–490.
- WAHLGREN H.E., HART, A.C. & MAEGLIN, R.R. 1966. Estimating tree specific gravity of Maine conifers. USDA Forest Service, Forest Products Laboratory, Research Paper FPL-61. 22 p.
- WANG X., WACKER J.P., MORISON A.M., FORSMAN J.W., ERIKSON J.R., ROSS, R J. 2005a. Nondestructive assessment of single-span timber bridges using a vibration-based method. USDA Forest Service, Research Paper FPL-RP-627. Forest Products Laboratory. P. 113-121.
- WANG X., WACKER J.P., ROSS R.J., BRASHAW B.K.; VALTARO R.2005B. Development of flexural vibration techniques to rapidly asses the structural health of timber bridges systems. Proceedings of the 14th International Symposium on Nondestructive Testing of Wood. Hannover, 2-4 May 2005. Published by Shaker Verlag, Germany. P. 113-121.
- WANLI L., HAIQING R., ZHAOHUI W., XIUQIN L. 2012. Mechanical grading of structural Larch dimensión lumber. *Key Engineering Materials*. Vol. 517, pp. 683-688. DOI: 10.4028/www.scientific.net/KEM.517.683.
- WAZNY J., K. J. KRAJEWSKI, 1984. Seasonal changes in the resistance of Scots pine to wood-destroying fungi. *Holz Roh- Werkst.* 42(2):55–58.
- YANG B.Z., SEALE R.D., SHMULSKY R., DAHLEN J., WANG X. 2015. Comparison of non-destructive testing methods for evaluating no. 2 southern pine lumber: part A, modulus of elasticity. *Wood and Fiber Science*. 47(4), pp. 375-384.
- YANG B.Z., SEALE R.D., SHMULSKY R., DAHLEN J., WANG X. 2017. Comparison of non-destructive testing methods for evaluating no. 2 southern pine lumber: part B, modulus of rupture. *Wood and Fiber Science*. 49(2), pp. 134-145.
- ZOBEL B.J. AND J. P. VAN BUIJTENEN. 1989. *Wood variation: its causes and control*. Springer Verlag, Berlin, Germany. 363 p.
- ZHU JJ., NAKANO T., HIRAKAWA Y (2000). Effects of radial growth rate on selected indices for juvenile and mature wood of the Japanese larch. *J Wood Sci* 46:417–422.
- ZÜRCHER E., CANTIANI M-G., SORBETTI GUERRI F., MICHEL D. 1998. Tree stem diameters fluctuate with tide. *Nature* 392:665–666.
- ZÜRCHER E.(2000). Moon-related traditions in forestry and corresponding phenomena in tree biology. *Schweiz. Z. Forstwes.* 151(11): 417-424.
- ZÜRCHER E., MANDALLAZ D. 2001. Lunar synodic rhythm and wood properties: traditions and reality. Experimental results on Norway Spruce (*Picea abies* Karst.). In: Proceedings of the 4th international symposium, Tree Biology and Development. Isabelle Quentin Publication, Montreal, pp 244–250.
- ZÜRCHER E. (2003). Drying and weathering behavior of Norway spruce *Picea abies* Karst wood felled according to moon phases. *Schweiz. Z. Forstwes.* 154(9): 351-359.

- ZÜRCHER E. (2008). Les Plantes et la Lune—traditions et phénomènes. In: Halle´ F (ed) Aux Origines des Plantes—Des plantes anciennes à la botanique du XXIe` siècle. Arthe`me Fayard, Paris, pp 388–411.
- ZÜRCHER E., SCHLAEPFER R., CONEDERA M., GIUDICI F. 2009. Looking for differences in wood properties as a function of the felling date: Lunar phase-correlated variations in the drying behavior of Norway Spruce (*Picea abies* Karst.) and Sweet Chestnut (*Castanea sativa* Mill.). *Trees—Structure and Function* 24:31–41. Published online. August 26, 2009. DOI:10.1007/s00468-009-0376-2.
- ZÜRCHER E., SCHLAEPFER R., CONEDERA M., GIUDICI F. 2010. Looking for differences in wood properties as a function of the felling date: lunar phase-correlated variations in the drying behavior of Norway Spruce (*Picea abies* Karst.) and Sweet Chestnut (*Castanea sativa* Mill.). *Trees-Structure and Function*. 24(1): 31-41.
- ZÜRCHER E., ROGENMOSER C., SOLEIMANY KARTALAEI A., RAMBERT D. 2012. Reversible Variations in Some Wood Properties of Norway Spruce (*Picea abies* Karst.), Depending on the Tree Felling Date. In: *Spruce: Ecology, Management and Conservation*. Eds. Nowak, K.I. and Strybel, H.F. Nova Science Publishers, Hauppauge, New York 2012; 75-94.

9.2 NORMATIVA

- AENOR 2011. Documento de aclaraciones en la caracterización estructural de madera aserrada. Comité Técnico de Normalización madera y Corcho- Subcomité 6: “Estructuras de madera”.
- BS 4978:2007+A2:2017. Visual strength grading of softwood. Specification. Instituto de Normalización Británico (BSI), Londres, Reino Unido.
- Código Técnico de la Edificación. Ministerio de Vivienda. 2006.
- Directiva 89/106/CE de productos de construcción. 1989.
- EN 518:1996. Structural timber grading. Requirements for visual strength grading standards. Comité Europeo de Normalización (CEN), Bruselas, Bélgica.
- EN 942:2007. Timber in joinery. General requirements. Comité Europeo de Normalización (CEN), Bruselas, Bélgica.
- EN 1309-3:2018. Round and sawn timber. Methods of measurements. Features and biological degradations. Comité Europeo de Normalización (CEN), Bruselas, Bélgica.
- EN 1310:1997. Round and sawn timber. Method of measurement of features. Comité Europeo de Normalización (CEN), Bruselas, Bélgica.
- EN 1912:2012. Structural Timber. Strength classes. Assignment of visual grades and species. Comité Europeo de Normalización (CEN), Bruselas, Bélgica.
- EN 14081-1:2016. Timber structures. Strength graded structural timber with rectangular cross section. General requirements. Comité Europeo de Normalización (CEN), Bruselas, Bélgica.
- NF B 52001-1:2018. Regles d’utilization du bois dans construction. Classement visual pour l’emploi en structures des bois sciés français résineux et feuillus. Asociación Francesa de Normalización (AFNOR), París, Francia.
- UNE 56544:2011. Clasificación visual de la madera aserrada para uso estructural. Madera de coníferas. Asociación Española de Normalización (UNE), Madrid, España.
- UNE 56546:2013. Clasificación visual de la madera aserrada para uso estructural. Madera de frondosas. Asociación Española de Normalización (UNE), Madrid, España.
- UNE-EN 338:2016. Madera estructural. Clases resistentes. Asociación Española de Normalización (UNE), Madrid, España.
- UNE-EN 384:2016 Madera estructural. Determinación de los valores característicos de las propiedades mecánicas y la densidad. Asociación Española de Normalización (UNE), Madrid, España.
- UNE-EN 408:2011+A1:2012. Estructuras de madera. Madera aserrada y madera laminada encolada para uso estructural. Determinación de algunas propiedades físicas y mecánicas. Asociación Española de Normalización (UNE), Madrid, España.
- UNE-EN 1309-3:2018. Madera aserrada y madera en rollo. Métodos de medida. Asociación Española de Normalización (UNE), Madrid, España.

- UNE-EN 13183-1/AC:2004. Contenido de humedad de una pieza de madera aserrada. Parte 1: Determinación por el método de secado en estufa. Asociación Española de Normalización (UNE), Madrid, España.
- UNE-EN 13183-2: 2002. Contenido de humedad de una pieza de madera aserrada. Parte 2: Estimación por el método de resistencia eléctrica. Asociación Española de Normalización (UNE), Madrid, España.
- UNE-EN 14081-1:2016. Estructuras de madera. Madera estructural con sección transversal rectangular clasificada por su resistencia. Parte 1: Requisitos generales. Asociación Española de Normalización (UNE), Madrid, España.
- UNE-EN 14081-2:2019. Estructuras de madera. Madera estructural con sección transversal rectangular clasificada por su resistencia. Parte 2: Clasificación mecánica. Requisitos complementarios para el ensayo inicial de tipo. Asociación Española de Normalización (UNE), Madrid, España.
- UNE EN 14081-3:2012+A1:2019. Estructuras de madera. Madera estructural con sección transversal rectangular clasificada por su resistencia. Parte 3: Clasificación mecánica. Requisitos complementarios para el control de producción en fábrica. Asociación Española de Normalización (UNE), Madrid, España.
- UNE-EN 14358:2016. Estructuras de madera. Determinación y verificación de los valores característicos. Asociación Española de Normalización (UNE), Madrid, España.
- UNI 11035-2:2010. Classificazione a vista dei legnami secondo la resistenza meccanica. Ente Nacional Italiano de Unificación (UNI), Roma, Italia.

ANEXO I.

LA INFLUENCIA DE LA LUNA. SABIDURÍA POPULAR

Índice

1	INTRODUCCIÓN. CICLO LUNAR.....	158
2	LA INFLUENCIA DE LAS FASES LUNARES EN ARBOLES Y PLANTAS SEGÚN LA SABIDURIA POPULAR	162
3	EPOCA ADECUADA PARA LA CORTA DE MADERA EN EL PAIS VASCO Y NAVARRA.....	166
4	PERSONAS ENTREVISTADAS.....	172

Índice de figuras y tablas

Figura Al.1. Imagen del ciclo lunar (Restrepo, 2005).	160
Figura Al.2. Flujos de savia según la fase lunar (Restrepo, 2005).	163
Figura Al.3. Detalle de los periodos extensivos de “aguas arriba” y “aguas abajo” en la fase lunar (Restrepo, 2005).	163
Figura Al.4. Fermín Leizaola.	172
Figura Al.6. Juanxto Barriola Zabaleta.....	174
Figura Al.7. Miguel Barriola Zabaleta.....	175
Figura Al.8. Miguel Mindeguía.	176
Figura Al.9. Patxi Astibia.	177
Figura Al.10. Jagoba Rekondo.....	178
Figura Al.11. Enrique Bildárraz.	179
Figura Al.12. José Miguel Larrañaga.	180
Figura Al.13 Ramón Astiz.	181
Figura Al.14. Donato Larretxea.	182
Figura Al.15. Panttaleon Errandonea.....	183
Figura Al.16. Kontxi y Pilar.	184
Figura Al.17. Miguel Elozegi.	185
Figura Al.18. Xabi Agote.	186
Figura Al.19. Jairo Restrepo.	187
Figura Al.20. Ernst Zürcher.	188
Figura Al.21. Alvaro Aragon.	189
Figura Al.22. Gabriel Saralegi.....	190
Tabla Al.1. Cortas de madera adecuadas según fase lunar y especie.	171

1 INTRODUCCIÓN. CICLO LUNAR

En todo el mundo, los agricultores, artesanos y granjeros han observado cuidadosamente las fases de la luna, especialmente durante la siembra, cosecha o recolección de plantas y este acervo cultural y transmisión oral ha perdurado durante siglos hasta nuestros días.

Gaius Plinius Secundus, o Plinio el Viejo (23-79 dC), fue un conocido autor y respetado naturalista que escribió *Naturalis Historia*, el estudio más completo de la historia natural para sobrevivir del Imperio Romano. Durante su vida, aconsejó a los granjeros romanos que recolectaran fruta en la luna llena para el mercado, ya que pesaría más y la recogieran en la luna nueva para consumo personal, ya que esa fruta almacenaría mejor. Plinio también recomendó que se cortaran los árboles madereros en la luna nueva (Cole, 2010).

El rey Luis XIV aprobó una orden real durante su reinado indicando que la tala de madera sólo debería ocurrir durante una luna menguante (el período de tiempo después de la luna llena) entre la caída de las hojas y la nueva estación de crecimiento. En ocasiones, estas recomendaciones y órdenes quedan reflejadas incluso en la legislación forestal (Triebel, 2000).

Las prácticas tradicionales relacionadas con el uso de madera en Europa todavía existen hoy en día, especialmente en las industrias artesanales y en la producción de productos especiales como cajas de queso, barriles de vino, tejas de madera, chimeneas de madera y madera para instrumentos musicales.

La influencia que ejerce la luna sobre diferentes aspectos biológicos es un tema tratado desde antiguo y queda reflejado en escritos, desde Theophrastus (372-287 a.C) a Catón el antiguo (234-149 a.C.). Uno de los efectos que más interés presenta en el ámbito forestal es la posible relación entre la época de tala de un árbol y las características de la madera obtenida.

En el País Vasco, ya en la agricultura ancestral, la observación del sol, la luna y otros astros eran prácticas habituales. Esta observación, junto con la experiencia, han sido el origen de la sabiduría popular transmitida de generación en generación, quedando en la actualidad reminiscencias de aquellos conocimientos.

Este acervo de sabiduría popular, es parte de la cultura local relacionada con las faenas del campo en general y con las relacionadas con el mundo de la madera en particular, sea para su utilización en la construcción, como fuente energética, etc., si bien debe indicar que dicho conocimiento o convencimiento, se ha obtenido empíricamente a lo largo de las décadas y los siglos.

No debe olvidarse que estos conocimientos empíricos se obtuvieron cuando no existían los modernos sistemas de producción y tratamiento de los productos, en el tiempo en que todo estaba al albur de lo que la propia naturaleza podía ofrecer.

Hoy en día, la denominada agricultura biodinámica procura la práctica, la persistencia y el buen hacer de todos aquellos conocimientos basados en esta antigua conexión existente entre las energías del cielo y de la tierra. Así, es ya habitual encontrar en el mercado calendarios lunares biodinámicos que orientan sobre los mejores momentos para la realización de las diversas labores del huerto, dependiendo de las fases lunares, aspectos planetarios, etc.

Para comprender los calendarios lunares es necesario conocer cómo transcurren las fases de la luna, la cual precisa de 29 días, 12 horas y 44 minutos para culminar su recorrido celeste alrededor de la tierra, y comienza con la Luna Nueva.

A la secuencia dinámica de la aparición completa de todas las fases de la luna se le denomina “ciclo lunar”. En términos de tiempo, el periodo que transcurre entre dos mismas fases consecutivas de la luna se denomina “mes sinódico” y constituye la base de los primeros calendarios de la humanidad.

Los fenicios disponían de un calendario lunar para celebrar la llegada de cada luna nueva. Ellos suponían que los planetas estaban subordinados al sol (Arochi, 1987).

Los babilonios tenían un año lunar de 354 días. Se regían por un año de doce meses lunares y posteriormente agregaron un mes adicional, para estar en concordancia con la sucesión de las estaciones y las consecuencias de la vida cotidiana. Los días múltiplos del 7 (14, 21, y 28) del mes lunar eran considerados nefastos y en esos días estaba considerado prohibido a ciertas personas realizar determinadas actividades. El intervalo de siete días en el mes babilónico supone una división del tiempo, semejante a los siete días de la semana del actual calendario gregoriano (Restrepo, 2005).

Los egipcios tenían un año que constaba de 365 días y no tenían año bisiesto. El año egipcio se dividía en doce meses de treinta días, más los cinco del Año Nuevo (Restrepo, 2005).

Para comprender mejor este fenómeno, en la figura A1.1 se representan las principales posiciones de la luna durante su recorrido. Además, se describen a continuación las diferentes fases por las que pasa el astro, tal y como las describe Jairo Restrepo en su libro “La luna. El sol nocturno en los trópicos y su influencia en la agricultura” (Restrepo, 2005).

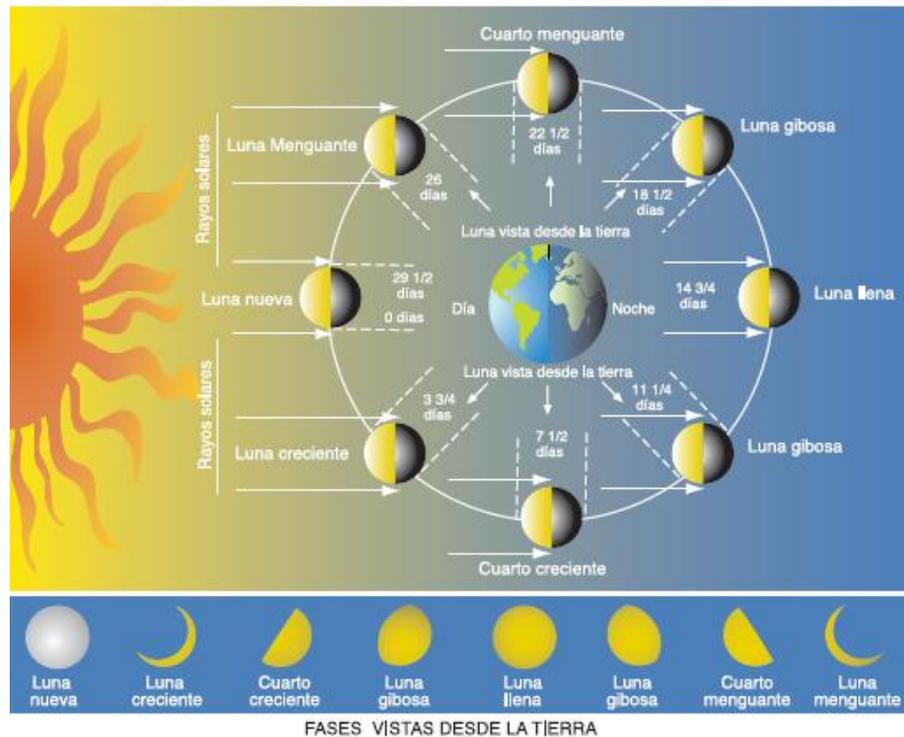


FIGURA A1.1. IMAGEN DEL CICLO LUNAR (RESTREPO, 2005).

Luna nueva o novilunio: es la fase en la que la luna se interpone entre la tierra y el sol. La luz solar cae por completo sobre la cara oculta y la cara próxima a la tierra queda totalmente a oscuras y no se ve desde la tierra. A este período también se le conoce como “conjunción”. La luna y el sol pueden estar en conjunción solamente una vez por mes, pero en cada luna nueva, el sol y la luna se encuentran en un punto diferente del firmamento y solamente ocho años después vuelven a hallarse exactamente en el mismo lugar.

Primera fase del cuarto creciente: es la fase en la que la luna camina hacia la fase de cuarto creciente y se ve próxima al sol (3 ó 4 días después de la luna nueva).

Luna creciente: en esta fase, la luna ya ha recorrido un cuarto de su órbita y desde la tierra se ve la mitad iluminada. También se dice que la luna está en “cuadratura” porque las rectas que respectivamente unen a la tierra con la luna y el sol forman un ángulo de 90° (este fenómeno acontece aproximadamente una semana después de la luna nueva).

Luna gibosa creciente: Tres o cuatro días después del primer cuarto el sol ilumina casi toda la cara más próxima de la luna hacia la tierra.

Luna llena o plenilunio: Cuando la luna está detrás de la tierra (pero no en su sombra) y el sol ilumina totalmente la cara de la luna más próxima a la tierra, entonces vemos una “luna llena”; este período también es conocido como el momento en que la luna se halla en oposición, es decir, la tierra se encuentra entre la luna y el sol, el cual ilumina

con sus rayos totalmente la cara de la luna que está dirigida hacia nuestro planeta. Es el momento de la máxima luminosidad lunar, apareciendo al Este exactamente cuando el sol se está ocultando en el Oeste.

Luna gibosa menguante: es el momento cuando la luna comienza a “encogerse” o a menguar pocos días después del plenilunio. Parte de la cara iluminada comienza a desaparecer de nuestra vista.

Cuarto menguante: en este momento la luna está retrayéndose en línea con el sol. Ha recorrido tres cuartos de su órbita y solamente es visible por la mañana. La luna está nuevamente en cuadratura formando un ángulo de 90° , esta vez por el lado opuesto al anterior y el astro va tomando la forma de una “C”.

Luna menguante: es el momento antes del nuevo ciclo hacia el siguiente novilunio, donde se aprecia el disco menguante alzarse justamente delante del sol para luego comenzar un nuevo ciclo.

La luna antes de concluir el ciclo completo de sus fases, para que vuelva a ser luna nueva, ha dado una vuelta completa alrededor de la tierra, mientras ha girado sobre su eje durante ese mismo tiempo, por lo que vuelve a ofrecer a la tierra la misma cara.

2 LA INFLUENCIA DE LAS FASES LUNARES EN ARBOLES Y PLANTAS SEGÚN LA SABIDURIA POPULAR

La fuerza de atracción de la luna, más la del sol, sobre la superficie de la tierra en determinados momentos ejerce un elevado poder de atracción sobre todo líquido que se encuentre en la superficie terrestre, con amplitudes muy diversas según sea la naturaleza, el estado físico y la plasticidad de las sustancias sobre las que actúan estas fuerzas. Así, en determinadas posiciones de la luna el agua de los océanos asciende hasta alcanzar una altura máxima, para descender a continuación hasta un nivel mínimo, manteniéndose regular y sucesivamente esta oscilación (Restrepo, 2005).

Parece ser que este fenómeno se hace sentir en la savia de las plantas, iniciándose el proceso de su influencia desde la parte más elevada para ir descendiendo gradualmente a lo largo de todo el tallo, hasta llegar al sistema radical (Frier, 1986). Este fenómeno se observa con menor intensidad cuando está relacionado con plantas de elevado porte y recios troncos, provistos de numerosos canales de irrigación entrelazados entre sí; o en plantas de escasa altura donde es muy corta la distancia entre la capa vegetal y la raíz; pero se manifiesta muy claramente en aquellos vegetales de tallo elevado, con escasos canales para la circulación de la savia y escasa comunicación entre ellos. El influjo lunar beneficia el desarrollo y el crecimiento de forma muy acusada en muchas plantas, entre las cuales se destacan las trepadoras, buganvillas o veraneras, rosales, leguminosas, glicinias, etc. (Zürcher, 1992).

Por otro lado, también se cree que en algunos vegetales la floración sigue el ritmo del flujo y el reflujo de las mareas y ciertos árboles que se cultivan para la obtención de jugos azucarados también siguen el ritmo de las mismas, siendo abundante mientras se produce el flujo y haciéndose más escaso en el reflujo de la marea (Zürcher et al., 1998).

Botánicos japoneses, filipinos, ingleses y malayos, que durante décadas han estudiado detalladamente los fenómenos que se producen en el crecimiento de ciertos tipos de bambú, han comprobado que algunas de estas especies del sudeste asiático llegan a crecer entre 50 y 60 centímetros diarios; por ejemplo, en cierta ocasión un científico cronometró el crecimiento de 1,24 metros del bambú madake japonés en 24 horas. La acción de la luna, o más concretamente como ellos lo afirman, la acción de las mareas, se manifiesta en forma muy visible, dado que el crecimiento es mucho más rápido durante el flujo y experimenta un retraso durante el reflujo. La causa se debe a la atracción lunar, que establece un ritmo de presión y depresión de la savia en estos vegetales (O'Hara, 1996).

En las figuras AI.2 y AI.3 se muestran los flujos de savia y los periodos extensivos de "aguas arriba" y "aguas abajo" (Restrepo, 2005).

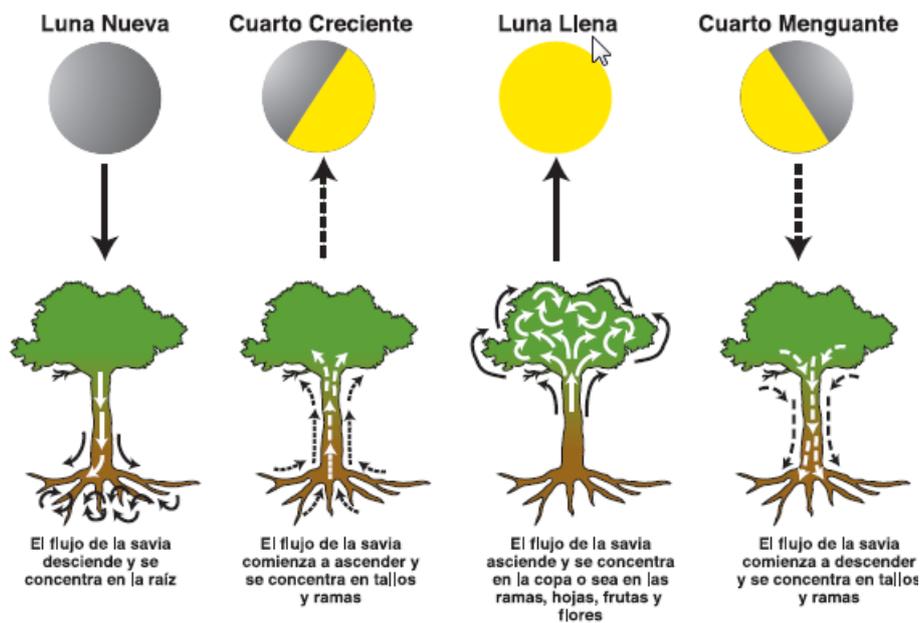


FIGURA AI.2. FLUJOS DE SAVIA SEGÚN LA FASE LUNAR (RESTREPO, 2005).

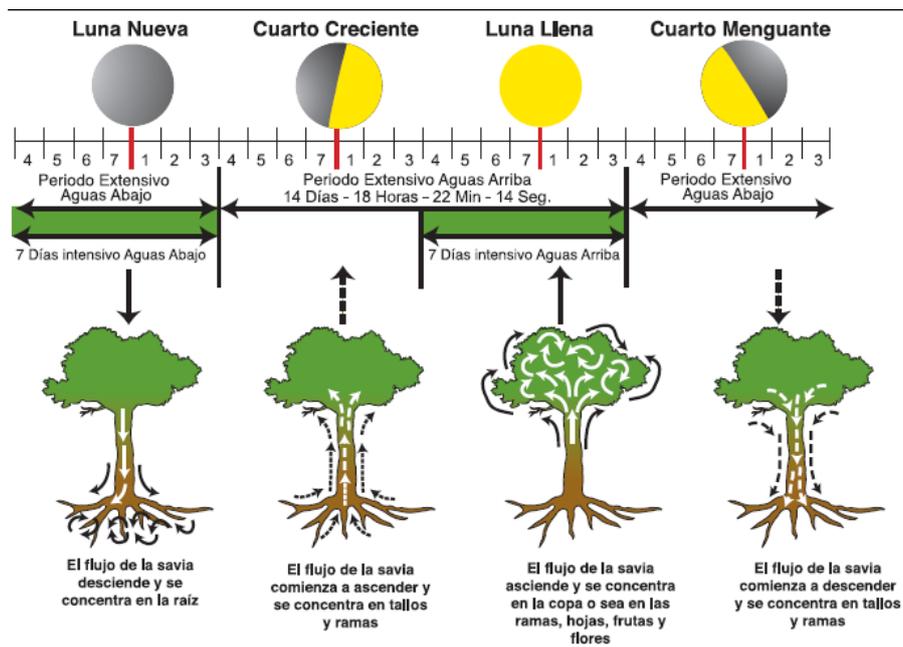


FIGURA AI.3. DETALLE DE LOS PERIODOS EXTENSIVOS DE “AGUAS ARRIBA” Y “AGUAS ABAJO” EN LA FASE LUNAR (RESTREPO, 2005).

La creencia popular considera que en el plenilunio (luna llena) todo en la tierra crece mejor y las cosas son más vivas, fuertes, elásticas y resistentes a los daños; y en el novilunio (luna nueva) la luna queda vacía, a nadie ofrece nada, ni a la tierra. La luna en creciente es considerada como la luna que conduce, proyecta, admite, construye, absorbe, inhala, almacena energía, acumula fuerza, invita al cuidado y al

restablecimiento; y la luna menguante es considerada como la luna que aclara, seca, suda o transpira, exhala, invita a la actividad y al gasto de energía. Además, se piensa que la intensidad de la fotosíntesis es mayor en todas las plantas a partir de la luna creciente hacia el plenilunio (periodo conocido popularmente como período extensivo de “aguas arriba”), el cual está comprendido entre los tres días después de la luna creciente y los tres días después del plenilunio, fenómeno atribuido al incremento de la intensidad y duración de la iluminación lunar sobre la tierra ((Restrepo, 2005) y personas entrevistadas).

Los agricultores y leñadores comentan que cuando cortan las maderas para las construcciones en la fase de cuarto creciente hacia luna llena, las maderas duran muy poco, porque sus fibras están cargadas con el máximo de agua, que al secarse quedaban abiertas, blandas y llenas de aire. Indican también que las maderas se rajan y resisten poco a la intemperie. En cambio, si cortan las maderas en luna menguante, tres días después de luna llena hacia cuarto menguante, éstas duran más y son más resistentes al deterioro, porque las maderas tienen menos agua y al secarse sus fibras quedan cerradas, son más resistentes al tiempo y a los insectos. En este sentido, hay leñadores que limitan esta actividad solamente a seis días del ciclo lunar, los cuales comprenden los tres últimos días de la luna menguante y los tres primeros días del novilunio o luna nueva (Restrepo, 2005).

Por otro lado, asociado con esta práctica de las fases lunares, está el fenómeno de la menor circulación de savia en los árboles, debido a las bajas temperaturas de final de otoño y los meses de invierno, época en que prácticamente todos los árboles han perdido sus hojas y su actividad fotosintética se encuentra reducida al mínimo.

Cuando se trata de cortar o cosechar madera para leña, y dejarla secar para el fogón, los agricultores y ganaderos comentan que la mejor luna para realizar esta actividad es el primer cuarto creciente hacia los tres últimos días de luna llena.

El bambú, o la guadua como se le conoce más popularmente en Colombia, también es un cultivo de mucha utilidad y trayectoria en la construcción de viviendas y de instalaciones en el medio rural. Para que la madera de esta gramínea aguante a la intemperie y resista contra el apolillamiento, la tradición indica cortarla en la fase de la luna menguante, principalmente los tres últimos días de luna, prolongándose hasta los tres primeros días de luna nueva (Restrepo, 2005). Este período de seis días corresponde exactamente al momento en el que las plantas tienen la más baja concentración de savia circulando en las ramas o en la parte aérea del vegetal, motivo por el cual es el más indicado para el corte de esta madera.

Algunas personas más especializadas en el manejo de maderas finas en los países sudamericanos para la construcción, dividen la cosecha de las maderas en dos etapas: primero, limitan el período del corte de las maderas a sólo las 48 horas después de los tres primeros días de la luna menguante, y de preferencia en las horas de la madrugada. En plena oscuridad, con ausencia total de cualquier reflejo de la luz nocturna de la luna

hacia la tierra, realizan los cortes de los árboles, que son dejados en el lugar donde se cortaron, sin cumplir ninguna actividad complementaria de quitar ramas y deshoje. (Restrepo, 2005).

Debido a la falta de paciencia y a la limitación del tiempo que muchas personas tienen para esperar por las fases lunares y el número de días que ofrecen los meses para el corte de madera, algunas veces el corte de la madera se realiza sin considerar las fases lunares.

Así, existen también dichos y lunas específicas para cortar todo tipo de maderas: mimbres, cañas y tallos de cestería (menguante de enero); para que no tuerza (luna nueva de febrero); para que no arda (nueva de marzo); para que no pudra (menguante de marzo); para que no merme (primera luna nueva de otoño).

En el libro "Vivir con la luna" (Paunger, 1996) se describen unas indicaciones acerca de las labores de tala y poda, por Ludwig Weinhold, anotadas por Michael Ober, maestro carrocer de St. Johan, Tirol y transcritas por Josef Schumutzer el 25 de diciembre de 1912.

- *Para cortar madera que se mantenga compacta y sólida es bueno hacerlo durante los ocho primeros días después de la luna nueva, en diciembre, cuando cae sobre ella un signo débil.*
- *Para que la madera se mantenga sólida y compacta, debe cortarse en luna nueva y Escorpio.*
- *La tala de madera para que no se pudra se debe hacer en los dos últimos días de marzo, con cuarto menguante en Piscis*
- *La tala de madera para que no se quemase se debe hacer el 1º de marzo y mejor aún después de la puesta de sol.*
- *La tala de madera para que no merme debe hacerse el tercer día de otoño, cuando la luna nueva tiene tres días y en un día del signo Virgo, cuando rige Cáncer.*
- *La madera para aserrar debe ser cortada en Piscis con cuarto creciente, para que las tablas no se agusanen.*
- *Para puentes y arcos, la madera se debe cortar con cuarto menguante en Piscis o Cáncer.*
- *Cortar madera para que no se agriete o se abra, se debe hacer antes de la luna nueva de noviembre.*
- *La madera recta o de herramientas debe cortarse el 26 de febrero con cuarto menguante, pero mejor aún, cuando Cáncer cae sobre él.*
- *En el libro se indica que todas las afirmaciones anteriores han sido probadas y demostradas.*

Según se puede apreciar, las opiniones extraídas de las costumbres populares en diferentes lugares son muy variadas, y entre ellas existen ciertas similitudes, pero también numerosas discrepancias.

3 EPOCA ADECUADA PARA LA CORTA DE MADERA EN EL PAIS VASCO Y NAVARRA

Los palacios, casas-torre y caseríos que perduran en nuestro entorno muestran claramente que nuestros antepasados dominaban a la perfección los entresijos de los materiales y las técnicas de construcción que empleaban, de manera que centenares de edificios de los siglos XV y XVI permanecen aún en pie. En general, su estructura interior suele ser de madera y la exterior de piedra. Por lo tanto, la cooperación entre carpinteros y canteros era crucial para la correcta edificación.

Se cuenta que para determinar si la madera elegida para la edificación reunía las condiciones precisas, se hacía una fogata con la madera escogida, y del color de la llama emitida por cada tizón dependía cuál podía utilizarse y cuál no. La madera seleccionada, en primer lugar, debía proceder de árboles talados en su sazón y acarreados hasta casa en un carro corto. A continuación, debía dejarse secar durante el tiempo preciso, y posteriormente se procedía a labrarla.

En cuanto a las variedades de madera, en los caseríos se ha empleado casi siempre el roble y el castaño para la estructura y los cabios, y el segundo de ellos para los suelos. Asimismo, se ha empleado con profusión la encina, para las piezas curvadas, los denominados caballetes. Además, se empleaba el cerezo y el nogal para muebles; el avellano, para trenzar setos y construir tabiques con las varas, etc. En otras ocasiones se ha recurrido también al chopo, el pino albar y al haya.

J.P. Duvoisin (1838) constata con precisión en su Libro de la Agricultura la amplitud de los conocimientos existentes acerca de las diferentes clases de madera (Laborantzako Liburua edo bi aita semearen solasak laborantzaren gainean). A continuación, se muestran algunos literalmente:

El roble es el árbol más distinguido de estas tierras. Corteza, madera, bellota y leña, todo es excelente en él. Crece bien en las vaguadas (al pie de los montes) y en la ladera, no así en las cimas. Prospera allá donde ha brotado; difícilmente lo hace trasplantado.

El melojo es un tipo de roble inadecuado para carpintería. Nos resulta de provecho porque hay poca leña en nuestro entorno, pero es mejor plantar cualquier árbol antes que el melojo.

El castaño, a los cinco o seis años, es bueno para fabricar zunchos; a los dieciocho, para hacer toneles; y en adelante, da fruto. De castaño se hacen bellos suelos, y otras muchas obras en las ciudades. Todos sabemos la gran valoración que tienen sus frutos tanto para personas como para los animales domésticos. El castaño demanda suelos blandos. Donde brote con profusión el helecho, crecerá el castaño con ganas.

Veo **olmos** en muchos lugares, aunque aquí no llegan a ser muy grandes. Bayona por su parte está rodeada de hermosos olmos. El olmo es buena madera, para cualquier clase de obra. Crece bien en cualquier lugar, bien sea en la montaña o en el llano. Sin embargo, no le gusta la solana.

Muchos nombres tiene **el álamo**: álamo blanco lo llaman muchos; en estas provincias le llaman makala y los navarros chopo. Le gustan las hondonadas. Aunque es de madera blanda, su laboreo tiene gran ventaja porque se labra sin apenas esfuerzo.

El haya crece tanto en las montañas como en los valles. Es buena para navíos y para hacer aros de tamiz. También se fabrican carros de esa madera, siempre que esté bien seca. Es buena leña para quemar. De los hayucos se extrae aceite, y también sirven para engordar puercos.

El abeto es el árbol más grande y más recto de nuestras tierras. Los hay de más de cien pies de largo en el bosque del Irati. Reclama sombra durante sus primeros cinco o seis años. Por esa razón, arraiga bien en los claros del bosque. Su madera es ligera, y al ser recta y larga, resulta muy valiosa para buques y edificios. De los abetos puede extraerse asimismo una buena clase de trementina.

El pino constituye la riqueza de Gascaña. De él se extrae resina, trementina, alquitrán, madera, buena leña, frutos para el ganado. Crece tanto en la montaña como en el llano, en los pedregales como en tierra mullida; no le importan fríos ni calores. Ya quisiera ver nuestras montañas totalmente cubiertas de pinos.

El abedul no es muy bueno para maderamen de edificaciones, pero sí para fabricar utillaje, carros y carrozas. De él se fabrican utensilios idóneos. Nosotros confeccionamos cuencos, platos, escudillas, y colodras. En Rusia, extraen de él tanino, y de su savia un tipo de aguardiente. Crece tanto en laderas como en el llano.

El fresno se ve aisladamente en nuestras tierras, salvo en los matorrales; y, sin embargo, es la suya una de las mejores maderas: buena para la construcción y para utillaje. En suelos frescos, ligeros y espesos llega a hacerse enorme.

El arce crece en lomas y planicies. No le agradan los suelos húmedos. Por aquí no lo veo, salvo algunos aislados en viñedos, desmochados como cerezos a modo de estacas. ¿Por qué no se deja crecer un árbol tan bueno y valioso? De arce se fabrican utensilios tan buenos como de las mejores maderas de América. Nunca les ataca la carcoma.

La acacia se está extendiendo en nuestras tierras, y más aprisa se extendería si se conociera bien su valía. Sirve para cualquier cosa. Tempranamente da selectas estacas para parras. No tiene envidia de ninguna otra madera para fabricar cucharones y utensilios.

El aliso prefiere regatos y ciénagas, crece en lugares en los que no arraigan otros árboles, por lo que sana los entornos. Por ello, no le gustan las solanas. Es bueno para navíos pero no para fabricar utensilios; resulta demasiado endeble. Se utiliza para fabricar asientos y zuecos, por ser fácil de trabajar. Del aliso se obtienen productos de escasa calidad.

*Como quienquiera sabe, la madera de **nogal** es la más selecta para fabricar utensilios. Le gustan los lugares pedregosos.*

*También el **cerezo** tiene buena madera; arraiga bien en tierra rica.*

Siempre se ha dicho que, al talar los árboles, ha de tenerse en cuenta la estación del año y la fase de la luna, y que el momento más adecuado es la menguante de invierno. Esto se explica popularmente porque en invierno las plantas entran en parada biológica, o lo que es lo mismo, detienen su proceso de crecimiento por las condiciones del entorno. A consecuencia de ello, su corteza se endurece, y ello origina que la madera talada en invierno resulte menos atacable para la carcoma. Además, conviene talar en cuarto menguante porque, por ese motivo, la madera contendrá menos agua y, por consiguiente, el secado será más fácil y completo. Si se tala durante la luna nueva, por el contrario, el secado resultará muy dificultoso, casi imposible.

No obstante, hay árboles que siguen sus propias pautas, siendo el aliso el ejemplo más notable. Talado en el momento que resulta más adecuado para el resto de los árboles, produce madera floja y propensa a la carcoma. Pero, según cuentan, tiene una particularidad que resulta increíble: al parecer, la mayor resistencia de su madera se obtiene talándola en la luna nueva de mayo. El aliso talado en su sazón se utiliza para fabricar lanzas de carro y muebles. Por otra parte, se dice que los árboles de hoja redondeada (haya, avellano, olmo, etc.) han de ser talados en la luna nueva de otoño; se cuenta que las varas de avellano cortadas en esa época resultan eternas, porque no se pudren.

Según el célebre aizkolari de Ezkurra Mikel Mindegia, conviene cortar las hayas en cuarto creciente: “cortar el haya en cuarto menguante no es bueno, la madera suele estar triste, no se seca y se oscurece; si se corta en cuarto creciente, en cambio, suele estar más blanquecina y ligera, se seca con mayor facilidad y es mucho mejor para materiales”.

Mindegia vive en la localidad de Zubieta (Navarra), y al igual que allí, las leyes del cuarto de la luna se respetan en otros muchos lugares de Euskal Herria.

Tras varias conversaciones mantenidas con el citado aizkolari, además de con el carpintero José Astiz de Leitza, así como con el maderista Inaxio Larretxea de Aranaz, todos coinciden en las siguientes premisas: el avellano se ha de cortar en el cuarto creciente de noviembre; el roble, en cambio, en el cuarto menguante, y mejor aún, si es posible se ha de cortar en el cuarto menguante de San Miguel, es decir en septiembre; el aliso es también un árbol de cuarto creciente, por ejemplo, el mejor aliso para

manufacturar mangos es aquel que se corta en el cuarto creciente de Mayo y su experiencia particular les avala esta tesis. También realizan una clasificación de la mejor época de corta indicando si el uso que se le va a dar a esa madera es para combustible o para material, ya que la fase lunar para cada uso es diferente y señalan que los viernes de menguante se deben considerar como si fueran de fase lunar creciente y al revés (esta última opinión parece que pueda estar directamente relacionada con algunas creencias o ritos de índole religioso-católicas, que en su día se amalgamaron con la sabiduría popular y ahora conforman el acervo cultural).

Según las prácticas del acervo cultural, para el apeo de las especies de limbo sensiblemente “entero”, la principal, el haya, debería observarse el período de luna nueva a cuarto creciente (“ilberri”), aprovechando para tal operación a lo largo del año, a modo de épocas apropiadas, los “ilberris” de Agosto y los a partir de Octubre, en la época de otoño-invierno, el “ilberri” de Noviembre para cortar varas de avellano para que no se apolille, o el “ilberri” de Mayo para el apeo de los árboles de aliso, para procurar madera ligera y durable de esta especie.

Hay otra versión muy arraigada en la sabiduría popular tradicional que difiere en parte (contradiendo o complementando) lo mencionado anteriormente. Mientras que los árboles de hoja perenne y de hoja redonda (haya, aliso, abedul, chopo) se talarían respetando el ciclo antes mencionado, los árboles de hoja alargada (roble, fresno, manzano, plátano) se talarían en cuarto creciente. A su vez, las especies de limbo lobulado o dentado (robles, etc.), siempre deberían apearse en luna menguante.

El precepto genérico para las coníferas sería que se deberían apearse en fase lunar menguante “ilbera”, y más, si el destino de esa madera fuera la de uso estructural.

Según indican, también se podría hacer una clasificación genérica, según la cual los árboles de hoja con limbo “redondeado” son los que se habrían de cortar en cuarto creciente: hayas, alisos, abedules, avellanos, fresno, etc.

Para los de cuarto menguante existiría más de un modo de clasificación. Aquellos que tienen el limbo de la hoja con borde aserrado, dentado o lobulado, ancha, o redonda, o con muescas, serían árboles de cuarto menguante: castaño, roble, olmo y aliso, por ejemplo.

En otros lugares, también hacen una clasificación parecida. En Legazpia, por ejemplo, dicen que los árboles de hoja estrecha son los que habría que cortar en cuarto creciente y todos los demás en cuarto menguante. Así pues, el haya y el fresno se cortarían en cuarto creciente y el castaño y el roble en menguante.

En la zona de Azpeitia, el maderero José Antonio Urkizu asegura que clasifican los árboles a cortar en creciente o en menguante en función de otros factores: “algunos suelen tener una coloración blanquecina junto a la corteza (la albura) y más rojiza en el interior (el duramen).

A esto último se le denomina el magro y a la parte exterior blanquecina, el tocino, al igual que se hace con el jamón. Así, los árboles que tienen magro y tocino como el castaño, olmo y el roble, se cortan en cuarto menguante, y los demás en creciente”.

Con otros árboles no indican normas tan regulares. Por ejemplo, sobre cuándo se han de cortar el cerezo y el nogal, no parece haber acuerdo, pero todos coinciden en afirmar que conviene hacerlo en invierno.

A continuación, en la tabla AI.1, se indican las especies de madera más usuales, así como la fase lunar más adecuada para su corta, según lo indicado por las personas entrevistadas.

TABLA AI.1. CORTAS DE MADERA ADECUADAS SEGÚN FASE LUNAR Y ESPECIE.

ESPECIE	FASE LUNAR ADECUADA
Alerce	Menguante
Encina	Menguante
Ciruelo	Menguante
Arce	Menguante
Boj	Menguante
Castaño	Menguante
Cerezo	Menguante
Madroño	Menguante
Tejo	Menguante
Roble	Menguante
Roble americano	Menguante (Noviembre y Diciembre)
Nogal	Menguante (Noviembre y Diciembre)
Alamo temblón	Menguante
Pino	Menguante
Fresno	Menguante
Níspero	Menguante
Melocotonero	Menguante
Plátano	Menguante
Alamo	Menguante
Eukalipto	Creciente
Tilo	Creciente
Acebo	Creciente
Aliso	Creciente (Mayo)
Avellano	Creciente (Noviembre)
Olivo	Creciente
Serbal de los cazadores	Creciente
Haya	Creciente (Noviembre y Diciembre)
Peral	Creciente
Abedul	Creciente

4 PERSONAS ENTREVISTADAS

FERMIN LEIOZAOLA (figura Al.4)

Etnólogo guipuzcoano nacido en Donostia-San Sebastián el 13 de noviembre de 1943. Estudió bachillerato y luego estudios técnicos en San Sebastián. Director del Departamento de Etnografía de la Sociedad de Ciencias Aranzadi. Miembro de la Sociedad de Estudios Vascos, de la Junta del Patronato del Museo Municipal de San Telmo y Casa de Oquendo de San Sebastián.



Secretario del Grupo Etniker (Sección Gipuzkoa) que preparó el Atlas Etnográfico del País Vasco bajo la dirección de D. José Miguel de Barandiaran. Director del Departamento de Etnografía de la S C Aranzadi, miembro de Eusko Ikaskuntza y de la RSBAP, coordinador del Euskalherriko Atlas Etnolinguistikoa y autor y coordinador de los 17 proyectos Zaharkinak realizados por la D.F.G. en Gipuzkoa.

En el documental Gutik-Zura (www.zura.eus), estrenado en el Festival Internacional de San Sebastián en 2016, nos explica la relación del fuego y la madera desde los inicios de la humanidad.

FIGURA Al.4. FERMÍN LEITZAOLA.

FELIPA AYERDI Y ANITA AYERDI (figura A1.5)

Hermanas, nacidas en Leitza, localidad de Navarra, en el caserío de Goikoborda con 82 y 84 años de edad. Desde pequeñas han trabajado en el monte haciendo trabajos de caserío, concretamente con su padre, quien les llevaba a cortar madera, sobre todo en invierno. Han sabido lo que significa el trabajo desde muy niñas, y posteriormente, hacerse cargo del trabajo de la casa, de la educación de los hijos, del ganado, cuando sus maridos tenían que ir fuera a trabajar. Toda su vida se ha dedicado al cuidado de la familia y del hogar. Son la viva representación de la importancia de la mujer en el mundo rural y un claro reflejo de sus vidas dedicadas al trabajo en el monte, en el caserío y su relación con la naturaleza, junto con la gestión de los montes y campos.

Anita, además ha sido una apasionada cortando troncos. Nos cuenta que desde pequeña su padre les ha transmitido la importancia de mirar a la luna para hacer las labores de campo: cultivar, cortar leña para madera, etc.



FIGURA A1.5. ANITA AYERDI Y FELIPA AYERDI.

JUANTXO BARRIOLA (figura A1.6)



84 años y natural de Leitza (Navarra). De esfuerzo, de trabajo y de sacrificio sabe mucho Juantxo. Con solo 6 años, y con el burro, una cesta y otros niños del pueblo, ya subía a los montes navarros en busca de leña para venderla o para calentar la casa de sus padres en invierno, para la huerta o para hacer los utensilios de labranza. Muchas noches ni bajaban a Leitza y se quedaban a dormir en el monte, en chabolas. Por la mañana, por la tarde y por la noche comían habas; y limpiaban la ropa en un río, y sin secarse muchas veces, se la volvían a poner.

FIGURA A1.6. JUANTXO BARRIOLA ZABALETA.

Con 14 ó 15 años y escapando de la penuria, muchas cuadrillas se marchaban a trabajar a los montes de Francia. Juantxo lo hizo con 18 años. Decía que en su pueblo natal tenía trabajo para todo el año, pero comida, solo para medio. Así, corría el año 1953 cuando Juantxo puso rumbo a los Alpes franceses. Allí, un pequeño pueblo, Les Carroz, le esperaba para envolverle y atraparle de tal manera que, aunque consciente de que estaba pisando una tierra desconocida, la sentiría como propia y especial, muy poco después.

Se dedicaron a limpiar los árboles de las estaciones de esquí, adecentaban los terrenos, talaban los árboles y plantaban otros nuevos. Pero no lo hacían de cualquier manera porque la luna y las mareas dictaban cómo y cuándo había que talar.

MIGUEL BARRIOLA (figura A1.7)



Con 84 años, nos cuenta sus historias relacionadas con la luna y la época de corta de cada una de las especies. Empezó con 16 años a trabajar en el monte. Su padre trabajaba en el monte y de niño ayudaba a su abuelo. Hasta los 30 años trabajó con su padre en la zona de Leitza y luego se fue a Francia y pasó allá un año. Pasaban toda la semana en el monte durmiendo en una chabola y el fin de semana volvían a casa. Todo el trabajo era manual. Destaca que la corta de madera se hacía limpiando todos los tocones y las raíces del árbol, no se dejaba nada en el monte. Todo lo que ha aprendido es por transmisión oral de su padre y su abuelo.

FIGURA A1.7. MIGUEL BARRIOLA ZABALETA.

Conocedor a detalle de todas las épocas de corta necesarias para cada tipo de especie, que él las clasifica atendiendo también a la forma de la hoja. Distingue entre madera para leña y madera para construcción. Ha sido también carbonero y comenta que los carboneros sí siguen a detalle las fases lunares. La madera para leña es mejor cortarla en agosto y septiembre, en creciente. Se daban cuenta de que la marea estaba subiendo o bajando cuando cortaban los árboles, sobre todo cuando cortaban la madera de haya.

MIGUEL MINDEGIA (figura A1.8)

Aizkolari navarro nacido en Ezkurra en 1949, que vive en el caserío «Azkaretea» de Zubieta. Campeón juvenil en 1967 y de segunda categoría dos años después. Así comenzó sus desafíos con las primeras figuras logrando un puesto en la categoría absoluta. Dentro de ésta resultó campeón el año 1977 para después recuperar de nuevo el título en 1980 y triunfar desde entonces en todos los campeonatos celebrados, el séptimo el 6 de abril de 1986 en condición de super-txalpeldun con una demostración de auténtica valía. Cortó los doce troncos de haya del Irati en un tiempo de 34 minutos y 11 segundos, lo que supone mejorar el record de 1985.



Se ha dedicado durante más de 35 años al deporte rural, temporadas en las que se ha proclamado campeón navarro en siete oportunidades, además de protagonizar grandes desafíos dentro del bello deporte de la aizkora, como demostró recientemente en Tolosa, cuando venció a Joxemari Olasagasti.

FIGURA A1.8. MIGUEL MINDEGUÍA.

Mindegia, que fue agasajado en diciembre de 2017 con la medalla de oro al mérito deportivo concedida por el Gobierno de Navarra.

PATXI ASTIBIA (figura A1.9)

Patxi Astibia nació en el caserío de Leitza llamado Donmartinborda. Los hermanos Luziano y Pedro también fueron aizkolaris. A la edad de 14 años, comenzó a trabajar en la montaña. A la edad de 16 años ganó el campeonato juvenil español. El 3 de marzo de 1963 jugó y ganó la primera apuesta contra Esteban Sarratea de Legazpi. Desde entonces, tomó en serio el hacha y jugó con franqueza. Su duelo más recordado fue en 1968 en la plaza de toros de Tolosa, con 100.000 pesetas en juego que fueron para el de Leitza después de cortar cuatro troncos de 108 pulgadas con un tiempo de 61:09 por los 63:13 de Latasa, como recuerda Patxi Astibia, quien muestra una memoria prodigiosa. También un gran físico a sus 74 años, como demuestra con el hacha, afición que no ha abandonado pero a otro ritmo si no quiere tener dolores en la cintura.

En 1972, cuando estaba trabajando en la montaña, sufrió un grave accidente. Aunque se curó, se retiró a la edad de 34 años. Se hizo muy popular en la década de 1960, en el programa “La unión hace la fuerza”.



FIGURA A1.9. PATXI ASTIBIA.

JAGOBA REKONDO (figura AI.10)

Jakoba Errekondo, nacido en 1961, es agrónomo y paisajista. Es bien conocido por su participación en diversos medios como plantas, flores, árboles y otros temas similares. Colaborador en programas de radio, ha publicado recientemente el libro “Bizibaratzea”. Conocedor de la tierra y sus productos, nos invita a una reflexión importante. Considerar todo lo que la tierra nos ha dado en la historia de la humanidad, más allá de los propios frutos hortícolas.

Nos comenta que la cultura de la humanidad en toda su extensión está bañada del huerto, y lo está también nuestro idioma, en las palabras que todos utilizamos en el día a día. Su libro “Bizi baratzea” (Jakoba , 2015) explica todos estos detalles en diversas localidades de Euskal Herria donde incorpora toda la sabiduría popular relacionadas con las faenas del campo de las zonas rurales.



FIGURA AI.10. JAGOBA REKONDO.

ENRIQUE BILDARRAZ (figura A1.11)



Empezó con 15 años a fabricar hachas de madera en un local debajo de su casa. Ha compaginado su trabajo con esta ilusión artesanal. Trabajó en el monte desde muy joven junto con otros 4 jóvenes en la localidad de Leitza.

Al contrario de todos sus compañeros que empezaron a trabajar en la fábrica y disfrutaban de las fábricas, él ha preferido siempre su trabajo de monte.

FIGURA A1.11. ENRIQUE BILDÁRRAZ.

Revienta la madera para empezar a trabajar y nos enseña todo el proceso para la fabricación de mangos de hachas, que hoy en día sólo se utilizan casi exclusivamente para el deporte rural, pero que han sido herramientas de trabajo en casi todos los hogares del País Vasco y Navarra.

Ha trabajado con haya y toda su vida ha pensado que la madera que ha sido derribada en creciente de Agosto es la mejor. Así la madera es más blanca y seca antes. Esta madera además dura más. Mientras que la madera que se derriba en menguante es de color más oscuro.

JOSE MIGUEL LARRAÑAGA (figura AI.12)



Fallecido recientemente con 93 años, dedicado toda su vida a la madera. Empezó con 17 años a trabajar en una sierra. Eran 10 hermanos en la familia y ha pasado muy malos momentos de necesidad en su vida.

Al igual que otros entrevistados, comenta que de pequeño en su caserío tenía trabajo para todo el año, pero comida solo para medio año.

FIGURA AI.12. JOSÉ MIGUEL LARRAÑAGA.

Creó su propia empresa en una pequeña sierra junto con otros dos socios y luego siguió él en solitario. Posteriormente compró otra sierra y hoy en día la familia sigue en este negocio.

Su jefe Luis le enseñó que la madera siempre debía ser derribada en menguante, y sobre todo en invierno. También le enseñó cómo se debe secar la madera y el tiempo que necesita antes de empezar a trabajarla. En toda su actividad profesional ha tenido en cuenta las fases lunares. Comenta que la madera tiene “agua” en su interior y que se debe cuidar la época en la que esta cantidad de agua es menor. Ha tenido muchos casos en los que la madera se ha podrido por no haberla derribado en su fase adecuada.

RAMON ASTIZ (figura Al.13)



Ramón Astiz nació en Zurginenea (la casa del carpintero en euskera), en este concejo del valle de Larraun, en una familia de siete hermanos, cinco mujeres y dos hombres. Pero, a pesar del nombre del caserío, en su familia no había carpinteros. Su hermano José Mari y él mismo se iniciaron en el oficio por la inquietud y las ganas de aprender, de fabricar algo, de dar forma a las piezas que elaboraba en su cabeza, de utilizar unas manos ávidas de esculpir madera.

FIGURA Al.13 RAMÓN ASTIZ.

Su obligación con el servicio militar le llevó a Marruecos y a Ceuta, pero también allí pudo trabajar en el taller de carpintería, con lo que continuó su formación. Desde niño le gustó la lluvia porque si llovía, podía pasar horas a cubierto, tallando madera, inventando piezas, ideando maquinaria; pero, en cuanto asomaba el sol, debía ayudar en las tareas del campo.

Ramón Astiz Arrarás más que artesano es un ingeniero (sin título) que logró hacer de su afición, oficio. Todavía hoy acude a diario a la carpintería que ahora regentan sus hijos en Leitza.

Ramón era un buen conversador. Contaba al detalle su periplo vital y, de este modo, nos contaba el lugar donde comenzó a trabajar, junto a Sustraiquerreka (el río de las raíces), del que tomó el agua para generar energía con la que poner en marcha la turbina de su primera máquina. Todo lo hizo él, tras pedir consejo a Ciriaco Sóttil, un amigo de Betelu. También montó la presa y el canal para llevar agua hasta la borda. Allí estuvo ocho años, hasta que en 1953 una gran riada echó al traste buena parte de su montaje. Luego se instaló en Mugiro para 12 años y más tarde, desde 1965, en Leitza, donde junto a su esposa, Maritxu Goldaraz, crió a sus trece hijos.

DONATO LARRETXEA (figura Al.14)



Nacido en Arantza (Navarra) en 1960, conocido como uno de los mejores cortadores de troncos. Después de vivir en Almádoz, volvió a Bera de Bidasoa a vivir. Continúa trabajando en el monte como maderista y muy joven se fue a trabajar a los montes de Francia a limpiar montes como muchos compañeros de su edad. Se ha dedicado al deporte de cortar troncos y compagina, hoy en día, aún su trabajo y empresa de madera con su afición de toda su vida que ha sido el deporte rural y el hacha.

FIGURA Al.14. DONATO LARRETXEA.

Muchos de sus clientes todavía le exigen que la madera haya sido cortada en la fase lunar adecuada. Nos comenta las diferencias terminológicas en euskera, referentes a las fases lunares ascendente (“gorapena”) y descendente (“beherapena”), creciente (“Ilgora”) y menguante (“ilbera”).

PANTTALEON ERRANDONEA (figura A1.15)



Conocido deportista con la arpana, participó en muchas exhibiciones y campeonatos. Durante años enseñó deporte rural a los jóvenes del pueblo y siempre ha estado dispuesto para participar en la vida de la localidad.

Empezó con 15 años a trabajar en el monte y estuvo, junto a más de 100 jóvenes, trabajando en los montes franceses. Pasó muchas penurias trabajando en el monte de la zona norte de Navarra, donde las condiciones eran muy malas. Libraban un día a la semana que destinaban a limpiar la ropa de monte para toda la semana.

FIGURA A1.15. PANTTALEON ERRANDONEA.

Preparaban traviesas y bajaban la madera en cables a la serrería. Todo el trabajo era manual y se fueron a Francia a trabajar porque allí había más trabajo y estaba mejor remunerado.

KONTXI Y PILAR (figura A1.16)

Kontxi y Pilar nos cuentan alrededor del fuego de sus casas cómo han vivido su infancia en los pueblos y cómo se quedaban en casa con sus padres cuando sus hermanos iban a trabajar a Francia al monte.

Kontxi, nació en Arantza el 10 de Octubre de 1948 en el caserío Senberro del barrio de Azkilarrea.

Estudió en la escuela de Arantza hasta cumplir los 14 años y con 16 años se fue a San Juan de Luz a Francia a trabajar . Allí trabajó 2 años continuó su trabajo en otros Hotel de Hendaia durante otro año.

A la edad de 19 años se casó con Lucio Zugarramurdi que recientemente había llegado de América de trabajar , hijo de la misma localidad. Juntos regentaron el bar Eskina de Irun y tuvieron 4 hijos.

Volvieron otra vez al pueblo y tras haber trabajado como propietarios del restaurante-albergue Aterpe de la localidad, viven aquí ya jubilada.

Pilar, nació en Arantza el 13 de Octubre de 1957 en el caserío Senberro del barrio de Azkilarrea.

Estudió sus estudios de primaria en la misma localidad y desde entonces ha trabajado toda su vida en el sector de la hostelería.

Casada con Félix Iparragirre también de Arantza, tiene dos hijos y continúa trabajando en el restaurante que abrió su hermana y es dueña de la casa rural Telleri.



FIGURA A1.16. KONTXI Y PILAR.

JOSE MIGUEL ELOSEGI (figura A1.17)



Nacido en Tolosa, pero ha vivido muchos años en Leitza.

No ha trabajado en el monte de leñador, pero es un apasionado del monte, de la biodiversidad y de la madera. Ha estado colaborando con grupos de investigación ingleses para recuperar la tradición de los árboles trasmochos, creando un grupo de trabajo donde han recuperado técnicas tradicionales y han puesto en marcha estas técnicas de trasmocheo en un periodo para 10 años.

FIGURA A1.17. MIGUEL ELOSEGI.

Entusiasta de la madera, recoge, clasifica y colabora con varias xilotecas a nivel nacional y ha hecho también sus propias colecciones de madera.

Nos comenta que debería haber unas líneas de investigación para contrarrestar tantas y tantas creencias alrededor de la influencia de la luna en la madera. Estas creencias cambian incluso de pueblo a pueblo. Nos destacó las Tablas sol lunares de Jon Alden Night.

XABI AGOTE (figura A1.18)

Nace en San Sebastián, el 9 de septiembre de 1964. Su padre es abogado, pero tenía un barco de recreo en San Sebastián, siendo muy aficionado a la mar. Aquí toma contacto Xabier con el mar. Se apasiona con los bateles y siempre le obsesionó saber que ya no había constructores de barcos de madera. A los 18 años, acude a una escuela agrícola en Francia y allí estudia dos años. Por medio de Thalassa, el programa de la televisión francesa, se entera de la existencia de una escuela de construcción naval en Maine, en Estados Unidos. Aprender las técnicas de la construcción naval en el País Vasco era ya prácticamente imposible, al no quedar astilleros de madera por una parte y por otra, se daba cuenta de que aprender este oficio suponía dedicar años, mientras que en una escuela especializada podría avanzar más rápidamente, por lo que se fue a Estados Unidos.

Con 27 años, y a su vuelta al País Vasco, con objeto de conocer el oficio desde dentro, hace una campaña de pesca del verdel en un pesquero. Se sigue interesando en las técnicas tradicionales de construcción naval, de forma que compagina diversas actividades laborales con el estudio de viejos pecios. Para ello, unos amigos le dejan un almacén en Hondarribia (Gipuzkoa). Tomaba restos de viejos barcos encallados y estudiaba cómo estaban fabricados, qué tipo de ensamblaje tenían, cómo se construían, e incluso levantaba planos de los mismos. Recupera algunas embarcaciones que dona al Untzi Museoa (Museo Naval) de San Sebastián. Entre otras, una preciosa gabarra del barrio de Amute de Irun. Su verdadera preocupación era que aquí no se recuperaba el patrimonio naval, las técnicas y formas de construir, cosa que ya se estaba haciendo en otros países.

Con 30 años y frustrado por el nulo apoyo institucional, se dedica durante dos años a navegar, haciendo travesías trasatlánticas a vela.



Con 32 años recibe la invitación desde The Rockland Apprenticeshop (centro especializado en construir embarcaciones tradicionales), de Maine, para construir allí una embarcación típica vasca. La construye y durante 3 semanas se dedican a navegar por el río Hudson, por los alrededores de Manhattan, en promoción, con muchos de los que habían colaborado en su construcción. Luego la traen al País Vasco como regalo de sus emigrantes y crea la sociedad Albaola.

FIGURA A1.18. XABI AGOTE.

JAIRO RESTREPO (figura A1.19)

Nacido en Colombia y asentado en Brasil. Ingeniero Agrónomo de la Universidad Federal de Pelotas, Rio Grande del Sur, Brasil. Con tres cursos de postgrados: Ecología y Recursos Naturales; Ingeniería de Seguridad Ocupacional Agrícola y Agroecología. Ha realizado 23 cursos internacionales de actualización y perfeccionamiento en el área de agricultura orgánica. Ha publicado cuarenta trabajos científicos y artículos técnicos. En los últimos siete años ha dado a conocer dieciséis libros sobre agricultura orgánica. A nivel internacional ha dictado más de 750 conferencias en el tema de agricultura orgánica, protección ambiental, análisis cromatográfico de suelos, reciclaje, diagnóstico y planificación de fincas, desarrollo rural sostenible, incluyendo la participación en más de treinta y siete universidades e institutos de investigación de América latina, el Caribe, África, Australia y Europa, donde también ha trabajado como asesor técnico de gobiernos, ministerios y parlamentos. Cuenta con una experiencia laboral e internacional de treinta y cinco años en agricultura orgánica y desarrollo rural sostenible.

Como consultor de la Organización de las Naciones Unidas-ONU, ha trabajado con UNESCO, Panamá; OIT (Organización Internacional del Trabajo) Costa Rica, Panamá, Honduras, Guatemala y Cuba; FAO; Chile y Brasil; PNUD- Panamá y Brasil; OMS/ OPS-Brasil.

Autor del libro 'La luna, el sol nocturno en los trópicos y su influencia en la agricultura' (Restrepo , 2003).



FIGURA A1.19. JAIRO RESTREPO.

ERNST ZÜRCHER (figura A1.20)



Ingeniero forestal, doctor en ciencias naturales, profesor e investigador en ciencias de la madera en la Universidad de Ciencias Aplicadas de Berna, profesor en el Instituto Federal Suizo de Tecnología de Lausana (EPFL) y en el Instituto Federal de Tecnología de Zúrich (ETHZ). Su estudio se centra más particularmente en las estructuras temporales de los árboles (cronobiología).

FIGURA A1.20. ERNST ZÜRCHER.

Autor de numerosos artículos científicos dedicados a estudiar la influencia de las fases lunares en las plantas y en los árboles, y del libro publicado en Francia con el título “Les arbres, entre visible et invisible”(Zürcher, 2016).

ALVARO ARAGON (figura Al.21)



Historiador guipuzcoano, nacido en Oiartzun en 1969. Profesor de la Universidad del País Vasco-E.H.U. En 2002 se doctora con la tesis *El bosque guipuzcoano en la Edad Moderna*. Autor de numerosas publicaciones, libros y conferenciante en multitud de cursos y jornadas.

Nos explica, haciendo un relato histórico, la relación de los vacos con el monte, sus actividades, tradiciones, oficios, la necesidad de trabajar el campo y el monte.

FIGURA Al.21. ALVARO ARAGON.

GABRIEL SARALEGI (figura A1.22)



FIGURA A1.22. GABRIEL SARALEGI.

Nacido en 1956 en el caserío Arro de Leitza, Gabriel Saralegi vivió desde pequeño muy de cerca el mundo del deporte rural, sobre todo el hacha, palabras mayores en este pueblo.

Y es que su padre, Esteban Saralegi, preparaba y aconsejaba a grandes aizkolaris de la época. Así, no es extraño que promoviera la afición entre sus seis hijos, cuatro chicos y dos chicas. Debutó como cortador de troncos en la plaza con 16 años, participando desde entonces en campeonatos y sobre todo exhibiciones.

Lo dejó hace 20 años porque ya le costaba recuperarse, nos comenta.

Ha destacado sobre todo en la promoción de los Herri Kirolak (Deporte Rural). Es uno de los impulsores de la Federación Navarra, además de su primer presidente en 1990. Asimismo, los Saralegi aportaron más espectáculo en el mundo de la aizkora (corte de troncos), introduciendo novedades en los años 70 como el corte en altura, desconocido hasta entonces en Europa, o el corte con una mano.

ANEXO II. BASES DE DATOS

GLOSARIO

- **Probeta:** Número de orden consecutivo de la probeta.
- **Código:** Código identificativo de la probeta.
- **Aserradero:** Aserradero de procedencia.
- **Provincia:** Provincia de procedencia.
- **Monte:** Monte de procedencia.
- **Sección:** Ancho x Grueso (cm²).
- **Longitud:** Longitud real (cm).
- **Ancho:** Ancho real (cm).
- **Canto:** Canto real (cm).
- **Peso:** Peso de toda la pieza (kg).
- **Volumen:** Volumen real (m³).
- **Humedad:** Humedad obtenida con xilohigrómetro (%).
- **Densidad:** Densidad al H% de humedad (kg/m³).
- **Freq 1:** Frecuencia de vibración longitudinal con Fakopp (Hz), medida 1.
- **Freq 2:** Frecuencia de vibración longitudinal con Fakopp (Hz), medida 2.
- **Freq 3:** Frecuencia de vibración longitudinal con Fakopp (Hz), medida 3.
- **Freq media:** Frecuencia de vibración longitudinal con Fakopp (Hz), media.
- **V_fvl:** Velocidad de onda obtenida por vibración longitudinal (m/s).
- **V_fvl_corr12%:** Velocidad de onda obtenida por vibración longitudinal corregida al 12% de humedad (m/s).
- **MOE dyn_fvl:** Modulo de elasticidad dinámico obtenido por frecuencia de vibración longitudinal (N/mm²).
- **MOE dyn_fvl_corr12%:** Modulo de elasticidad dinámico obtenido por frecuencia de vibración longitudinal corregido al 12% de humedad (N/mm²).
- **Valor testa-testa 1:** Tiempo de paso de onda con Microsecond Timer de Fakopp (µs), medida 1.
- **Valor testa-testa 2:** Tiempo de paso de onda con Microsecond Timer de Fakopp (µs), medida 2.
- **Valor testa-testa 3:** Tiempo de paso de onda con Microsecond Timer de Fakopp (µs), medida 3.
- **Valor testa-testa media:** Tiempo de paso de onda con Microsecond Timer de Fakopp (µs), media.
- **V_vop:** Velocidad de paso de onda (m/s).
- **V_vop_corr12%:** Velocidad de paso de onda corregida al 12% de humedad (m/s).
- **MOEdyn_vop:** Módulo de elasticidad dinámico obtenido por velocidad de onda de paso (N/mm²).
- **MOEdyn_vop_corr12%:** Módulo de elasticidad dinámico obtenido por velocidad de onda de paso corregido al 12% de humedad (N/mm²).
- **Suma nud peor sec:** Suma de nudos de la peor sección transversal en toda la pieza (cm).
- **Nud cara total:** Diámetro máximo de nudo de cara en toda la pieza (cm).
- **Nud canto total:** Diámetro máximo de nudo de canto en toda la pieza (cm).
- **Long fenda:** Longitud máxima de fenda en toda la pieza (cm).
- **Long gema:** Longitud máxima de gema en toda la pieza (cm).
- **Médula:** Presencia, o no presencia, de médula en toda la pieza.
- **Des fibra:** Desviación de la fibra en el tercio central de la pieza (en tanto por uno).
- **Des fibra porc:** Desviación de la fibra en el tercio central de la pieza (%).
- **Duramen:** Porcentaje de duramen (%).
- **Nudo canto:** Diámetro máximo de nudo de canto en el tercio central de la pieza (cm).
- **Nudo agrupado canto:** Diámetro máximo de nudos agrupados de canto en el tercio central de la pieza (cm).
- **Relación nudos/canto:** Proporción entre el valor máximo de Nudo canto y Nudo agrupado canto, con el canto (adimensional).
- **Nudo de cara:** Diámetro máximo de nudo de cara en el tercio central de la pieza (cm).

- **Nudo agrupados cara:** Diámetro máximo de nudos agrupados de cara en el tercio central de la pieza (cm).
- **Relación nudos/cara:** Proporción entre el valor máximo de Nudo canto y Nudo agrupado canto, con el canto (adimensional).
- **Crec 5 anillos int:** Crecimiento total de los 5 anillos internos (cm).
- **Creci unit 5 anillos int:** Promedio del crecimiento de los 5 anillos interiores (mm/anillo).
- **Crec 5 anillos ext:** Crecimiento total de los 5 anillos externos (cm).
- **Ancho gema:** Ancho de gema en el tercio central de la pieza (cm).
- **Canto gema:** Canto de gema en el tercio central de la pieza (cm).
- **Ancho fenda:** Ancho fenda en el tercio central de la pieza (cm).
- **Profundidad fenda:** Profundidad fenda en el tercio central de la pieza (cm).
- **Curvatura cara:** Centímetros de curvatura de cara en 2 metros de longitud.
- **Curvatura canto:** Centímetros de curvatura de canto en 2 metros de longitud.
- **Alabeo:** Centímetros de alabeo en 2 metros de longitud.
- **Pudrición:** Presencia, o no presencia, de pudrición.
- **Luz:** Luz de ensayo igual a 18 veces el canto de la pieza (cm), según UNE-EN 408:2011 + A1:2012.
- **Carga rot:** Carga de rotura en el ensayo de flexión (kg).
- **MOR sin corr:** Resistencia a flexión (N/mm²).
- **Kh:** Factor de corrección por canto (adimensional).
- **MOR corr con Kh:** Resistencia a flexión corregida por canto (N/mm²).
- **MEOG sin corr:** Módulo de elasticidad global al H% de humedad (N/mm²).
- **MOEG corr:** Módulo de elasticidad global corregido al 12% de humedad (N/mm²).
- **MOE sin corr:** Módulo de elasticidad local al H% de humedad (N/mm²).
- **MOE corr:** Módulo de elasticidad local corregido al 12% de humedad (N/mm²).
- **Pos rotura:** Distancia desde lugar de rotura hasta el centro de la pieza (cm).
- **Peso húmedo:** Peso húmedo de rodaja extraída para determinación de la humedad (kg).
- **Peso seco:** Peso seco de rodaja extraída para determinación de la humedad (kg).
- **Humedad:** Humedad de la rodaja (%).
- **Corr H:** Intervalo de corrección por humedad aplicado a los módulos de elasticidad (%).
- **Canto rodaja:** Canto de la rodaja extraída para la determinación de la humedad (cm).
- **Ancho rodaja:** Ancho de la rodaja extraída para la determinación de la humedad (cm).
- **Espesor rodaja:** Espesor de la rodaja extraída para la determinación de la humedad (cm).
- **Dens anhidra:** Densidad de la rodaja anhidra (kg/m³).
- **DensH%:** Densidad de la rodaja a la humedad H% (kg/m³).
- **Dens12%:** Densidad de la rodaja corregida al 12% de humedad (kg/m³).

Probeta	Código	Aserradero	Provincia	Monte	Sección	Longitud	Ancho	Canto
1	OTZ-38-1ª	ERREKONDO	GIPUZKOA	OTZAUURTE	25x20	507,2	20,0	25,3
2	B-32-3ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ALDAOLA	15x10	306,1	9,8	14,9
3	B-38-3-R	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ALDAOLA	15x10	303,2	10,0	15,0
5	OTZ-44-1ª	ERREKONDO	GIPUZKOA	OTZAUURTE	25x20	512,0	20,1	25,1
6	OTZ-25-1ª	ERREKONDO	GIPUZKOA	OTZAUURTE	25x20	508,0	20,1	25,5
7	OTZ-30-3ª	ERREKONDO	GIPUZKOA	OTZAUURTE	25x20	495,0	20,1	25,4
8	19	LARRAÑAGA	GIPUZKOA		25x20	517,0	19,9	24,9
9	22	LARRAÑAGA	GIPUZKOA		25x20	523,0	19,9	22,2
10	OTZ-9-1ª	ERREKONDO	GIPUZKOA	OTZAUURTE	25x20	511,5	20,0	25,2
11	30	LARRAÑAGA	GIPUZKOA		25x20	515,0	19,9	24,9
12	20	LARRAÑAGA	GIPUZKOA		25x20	518,0	20,0	25,0
13	OTZ-43-1ª	ERREKONDO	GIPUZKOA	OTZAUURTE	25x20	510,0	20,1	25,4
14	23	LARRAÑAGA	GIPUZKOA		25x20	519,0	20,0	24,9
16	26	LARRAÑAGA	GIPUZKOA		25x20	515,0	20,1	24,8
17	OTZ-3-1ª	ERREKONDO	GIPUZKOA	OTZAUURTE	25x20	509,0	20,2	25,1
18	OTZ-40-2ª	ERREKONDO	GIPUZKOA	OTZAUURTE	25x20	504,5	20,3	25,3
19	OTZ-10-1ª	ERREKONDO	GIPUZKOA	OTZAUURTE	25x20	516,7	20,1	25,2
20	OTZ-44-2ª	ERREKONDO	GIPUZKOA	OTZAUURTE	25x20	500,0	19,9	25,2
21	B-34-1	ALEMAN	NAVARRA	BERA	18x14	407,5	13,8	18,0
22	OTZ-7-1ª	ERREKONDO	GIPUZKOA	OTZAUURTE	25x20	527,5	20,5	25,3
23	OTZ-26-2ª	ERREKONDO	GIPUZKOA	OTZAUURTE	25x20	506,9	19,8	25,3
24	OTZ-31-1ª	ERREKONDO	GIPUZKOA	OTZAUURTE	25x20	509,4	20,2	25,4
26	32	LARRAÑAGA	GIPUZKOA		25x20	526,0	19,9	24,7
27	OTZ-38-2ª	ERREKONDO	GIPUZKOA	OTZAUURTE	25x20	505,3	20,0	25,3
28	OTZ-1-1ª	ERREKONDO	GIPUZKOA	OTZAUURTE	25x20	505,8	20,3	25,4
29	OTZ-26-1ª	ERREKONDO	GIPUZKOA	OTZAUURTE	25x20	514,4	20,1	25,4
30	27	LARRAÑAGA	GIPUZKOA		25x20	513,0	19,9	24,9
31	24	LARRAÑAGA	GIPUZKOA		25x20	505,4	19,9	24,9
32	B-42-3	ALEMAN	NAVARRA	BERA	18x14	400,2	14,0	18,0
33	OTZ-28-1ª	ERREKONDO	GIPUZKOA	OTZAUURTE	25x20	511,0	20,3	25,3
34	18	LARRAÑAGA	GIPUZKOA		25x20	512,0	19,9	25,0
36	41	LARRAÑAGA	GIPUZKOA		25x20	518,6	19,9	24,5
37	B-35-2	ALEMAN	NAVARRA	BERA	18x14	405,5	14,0	18,0
38	OTZ-41-1ª	ERREKONDO	GIPUZKOA	OTZAUURTE	25x20	507,4	20,1	25,4
39	OTZ-36-1ª	ERREKONDO	GIPUZKOA	OTZAUURTE	25x20	509,3	20,2	25,3
40	33	LARRAÑAGA	GIPUZKOA		25x20	518,0	20,5	25,0
41	OTZ-44-3ª	ERREKONDO	GIPUZKOA	OTZAUURTE	25x20	502,2	19,8	25,0
42	B-1-1ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ALDAOLA	18x14	314,7	9,7	14,9
43	B-8-1ªR	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ALDAOLA	25x20	303,7	6,8	14,3
44	B-32-4-R	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ALDAOLA	25x20	304,0	9,8	14,8
45	2	LARRAÑAGA	GIPUZKOA		25x20	517,0	20,0	24,9
46	A-9-3ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ATAUN	15x10	305,5	9,9	14,8
47	B-29-1ª-R	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ALDAOLA	15x7	306,9	6,8	14,7
48	A-19-1ª-R	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ATAUN	15x10	306,0	6,9	14,7
49	OTZ-39-1ª	ERREKONDO	GIPUZKOA	OTZAUURTE	25x20	510,2	20,3	25,4
50	B-27-2	ALEMAN	NAVARRA	BERA	15x10	404,0	14,0	17,9
51	A-33-4ª-R	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ATAUN	15x7	303,7	9,9	15,0
52	7	LARRAÑAGA	GIPUZKOA		15x7	514,0	20,1	25,0
53	OTZ-30-1ª	ERREKONDO	GIPUZKOA	OTZAUURTE	25x20	508,5	20,4	25,4
54	9	LARRAÑAGA	GIPUZKOA		18x14	510,5	20,0	24,9
55	OTZ-4-1ª	ERREKONDO	GIPUZKOA	OTZAUURTE	15x10	510,0	20,1	25,2
56	1	LARRAÑAGA	GIPUZKOA		25x20	517,5	19,8	25,0
57	39	LARRAÑAGA	GIPUZKOA		25x20	522,0	19,9	24,9
58	B-41-1	ALEMAN	NAVARRA	BERA	25x20	408,5	14,4	18,4

59	OTZ-30-2ª	ERREKONDO	GIPUZKOA	OTZAUURTE	25x20	506,7	20,0	25,3
60	OTZ-28-2ª	ERREKONDO	GIPUZKOA	OTZAUURTE	25x20	508,0	20,0	25,5
61	B-25-4ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ALDAOLA	25x20	308,0	9,7	14,8
62	L-45-1º	ALEMAN	NAVARRA	LESAKA	18x14	407,0	14,1	18,3
63	A-41-2ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ATAUN	25x20	304,0	9,9	15,0
64	OTZ-17-1ª	ERREKONDO	GIPUZKOA	OTZAUURTE	25x20	508,1	20,2	25,3
65	B-14-3ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ALDAOLA	15x10	305,5	9,8	14,9
66	A-3-4ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ATAUN	18x14	286,4	9,7	15,0
67	OTZ-17-2ª	ERREKONDO	GIPUZKOA	OTZAUURTE	15x10	523,0	20,2	25,3
68	B-3-4ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ALDAOLA	25x20	304,3	7,0	15,0
69	A-27-2ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ATAUN	15x10	308,1	9,7	14,8
70	A-37-1ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ATAUN	15x10	307,5	9,8	14,7
71	B-43-2ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ALDAOLA	25x20	306,0	9,9	14,9
72	A-32-3ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ATAUN	15x7	303,4	10,0	15,0
73	OTZ-4-2ª	ERREKONDO	GIPUZKOA	OTZAUURTE	15x10	507,0	20,4	25,1
74	OTZ-19-1ª	ERREKONDO	GIPUZKOA	OTZAUURTE	15x10	516,3	20,1	25,5
75	B-22-2	ALEMAN	NAVARRA	BERA	15x10	406,6	13,8	17,9
76	A-22-3ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ATAUN	15x10	306,2	9,8	14,8
77	B-13-2ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ALDAOLA	25x20	307,8	9,8	14,8
78	B-4-4ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ALDAOLA	25x20	308,0	9,8	14,9
79	A-7-3ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ATAUN	18x14	297,8	9,9	14,9
80	B-37-3ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ALDAOLA	15x10	303,8	10,0	15,2
81	B-16-3	ALEMAN	NAVARRA	BERA	15x10	406,0	14,2	18,2
82	B-30-3ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ALDAOLA	15x10	303,4	10,0	15,0
83	A-11-1ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ATAUN	15x10	305,2	7,0	14,9
84	B-40-4ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ALDAOLA	15x10	307,0	6,9	14,9
85	B-27-1ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ALDAOLA	18x14	299,7	9,9	14,9
86	A-39-1ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ATAUN	15x10	307,8	6,9	14,9
87	A-33-2ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ATAUN	15x7	305,4	9,8	14,8
88	A-8-1ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ATAUN	15x7	301,2	9,8	14,9
89	A-2-3ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ATAUN	15x10	303,6	10,0	15,0
90	44	LARRAÑAGA	GIPUZKOA		15x7	497,0	20,1	24,8
91	A-15-1ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ATAUN	15x10	306,1	9,8	15,1
92	L-15-1ª-G	ALEMAN	NAVARRA	LESAKA	15x10	405,1	14,0	18,0
93	A-39-4ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ATAUN	15x10	304,9	9,9	15,0
94	B-11-4ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ALDAOLA	25x20	303,8	10,0	15,0
95	B-36-3ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ALDAOLA	15x10	305,4	10,0	15,0
96	B-29-3ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ALDAOLA	18x14	307,8	9,8	14,9
97	B-20-1ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ALDAOLA	15x10	300,8	9,9	14,8
98	A-40-4ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ATAUN	15x10	305,4	9,9	14,9
99	B-45-1	ALEMAN	NAVARRA	BERA	15x10	406,5	13,8	17,9
100	B-19-2ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ALDAOLA	15x10	311,3	7,0	14,7
101	B-6-3ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ALDAOLA	15x10	306,0	7,0	15,0
102	B-39-3ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ALDAOLA	15x10	308,8	9,8	14,9
103	B-43-1ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ALDAOLA	18x14	308,0	7,2	14,9
104	B-10-1ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ALDAOLA	15x7	308,4	9,9	14,9
105	A-4-2ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ATAUN	15x7	307,5	9,8	14,9
106	8	LARRAÑAGA	GIPUZKOA		15x10	515,0	20,2	25,0
107	B-23-2ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ALDAOLA	15x7	300,9	9,9	14,8
108	OTZ-8-2ª	ERREKONDO	GIPUZKOA	OTZAUURTE	15x10	512,0	20,1	25,1
109	A-14-1ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ATAUN	15x10	305,3	9,8	14,9
110	A-5-1ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ATAUN	25x20	300,8	9,9	15,0
111	A-45-1ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ATAUN	15x10	307,6	7,0	15,1
112	A-15-2ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ATAUN	25x20	303,4	6,9	14,9
113	B-38-4ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ALDAOLA	15x10	303,2	7,1	15,0
114	B-19-3ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ALDAOLA	15x10	307,6	7,1	15,0
115	B-15-4ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ALDAOLA	15x7	306,1	9,9	14,9
116	A-21-4ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ATAUN	15x7	306,2	6,9	14,9

117	B-42-2ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ALDAOLA	15x7	303,9	7,0	15,0
118	A-43-2ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ATAUN	15x7	302,8	9,9	14,9
119	B-24-1ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ALDAOLA	15x10	305,5	10,0	15,0
120	A-17-3ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ATAUN	15x7	304,7	9,8	14,9
121	A-23-4ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ATAUN	15x7	306,9	10,0	15,1
122	B-25-3ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ALDAOLA	15x10	301,0	7,0	15,1
123	A-13-2ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ATAUN	15x10	308,1	7,1	15,0
124	A-14-4ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ATAUN	15x10	304,8	7,0	15,0
125	A-9-4ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ATAUN	15x10	298,7	7,1	15,1
126	A-24-4ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ATAUN	15x7	306,0	10,0	15,1
127	A-7-1ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ATAUN	15x7	303,5	6,9	14,9
128	A-2-4ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ATAUN	15x7	302,3	7,0	14,9
129	B-44-2ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ALDAOLA	15x7	304,0	7,0	15,0
130	A-18-3ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ATAUN	15x10	305,0	10,0	15,1
131	A-40-3ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ATAUN	15x7	304,1	7,0	15,1
132	A-3-3ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ATAUN	15x7	306,2	7,0	15,0
133	A-36-2ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ATAUN	15x7	305,0	7,1	15,0
134	OTZ-27-1ª	ERREKONDO	GIPUZKOA	OTZURTE	15x10	505,2	20,0	25,4
135	A-35-4ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ATAUN	15x7	309,6	7,1	15,1
136	B-21-4ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ALDAOLA	15x7	309,1	7,1	15,1
137	A-33-3ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ATAUN	15x7	305,7	7,0	15,1
138	L-22-1ª	ALEMAN	NAVARRA	LESAKA	25x20	407,2	14,1	18,2
139	OTZ-8-1ª	ERREKONDO	GIPUZKOA	OTZURTE	15x7	513,2	20,2	25,2
140	A-42-1ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ATAUN	15x7	304,9	10,0	15,0
141	B-42-1ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ALDAOLA	15x7	309,5	9,9	14,9
142	B-9-3	ALEMAN	NAVARRA	BERA	18x14	408,5	14,0	18,0
143	B-2-3ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ALDAOLA	25x20	293,4	6,8	14,8
144	B-11-2ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ALDAOLA	15x10	304,5	6,9	14,8
145	OTZ-40-1ª	ERREKONDO	GIPUZKOA	OTZURTE	15x10	507,2	20,2	25,4
146	A-7-4ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ATAUN	18x14	306,5	7,1	14,9
147	A-8-4ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ATAUN	15x7	304,4	7,0	15,0
148	A-21-2ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ATAUN	15x7	305,8	7,1	15,1
149	B-33-3	ALEMAN	NAVARRA	BERA	25x20	403,1	13,8	17,9
150	A-16-1ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ATAUN	15x7	301,5	7,0	15,1
151	B-26-2ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ALDAOLA	15x7	296,9	6,9	14,9
152	A-35-1ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ATAUN	15x7	305,0	9,9	14,8
153	B-23-3ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ALDAOLA	18x14	303,7	10,0	15,0
154	B-24-3ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ALDAOLA	15x7	307,6	6,9	14,9
155	B-16-3ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ALDAOLA	15x7	307,0	7,0	15,0
156	A-25-3ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ATAUN	15x10	305,4	6,8	14,9
157	A-2-2ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ATAUN	15x10	306,0	6,9	14,9
158	B-17-2ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ALDAOLA	15x7	305,6	7,0	14,9
159	B-28-2ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ALDAOLA	15x7	306,4	7,0	14,9
160	B-20-4ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ALDAOLA	15x7	305,7	7,1	15,1
161	B-17-4ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ALDAOLA	15x7	311,3	6,9	14,9
162	B-27-3	ALEMAN	NAVARRA	BERA	15x7	408,5	14,0	18,0
163	A-43-3ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ATAUN	15x7	305,0	7,1	15,1
164	B-33-2	ALEMAN	NAVARRA	BERA	15x7	400,5	14,0	18,2
165	A-1-1ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ATAUN	15x7	294,1	9,7	14,8
166	B-24-2	ALEMAN	NAVARRA	BERA	18x14	404,0	13,9	17,9
167	A-29-2ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ATAUN	15x7	306,0	7,1	15,1
168	B-20-2ª	ALEMAN	NAVARRA	BERA	18x14	406,3	13,9	18,0
169	A-38-1ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ATAUN	15x10	306,7	7,0	15,0
170	B-9-4ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ALDAOLA	18x14	304,2	9,8	15,0
171	OTZ-37-1ª	ERREKONDO	GIPUZKOA	OTZURTE	15x7	508,2	20,2	25,1
172	B-23-2ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ALDAOLA	18x14	307,3	6,9	14,8
173	L-20-2ª	ALEMAN	NAVARRA	LESAKA	15x7	404,2	14,1	18,1
174	A-5-3ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ATAUN	15x10	302,7	7,0	15,0

175	12	LARRAÑAGA	GIPUZKOA		25x20	514,7	19,8	24,6
176	B-31-4ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ALDAOLA	15x7	298,3	7,0	15,0
177	A-10-3ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ATAUN	18x14	284,6	6,8	14,8
178	A-29-3ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ATAUN	15x7	306,5	9,8	14,9
179	B-21-1ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ALDAOLA	25x20	314,5	9,9	14,9
180	B-22-1ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ALDAOLA	15x7	310,9	7,0	15,0
181	A-18-2ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ATAUN	15x7	301,3	9,8	14,8
182	A-3-2ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ATAUN	15x10	285,5	9,9	14,9
183	B-8-4ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ALDAOLA	15x10	303,7	7,0	15,0
184	OTZ-16-1ª	ERREKONDO	GIPUZKOA	OTZAUURTE	15x7	531,3	20,0	25,3
185	B-22-2ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ALDAOLA	15x10	293,5	9,9	15,0
186	B-27-4ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ALDAOLA	15x10	306,9	9,9	15,0
187	B-35-1ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ALDAOLA	15x7	307,6	7,0	14,9
188	B-4-2ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ALDAOLA	25x20	307,0	7,0	14,9
189	42	LARRAÑAGA	GIPUZKOA		15x10	513,0	20,0	25,0
190	B-5-2ª	ALEMAN	NAVARRA	BERA	15x10	408,5	13,9	18,0
191	B-24-1ª-2	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ALDAOLA	15x7	309,5	10,0	15,0
192	B-30-2ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ALDAOLA	15x7	301,4	7,0	14,9
193	B-27-3ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ALDAOLA	25x20	304,9	7,1	15,0
194	A-20-1ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ATAUN	18x14	300,5	6,9	14,8
195	B-43-2	ALEMAN	NAVARRA	BERA	15x10	405,0	13,7	17,9
196	B-1-2ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ALDAOLA	15x7	310,5	7,1	15,0
197	B-37-4ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ALDAOLA	15x7	307,5	6,8	14,8
198	B-32-1ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ALDAOLA	15x7	310,0	6,9	14,8
199	A-4-1ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ATAUN	18x14	305,4	7,1	15,0
200	B-15-1ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ALDAOLA	15x7	307,3	7,1	15,0
201	OTZ-42-2ª	ERREKONDO	GIPUZKOA	OTZAUURTE	15x7	506,1	20,2	25,3
202	B-30-1	ALEMAN	NAVARRA	BERA	15x7	407,0	14,0	18,1
203	A-4-3ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ATAUN	15x7	297,6	7,0	14,9
204	L-25-1ª	ALEMAN	NAVARRA	LESAKA	15x7	410,0	14,0	18,1
205	A-20-2ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ATAUN	25x20	303,7	10,1	15,0
206	A-42-4ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ATAUN	18x14	304,7	6,9	15,0
207	B-18-3ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ALDAOLA	15x7	304,4	7,1	15,2
208	A-31-2ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ATAUN	18x14	305,8	7,1	15,1
209	6	LARRAÑAGA	GIPUZKOA		15x10	516,0	20,1	25,0
210	B-36-1ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ALDAOLA	15x7	305,8	6,8	14,8
211	A-26-2ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ATAUN	15x7	304,7	6,9	14,9
212	B-35-3	ALEMAN	NAVARRA	BERA	15x7	409,0	14,0	18,0
213	A-12-4ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ATAUN	25x20	304,0	7,1	15,1
214	16	LARRAÑAGA	GIPUZKOA		15x7	524,0	20,1	24,9
215	A-32-2ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ATAUN	15x7	303,5	7,0	14,9
216	A-31-4ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ATAUN	18x14	306,0	9,5	15,0
217	B-9-2ª	ALEMAN	NAVARRA	BERA	15x7	406,6	13,9	17,8
218	L-8-1ª	ALEMAN	NAVARRA	LESAKA	25x20	408,0	14,2	18,1
219	A-16-4ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ATAUN	15x7	304,8	9,9	15,0
220	A-44-4ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ATAUN	15x10	304,7	6,9	15,0
221	L-34-1ª-G	ALEMAN	NAVARRA	LESAKA	18x14	413,5	13,9	17,9
222	B-41-4ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ALDAOLA	18x14	303,3	7,0	15,0
223	B-13-1ª	ALEMAN	NAVARRA	BERA	15x10	409,8	14,0	18,0
224	A-17-1ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ATAUN	15x7	304,2	10,0	15,1
225	B-16-2ª	ALEMAN	NAVARRA	BERA	18x14	403,4	13,8	17,9
226	L-2-2ª	ALEMAN	NAVARRA	LESAKA	15x7	406,7	14,0	18,0
227	B-45-3ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ALDAOLA	18x14	306,9	7,0	15,0
228	B-40-1ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ALDAOLA	15x10	304,8	10,2	15,0
229	A-45-3ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ATAUN	18x14	299,8	10,0	15,0
230	L-21-1ª	ALEMAN	NAVARRA	LESAKA	18x14	406,0	14,3	17,2
231	B-17-2ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ALDAOLA	15x7	306,8	10,1	15,1
232	A-26-1ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ATAUN	15x10	307,5	10,0	15,1

233	OTZ-42-1ª	ERREKONDO	GIPUZKOA	OTZAUURTE	15x10	506,9	20,1	25,4
234	B-34-2ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ALDAOLA	18x14	301,4	9,8	14,9
235	L-42-1ª-G	ALEMAN	NAVARRA	LESAKA	15x10	404,0	13,9	17,8
236	17	LARRAÑAGA	GIPUZKOA		15x10	517,4	19,9	25,0
237	B-14-3	ALEMAN	NAVARRA	BERA	25x20	404,0	13,9	17,9
238	A-37-1ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ATAUN	15x10	305,0	7,1	15,1
239	B-29-2ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ALDAOLA	18x14	303,2	7,1	15,1
240	B-13-3ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ALDAOLA	25x20	301,1	7,1	15,1
241	A-6-4ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ATAUN	18x14	305,4	9,9	15,0
242	B-10-4ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ALDAOLA	15x7	304,6	10,0	15,0
243	13	LARRAÑAGA	GIPUZKOA		15x7	518,5	20,0	24,9
244	L-27-2ª	ALEMAN	NAVARRA	LESAKA	15x7	402,5	13,9	18,1
245	L-30-1ª	ALEMAN	NAVARRA	LESAKA	15x10	407,6	14,0	18,3
246	B-33-4ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ALDAOLA	15x10	300,0	7,2	15,2
247	B-6-1ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ALDAOLA	25x20	306,2	10,0	15,0
248	L-9-1ª	ALEMAN	NAVARRA	LESAKA	18x14	407,9	13,8	17,9
249	L-5-3ª	ALEMAN	NAVARRA	LESAKA	18x14	406,5	14,1	18,1
250	31	LARRAÑAGA	GIPUZKOA		15x7	520,0	19,5	24,8
251	L-35-2ª	ALEMAN	NAVARRA	LESAKA	15x10	405,5	14,2	18,1
252	B-32-2	ALEMAN	NAVARRA	BERA	18x14	407,0	14,0	17,9
253	B-12-1ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ALDAOLA	18x14	320,2	7,0	14,9
254	B-39-3º	ALEMAN	NAVARRA	BERA	25x20	407,6	13,7	17,9
255	L-31-2ª	ALEMAN	NAVARRA	LESAKA	18x14	404,5	14,1	18,1
256	B-12-2	ALEMAN	NAVARRA	BERA	18x14	404,9	13,7	17,9
257	B-44-2ª	ALEMAN	NAVARRA	BERA	15x7	407,4	14,0	17,9
258	B-21-1ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ALDAOLA	18x14	304,4	6,9	15,0
259	B-12-2ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ALDAOLA	18x14	306,7	10,0	15,0
260	21	LARRAÑAGA	GIPUZKOA		18x14	512,0	20,0	24,9
261	A-13-3ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ATAUN	18x14	303,5	6,9	15,0
262	B-34-3ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ALDAOLA	15x7	304,1	7,0	15,1
263	29	LARRAÑAGA	GIPUZKOA		15x10	515,0	20,0	25,1
264	L-13-2ª	ALEMAN	NAVARRA	LESAKA	25x20	404,0	14,2	18,1
265	A-6-3ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ATAUN	15x7	300,1	7,2	15,2
266	L-19-2ª	ALEMAN	NAVARRA	LESAKA	15x7	402,8	14,2	18,1
267	B-37-1	ALEMAN	NAVARRA	BERA	25x20	407,3	13,9	17,9
268	L-1-3ª	ALEMAN	NAVARRA	LESAKA	18x14	404,2	13,9	17,8
269	B-36-4ª-R	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ALDAOLA	15x7	315,7	6,9	14,9
270	L-26-2ª	ALEMAN	NAVARRA	LESAKA	18x14	403,5	14,0	17,8
271	L-33-1ª	ALEMAN	NAVARRA	LESAKA	18x14	406,0	14,1	17,9
272	B-14-1ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ALDAOLA	18x14	303,5	7,0	15,1
273	A-11-2ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ATAUN	15x7	307,3	10,1	15,0
274	A-27-3ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ATAUN	18x14	306,2	7,0	14,9
275	OTZ-45-1ª	ERREKONDO	GIPUZKOA	OTZAUURTE	18x14	507,0	19,9	24,9
276	A-19-4ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ATAUN	15x7	305,7	7,0	15,0
277	OTZ-6-1ª	ERREKONDO	GIPUZKOA	OTZAUURTE	15x10	518,0	20,1	25,4
278	37	LARRAÑAGA	GIPUZKOA		15x7	517,0	20,0	24,9
279	L-38-3-R	ALEMAN	NAVARRA	LESAKA	25x20	407,7	13,8	18,1
280	5	LARRAÑAGA	GIPUZKOA		15x7	523,0	20,0	25,0
281	L-44-3ª	ALEMAN	NAVARRA	LESAKA	25x20	409,5	14,2	18,2
282	B-14-2	ALEMAN	NAVARRA	BERA	25x20	405,0	13,8	17,8
283	B-10-1	ALEMAN	NAVARRA	BERA	18x14	410,0	14,0	17,8
284	A-1-2ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ATAUN	25x20	304,1	7,1	15,0
285	B-19-4ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ALDAOLA	18x14	303,2	10,1	15,2
286	L-12-3ª	ALEMAN	NAVARRA	LESAKA	18x14	404,0	13,6	17,8
287	B-18-2ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ALDAOLA	18x14	307,6	9,8	14,8
288	B-7-1ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ALDAOLA	15x7	312,5	7,0	14,8
289	OTZ-2-1ª	ERREKONDO	GIPUZKOA	OTZAUURTE	15x10	507,0	20,3	25,1
290	B-33-1ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ALDAOLA	18x14	308,5	10,0	15,1

291	38	LARRAÑAGA	GIPUZKOA		15x10	514,0	20,0	24,9
292	L-46-1ª	ALEMAN	NAVARRA	LESAKA	15x7	405,0	14,0	18,0
293	B-2-1ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ALDAOLA	25x20	306,8	10,0	15,2
294	B-22-3	ALEMAN	NAVARRA	BERA	15x10	409,0	14,1	18,2
295	OTZ-41-2ª	ERREKONDO	GIPUZKOA	OTZAUURTE	25x20	507,5	19,9	25,1
296	A-25-1ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ATAUN	18x14	306,6	7,0	15,0
297	45	LARRAÑAGA	GIPUZKOA		15x10	527,3	19,9	25,0
298	L-36-3ª	ALEMAN	NAVARRA	LESAKA	18x14	404,2	14,2	18,5
299	OTZ-34-1ª	ERREKONDO	GIPUZKOA	OTZAUURTE	25x20	508,0	20,0	25,2
300	A-22-1ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ATAUN	15x7	309,3	7,0	15,0
301	A-44-2ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ATAUN	25x20	305,7	10,0	15,1
302	28	LARRAÑAGA	GIPUZKOA		18x14	511,5	19,9	24,9
303	35	LARRAÑAGA	GIPUZKOA		25x20	512,0	20,0	25,0
304	L-7-1ª	ALEMAN	NAVARRA	LESAKA	15x7	408,0	14,0	17,8
305	B-43-1-R	ALEMAN	NAVARRA	BERA	15x10	356,5	14,0	18,3
306	B-37-2	ALEMAN	NAVARRA	BERA	25x20	403,5	14,0	17,9
307	B-17-1	ALEMAN	NAVARRA	BERA	25x20	406,5	14,2	18,1
308	B-28-1-R	ALEMAN	NAVARRA	BERA	18x14	357,0	14,2	18,1
309	B-26-4ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ALDAOLA	18x14	305,6	10,1	15,2
310	43	LARRAÑAGA	GIPUZKOA		18x14	520,0	20,1	24,9
311	L-40-1ª	ALEMAN	NAVARRA	LESAKA	18x14	408,1	14,0	17,8
312	L-10-1ª	ALEMAN	NAVARRA	LESAKA	18x14	406,0	14,0	17,8
313	4	LARRAÑAGA	GIPUZKOA		15x10	515,2	20,0	25,0
314	B-1-2-R	ALEMAN	NAVARRA	BERA	25x20	403,5	14,0	18,1
315	OTZ-45-2ª	ERREKONDO	GIPUZKOA	OTZAUURTE	18x14	506,0	20,6	25,4
316	OTZ-18-1ª	ERREKONDO	GIPUZKOA	OTZAUURTE	18x14	520,5	20,1	25,1
317	L-5-2-R	ALEMAN	NAVARRA	LESAKA	25x20	405,0	14,1	18,2
318	25	LARRAÑAGA	GIPUZKOA		18x14	510,0	19,8	25,0
319	B-42-2-R	ALEMAN	NAVARRA	BERA	25x20	403,5	14,2	18,2
320	L-46-2ª	ALEMAN	NAVARRA	LESAKA	25x20	398,0	14,1	17,8
321	B-28-4ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ALDAOLA	18x14	296,5	10,1	15,1
322	A-8-3ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ATAUN	25x20	295,8	10,1	15,1
323	L-16-1ª	ALEMAN	NAVARRA	LESAKA	18x14	405,9	13,5	18,0
324	B-28-2	ALEMAN	NAVARRA	BERA	18x14	403,4	14,0	18,1
325	10	LARRAÑAGA	GIPUZKOA		15x10	521,5	19,8	24,9
326	L-39-2ª	ALEMAN	NAVARRA	LESAKA	15x10	403,0	14,0	18,0
327	B-45-4ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ALDAOLA	18x14	306,0	10,1	15,2
328	3	LARRAÑAGA	GIPUZKOA		18x14	515,0	20,0	24,9
329	L-3-2ª	ALEMAN	NAVARRA	LESAKA	25x20	405,5	14,0	18,0
330	B-35-2ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ALDAOLA	18x14	303,2	10,2	15,1
331	11	LARRAÑAGA	GIPUZKOA		15x10	517,0	19,9	25,2
332	L-18-2ª	ALEMAN	NAVARRA	LESAKA	25x20	404,5	14,4	18,1
333	B-2-3	ALEMAN	NAVARRA	BERA	18x14	407,4	14,0	18,3
334	14	LARRAÑAGA	GIPUZKOA		15x10	514,0	20,0	25,0
335	L-43-3ª	ALEMAN	NAVARRA	LESAKA	25x20	400,8	13,9	17,9
336	A-10-4ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ATAUN	18x14	303,7	10,0	15,1
337	L-11-3ª	ALEMAN	NAVARRA	LESAKA	18x14	406,7	14,0	18,0
338	L-46-3ª	ALEMAN	NAVARRA	LESAKA	25x20	410,0	14,0	18,0
339	B-21-2ª	ALEMAN	NAVARRA	BERA	18x14	402,9	14,2	18,2
340	L-23-3ª	ALEMAN	NAVARRA	LESAKA	15x10	405,0	13,9	17,8
341	B-41-2ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ALDAOLA	18x14	304,4	10,0	15,0
342	B-7-2ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ALDAOLA	18x14	303,8	9,9	15,1
343	B-7-2-R	ALEMAN	NAVARRA	BERA	18x14	402,9	14,1	18,2
344	L-24-2ª	ALEMAN	NAVARRA	LESAKA	18x14	402,0	13,9	18,0
345	A-34-4ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ATAUN	15x10	310,7	10,1	15,1
346	A-19-2ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ATAUN	15x10	300,6	10,1	15,1
347	L-6-2ª	ALEMAN	NAVARRA	LESAKA	18x14	404,5	14,0	17,8
348	B-3-3ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ALDAOLA	18x14	309,2	10,1	15,2

349	B-4-1ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ALDAOLA	15x10	306,0	10,1	15,1
350	L-14-3ª	ALEMAN	NAVARRA	LESAKA	15x10	398,0	14,0	18,0
351	B-32-3	ALEMAN	NAVARRA	BERA	18x14	406,0	14,2	17,9
352	A-28-3ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ATAUN	15x10	303,9	10,1	15,1
353	L-41-2ª	ALEMAN	NAVARRA	LESAKA	15x10	407,0	14,0	17,9
354	B-4-1-R	ALEMAN	NAVARRA	BERA	18x14	358,0	14,0	18,2
355	L-14-2ª	ALEMAN	NAVARRA	LESAKA	18x14	410,5	14,0	17,9
356	B-39-2-R	ALEMAN	NAVARRA	BERA	15x10	359,3	14,1	18,1
357	15	LARRAÑAGA	GIPUZKOA		18x14	511,0	19,9	25,0
358	36	LARRAÑAGA	GIPUZKOA		18x14	514,6	19,7	24,7
359	A-36-1ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ATAUN	18x14	309,6	10,3	15,0
360	L-34-3ª	ALEMAN	NAVARRA	LESAKA	18x14	405,0	14,1	17,9
361	A-41-1ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ATAUN	25x20	302,9	6,9	14,9
362	B-4-3-R	ALEMAN	NAVARRA	BERA	25x20	407,8	14,0	18,2
363	A-30-3ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ATAUN	15x10	306,7	10,1	15,2
364	B-8-3ª	LARRAÑAGA	GIPUZKOA	ALDAOLA	18x14	306,5	10,2	15,2
365	46	LARRAÑAGA	GIPUZKOA		15x7	628,6	20,5	25,1
366	47	LARRAÑAGA	GIPUZKOA		18x14	610,0	20,1	25,2
367	48	LARRAÑAGA	GIPUZKOA		15x10	606,0	20,2	25,1
368	49	LARRAÑAGA	GIPUZKOA		15x10	566,9	20,1	25,3
369	50	LARRAÑAGA	GIPUZKOA		25x20	612,4	20,5	25,0
370	51	LARRAÑAGA	GIPUZKOA		25X20	561,8	20,5	25,3

Probeta	Peso	Volumen	Humedad	Densidad	Freq 1	Freq 2	Freq 3	Freq media
1	157,9	0,257	15,8	615,3	470,4	471,5	468,8	470,2
2	24,0	0,045	12,5	537,0	759,5	768,3	762,6	763,5
3	22,9	0,045	11,8	503,5	730,6	715,6	729,7	725,3
4	171,3	0,258	16,8	663,2	478,4	483,6	475,5	479,2
5	153,4	0,260	18,0	589,1	437,3	464,2	462,3	454,6
6	129,4	0,253	10,6	512,0	456,7	457,3	456,5	456,8
7	172,9	0,256	19,0	674,9	396	366,0	406,7	389,6
8	160,9	0,231	20,0	696,4	460,1	462,5	465,9	462,8
9	151,5	0,258	16,6	587,7	428,3	428,4	428,7	428,5
10	143,2	0,255	19,0	561,2	441,2	445,9	444,8	444,0
11	174,8	0,259	19,5	674,9	458,2	461,6	466,6	462,1
12	157,7	0,260	17,8	605,7	486,5	480,4	487,0	484,6
13	152,9	0,258	17,9	591,6	392,3	401,9	402,6	398,9
14	154,3	0,257	15,0	601,1	393,7	401,3	398,6	397,9
15	162,1	0,258	18,5	628,1	461,7	463,6	464,6	463,3
16	132,9	0,259	18,1	512,9	438,0	437,5	436,4	437,3
17	173,6	0,262	18,0	663,3	463,0	464,8	467,9	465,2
18	150,4	0,251	15,5	599,8	491,1	489,7	494,2	491,7
19	66,0	0,101	17,0	652,0	545,7	541,9	544,6	544,1
20	172,3	0,274	16,9	629,8	478,9	480,6	483,0	480,8
21	141,8	0,254	16,6	558,4	446,9	453,3	447,3	449,2
22	180,7	0,261	15,4	691,4	408,5	415,2	417,5	413,7
23	163,7	0,259	19,1	633,2	413,6	411,3	414,6	413,2
24	154,6	0,256	17,1	604,7	471,0	462,3	461,6	465,0
25	153,7	0,261	17,3	589,3	493,7	495,9	492,3	494,0
26	148,7	0,263	18,8	566,2	461,7	442,5	444,4	449,5
27	148,9	0,254	18,0	585,8	462,7	464,7	464,8	464,1
28	155,2	0,250	19,1	619,7	401,6	408,0	402,9	404,2
29	58,7	0,101	17,2	582,1	557,9	528,6	531,8	539,4
30	153,4	0,262	17,8	584,5	455,2	455,2	456,6	455,7
31	159,3	0,255	19,8	625,4	406,9	411,1	410,6	409,5
32	176,7	0,253	16,6	698,9	467,8	469,4	469,3	468,8
33	60,5	0,102	20	592,1	551,6	566,9	567,1	561,9
34	147,7	0,259	17,6	570,2	452,9	454,9	460,5	456,1
35	161,4	0,260	14,3	620,1	462,7	458,5	466,5	462,6
36	122,2	0,265	17,1	460,3	337,8	332,0	335,1	335,0
37	165,7	0,257	20,0	644,2	448,9	450,4	451,3	450,2
38	64,8	0,100	18,0	646,7	512,9	502,2	506,2	507,1
39	151,3	0,260	17,1	581,2	462,1	464,7	459,8	462,2
40	135,5	0,254	18,4	534,2	454,5	455,6	450,4	453,5
41	157,4	0,249	18,1	633,2	464,9	471,3	471,9	469,4
42	20,9	0,045	12,0	459,5	628,9	626,3	605,8	620,3
43	15,4	0,030	17,0	521,5	700,0	712,0	710,0	707,3
44	25,0	0,044	14,1	567,0	786,7	793,3	798,9	793,0
45	151,2	0,257	21,8	587,3	409,6	424,0	424,1	419,2
46	24,7	0,045	14,5	551,8	721,7	717,4	699,6	712,9
47	14,6	0,031	17,0	475,9	698,8	692,9	699,8	697,2
48	17,7	0,031	17,0	570,3	715,3	721,0	716,5	717,6
49	153,2	0,263	16,9	582,4	435,9	436,8	438,0	436,9
50	59,4	0,101	18,0	586,7	535,7	538,9	544,6	539,7
51	27,0	0,045	13,1	598,7	724,6	712,2	764,7	733,8
52	172,5	0,258	20,7	667,9	348,1	345,3	348,4	347,3
53	135,1	0,263	14,9	512,7	466,9	466,4	465,3	466,2
54	179,5	0,254	17,9	706,1	377,0	382,3	374,5	377,9

55	152,2	0,258	18,1	589,2	466,7	458,4	465,0	463,4
56	141,3	0,256	18,3	551,6	469,2	442,1	438,7	450,0
57	161,3	0,259	21,0	623,6	448,8	453,3	452,4	451,5
58	68,8	0,108	20,0	635,6	574,7	565,6	551,1	563,8
59		0,256	12,5	0,0	866,9	861,6	855,6	861,4
60	148,3	0,259	15,5	572,4	468,5	471,1	467,1	468,9
61	26,3	0,044	14,8	594,8	733,7	734,0	737,0	734,9
62	55,0	0,105	18,0	523,7	533,9	539,9	549,7	541,2
63	29,0	0,045	14,7	642,4	702,8	698,2	687,3	696,1
64	150,0	0,260	15,8	577,7	493,7	486,8	493,0	491,2
65	26,1	0,045	14,4	585,1	741,5	744,0	744,0	743,2
66	26,2	0,042	13,3	628,7	755,4	760,9	747,8	754,7
67	154,8	0,267	11,7	579,2	419,2	427,7	418,6	421,8
68	15,9	0,032	15,5	497,6	618,8	618,3	624,5	620,5
69	24,5	0,044	13,3	553,9	784,9	784,8	799,2	789,6
70	26,4	0,044	15,3	596,0	725,1	725,6	749,9	733,5
71	20,0	0,045	13,9	443,1	669,0	674,5	672,7	672,1
72	24,4	0,046	12,8	536,1	803,1	801,0	799,1	801,1
73	150,2	0,260	16,2	578,6	498,1	490,6	494,3	494,3
74	150,0	0,265	16,7	566,8	445,1	453,6	438,6	445,8
75	59,8	0,100	16,8	595,4	543,3	542,5	542,2	542,7
76	23,1	0,044	12,8	520,1	733,5	719,1	711,7	721,4
77	23,6	0,045	14,8	528,6	753,4	750,0	752,2	751,9
78	25,5	0,045	14,8	567,0	717,2	719,5	717,6	718,1
79	27,6	0,044	15,2	628,3	744,3	755,7	747,4	749,1
80	25,9	0,046	15,1	560,9	758,0	758,5	762,4	759,6
81	75,2	0,105	22,0	716,7	549,5	536,3	545,5	543,8
82	26,1	0,046	14,8	573,5	694,3	708,4	695,1	699,3
83	16,5	0,032	18,3	518,3	664,1	663,6	666,4	664,7
84	15,3	0,032	15,8	484,7	708,8	712,7	715,5	712,3
85	24,6	0,044	15,1	556,5	622,4	637,2	685,3	648,3
86	19,5	0,032	14,8	616,2	678,5	701,9	702,8	694,4
87	24,7	0,044	12,8	557,6	759,1	755,1	735,4	749,9
88	25,0	0,044	13,9	568,4	747,2	746,4	734,1	742,6
89	27,4	0,046	14,8	601,7	715,6	714,9	706,5	712,3
90	176,2	0,248	22,0	711,2	469,9	471,0	470,0	470,3
91	26,1	0,045	11,9	576,2	708,3	710,9	700,6	706,6
92	61,3	0,102	15,5	600,5	448,9	448,1	458,5	451,8
93	27,6	0,045	9,5	609,6	678,7	678,4	682,1	679,7
94	22,0	0,046	10,0	482,8	662,8	685,9	668,3	672,3
95	25,0	0,046	13,5	545,7	762,2	768,8	757,9	763,0
96	24,0	0,045	13,7	534,0	750,0	740,1	750,3	746,8
97	24,1	0,044	16,1	546,8	700,2	706,6	708,0	704,9
98	29,8	0,045	13,6	661,5	710,5	712,9	727,2	716,9
99	69,5	0,100	21,0	692,1	481,8	494,8	480,1	485,6
100	17,0	0,032	18,8	530,7	719,9	718,1	712,2	716,7
101	16,5	0,032	18,4	513,5	663,8	667,8	660,5	664,0
102	22,7	0,045	12,2	503,4	737,0	736,9	736,6	736,8
103	14,7	0,033	13,5	444,9	733,6	722,8	710,9	722,4
104	22,0	0,045	14,0	483,6	736,3	732,7	739,5	736,2
105	25,8	0,045	13,3	574,6	745,3	733,6	745,2	741,4
106	163,3	0,260	20,0	627,9	459,7	479,0	441,3	460,0
107	24,4	0,044	13,7	553,4	800,8	751,1	748,2	766,7
108	161,9	0,258	15,1	626,8	454,3	468,1	475,1	465,8
109	27,2	0,045	14,6	610,1	816,6	811,7	794,2	807,5
110	26,7	0,045	15,8	597,7	798,4	790,0	792,4	793,6
111	19,7	0,033	15,1	605,9	674,0	682,0	670,5	675,5
112	17,6	0,031	15,1	564,2	703,9	706,4	704,1	704,8

113	17,2	0,032	14,1	532,7	747,0	750,4	744,6	747,3
114	17,2	0,033	11,9	525,0	704,2	713,3	714,5	710,7
115	27,9	0,045	15,7	617,9	676,1	701,3	669,9	682,4
116	18,2	0,031	14,8	578,1	712,2	714,2	720,2	715,5
117	15,6	0,032	10,8	488,9	661,0	662,9	670,8	664,9
118	24,5	0,045	13,1	548,5	705,6	691,7	701,3	699,5
119	25,7	0,046	12,1	560,8	711,3	716,5	708,3	712,0
120	25,5	0,044	12,3	573,1	748,2	736,6	744,9	743,2
121	29,9	0,046	12,8	645,2	653,0	685,1	676,6	671,6
122	18,5	0,032	12,7	581,5	694,9	695,1	693,6	694,5
123	18,5	0,033	14,1	563,8	691,1	710,2	693,1	698,1
124	18,9	0,032	15,0	590,6	750,6	754,9	744,4	750,0
125	19,8	0,032	13,4	618,3	674,7	669,7	661,2	668,5
126	26,3	0,046	14,1	569,2	752,4	752,2	763,2	755,9
127	17,6	0,031	16,7	564,1	744,6	763,1	756,6	754,8
128	19,9	0,032	17,8	631,1	676,5	667,3	657,1	667,0
129	17,3	0,032	17,5	542,0	671,5		670,9	447,5
130	23,1	0,046	12,8	501,6	751,6	753,5	752,8	752,6
131	20,4	0,032	18,5	634,7	704,4	700,0	696,7	700,4
132	19,5	0,032	17,5	606,5	672,6	678,6	673,1	674,8
133	18,4	0,032	16,8	566,5	717,3	720,4	714,6	717,4
134	150,9	0,257	14,9	588,0	482,5	468,7	503,9	485,0
135	20,6	0,033	18,1	620,6	691,2	693,0	690,4	691,5
136	20,9	0,033	16,6	630,7	716,8	719,7	717,9	718,1
137	18,6	0,032	15,1	575,6	722,6	707,2	700,1	710,0
138	62,8	0,104	18,3	601,0	487	500,9	481,6	489,8
139	122,0	0,261	15,1	467,0	496,5	493,9	485,4	491,9
140	30,1	0,046	14,8	658,1	628,6	621,7	615,8	622,0
141	24,0	0,046	13,1	525,7	743,7	713,9	709,3	722,3
142	64,2	0,103	16,0	623,7	542,1	559,4	540,6	547,4
143	17,3	0,030	15,8	585,9	744,9	745,2	733,0	741,0
144	14,3	0,031	11,9	459,9	741,8	746,9	758,1	748,9
145	128,9	0,260	17,8	495,3	445,3	446,7	454,1	448,7
146	21,2	0,032	17,1	653,8	672,2	680,1	673,5	675,3
147	21,3	0,032	16,7	666,4	626,7	630,1	656,7	637,8
148	19,2	0,033	16,6	585,6	775,3	780,8	777,9	778,0
149	55,4	0,100	15,6	556,4	576	581,3	580,3	579,2
150	16,5	0,032	15,4	517,8	755,8	780,3	762,6	766,2
151	15,9	0,031	15,8	520,9	677,0	678,4	683,1	679,5
152	25,2	0,045	15,1	563,9	719,3	716,9	714,2	716,8
153	26,0	0,046	15,4	570,7	740,3	720,3	735,3	732,0
154	18,4	0,032	15,3	581,8	751,2	761,2	759,2	757,2
155	19,7	0,032	15,2	611,1	745,5	746,1	742,5	744,7
156	18,1	0,031	17,8	584,9	694,3	692,6	696,7	694,5
157	17,3	0,031	13,8	549,9	656,6	660,4	652,3	656,4
158	16,4	0,032	17,9	514,5	716,9	715,6	716,5	716,3
159	17,0	0,032	14,2	532,0	739,1	744,3	745,2	742,9
160	18,0	0,033	13,1	549,2	652,7	659,4	655,0	655,7
161	18,2	0,032	15,1	568,7	705,5	706,1	704,9	705,5
162	61,1	0,103	17,0	593,5	536,3	534,8	531,8	534,3
163	20,1	0,033	18,3	614,7	636,6	643,4	629,2	636,4
164	55,3	0,102	17,0	541,9	579,4	570,1	594,7	581,4
165	23,1	0,042	12,3	547,1	741,8	754,5	792,2	762,8
166	63,5	0,101	18	631,7	580,7	576,4	582,5	579,9
167	17,5	0,033	14,1	533,4	735,2	727,4	730,2	730,9
168	61,8	0,102	15,8	607,9	539,4	541,7	541,7	540,9
169	19,2	0,032	15,4	596,2	653,1	635,0	658,1	648,7
170	24,6	0,045	13,3	550,1	752,1	743,3	719,6	738,3

171	135,3	0,258	18,4	525,1	460	457,9	479,3	465,7
172	17,5	0,031	18,3	557,7	789,3	792,0	791,9	791,1
173	66,1	0,103	17,5	640,8	579,1	579,2	575	577,8
174	18,1	0,032	13,3	569,5	680,6	685,7	697,8	688,0
175	137,7	0,251	17,5	549,3	434,5	433,9	433,9	434,1
176	16,0	0,031	13,9	510,8	686,9	676,4	652,2	671,8
177	17,6	0,029	16,1	614,5	762,7	765,7	768,3	765,6
178	26,3	0,045	13,8	587,6	714,3	718,9	716,1	716,4
179	26,4	0,046	13,9	569,1	666,9	689,8	690,1	682,3
180	17,5	0,033	16,9	536,1	666,4	668,5	670,4	668,4
181	22,4	0,044	14,1	512,6	759,9	752,9	758,5	757,1
182	24,3	0,042	15,5	577,0	759,6	749,1	762,5	757,1
183	17,5	0,032	15,5	548,8				0,0
184	157,3	0,269	14,5	585,1	456,8	473,9	469,2	466,6
185	23,0	0,044	13,8	527,7	757,2	761,0	745,1	754,4
186	28,1	0,046	13,5	616,6	693,1	688,7	651,0	677,6
187	16,5	0,032	13,6	514,3	674,0	676,0	673,6	674,5
188	18,1	0,032	15,5	565,3	710,5	709,1	709,9	709,8
189	158,2	0,257	20,0	616,8	414,6	415,2	423,7	417,8
190	60,7	0,102	19,0	593,9	563,5	570,9	567,5	567,3
191	30,8	0,046	14,7	663,4	792,7	772,8	765,5	777,0
192	18,0	0,031	16,6	572,6	672,1	668,9	666,5	669,2
193	18,2	0,032	13,1	560,5	711,2	714,9	713,8	713,3
194	18,1	0,031	15,0	589,8	806,8	798,5	802,4	802,6
195	59,3	0,099	15,9	597,1	543,3	555,9	572,5	557,2
196		0,033	13,4	0,0	712,0	716,5	713,5	714,0
197	16,7	0,031	17,9	539,6	711,1	707,9	713,1	710,7
198	17,8	0,032	16,6	562,3	680,1	664,2	656,8	667,0
199	19,5	0,033	16,7	599,5	661,8	656,2	677,0	665,0
200	20,2	0,033	17,6	617,2	745,9	747,6	750,5	748,0
201	138,6	0,259	15,8	535,9	461	455,5	451,5	456,0
202	64,8	0,103	20,0	628,3	548,8	554,6	559,2	554,2
203	19,8	0,031	17,3	637,9	714,0	721,0	715,3	716,8
204	60,4	0,104	18,0	581,4	496,2	490,2	497,2	494,5
205	25,4	0,046	12,1	552,0	743,6	741,7	747,7	744,3
206	19,5	0,032	19,7	618,3	623,5	622,1	621,2	622,3
207	18,9	0,033	12,2	575,3	760,6	769,2	786,5	772,1
208	19,3	0,033	17,2	588,7	751,6	752,5	751,7	751,9
209	168,8	0,259	18,6	651,0	435,8	424,7	438,3	432,9
210	16,9	0,031	16,7	549,1	721,8	715,0	706,1	714,3
211	16,8	0,031	15,7	536,3	756,6	762,4	770,9	763,3
212	64,0	0,103	18,0	620,9	539,1	542,3	538,4	539,9
213	19,4	0,033	16,1	595,2	701,0	704,5	695,5	700,3
214	191,5	0,262	20,0	730,2	371,1	373,2	369,4	371,2
215	16,5	0,032	17,7	521,2	778,1	769,5	761,1	769,6
216	26,8	0,044	14,6	614,6	671,7	682,4	664,2	672,8
217	58,7	0,101	15,5	583,5	568,7	575,1	581,5	575,1
218	65,5	0,105	17,0	624,6	529,8	543,4	550,1	541,1
219	25,3	0,045	15,8	559,0	700,4	702,6	702,0	701,7
220	20,0	0,032	16,7	634,2	669,0	675,3	670,8	671,7
221	56,0	0,103	17,0	544,3	539,1	520,7	517,4	525,7
222	21,1	0,032	14,7	662,6	691,3	684,9	695,3	690,5
223	70,1	0,103	15,2	678,8	527,4	527,2	520,7	525,1
224	24,1	0,046	14,2	524,7	668,4	683,3	684,2	678,6
225	67,1	0,100	15,9	673,4	540,6	534,7	541,0	538,8
226	62,8	0,102	16,9	612,8	538,7	540,0	535,8	538,2
227	15,4	0,032	17,0	477,9	588,7	607,7	619,7	605,4
228	21,9	0,047	16,4	469,6	655,3	649,8	665,0	656,7

229	27,5	0,045	14,8	611,5	658,8	666,5	659,7	661,7
230	65,4	0,100	20,0	654,9	539,8	545,5	588,5	557,9
231	25,2	0,047	15,1	538,6	738,5	738,1	754,0	743,5
232	24,4	0,046	13,5	525,5	673,6	671,7	673,8	673,0
233	137,0	0,259	16,7	529,4	457,5	458,6	459,3	458,5
234	26,0	0,044	14,7	590,8	798,4	788,5	788,8	791,9
235	61,3	0,100	21,0	613,3	494,3	509,2	504,6	502,7
236	157,9	0,257	16,3	613,4	480,9	482,5	498,1	487,2
237	62,4	0,101	18,0	620,8	500,1	495,2	505,4	500,2
238	20,7	0,033	15,1	633,0	698,9	704,4	703,0	702,1
239	16,6	0,033	12,5	510,7	654,1	679,5	670,7	668,1
240	17,5	0,032	12,1	542,1	757,9	749,4	738,1	748,5
241	29,7	0,045	12,8	654,9	668,8	664,4	663,7	665,6
242	23,5	0,046	13,9	514,3	713,6	711,3	713,7	712,9
243	179,1	0,258	20,0	693,6	385,5	359,8	372,4	372,6
244	64,7	0,101	21,0	638,9	591,5	571,6	567,0	576,7
245	63,4	0,104	17,3	607,1	554,3	583,5	554,5	564,1
246	18,1	0,033	17,1	551,3	754,3	757,7	758,8	756,9
247	23,4	0,046	12,6	509,5	631,9	624,2	629,9	628,7
248	65,1	0,101	19,1	646,1	552,8	534,4	543,4	543,5
249	67,4	0,104		649,7	539,8	542,5	535,5	539,3
250	178,2	0,251	18,0	708,6	410,8	413,8	404,9	409,8
251	65,0	0,104	18,4	623,7	474,3	467,7	460,7	467,6
252	65,4	0,102	20,0	641,2	566,0	549,9	548,4	554,8
253	19,4	0,033	18,4	580,9	794,7	797,6	808,9	800,4
254	67,7	0,100	17,2	677,3	535,4	538,2	534,8	536,1
255	65,0	0,103	21,0	629,6	544,0	538,2	546,4	542,9
256	63,0	0,099	18,7	634,5	552,0	567,8	563,7	561,2
257	74,0	0,102	16,3	724,8	568,2	569,6	564,7	567,5
258	18,9	0,032	17,7	599,9	669,5	665,0	669,0	667,8
259	25,5	0,046	13,1	554,3	768,4	749,0	761,5	759,6
260	170,1	0,255	20,0	667,1	452,4	463,7	463,3	459,8
261	19,1	0,031	17,6	608,0	655,7	658,2	656,6	656,8
262	19,2	0,032	18,4	597,3	764,8	749,6	742,1	752,2
263	164,4	0,259	23,0	635,9	414,6	417,4	416,7	416,2
264	64,2	0,104	19,1	618,3	553,4	555,4	577,0	561,9
265	21,1	0,033	19,1	642,5	740,8	737,7	733,2	737,2
266	69,9	0,104	16,9	675,2	574,5	572,5	579,2	575,4
267	67,7	0,101	15,9	668,0	500,3	500,6	503,5	501,5
268	63,2	0,100		632,0	503,3	516,2	518,1	512,5
269	18,1	0,032	14,7	557,7	743,0	730,0	718,8	730,6
270	58,5	0,101	18,9	581,8	522,5	502,6	503,7	509,6
271	64,9	0,102	19,0	633,4	519,3	536,0	501,0	518,8
272	18,5	0,032	14,0	576,7	673,8	677,4	670,5	673,9
273	27,5	0,047	12,8	590,7	723,5	704,7	717,9	715,4
274	17,7	0,032	17,9	554,2	733,0	742,9	733,4	736,4
275	129,1	0,251	16,6	513,9	397,0	395,5	398,5	397,0
276	19,6	0,032	18,0	610,6	652,3	650,8	665,7	656,3
277	177,2	0,264	17,0	670,0	421,5	424,0	420,8	422,1
278	152,3	0,257	19,1	591,5	411,1	413,2	415,3	413,2
279	56,0	0,102	16,1	549,9	522,7	530,8	526,5	526,7
280	153,2	0,262	19,8	585,9	461,5	467,5	470,2	466,4
281	64,1	0,106	17,8	605,7	501,3	496,5	496,3	498,0
282	59,3	0,099	16,0	596,1	549,4	542,5	552,8	548,2
283	70,1	0,102	17,2	686,1	532,5	528,5	538,5	533,2
284	17,6	0,032	12,6	543,4	690,5	674,5	679,6	681,5
285	26,4	0,047	18,0	567,2	674,7	678,8	680,7	678,1
286	59,0	0,098		603,3	549,5	550,3	550,7	550,2

287	24,1	0,045	12,7	540,2	709,3	710,2	710,7	710,1
288	21,6	0,032	19,2	667,2	682,6	685,6	680,9	683,0
289	154,5	0,258	15,2	598,1	494,4	495,1	495,0	494,8
290	25,6	0,047	16,6	549,6	703,4	709,3	703,2	705,3
291	151,6	0,256	18,0	592,3	411,3	418,7	418,0	416,0
292	61,2	0,102	18,0	599,6	495,1	502,3	499,6	499,0
293	27,5	0,047	14,9	589,7	622,0	623,0	623,2	622,7
294	64,9	0,105	21,0	618,3	544,1	542,8	539,6	542,2
295	146,3	0,253	17,3	577,1	454,2	450,2	455,1	453,2
296	18,8	0,032	16,0	584,0	635,9	632,2	628,1	632,1
297	141,8	0,262	16,8	540,5	438,6	438,3	438,4	438,4
298	74,0	0,106	20,1	696,9	500,4	502,4	502,0	501,6
299	143,5	0,256		560,5	447,5	449,0	453,5	450,0
300	17,5	0,032	14,1	538,9	630,9	621,6	620,8	624,4
301	28,4	0,046	16,1	615,2	710,0	746,4	725,9	727,4
302	149,7	0,253	19,0	590,6	435,0	432,2	434,2	433,8
303	148,5	0,256	18,0	580,1	419,0	417,8	419,2	418,7
304	60,7	0,102	20,0	597,0	486,1	480,6	482,7	483,1
305	56,2	0,091	17,0	615,3	610,2	608,7	616,0	611,6
306	68,6	0,101	24,0	678,4	529,0	529,3	530,5	529,6
307	72,5	0,104	25,0	693,9	522,9	525,5	522,4	523,6
308	61,5	0,092	21,0	670,3	573,4	573,4	567,2	571,3
309	25,9	0,047	15,8	552,1	668,8	690,1	687,0	682,0
310	157,7	0,260	17,0	605,9	482,9	464,6	473,2	473,6
311	63,4	0,102	18,1	623,4	479,9	491,2	480,9	484,0
312	65,2	0,101	20,0	644,4	522,1	523,4	525,0	523,5
313	165,0	0,258	18,7	640,5	452,1	456,0	453,8	454,0
314	62,5	0,102	20,0	611,3	546,5	545,7	546,0	546,1
315	144,6	0,265	14,4	546,2	385,4	390,6	388,5	388,2
316		0,263	18,2	0,0	450,5	430,2	411,5	430,7
317	71,0	0,104	15,8	683,1	545,2	541,1	539,7	542,0
318	168,6	0,252	16,5	667,9	446,6	442,5	449,0	446,0
319	60,8	0,104	20,0	583,0	555,1	560,8	552,6	556,2
320	61,0	0,100	20,0	610,7	489,7	539,2	542,4	523,8
321	25,0	0,045	14,8	552,9	724,3	721,5	715,9	720,6
322	27,9	0,045	15,1	618,5	663,1	652,7	667,6	661,1
323	62,5	0,099		633,7	452,2	488,6	440,3	460,4
324	65,6	0,102	21,0	641,7	537,2	532,1	537,0	535,4
325	178,4	0,257	16,7	693,9	405,9	407,5	409,8	407,7
326	62,1	0,102	22,0	611,5	545,8	521,5	530,2	532,5
327	24,7	0,047	14,5	525,8	628,4	625,4	615,3	623,0
328	152,1	0,256	18,2	593,1	422,3	425,0	427,7	425,0
329	70,0	0,102	26,0	685,0	557,5	542,6	550,0	550,0
330	27,5	0,047	19,1	588,9	706,1	725,4	717,2	716,2
331	145,5	0,259	19,6	561,2	386,5	379,3	377,1	381,0
332	73,5	0,105	22,0	697,2	532,6	526,1	527,0	528,6
333	63,1	0,104	19,1	604,5	450,0	457,7	455,0	454,2
334	141,0	0,257	17,8	548,6	484,4	475,6	476,3	478,8
335	58,5	0,100	17,9	586,6	537,2	533,8	540,4	537,1
336	28,9	0,046	15,6	630,2	668,4	666,1	654,8	663,1
337	62,0	0,102	23,0	604,9	529,7	526,3	526,2	527,4
338	65,4	0,103	20,0	633,0	526	517,8	526,1	523,3
339	72,0	0,104	22,0	691,5	522,1	540,9	522,9	528,6
340	70,8	0,100	23,0	706,6	469,3	483,2	488,4	480,3
341	24,7	0,046	16,8	541,0	720,2	687,2	679,2	695,5
342	28,5	0,045	14,2	627,5	719,8	702,5	699,1	707,1
343	71,1	0,103	15,5	687,7	536,7	529,5	531,1	532,4
344	60,2	0,101	10,0	598,5	531,2	531,9	539,2	534,1

345	31,9	0,047	14,9	673,2	630,6	648,0	651,0	643,2
346	27,4	0,046	15,3	597,7	736,1	745,3	743,6	741,7
347	65,3	0,101	23,0	647,8	496,7	492,7	487,9	492,4
348	26,2	0,047	16,6	551,9	667,7	664,5	663,1	665,1
349	26,5	0,047	18,6	567,8	713,1	705,2	705,6	708,0
350	62,3	0,100	30,0	621,2	507,1	507,4	506,9	507,1
351	70,8	0,103	30,0	686,1	541,1	543,0	539,4	541,2
352	26,2	0,046	15,8	565,3	689,9	669,0	672,3	677,1
353	68,8	0,102	23,0	674,5	494,4	498,0	491,0	494,5
354	64,7	0,091	23,0	709,3	583,0	573,1	583,4	579,8
355	60,2	0,103	20,0	585,2	488,3	488,5	486,8	487,9
356	60,1	0,092	24,0	655,4	630,6	632,6	621,3	628,2
357	168,8	0,254	19,0	664,0	417,2	413,6	410,5	413,8
358	140,6	0,250	17,8	561,5	445,9	443,1	447,3	445,4
359	30,8	0,048	16,7	643,9	652,3	647,2	651,4	650,3
360	68,4	0,102	26,0	669,2	512,6	512,2	506,5	510,4
361	21,2	0,031	18,5	680,8	667,5	647,5	664,7	659,9
362	73,5	0,104	16,5	707,4	485,9	493,5	487,2	488,9
363	27,4	0,047	18,3	581,9	698,3	692,6	692,5	694,5
364	26,8	0,048	15,5	564,0	673,7	673,8	672,0	673,2
365	175,0	0,323	14,1	541,05	316,8	318,9	320,1	318,6
366	173,0	0,308	13,8	559,91	333,8	334,1	333,6	333,8
367	165,0	0,307	15,6	537,01	330,9	328,3	327,7	329,0
368	162,0	0,288	14,8	561,94	382,2	376,1	375,5	377,9
369	182,0	0,313	14,4	579,89	360,5	354,1	357,7	357,4
370	173,0	0,291	13,7	593,73	342,1	342,7	342,9	342,6

Probeta	V_fvl	V_fvl_corr 12%	MOEdyn_fvl	MOE dyn_fvl corr12%	Valor testa-testa 1	Valor testa-testa 2	Valor testa-testa 3	Valor test- testa media
1	0	4202	14938	12283	1034	1027	1022	1027
2	4674	4120	11598	9547	604	607	604	605
3	4398	3891	10113	8371	631	632	634	632
4	4907	4470	15425	13370	1006	1006	1005	1005
5	4619	4286	12376	11040	1063	1073	1066	1067
6	4523	4202	10728	9588	972	968	957	965
7	4028	3749	10637	9532	1242	1242	1245	1243
8	4841	4534	16077	14548	1068	1064	1065	1065
9	4383	4117	11150	10136	1131	1113	1118	1120
10	4573	4296	11699	10639	1119	1120	1119	1119
11	4788	4504	15975	14555	1042	1046	1046	1044
12	4943	4654	15226	13890	1088	1095	1082	1088
13	4141	3919	10047	9239	1228	1230	1233	1230
14	4098	3879	9644	8873	1177	1183	1179	1179
15	4716	4473	14156	13059	1035	1039	1040	1038
16	4412	4204	9630	8948	1062	1056	1056	1058
17	4808	4595	15458	14430	1066	1066	1065	1065
18	4917	4716	14841	13932	993	992	994	993
19	4434	4260	12885	12126	852	853	852	852
20	5073	4882	17205	16235	1009	1012	1020	1013
21	4554	4386	11171	10553	1002	1003	1002	1002
22	4215	4071	10830	10276	1154	1154	1154	1154
23	4347	4201	11554	10976	1173	1165	1166	1168
24	4699	4543	13191	12534	1032	1023	1027	1027
25	4997	4835	15994	15216	996	998	1000	998
26	4625	4479	12096	11525	1048	1050	1056	1051
27	4761	4620	13015	12435	1029	1032	1032	1031
28	4085	3969	10179	9743	1242	1243	1239	1241
29	4318	4212	10714	10322	848	844	844	845
30	4657	4550	12815	12373	1069	1071	1072	1070
31	4194	4102	10564	10217	1136	1138	1132	1135
32	4863	4756	17072	16512	1087	1087	1095	1089
33	4557	4459	13503	13069	836	834	841	837
34	4629	4562	12452	12185	1020	1020	1011	1017
35	4712	4646	14416	14113	1068	1058	1056	1060
36	3470	3428	8422	8267	1264	1266	1268	1266
37	4655	4612	14191	13993	1152	1141	1141	1144
38	4108	4075	10482	10358	880	886	880	882
39	4732	4696	14099	13937	1056	1058	1056	1056
40	4686	4660	12076	11979	1104	1111	1100	1105
41	4714	4715	14065	14068	1012	1008		673
42	3904	3905	7216	7217	744	740	741	741
43	4296	4304	10203	10230	580	583	576	579
44	4821	4839	12844	12916	600	601	603	601
45	4335	4353	11421	11492	1141	1142	1142	1141
46	4356	4379	10352	10436	634	634	633	633
47	4279	4306	8649	8728	658	660	662	660
48	4392	4420	11105	11213	601	604	607	604
49	4458	4489	12343	12472	1102	1095	1097	1098
50	4361	4407	11480	11662	866	868	870	868
51	4457	4516	11627	11855	609	607	607	607
52	3570	3619	9655	9855	1254	1255	1252	1253
53	4741	4807	11783	12028	1020	1016	1020	1018
54	3859	3920	10133	10373	1180	1177	1179	1178

55	4726	4802	13069	13384	1053	1050	1052	1051
56	4658	4742	12350	12686	1149	1143	1142	1144
57	4714	4801	14639	15047	1126	1105	1112	1114
58	4606	4696	13228	13617	807	808	806	807
59	8729	8905	38470	39635	1053	1053	1047	1051
60	4764	4862	14514	14963	1004	997	999	1000
61	4527	4623	12156	12545	627	626	627	626
62	4405	4506	10385	10741	918	915	913	915
63	4232	4330	11281	11671	636	637	636	636
64	4991	5111	15989	16566	1060	1059	1058	1059
65	4541	4654	12394	12858	630	631	630	630
66	4323	4436	11771	12233	615	622	619	618
67	4412	4536	11061	11527	1048	1046	1047	1047
68	3777	3885	6861	7156	704	702	702	702
69	4866	5008	12915	13482	579	580	579	579
70	4511	4644	11947	12472	633	631	631	631
71	4113	4234	7826	8172	669	667	669	668
72	4861	5004	12581	13138	570	566	567	567
73	5013	5167	14374	15040	1015	1017	1017	1016
74	4603	4749	14142	14813	1116	1118	1119	1117
75	4413	4554	11136	11668	864	859	854	859
76	4418	4562	10476	10986	642	640	638	640
77	4628	4785	11407	11983	606	607	604	605
78	4423	4573	11190	11757	637	640	640	639
79	4462	4626	12939	13654	572	570	570	570
80	4616	4797	11973	12677	597	601	600	599
81	4415	4601	14606	15527	870	872	877	873
82	4243	4424	10104	10749	627	627	626	626
83	4057	4232	8411	8953	688	688	687	687
84	4374	4562	8596	9151	633	632	632	632
85	3886	4058	8609	9181	661	660	657	659
86	4275	4466	10961	11695	673	673	672	672
87	4580	4786	11617	12401	618	618	619	618
88	4473	4681	10118	10822	634	637	638	636
89	4325	4527	11568	12377	626	626	627	626
90	4675	4893	15304	16375	1056	1047	1054	1052
91	4326	4530	10314	11045	633	634	636	634
92	3661	3834	8509	9113	1000	1003	1004	1002
93	4145	4344	10580	11343	668	666	670	668
94	4085	4282	8144	8731	660	660	661	660
95	4660	4885	11937	12799	614	612	610	612
96	4597	4820	11494	12329	625	626	625	625
97	4241	4447	9792	10504	648	649	644	647
98	4379	4591	12855	13791	625	624	627	625
99	3948	4140	11104	11916	927	927	925	926
100	4462	4682	9888	10618	607	608	608	607
101	4064	4269	8382	9016	678	680	678	678
102	4551	4784	10376	11173	609	609	610	609
103	4450	4681	8452	9107	660	661	656	659
104	4541	4777	9117	9829	632	637	628	632
105	4559	4799	11881	12816	608	608	604	606
106	4738	4992	14351	15503	1141	1138	1141	1140
107	4614	4863	13141	14206	604	603	601	602
108	4770	5030	14114	15265	1020	1016	1017	1017
109	4931	5200	14148	15307	595	595	596	595
110	4774	5036	13758	14887	606	606	607	606
111	4156	4384	10105	10936	702	705	705	704
112	4277	4512	10024	10852	609	610	609	609

113	4532	4782	11262	12194	615	614	615	614
114	4372	4617	10000	10838	608	604	608	606
115	4178	4414	10914	11838	650	649	648	649
116	4382	4636	10669	11595	626	628	626	626
117	4041	4276	8205	8918	674	672	668	671
118	4236	4482	9800	10652	640	645	643	642
119	4351	4604	10094	10974	627	627	628	627
120	4529	4795	11767	12801	624	626	625	625
121	4122	4367	10843	11809	681	681	680	680
122	4181	4431	9923	10812	650	648	648	648
123	4302	4560	10130	11039	655	650	652	652
124	4572	4846	12284	13388	614	615	614	614
125	3994	4234	9210	10040	673	679	676	676
126	4626	4905	12559	13694	619	618	620	619
127	4581	4858	11605	12654	592	590	592	591
128	4032	4276	9649	10523	660	655	654	656
129	2721	2885	4059	4427	657	657	662	658
130	4591	4870	10839	11824	597	600	596	597
131	4260	4519	11046	12055	648	643	639	643
132	4132	4385	9575	10451	656	652	663	657
133	4376	4645	10450	11410	649	650	649	649
134	4901	5203	13574	14830	1014	1008	1006	1009
135	4282	4547	11858	12956	661	661	669	663
136	4440	4717	13596	14868	648	646	644	646
137	4341	4613	10920	11946	637	636	640	637
138	3989	4240	9650	10559	940	934	951	941
139	5049	5368	17040	18653	1012	1008	1006	1008
140	3793	4034	9592	10503	694	694	693	693
141	4471	4756	10773	11802	649	648	645	647
142	4472	4759	12314	13499	839	841	832	837
143	4348	4628	11337	12429	607	609	609	608
144	4561	4855	9810	10758	597	598	594	596
145	4552	4846	9673	10609	1104	1110	1095	1103
146	4139	4408	11155	12241	680	682	676	679
147	3883	4136	9409	10327	718	718	715	717
148	4758	5068	12615	13846	609	608	610	609
149	4670	4974	12031	13207	796	793	800	796
150	4620	4923	10494	11523	610	610	609	609
151	4035	4299	8713	9568	621	618	615	618
152	4372	4659	10921	11994	639	638	634	637
153	4446	4738	11050	12138	610	612	609	610
154	4658	4965	12729	13984	580	576	583	579
155	4572	4874	13387	14711	616	615	615	615
156	4242	4524	11000	12095	642	640	642	641
157	4017	4285	8287	9113	645	646	644	645
158	4378	4670	9771	10746	607	607	610	608
159	4552	4856	10787	11866	620	620	618	619
160	4009	4277	8724	9599	680	676	676	677
161	4392	4689	10516	11579	633	631	633	632
162	4365	4662	12099	13332	874	873	874	873
163	3882	4146	8993	9910	686	685	684	685
164	4657	4974	11963	13184	795	788	789	790
165	4487	4795	11474	12653	592	594	594	593
166	4685	5009	13563	14968	783	784	784	783
167	4473	4783	10629	11731	632	632	627	630
168	4396	4700	11702	12915	873	882	877	877
169	3979	4255	8752	9660	643	644	645	644
170	4492	4803	11386	12568	630	625	627	627

171	4734	5062	11378	12560	1012	1017	1024	1017
172	4862	5204	14070	15553	582	582	582	582
173	4671	5002	14269	15784	802	805	804	803
174	4165	4461	9728	10761	650	650	648	649
175	4469	4786	10824	11975	1089	1082	1080	1083
176	4008	4293	8112	8976	645	644	648	645
177	4358	4668	10946	12112	586	585	583	584
178	4392	4705	12571	13914	636	637	634	635
179	4291	4598	10565	11695	660	656	664	660
180	4156	4458	8541	9469	682	679	684	681
181	4562	4896	11234	12463	608	607	606	607
182	4323	4641	10792	11980	604	604	603	603
183					632	630	625	629
184	4958	5324	14678	16297	1051	1044	1040	1045
185	4429	4757	10814	12014	584	582	582	582
186	4159	4469	10214	11352	652	652	651	651
187	4150	4459	8874	9863	691	688	686	688
188	4358	4683	10926	12145	636	634	632	634
189	4287	4607	11830	13150	1135	1144	1137	1138
190	4635	4980	12800	14228	845	841	842	842
191	4810	5169	15328	17044	616	618	618	617
192	4034	4336	8806	9795	648	649	650	649
193	4350	4676	10515	11695	633	636	633	634
194	4823	5187	13644	15185	579	583	580	580
195	4514	4856	12480	13896	834	837	835	835
196	4434	4774	9180	10233	634	640	636	636
197	4371	4706	10217	11389	608	606	606	606
198	4136	4453	8956	9983	652	652	651	651
199	4062	4376	9804	10938	684	682	682	682
200	4597	4956	13874	15496	636	634	638	636
201	4616	4978	11003	12296	1059	1057	1054	1056
202	4511	4868	12884	14408	814	814	816	814
203	4266	4604	11690	13074	622	622	622	622
204	4055	4376	9301	10404	900	898	896	898
205	4521	4880	11400	12753	590	588	589	589
206	3792	4094	9047	10123	710	714	711	711
207	4701	5077	12178	13636	631	631	642	634
208	4599	4967	13194	14774	619	625	620	621
209	4468	4829	12661	14192	1170	1161	1174	1168
210	4369	4723	9973	11183	618	615	616	616
211	4652	5032	11269	12647	609	604	606	606
212	4417	4780	11827	13282	854	853	859	855
213	4258	4608	10758	12083	661	660	657	659
214	3891	4212	11112	12486	1208	1206	1200	1204
215	4671	5059	12057	13553	588	583	586	585
216	4117	4463	10531	11854	666	662	664	664
217	4677	5071	12768	14380	817	819	820	818
218	4415	4795	12053	13603	903	903	897	901
219	4277	4648	10262	11592	642	642	642	642
220	4093	4448	10666	12049	673	672	673	672
221	4348	4726	9021	10196	872	876	873	873
222	4189	4555	11856	13408	658	657	655	656
223	4304	4682	13693	15494	895	890	894	893
224	4129	4494	9105	10309	674	674	675	674
225	4347	4733	12876	14586	850	850	853	851
226	4377	4766	11406	12921	850	854	852	852
227	3716	4046	6440	7296	714	715	711	713
228	4003	4360	7506	8508	693	691	692	692

229	3967	4321	9607	10890	650	649	651	650
230	4530	4938	13601	15433	844	848	852	848
231	4562	4975	11599	13170	632	630	638	633
232	4139	4517	9042	10277	726	726	723	725
233	4648	5073	11285	12829	1094	1090	1089	1091
234	4774	5211	13710	15588	584	582	582	582
235	4062	4435	9610	10931	936	932	930	932
236	5041	5506	16026	18234	1068	1064	1063	1065
237	4042	4416	9794	11150	890	886	892	889
238	4283	4682	11555	13165	655	654	651	653
239	4051	4431	8335	9502	670	673	669	670
240	4507	4932	11049	12607	616	618	613	615
241	4066	4449	10715	12226	657	661	660	659
242	4343	4753	8561	9770	608	607	608	607
243	3864	4229	10316	11776	1198	1201	1201	1200
244	4642	5084	13686	15634	832	832	825	829
245	4599	5040	13016	14887	794	792	796	794
246	4542	4980	12698	14529	619	614	615	616
247	3850	4223	7850	8987	732	727	728	729
248	4434	4865	12786	14645	913	915	914	914
249	4384	4812	12758	14620	872	871	866	869
250	4262	4684	12547	14402	1137	1138	1147	1140
251	3792	4168	9001	10334	914	920	918	917
252	4516	4968	13287	15277	832	831	831	831
253	5126	5640	15976	18370	648	646	643	645
254	4371	4809	12270	14111	862	858	859	859
255	4392	4840	11634	13410	828	826	828	827
256	4544	5010	12968	14953	834	841	838	837
257	4624	5098	15516	17894	802	806	798	802
258	4066	4484	9585	11057	670	666	678	671
259	4660	5139	13231	15268	609	609	610	609
260	4708	5205	15358	17780	1101	1104	1102	1102
261	3987	4409	9600	11120	688	685	688	687
262	4575	5059	14022	16242	613	614	610	612
263	4287	4743	12253	14198	1110	1120	1116	1115
264	4540	5024	13120	15206	813	813	811	812
265	4425	4897	12606	14618	631	630	628	629
266	4635	5131	14234	16509	822	825	819	822
267	4085	4524	11042	12816	920	914	915	916
268	4143	4591	10786	12528	880	888	883	883
269	4613	5112	11921	13849	621	622	622	621
270	4112	4558	9943	11551	902	889	912	901
271	4212	4670	11973	13917	888	886	889	887
272	4091	4537	9048	10525	649	657	649	651
273	4397	4880	10884	12672	627	626	627	626
274	4510	5011	11909	13886	597	598	597	597
275	4026	4476	8437	9848	1177	1178		785
276	4012	4462	10145	11844	680	678	680	679
277	4373	4866	12123	14162	1123	1123	1125	1123
278	4272	4756	10922	12769	1156	1155	1153	1154
279	4294	4781	9572	11193	886	892	889	889
280	4879	5435	14308	16745	1053	1060	1054	1055
281	4079	4551	10255	12026	904	909	904	905
282	4441	4958	11717	13757	828	823	825	825
283	4372	4894	13096	15431	919	924	922	921
284	4145	4642	9098	10728	634	634	628	632
285	4112	4606	10340	12195	651	656	651	652
286	4445	4980	12197	14389	884	884	882	883

287	4368	4899	10804	12764	616	614	617	615
288	4269	4790	12298	14539	694	692	692	692
289	5018	5632	15679	18545	1018	1012	1011	1013
290	4352	4885	10453	12364	625	627	624	625
291	4276	4806	11054	13095	1176	1172	1176	1174
292	4042	4543	9817	11633	878	880	877	878
293	3821	4298	8521	10107	727	728	729	728
294	4435	4989	12236	14518	890	890	890	890
295	4600	5177	12039	14294	1015	1014		676
296	3876	4364	8742	10385	676	678	676	676
297	4624	5207	11386	13528	1153	1176	1168	1165
298	4055	4566	11847	14077	920	921	910	917
299	4572	5149	11895	14134	1142	1138		760
300	3863	4353	8221	9777	711	710	708	709
301	4448	5014	12846	15288	619	621	620	620
302	4438	5010	13477	16070	1162	1170	1160	1164
303	4287	4844	10684	12755	1174	1172	1172	1172
304	3942	4455	9701	11583	972	969	966	969
305	4361	4928	11384	13591	764	763	762	763
306	4274	4830	12358	14758	876	877	876	876
307	4257	4815	13211	15795	864	870	873	869
308	4079	4618	10949	13107	796	794	794	794
309	4168	4720	9852	11795	639	637	636	637
310	4925	5579	15980	19143				0
311	3950	4477	10050	12047	919	925	915	919
312	4251	4818	11685	14010	847	848	854	849
313	4678	5304	14556	17461	1099	1098	1096	1097
314	4407	4998	11789	14146	848	844	845	845
315	3928	4456	9210	11054	1182	1183	1167	1177
316	4484	5091	12851	15444	1164	1173	1166	1167
317	4390	4985	13258	15936	841	843	840	841
318	4550	5176	13981	16849	1080	1076	1077	1077
319	4488	5112	11670	14086	838	841	840	839
320	4169	4757	10439	12631	814	826	814	818
321	4273	4882	10154	12309	630	631	634	631
322	3911	4469	9854	11947	674	676	676	675
323	3737	4277	8445	10262	937	936	924	932
324	4320	4949	12045	14660	853	860	856	856
325	4253	4873	12463	15171	1149	1143	1144	1145
326	4292	4918	11289	13742	890	901	886	892
327	3813	4373	7383	8997	702	702	700	701
328	4378	5028	10950	13371	1080	1083	1081	1081
329	4461	5130	13940	17053	823	835	825	827
330	4343	4995	11522	14095	645	642	644	643
331	3939	4542	8657	10628	1195	1200	1198	1197
332	4276	4937	14254	17534	817	823	814	818
333	3701	4276	8653	10653	1040	1042	1039	1040
334	4922	5686	14211	17496	1026	1024	1024	1024
335	4306	4975	10683	13154	824	823	818	821
336	4028	4669	10487	12971	650	646	650	648
337	4290	4975	11350	14047	868	848	852	856
338	4291	4981	11558	14323	889	892	888	889
339	4260	4948	13005	16130	913	908	907	909
340	3890	4523	10262	12745	940	938	943	940
341	4234	4941	10944	13659	637	637	638	637
342	4297	5014	12167	15186	642	643	648	644
343	4290	5007	12663	15806	862	864	862	862
344	4294	5013	11355	14179	850	853	848	850

345	3997	4672	10929	13671	645	644	646	645
346	4459	5213	13505	16897	607	609	610	608
347	3984	4659	10115	12660	882	884	885	883
348	4113	4825	9786	12302	654	658	654	655
349	4333	5085	11437	14384	631	631	632	631
350	4037	4762	10290	13033	882	882	883	882
351	4394	5194	13084	16615	868	870	862	866
352	4115	4873	10227	13020	670	672	680	674
353	4025	4770	11183	14252	925	924	924	924
354	4152	4921	12300	15680	786	784	786	785
355	4005	4750	10142	12939	909	903	906	906
356	4514	5362	13438	17179	744	747	745	745
357	4229	5026	11325	14490	1176	1183	1178	1179
358	4584	5535	13873	18128	1059	1064	1064	1062
359	4027	4869	11185	14645	669	670	667	668
360	4135	5012	12642	16606	900	901	898	899
361	3998	4897	10782	14359	697	691	693	693
362	3987	4894	11258	15032	933	936	931	933
363	4260	5268	11003	14835	650	649	648	649
364	4127	5218	10051	13945	661	661	663	661
365	4005	4578	11416	13845	1428	1431	1431	1430
366	4073	4324	10286	11238	1373	1380	1382	1378
367	3987	4368	9550	10915	1322	1321	1322	1321
368	4285	4431	11209	11782	1201	1198	1200	1199
369	4378	4655	11128	12185	1291	1292	1291	1291
370	3849	4064	9427	10217	1326	1330	1325	1327

Probeta	V_vop	V_vop_corr 12%	MOEdyn_vop	MOEdyn_vop corr12%	Suma nud peor sec	Nud cara total	Nud canto total	Long fenda
1	4935	4348	15992	13149	5,7	1,9	1,9	507,2
2	5060	4460	13591	11187	10,8	2,4	2,6	306,1
3	4795	4242	12019	9949	12,1	2,7	2,8	303,2
4	5091	4638	16606	14394	10,8	3,0	3,8	512,0
5	4760	4416	13142	11723	13,1		3,1	508,0
6	5126	4762	13781	12317	13,7	3,8	4,0	495,0
7	4159	3871	11341	10163	24,8	6,9	6,5	517,0
8	4908	4596	16522	14951	9,6	2,7	2,4	523,0
9	4564	4287	12090	10991	10,2	4,2	3,0	511,5
10	4601	4323	11843	10770	5,0	3,2	2,3	515,0
11	4959	4664	17136	15612	6,3	3,1	2,8	518,0
12	4686	4412	13683	12482	6,0	2,4	2,2	210,0
13	4218	3992	10426	9588	15,3	3,4	3,3	519,0
14	4366	4133	10945	10069	18,9	4,8	4,4	515,0
15	4904	4650	15302	14116	10,3	2,5	2,0	509,0
16	4768	4543	11247	10450	13,2	4,0	3,0	504,5
17	4849	4634	15722	14677	4,5	1,7	2,0	516,0
18	5035	4829	15566	14612	11,8	5,0	4,4	500,0
19	4781	4593	14980	14097	7,1	1,9	1,8	407,5
20	5204	5008	18105	17085	6,0	2,1		527,0
21	5057	4870	13778	13016	20,1	4,2	3,5	506,9
22	4414	4264	11877	11270	2,6	1,7	1,3	417,0
23	4503	4353	12403	11782	18,0	4,9	4,8	400,0
24	4919	4755	14453	13733	9,7	4,0	2,4	505,3
25	5068	4904	16452	15653		1,4		505,8
26	4893	4739	13539	12900	7,6	2,8	2,4	514,4
27	4976	4828	14214	13580	14,7	4,6	3,7	513,0
28	4071	3955	10110	9677	18,5	5,6	5,0	505,4
29	4734	4619	12882	12410	7,5	2,5	2,8	400,2
30	4773	4663	13461	12996	4,8	1,6	1,5	511,0
31	4510	4411	12216	11815	23,5	6,8	5,6	512,0
32	4759	4655	16353	15817	11,8	2,9	3,3	518,6
33	4845	4741	15263	14773	8,4	3,0	3,4	405,5
34	4989	4918	14468	14158	12,6	4,4	2,8	507,4
35	4802	4734	14972	14657	6,3	2,1	1,6	509,3
36	4092	4042	11708	11493	27,0	6,6	6,5	375,0
37	4517	4475	13359	13173	7,8	3,7	3,6	517,0
38	4592	4556	13100	12945	16,8	3,6	4,3	405,0
39	4844	4807	14777	14607	8,1	2,6	2,1	511,9
40	4675	4650	12022	11926	4,8	2,2	2,5	516,6
41	7458	7460	35203	35211	15,7	8,1	3,7	500,0
42	4243	4244	8522	8524	7,6	2,4	1,7	115,0
43	5239	5248	15173	15213	3,2	2,3	1,7	8,0
44	5055	5074	14122	14202	16,8	4,3	3,9	304,0
45	4528	4547	12464	12541	6,4	2,2	1,8	517,0
46	4821	4847	12682	12785	13,9	4,2	3,3	283,0
47	4650	4679	10212	10307	3,6	2,2	1,7	205,0
48	5066	5099	14779	14921	4,9	1,8	1,8	306,0
49	4647	4679	13408	13549	4,6	2,1	1,6	510,2
50	4654	4704	13076	13284	7,3	3,5	1,6	404
51	4998	5063	14617	14905	11,6	3,4	2,5	303,7
52	4100	4157	12735	12999	22,8	6,6	6,1	514,0
53	4992	5061	13061	13333	9,3	2,2	2,6	508,0
54	4331	4400	12766	13068	28,4	5,5	6,4	200,0

55	4849	4927	13758	14090	14,0	2,7	2,1	510,0
56	4521	4603	11636	11953	10,1	3,4	3,3	517,0
57	4684	4772	14458	14861	10,3	2,4	2,4	522,0
58	5062	5161	15975	16445	10,2	2,4	2,6	408,5
59	4821	4918	11735	12090	11,8	3,1	2,7	342,0
60	5080	5185	16504	17013	15,1	3,4	3,2	508,0
61	4915	5020	14329	14787	15,1	4,5	2,3	308,0
62	4446	4548	10581	10944	10,1	2,6	2,1	407,0
63	4777	4888	14374	14871	5,1	2,5	1,8	304,0
64	4798	4913	14774	15308	14,2	2,6	2,3	508,1
65	4847	4967	14121	14649	14,5	3,7	3,4	305,5
66	4629	4750	13499	14028	12,5	3,9	3,8	286,4
67	4995	5135	14177	14773	17,4	3,3	3,2	523,0
68	4331	4455	9022	9410	8,4	4,8	3,6	86,0
69	5318	5474	15429	16105	10,9	2,4	1,6	308,1
70	4868	5011	13911	14523	8,4	2,9	1,8	236,0
71	4579	4714	9698	10127	10,1	3,1	3,0	233,0
72	5345	5503	15210	15884	5,2	2,5	3,7	303,4
73	4989	5143	14237	14896	11,8	3,7	3,0	507,0
74	4619	4766	14243	14919	14,2	2,2	3,2	516,3
75	4733	4884	12812	13424	15,4	4,0	3,6	406,6
76	4784	4940	12285	12884	12,2	3,0	2,1	216,0
77	5082	5253	13752	14447	11,2	2,0	2,2	187,0
78	4820	4983	13286	13960	12,2	4,2	3,1	271,0
79	5218	5411	17700	18678	6,9	2,1	3,6	297,8
80	5069	5268	14441	15291	8,1	3,7	3,0	158,0
81	4651	4846	16204	17225	15,4	3,9	3,6	406,0
82	4841	5048	13154	13994	17,9	3,6	3,4	303,4
83	4438	4629	10064	10713	5,5	1,6	1,6	123,0
84	4855	5064	10592	11276	15,2	3,3	3,4	92,0
85	4546	4747	11779	12562	7,8	2,4	2,2	210,0
86	4576	4780	12560	13401	4,3	1,7	1,4	212,0
87	4939	5161	13509	14420	6,5	2,3	2,6	223,0
88	4733	4953	11329	12117	6,3	2,1	1,8	234,0
89	4847	5073	14528	15545	14,1	3,7	4,6	303,6
90	4723	4944	15620	16714	5,9	2,7	2,9	497,0
91	4826	5054	12835	13744	6,9	1,7	1,6	251,0
92	4042	4233	10371	11108	8,7	2,6	3,9	234,0
93	4564	4784	12829	13754	14,8	3,1	4,0	304,9
94	4601	4822	10329	11074	9,4	2,5	3,8	217,0
95	4990	5231	13688	14676	11,8	2,6	3,1	305,4
96	4922	5161	13175	14134	16,4	3,7	3,4	307,8
97	4649	4875	11768	12624	2,0	1,2	1,5	111,0
98	4884	5121	15992	17157	12,4	3,5	4,1	305,4
99	4388	4602	13721	14725	6,2	2,2	1,9	406,5
100	5123	5375	13032	13994	4,1	1,7	1,6	107,0
101	4509	4737	10318	11099	3,8	2,3	2,7	37,0
102	5068	5327	12869	13856	7,1	2,6	2,5	297,0
103	4674	4916	9322	10045	7,6	2,4	2,1	56,0
104	4877	5131	10518	11340	2,4	1,4	1,0	63,0
105	5069	5335	14683	15839	5,3	1,7	2,0	303,5
106	4518	4759	13047	14094	6,1	2,3	2,4	515,0
107	4993	5263	15388	16634	8,2	2,0	2,0	300,9
108	5031	5305	15701	16981	19,8	5,0	3,3	512,0
109	5128	5409	15304	16559	4,4	2,7	1,7	275,0
110	4961	5233	14854	16073	4,6	1,2	3,0	300,8
111	4369	4609	11171	12090	4,1	1,3	2,5	107,0
112	4979	5254	13587	14710	8,7	2,0	1,4	256,0

113	4933	5205	13342	14447	4,5	2,5	2,5	276,0
114	5070	5354	13449	14577	7,8	2,4	1,5	103,0
115	4716	4983	13910	15087	11,9	3,4	3,6	271,0
116	4886	5169	13265	14417	8,0	3,0	2,6	237,0
117	4527	4789	10296	11190	6,9	2,8	2,3	253,0
118	4712	4985	12122	13176	7,9	2,0	1,8	302,8
119	4870	5153	12648	13751	5,4	2,6	2,0	305,5
120	4875	5161	13634	14831	12,5	3,7	2,8	304,7
121	4509	4777	12974	14129	9,6	3,1	2,7	306,9
122	4640	4918	12223	13317	13,7	2,5	3,3	
123	4723	5006	12210	13306	11,5	3,2	1,4	226,0
124	4961	5259	14467	15768	7,0	2,5	3,0	295,0
125	4419	4684	11274	12290	13,8	3,8	3,4	110,0
126	4943	5242	14340	15636	11,1	2,4	2,0	295,0
127	5132	5442	14564	15881	7,0	2,1	1,8	237,0
128	4606	4884	12589	13728	8,7	4,6	3,7	251,0
129	4615	4895	11681	12741	9,9	3,7	2,0	86,0
130	5103	5413	13392	14609	9,6	2,9	2,5	305,0
131	4727	5015	13603	14845	9,6	3,1	3,6	298,0
132	4661	4945	12180	13294	13,9	3,2	2,9	175,0
133	4697	4985	12038	13144	5,5	1,7	1,8	67,0
134	5005	5314	14159	15469	2,8	1,6		505,0
135	4665	4953	14074	15377	9,5	3,4	3,5	279,0
136	4785	5084	15794	17271	8,4	4,5	3,0	201,0
137	4794	5095	13320	14572	12,9	2,9	2,5	225,0
138	4324	4596	11339	12408	11,4	2,7	2,2	407,2
139	5088	5409	17302	18940	13,5	2,3	2,4	513,2
140	4395	4674	12880	14104	3,4	1,9	1,1	256,0
141	4781	5086	12320	13496	3,4	1,5	2,5	236,0
142	4879	5192	14656	16065	12,7	2,6	3,1	408,5
143	4823	5133	13946	15291	11,3	2,6	2,8	293,4
144	5106	5435	12296	13483	4,6	2,8	1,1	
145	4598	4895	9873	10828	9,2	2,4	1,8	507,2
146	4512	4805	13253	14542	12,6	3,1	3,0	306,5
147	4245	4522	11247	12344	11,7	3,4	3,3	195,0
148	5021	5349	14048	15420	5,4	1,2	1,8	165,0
149	5062	5392	14138	15520	7,8	2,8	2,6	403,1
150	4945	5269	12022	13200	8,5	2,5	1,8	251,0
151	4804	5119	12353	13565	9,7	2,8	4,6	102,0
152	4788	5102	13096	14382	6,9	1,5	1,6	272,0
153	4976	5303	13842	15204	13,3	3,7	3,5	258,0
154	5306	5656	16518	18147	5,5	1,6	2,2	307,6
155	4989	5318	15939	17514	11,4	3,9	2,4	307,0
156	4762	5079	13860	15240	12,0	2,3	3,2	217,0
157	4744	5060	11556	12709	6,8	1,6	1,5	111,0
158	5026	5361	12878	14163	6,1	3,0	2,1	
159	4947	5278	12740	14014	6,8	1,9	2,4	132,0
160	4513	4816	11057	12166	10,5	3,3	2,9	176,0
161	4923	5255	13210	14545	8,7	3,7	4,8	69,0
162	4676	4994	13881	15296	17,0	4,1	4,0	408,5
163	4453	4756	11830	13037	12,3	4,0	3,7	137,0
164	5065	5410	14153	15598	6,7	2,2	2,1	400,5
165	4957	5297	14002	15441	8,4	2,5	1,8	294,1
166	5155	5512	16420	18121	6,0	2,4	2,0	404,0
167	4855	5190	12518	13816	9,3	2,6	1,7	221
168	4631	4952	12989	14336	10,1	3,3	2,8	406,3
169	4762	5092	12535	13835	3,1	1,6		154,0
170	4849	5185	13268	14646	14,2	3,6	3,5	

171	4994	5340	12663	13978	5,1	2,4	2,0	488,0
172	5280	5652	16595	18343	4,4	1,9	1,5	157,0
173	5029	5386	16546	18302	9,1	3,3	2,0	404,2
174	4662	4992	12185	13478	9,8	3,1	3,3	282,0
175	4750	5087	12227	13528	7,9	3,6	2,8	514,7
176	4620	4949	10777	11925	9,3	2,0	2,5	71,0
177	4868	5214	13659	15114	11,7	2,0	3,0	284,6
178	4822	5166	15153	16772	7,9	2,2	2,2	263,0
179	4765	5106	13026	14420	7,9	1,7	1,6	169,0
180	4561	4892	10284	11402	10,1	2,1	3,1	215,0
181	4964	5326	13298	14753	3,0	1,9	1,2	125,0
182	4729	5077	12918	14339	9,1	2,7	2,8	285,5
183	4828	5183	12379	13742	9,8	2,6	3,9	223,0
184	5084	5459	15432	17134	11,8	2,5	2,7	531,0
185	5037	5410	13991	15544	6,7	2,3	2,1	288,0
186	4709	5060	13096	14555	6,8	3,4	3,0	242,0
187	4469	4801	10291	11438	12,1	2,4	2,5	95,0
188	4842	5203	13487	14992	9,9	3,5	3,0	246,0
189	4505	4841	13065	14523	18,0	5,8	5,4	513,0
190	4848	5209	14002	15565	7,2	3,3	3,1	408,5
191	5013	5388	16656	18519	3,6	1,3	1,9	258,0
192	4644	4992	11672	12983	9,2	2,9	2,9	88,0
193	4809	5170	12854	14297	12,8	3,1	2,5	168,0
194	5175	5565	15707	17480	6,1	2,1		135,5
195	4848	5216	14400	16034	11,4	2,7	4,5	405,0
196	4877	5251	11106	12380	6,3	1,8	2,1	102,0
197	5069	5457	13740	15316	9,0	3,3	3,5	203,0
198	4757	5122	11850	13209	3,8	1,3	1,2	59,0
199	4474	4819	11893	13269	6,3	2,8	2,3	141,0
200	4832	5209	15326	17117	5,5	1,9	1,9	73,0
201	4790	5165	11849	13241	13,6	4,1	5,4	506,1
202	4996	5391	15801	17671	8	1,5	1,7	407,0
203	4785	5163	14704	16444	8,0	2,4	2,5	123,0
204	4566	4927	11790	13188	11,4	2,9	2,7	370,0
205	5156	5565	14828	16588	5,5	1,4	1,4	303,7
206	4281	4622	11532	12904	6,8	4,4	3,4	162,0
207	4796	5180	12679	14197	7,5	3,0	2,8	265,0
208	4922	5315	15112	16921	7,6	2,2	2,0	245,0
209	4417	4773	12372	13868	3,1	1,7	1,3	468,0
210	4962	5364	12863	14425	4,8	1,8	2,5	36,0
211	5025	5436	13152	14761	4,0	2,6	1,7	177,0
212	4782	5175	13863	15569	10,6	3,2	3,1	409,0
213	4611	4990	12614	14168	11,9	3,0	2,6	296,0
214	4350	4709	13890	15608	19,7	5,5	4,7	524,0
215	5182	5612	14838	16680	4,7	2,6	1,8	279,0
216	4608	4995	13193	14850	13,0	3,4	3,0	284,0
217	4967	5386	14400	16218	9,7	2,8	3,4	406,6
218	4528	4917	12678	14307	17,2	5,7	2,8	408,0
219	4748	5159	12643	14281	8,6	3,6	4,1	229,0
220	4530	4922	13062	14755	9,6	4,8	3,4	304,7
221	4733	5145	10690	12082	10,4	3,0	2,2	413,5
222	4619	5023	14417	16303	12,3	2,9	3,2	243,0
223	4589	4992	15569	17616	7,6	3,6	3,5	409,8
224	4511	4910	10870	12306	10,4	2,2	2,0	251,0
225	4740	5161	15313	17347	16,3	4,5	3,7	403,4
226	4773	5197	13563	15365	9,5	3,9	3,1	406,7
227	4302	4685	8634	9781	9,8	2,6	2,4	104,0
228	4405	4798	9087	10300	3,5	1,5	1,5	

229	4612	5024	12985	14719	8,4	2,7	4,3	242,0
230	4788	5219	15190	17236	14,6	2,8	2,2	364,0
231	4844	5283	13077	14848	8,5	2,7	1,8	187,0
232	4241	4629	9494	10791	7,6	1,6	1,9	150,0
233	4646	5071	11276	12819	7,1	3,5	2,2	506,9
234	5173	5646	16099	18305	3,9	1,8	2,4	254,0
235	4332	4729	10930	12431	10,2	2,7	3,2	347,0
236	4858	5306	14883	16934	6,5	2,2	2,4	517,4
237	4543	4963	12372	14084	11,4	4,3	4,0	404,0
238	4668	5103	13730	15642	14,7	3,5	3,8	256,0
239	4521	4944	10379	11833	9,3	2,7	2,6	62,0
240	4891	5352	13009	14843	12,7	2,8	3,0	244,0
241	4632	5069	13908	15869	15,6	3,4	4,7	243,0
242	5013	5486	11406	13016	4,5	1,9	3,1	299,0
243	4321	4730	12903	14729	8,3	5,2	3,4	518,0
244	4851	5313	14945	17073	9,4	2,5	2,0	402,5
245	5134	5627	16221	18552	3,7	2,1	2,4	407,6
246	4870	5340	14601	16707	14,8	3,8	2,4	300,0
247	4200	4607	9343	10697	3,8	1,5	2,3	105,0
248	4463	4897	12951	14835	8,2	3,5	2,7	300,0
249	4674	5130	14502	16618	180,0	5,5	6,3	406,0
250	4559	5009	14354	16475	25,2	4,8	5,7	300,0
251	4420	4858	12232	14043	15,1	4,6	3,8	405,5
252	4896	5386	15617	17956	6,0	2,8	1,7	407,0
253	4959	5456	14955	17196	3,2	1,7	1,4	173,0
254	4741	5217	14441	16607	8,7	4,9	4,3	407,6
255	4889	5389	14418	16619	9,6	2,7	2,5	404,5
256	4834	5329	14671	16917	8,4	2,6	2,4	404,7
257	5080	5601	18726	21596	8,2	2,3	1,6	407,4
258	4534	5000	11921	13752	6,8	3,2	2,6	36,0
259	5033	5552	15439	17816	6,0	3,4	2,8	285,0
260	4645	5135	14946	17303	4,0	2,0		512,0
261	4418	4886	11787	13652	11,8	3,5	2,7	126,0
262	4966	5492	16525	19141	6,8	2,9	3,0	276,0
263	4617	5108	14214	16470	14,9	4,0	3,8	515,0
264	4973	5503	15741	18244	9,4	3,0	2,3	404,0
265	4766	5275	14625	16959	9,1	3,3	2,5	111,0
266	4900	5424	15907	18449	10,1	2,3	3,0	402,8
267	4445	4923	13074	15173	9,8	2,7	2,0	407,3
268	4574	5068	13146	15269	17,3	5,3	3,7	157,0
269	5078	5628	14447	16783	10,7	2,6	2,6	315,7
270	4478	4963	11791	13698	8,5	3,1	2,1	403,5
271	4574	5071	14115	16408	8,4	3,6	2,2	406,0
272	4657	5166	11729	13643	10,9	2,4	1,9	147,0
273	4904	5443	13539	15763	8,3	2,2	2,5	293,0
274	5126	5696	15385	17940	12,3	3,6	2,7	215
275	6459	7181	21718	25349	9,4	3,5	2,3	450,0
276	4500	5005	12760	14898	11,3	2,7	3,1	174,0
277	4610	5129	13472	15739	9,1	2,9	3,1	453,0
278	4477	4985	11995	14024	17,4	5,2	3,8	517,0
279	4586	5106	10917	12765	14,5	4,5	3,6	407,7
280	4954	5519	14755	17268	11,0	4,5	3,9	523,0
281	4522	5044	12601	14778	15,1	4,3	3,8	409,0
282	4907	5479	14308	16799	6,1	2,4	2,4	405,0
283	4448	4980	13558	15975	7,4	2,3	1,2	410,0
284	4812	5389	12260	14456	6,1	2,7	2,1	110,0
285	4646	5204	13199	15566	6,7	2,7	2,9	144,0
286	4574	5124	12911	15231	8,1	3,7	2,6	400,0

287	4996	5604	14133	16697	11,1	3,5	3,8	307,6
288	4512	5062	13736	16238	7,4	2,3	3,3	231,0
289	5002	5614	15579	18427	1,0	1,0		507,0
290	4933	5538	13435	15891	7,1	2,0	1,5	242,0
291	4376	4917	11573	13710	16,6	3,1	3,5	
292	4611	5182	12776	15139	12,9	3,6	2,7	405,0
293	4214	4740	10364	12294	10,6	2,5	2,5	249,0
294	4596	5170	13138	15588	17,3	4,0	3,6	409,0
295	7504	8445	32041	38040	17,2	5,9	3,2	520,0
296	4531	5102	11947	14193	4,7	2,1	1,1	210,0
297	4524	5094	10898	12948	6,6	2,9	2,3	527,3
298	4408	4964	13999	16634	13,0	4,9	4,8	396,0
299	6684	7528	25424	30211	6,1	3,2	2,1	500,0
300	4358	4911	10466	12447	8,9	2,8	1,7	155,0
301	4931	5559	15789	18789	4,5	2,5	2,1	
302	4394	4961	13214	15757	9,7	4,5	3,9	511,0
303	4366	4934	11081	13229	10,3	4,0	2,9	512,0
304	4211	4758	11066	13212	9,5	2,8	3,2	408,0
305	4672	5280	13068	15602	4,8	2,0	2,1	356,5
306	4604	5204	14344	17130	10,4	3,6	2,0	403,5
307	4678	5291	15953	19074	7,1	1,9	2,7	406,5
308	4492	5086	13280	15896	8,5	2,2	1,8	357,0
309	4795	5429	13038	15610	4,8	2,5	3,1	156,0
310					5,9	3,5	1,6	520,0
311	4437	5029	12681	15201	6,7	2,8	2,1	306,0
312	4778	5416	14765	17703	8,3	2,7	3,0	406,0
313	4694	5322	14655	17580	6,1	2,0	2,4	515,0
314	4771	5411	13820	16584	11,8	2,9	2,7	403,5
315	4298	4875	11024	13232	13,6	4,5	3,5	506,0
316	4458	5061	12701	15264	4,8	2,5	1,9	520,0
317	4814	5466	15940	19159	15,4	3,4	2,8	405,0
318	4732	5384	15128	18231	13,7	2,7	2,9	510,0
319	4805	5473	13377	16147	11,1	2,3	2,2	403,5
320	4866	5551	14217	17202	17,3	3,1	3,1	398,0
321	4694	5363	12253	14854	9,7	3,4	3,4	267,0
322	4380	5004	12358	14983	10,7	2,9	3,0	222,0
323	4354	4982	11461	13925	9,3	3,0	2,7	38,0
324	4711	5397	14324	17433	8,1	2,3	2,3	403,4
325	4553	5217	14287	17391	28,7	6,8	7,1	500,0
326	4516	5175	12499	15216	5,7	3,1	2,0	403,0
327	4363	5004	9667	11781	15,3	3,0	3,3	198,0
328	4763	5470	12962	15828	24,5	6,3	6,4	515,0
329	4899	5634	16816	20571	11,2	4,5	1,7	405,5
330	4711	5417	13553	16579	11,1	2,8	3,2	229,0
331	4317	4977	10395	12763	30,1	5,8	5,1	310,0
332	4945	5710	19062	23448	6,5	3,1	4,4	404,0
333	3916	4524	9688	11927	11,0	5,4	2,7	407,4
334	5016	5796	14762	18175		2,9	1,1	514,0
335	4878	5636	13711	16882	1,5	4,8	3,4	328,0
336	4682	5428	14171	17528	6,8	2,8	3,0	298,0
337	4751	5510	13922	17230	7,7	2,3	3,0	274,0
338	4608	5350	13331	16521	19,4	4,4	4,2	410,0
339	4431	5147	14070	17451	8,0	3,4	2,9	402,9
340	4307	5008	12578	15620	11,8	3,8	4,0	405,0
341	4776	5573	13923	17377	6,0	1,8	2,1	152,0
342	4715	5502	14652	18288	16,5	2,8	3,2	273,0
343	4670	5451	15006	18731	7,5	2,4	2,0	402,9
344	4728	5519	13763	17185	11,9	2,4	2,3	402,0

345	4817	5630	15875	19858	8,2	4,7	3,3	304,0
346	4939	5774	16568	20729	12,1	2,6	2,2	269,0
347	4578	5353	13354	16715	17,1	2,9	2,8	404,5
348	4718	5535	12878	16190	9,0	2,7	3,6	167,0
349	4847	5688	14312	18001	6,3	2,0	1,8	228,0
350	4511	5321	12848	16273	17,1	5,0	2,1	157,0
351	4685	5537	14871	18883	11,7	2,9	3,5	406,0
352	4509	5339	12277	15631	12,9	3,8	2,6	163,0
353	4403	5218	13383	17057	12,3	2,6	3,5	122,0
354	4559	5403	14830	18905	8,9	2,0	2,0	358,0
355	4531	5374	12978	16557	5,3	3,4	2,7	360,0
356	4821	5726	15325	19592	5,8	2,9	2,0	359,3
357	4334	5151	11897	15222	18,4	4,0	4,5	511,0
358	4844	5849	15489	20239	15,1	4,8	4,3	514,6
359	4630	5599	14788	19363	4,4	1,6	1,9	237,0
360	4502	5457	14987	19687	9,3	3,0	3,8	405,0
361	4367	5349	12864	17132	6,4	1,5	2,5	189,0
362	4369	5363	13519	18051	10,2	3,6	4,7	407,8
363	4726	5844	13541	18258	5,4	1,9	1,7	234,0
364	4632	5857	12665	17573	9,7	3,7	4,0	209,0
365	4396	5024	13749	16675	18,9	7,8	7,3	628,6
366	4426	4699	12146	13270	25,1	7,0	8,9	610,0
367	4585	5024	12629	14436	32,3	7,8	7,9	606,0
368	4725	4887	13631	14329	21,1	4,8	6,9	566,9
369	4742	5043	13058	14299	25,8	6,4	6,5	612,4
370	4234	4470	11404	12360	19,3	5,3	4,6	561,8

Probeta	Long gema	Médula	Des fibra	Des fibra porc	Duramen	Nudo canto	Nudo agrupado canto	Relación nudos /canto
1	35	No	0,8	8	90	1,9	4,2	0,210
2	0	No	0,5	5	90	2,5	4,3	0,439
3	0	Si	0,7	7	95	2,8	4,5	0,450
4	0	Si	1,3	13	98	3,8	5,5	0,274
5	107	No	0,4	4	90	2,5	4	0,199
6	270	No	1,7	17	85	3,5	6,1	0,303
7	127	Si	0,4	4	80	6,5	6,5	0,327
8	112	Si		0	85	2,0	3,5	0,176
9	126	No	0,5	5	100	2,2	2,2	0,110
10	197	Si	0,3	3	85	1,5	2,8	0,141
11	362	Si	0,7	7	85	1,6	1,6	0,080
12	60	Si	0,4	4	95	1,8	3,1	0,154
13	211	Si	0,4	4	90	3,3	5,7	0,285
14	139	Si	1,8	18	90	4,2	5,5	0,274
15	326	No	0,1	1	95	2,0	3,7	0,183
16	278	No	0,3	3	100	1,4	1,4	0,069
17	349	No	0,6	6	95	1,8	3,1	0,154
18	127	No	1,1	11	98	4,4	4,7	0,236
19	137	Si	0,4	4	90	1,8	2,5	0,181
20	410	Si	0,1	1	85			0,000
21	127	No	0,3	3	95	3,5	6,1	0,308
22	461	No	0,7	7	97			0,000
23	0	Si	0,8	8	80	3,7	3,7	0,186
24	505	No	0,1	1	80	2,4	3,6	0,180
25	386	No	0,3	3	100			0,000
26	193	No	0,2	2	95	2,4	2,4	0,119
27	128	Si	0,8	8	85	3,7	3,7	0,186
28	93	Si	0,6	6	97	5,0	6,5	0,327
29	0	Si	0,6	6	95	2,8	2,8	0,200
30	234	No	1,1	11	100	1,6	1,6	0,079
31	0	Si	1,1	11	85	4,4	7,5	0,377
32	313	Si	0,5	5	95	3,0	3,0	0,151
33	0	Si	0,6	6	95	1,7	3,1	0,221
34	0	No	0,7	7	100	2,3	2,3	0,114
35	0	No	0,6	6	100	1,3	2,4	0,119
36	0	Si	1,1	11	90	5,1	7,0	0,341
37	329	Si	1,2	12	85	3,6	4,8	0,241
38	64	Si	1,2	12	85	4,3	5,0	0,360
39	402	No	0,1	1	85	1,7	1,7	0,085
40	0	Si	0,7	7	100			0,000
41	195	Si	1,0	10	80	3,2	3,2	0,162
42	0	Si	1,0	10	80	1,7		0,175
43	0	Si	0,2	2	75	1,7		0,250
44	137	Si	0,5	5	75	3,9	3,9	0,398
45	0	Si	0,5	5	70	1,8	2,8	0,140
46	0	Si	0,6	6	100	2,6	2,6	0,263
47	0	Si	0,7	7	95	1,4		0,206
48	0	Si	0,3	3	90	1,3		0,188
49	404	No	0,4	4	100	1,6	1,6	0,079
50	0	Si	0,2	2	100	1,4	1,4	0,100
51	0	Si	1,2	12	75	2,5	2,5	0,253
52	0	Si		0	95	3,1	11,6	0,577
53	0	Si	0,4	4	100	2,6	4,6	0,225

54	170	Si	1,1	11	90	6,4	9,9	0,495
55	102	No	0,2	2	90	2,1	3,13	0,156
56	111	Si	1,1	11	90	3,3	3,3	0,167
57	244	Si	0,8	8	80	2,4	2,4	0,121
58	53	Si	0,2	2	85	2,1	2,5	0,174
59	0	No	0,7	7	95	2,7	3,4	0,170
60	471	No	0,7	7	90	2,4	2,5	0,125
61	0	Si	0,4	4	95	2,2	3,4	0,351
62	0	Si	0,6	6	100	1,8	2,4	0,170
63	0	No	1,1	11	100	1,8	3,6	0,364
64	318	No	0,3	3	90	2,0	3,3	0,163
65	0	Si	0,7	7	90	2,2	3,4	0,347
66	0	Si	1,0	10	80	3,8	6,5	0,670
67	523	No	0,3	3	90	3,2	6,4	0,317
68	0	Si	0,9	9	90	1,7	1,7	0,243
69	0	No	1,2	12	100	1,6	2,9	0,299
70	0	No	0,1	1	100	1,4	0	0,143
71	0	No	1,2	12	90	3,0	5,4	0,545
72	0	No	0,3	3	90	2,7	2,7	0,270
73	116	No	0,1	1	95	3,0	6,3	0,309
74	361	No	0,65	6	95	1,8	2,9	0,144
75	0	Si	0,3	3	100	2,0	2,8	0,203
76	0	No	1,0	10	80	1,4	2,6	0,265
77	0	No	0,4	4	100	2,1	3,7	0,378
78	21	No	0,8	8	85	2,4	2,4	0,245
79	0	No	1,0	10	90	3,5	3,5	0,354
80	0	Si	0,15	1	100	3,0	3,0	0,300
81	21	Si	0,8	8	85	2,4	4,9	0,345
82	0	No	0,9	9	80	3,2	3,2	0,320
83	0	Si	0,2	2	100	1,0	1,0	0,143
84	0	No	0,7	7	95	2,8	2,8	0,406
85	0	No	0,5	5	100	1,3	1,3	0,131
86	0	Si	0,3	3	100	1,4	1,4	0,203
87	0	No	0,6	6	100	1,1	1,1	0,112
88	0	Si	0,6	6	100	1,1	1,1	0,112
89	0	Si	0,5	5	90	4,6	4,6	0,460
90	77	Si	0,1	1	90			0,000
91	0	Si	0,3	3	100	1,6	2,5	0,255
92	0	No	0,8	8	100	3,9	4,3	0,307
93	0	No	1,2	12	70	4,0	4,0	0,404
94	0	No	0,3	3	60	3,8	3,8	0,380
95	0		0,2	2	90	3,1	3,1	0,310
96	0	No	0,4	4	100	3,0	3,0	0,306
97	0	No	0,25	2	100			0,000
98	190	No	0,5	5	70	3,9	3,9	0,394
99	172	Si	0,4	4	95	1,9	3,9	0,283
100	0	Si	0,6	6	100	1,6	1,6	0,229
101	0	Si	0,5	5	100	2,2	2,2	0,314
102	0	No	0,65	6	85	1,9	3,2	0,327
103	0	Si	0,8	8	60	1,4	1,4	0,194
104	0	Si	0,4	4	100			0,000
105	0	Si	0,15	1	100	1,3	1,3	0,133
106	415	Si	0,8	8	80	2,4	2,4	0,119
107	0	No	0,9	9	95	1,3	1,3	0,131
108	227	No	0,85	8	80	2,8	3,5	0,174
109	0	Si	0,3	3	100	1,1	1,1	0,112
110	0	No	0,4	4	100	2,3	4,0	0,404
111	0		0,3	3	100	1,2	1,2	0,171

112	0	No	0,6	6	100	1,2	1,6	0,232
113	142	Si	0,3	3	80	1,5	1,5	0,211
114	0	No	0,55	5	90	1,7	4,6	0,648
115	73	No	1,15	11	55	3,5	3,5	0,354
116	45	Si	1,1	11	75	2,6	2,6	0,377
117	0	Si	0,4	4	90	1,7	2,2	0,314
118	0	No	0,7	7	100	1,8	1,8	0,182
119	0	No	0,7	7	100	2,0	2,0	0,200
120	0	No	0,85	8	90	1,7	1,7	0,173
121	0	No	0,65	6	80	2,5	4,7	0,470
122	0	Si	0,8	8	80	3,3	3,3	0,471
123	0	Si	0,8	8	80	1,0	1,0	0,141
124	0	Si	0,8	8	70	1,6	3,0	0,429
125	0	Si	0,6	6	75	2,9	2,9	0,408
126	0	No	0,8	8	85	1,8	2,9	0,290
127	0	Si	0,3	3	100	1,7	2,0	0,290
128	0	Si	0,4	4	95	3,7	3,7	0,529
129	0	No	0,5	5	100	1,5	1,5	0,214
130	0	No	0,6	6	100	2,3	2,3	0,230
131	0	Si	0,6	6	70	3,6	3,6	0,514
132	0	No	0,6	6	90	2,1	3,9	0,557
133	0	Si	0,6	6	100	1,8	1,8	0,254
134	462	No	0,4	4	95			0,000
135	0	Si	0,55	5	80	2,7	2,7	0,380
136	0	Si	0,4	4	60			0,000
137	0	Si	0,5	5	70	2,5	2,9	0,414
138	0	Si	0,35	3	95	1,9	2,9	0,206
139	29	No	0,35	3	100	2,1	3,3	0,163
140	0	Si	0,8	8	100	1,0	1	0,100
141	0	Si	0,1	1	100	1,4	1,4	0,141
142	53	Si	0,5	5	90	3,1	3,8	0,271
143	0	No	1,15	11	85	2,5	3,8	0,559
144	0	Si	0,2	2	100		0,0	0,000
145	0	No	0,55	5	100	1,2	1,2	0,059
146	134	No	1,9	19	50	3,0	4,0	0,563
147	0	Si	1,0	10	100	3,3	3,3	0,471
148	0	Si	0,5	5		1,6	1,6	0,225
149	61	Si	0,45	4,5	85	1,6	1,6	0,116
150	0	No	0,4	4	100	1,8	1,8	0,257
151	0	Si	0,4	4	100	4,1	4,1	0,594
152	0	Si	0,5	5	100	1,2	1,2	0,121
153	0	No	0,75	7	90	2,8	2,8	0,280
154	0	Si	0,6	6	100	2,2	3,0	0,435
155	0	Si	0,7	7	80	2,3	2,3	0,329
156	0	No	0,5	5	90	3,2	3,2	0,471
157	0	Si	0,2	2	100	1,0	1,0	0,145
158	0	Si	0,6	6	100	2,0	2,0	0,286
159	0	Si	0,2	2	100	2,4	2,4	0,343
160	0		0,7	7	70	2,2	2,2	0,310
161	60	Si	0,7	7	85	1,5	1,5	0,217
162	335	Si	0,4	4	80	3,5	3,5	0,250
163	0	Si	0,5	5	60	2,1	3,3	0,465
164	00	Si	0	0	80	1,3	1,3	0,093
165	0	No	0,3	3	100	1,8	1,8	0,186
166	41	Si	0,8	8	100	2,0	3,6	0,259
167	0	No	0,65	6	90	1,2	2,0	0,282
168	0	Si	0,4	4	95	2,8	2,8	0,201
169	0	Si	0,5	5	100		0,0	0,000

170	0	No	0,45	4	90	2,9	2,9	0,296
171	398	No	0,6	6	90	2,0	2,4	0,119
172	0	Si	0,2	2	100	1,5	1,5	0,217
173	0	Si	0,3	3	100	1,7	3,5	0,248
174	0	No	0,3	3	70	2,9	2,9	0,414
175	277	Si	0,6	6	85	2,8	2,8	0,141
176	0	Si	0,4	4		1,6	2,6	0,371
177	0	Si	0,8	8	95	3,0	4,7	0,691
178	77	No	1,0	10	90	2,1	2,1	0,214
179	0	Si	0,2	2	100	1,5	2,7	0,273
180	0	No	0,2	2	90	1,0	1,0	0,143
181	0	Si	0,3	3	100	1,0	1,0	0,102
182	0	No	0,3	3	100	2,3	2,3	0,232
183	0	No	0,7	7	60	2,4	2,4	0,343
184	253	No	0,55	5	90	2,3	4,0	0,200
185	0	No	0,45	4	100	1,3	1,3	0,131
186	7	No	1,4	14	90	1,8	1,8	0,182
187	0	No	0,25	2	90	2,1	2,1	0,300
188	0	Si	0,6	6	100	2,6	2,6	0,371
189	88	Si	0,6	6	80	4,1	7,2	0,360
190	0	Si	0,8	8	80	3,1	4,0	0,288
191	158	Si	0,3	3	100	1,0	1,0	0,100
192	0	Si	0,4	4	100	1,9	2,5	0,357
193	0	No	0,75	7	100	1,9	2,3	0,324
194	0	Si	0,1	1	100		0,0	0,000
195	0	Si	0,6	6	90	4,5	6,9	0,504
196	54	Si	0,5	5	70	1,8	1,8	0,254
197	0	Si	0,9	9	80	3,5	3,5	0,515
198	0	Si	0,35	3	100	1,2	1,2	0,174
199	0	Si	0,2	2	80	2,3	3,7	0,521
200	0	Si	0,3	3		1,6	2,2	0,310
201	0	No	1,15	11	90	4,8	4,8	0,238
202	243	Si	0,5	5	90	1,5	2,4	0,171
203	48	Si	0,3	3	90	2,1	2,1	0,300
204	0	Si	0,2	2	95	2,1	4,7	0,336
205	0	No	0,2	2	100	1,0	1,0	0,099
206	280	Si	0,8	8	70	2,3	2,3	0,333
207	0	No	0,6	6	80	1,0	1,0	0,141
208	0	Si	0,1	1	80	1,1	1,1	0,155
209	254	Si	1,1	11	90	1,4	1,4	0,070
210	0	Si	0,1	1	90	1,6	1,6	0,235
211	0	No	0,3	3	100	1,7	1,7	0,246
212	0	Si	0,4	4	70	3,1	4,4	0,314
213	0	No	1,2	12	80	2,6	2,6	0,366
214	58	Si	0,7	7	100	3,9	5,7	0,284
215	0	Si	0,45	4	100	1,8	1,8	0,257
216	202	No	0,2	2	75	3,0	4,5	0,474
217	0	Si	0,25	2	100	3,4	4,8	0,345
218	0	Si	0,4	4	95	2,7	3,2	0,225
219	72	No	0,9	9	60	2,8	2,8	0,283
220	0	Si	0,55	5	70	2,7	2,7	0,391
221	0	Si	0,4	4	100	2,2	4,3	0,309
222	0	No	0,45	4	90	3,2	3,2	0,457
223	371	Si	0,6	6	80	2,5	3,6	0,257
224	0	No	0,6	6	100			0,000
225	0	Si	0,7	7	100	3,7	3,7	0,268
226	88	Si	1,0	10	95	3,1	5,5	0,393
227	0	No	0,5	5	100	2,0	2,0	0,286

228	0	Si	0,5	5	100	1,0	1,0	0,098
229	159	No	1,6	16	60	4,3	4,3	0,430
230	0	Si	0	0	100	1,8	3,6	0,252
231	0	No	0,6	6	100	1,8	1,8	0,178
232	0	Si	0,2	2	100	1,4	1,4	0,140
233	0	No	0,8	8	95	2,2	2,2	0,109
234	0	Si	0,4	4	80	2,0	3,0	0,306
235	0	Si	0,3	3	100	2,1	2,1	0,151
236	371	Si	0,6	6	98			0,000
237	379	Si	1	10	100	3,9	4,1	0,295
238	0	No	1,1	11	40	3,8	3,8	0,535
239	0	Si	0,3	3	90	2,6	2,9	0,408
240	0	No	0,65	6	90	3,0	3,0	0,423
241	0	Si	0,8	8	95	4,7	4,7	0,475
242	0	No	1,5	15	90	3,1	3,1	0,310
243	240	Si	1,2	12	90	1,9	3,2	0,160
244	0	Si	0,5	5	100	1,5	1,5	0,108
245	56	Si	0,5	5	100	2,2	2,2	0,157
246	0	No	0,6	6	100	1,9	2,6	0,361
247	0	Si	0,2	2	100	1,2	1,2	0,120
248	0	Si	0,6	6	85	2,3	4,1	0,297
249	230	Si	0,9	9	80	2,9	4,1	0,291
250	0	Si	1,0	10	90	5,7	10,1	0,518
251	0	Si	0,0	0	95	3,8	0,0	0,268
252	30	Si	0,6	6	90	1,1	2,1	0,150
253	0	Si	0,3	3	100	1,4	1,4	0,200
254	186	Si	0,5	5	85	3,4	3,4	0,248
255	0	Si	0,3	3	90	2,3	2,3	0,163
256	34	Si	0,25	2	95	2,1	3,2	0,234
257	105	Si	1	10	90	1,0	1,8	0,129
258	0	Si	0,8	8	100	2,6	3,5	0,507
259	0	No	0,35	3	100	2,1	2,1	0,210
260	190	Si	1,1	10	80			0,000
261	0	No	0,9	9	100	2,5	3,4	0,493
262	0	No	0,1	1		2,5	2,5	0,357
263	0	Si	0,6	6	95	3,2	4,7	0,235
264	69	Si	0,4	4	100	2,3	4,2	0,296
265	55		0,5	5	85	2,5	2,5	0,347
266	0	Si	0,25	2	90	2,7	2,7	0,190
267	0	NO	1,3	13	100	2,0	2,0	0,144
268	0	Si	0,8	8	100	2,7	2,7	0,194
269	0	No	0,4	4	70	1,1	1,1	0,159
270	0	Si	0,55	5	95	1,6	2,7	0,193
271	0	Si	0,3	3	100	2,2	2,7	0,191
272	0	Si	0,2	2	100	1,6	1,6	0,229
273	0	No	0,3	3	95	2,5	2,5	0,248
274	0	Si	1,1	11	100	1,1	1,1	0,157
275	0	Si	1	10	98	1,9	2,3	0,116
276	0	No	0,7	7		2,5	2,5	0,357
277	315	Si	0,7	7	90	1,8	2,4	0,119
278	0	Si		0	90	3,1	6,2	0,310
279	46	Si	1,5	15	90	1,5	2,2	0,159
280	358	Si	0,5	5	85	2,1	2,1	0,105
281	171	Si	0,7	7	90	3,2	5,4	0,380
282	23	Si	0,5	5	95	2,4	4,6	0,333
283	108	Si	1,3	13	100	1,0	1,0	0,071
284	0	Si	0,4	4	80	1,4	1,4	0,197
285	0	Si	0,5	5	80	2,9	2,9	0,287

286	0	Si	0,6	6	80	2,6	2,6	0,191
287	0	No	0,3	3	85	3,8	7,1	0,724
288	0	Si	0,4	4	100	1,2	1,2	0,171
289	370	Si	1,1	11	85			0,000
290	0	Si	0,55	5	100	1,5	2,7	0,270
291	74	Si	0,6	6	90	3,3	6,6	0,330
292	0	Si	0,1	1	100	2,7	2,7	0,193
293	0	Si	0,9	9	100	2,1	2,8	0,280
294	173	Si	0,5	5	85	3,1	5,1	0,362
295	163	Si	1,2	12	95	3,2	5,4	0,271
296	0	Si	0,6	6	95	1,1	1,1	0,157
297	429	Si	0,35	3	95	2,3	2,3	0,116
298	0	Si	1,5	15	100	3,1	3,1	0,218
299	320	No	0,1	1	98	1,8	3,3	0,165
300	0	Si	0,9	9	90	1,6	1,6	0,229
301	0	Si	0,0	0	100			0,000
302	228	Si	0,5	5	85	3,9	5,5	0,276
303	220	Si	0,9	9	85	2,4	2,4	0,120
304	37	Si	0,7	7	100	1,4	2,6	0,186
305	0	Si	0,2	2	95	1,4	1,4	0,100
306	14	Si	0,5	5	90	2,0	3,1	0,221
307	182	Si	0,8	8	90	1,5	1,5	0,106
308	0	Si	0,5	5	100	1,8	1,8	0,127
309	0	Si	0,6	6	95	2,2	5,2	0,515
310	520	Si	1,1	11	85			0,000
311	25	Si	0,6	6	95	1,4	2,4	0,171
312	39	Si	1,1	11	95	2,2	2,2	0,157
313	355	Si	0,4	4	75	2,1	2,1	0,105
314	0	Si	0,6	6	100	2,7	5,0	0,357
315	116	No	1,3	13	95	3,1	3,1	0,150
316	356	No	0,3	3	85	1,6	1,6	0,080
317	31	Si	0,3	3	95	2,8	3,8	0,270
318	53	Si	0,9	9	90	2,4	2,4	0,121
319	0	Si	0,1	1	95	1,4	2,6	0,183
320	0	Si		0	100	3,1	5,0	0,355
321	18	Si	0,35	3	60	3,4	3,4	0,337
322	0	No	0,5	5	80	1,7	3,3	0,327
323	0	Si	0,1	1	90	2,3	3,4	0,252
324	185	Si	0,7	7	95	2,3	2,5	0,179
325	320	Si	1,4	14	60	6,1	6,1	0,308
326	38	Si	0,8	8	95	2,0	3,0	0,214
327	0	No	1,5	15	95	1,6	2,3	0,228
328	260	Si	0,8	8	80	6,4	6,4	0,320
329	50	Si	0,5	5	90			0,000
330	0	No	0,6	6	100	1,9	2,8	0,275
331	250	Si	1,2	12	80	5,1	7,9	0,397
332	166	No	0,2	2	85	2,3	2,3	0,160
333	32	Si	0,7	7	90	2,7	2,7	0,193
334	0	Si	0,5	5	90			0,000
335	0	Si	0,6	6	95	3,4	6,0	0,432
336	25	No	0,8	8	80	3,0	4,5	0,450
337	161	Si	0,5	5	85	1,8	2,4	0,171
338	0		0,6	6	95	4,2	6,4	0,457
339	0	Si	1,1	11	100	2,9	5,5	0,387
340	202	Si	0,4	4	75	3,1	3,8	0,273
341	0	Si	0,4	4	100	2,0	2,0	0,200
342	0	No	1,0	10	95	2,4	4,1	0,414
343	0	NO	1	10	100	2,0	3,1	0,220

344	0	Si	0,1	1	90	2,3	3,9	0,281
345	131	Si	0,4	4	50	3,3	3,3	0,327
346	0	No	0,3	3	100	1,5	1,5	0,149
347	0	Si	0,1	1	90	2,2	3,5	0,250
348	0	Si	1,1	11	100	3,6	3,6	0,356
349	0	No	0,5	5	100	1,6	2,7	0,267
350	0	No	0,8	8	90	1,9	2,1	0,150
351	406	Si	0,8	8	75	2,5	2,5	0,176
352	0	No	0,55	5	90	2,0	2,2	0,218
353	0	Si	0,6	6	100	3,5	5,9	0,421
354	0	Si	0,3	3	100	2,0	4,6	0,329
355	0	Si	0,3	3	95	1,3	1,3	0,093
356	0	Si	0,6	6	100	1,8	3,1	0,220
357	0	Si	0,8	8	95	3,7	7,0	0,352
358	137	Si	0,45	4	90	4,3	6,7	0,340
359	0	No	0,3	3	100	1,9	1,9	0,184
360	0	Si	0,7	7	90	3,0	4,6	0,326
361	0	Si	0,5	5	100	1,0	1,0	0,145
362	0	SI	0,7	7	80	2,1	2,1	0,150
363	0	No	0,75	7	85	1,2	1,8	0,178
364	0	No	1,0	10	100	3,2	3,2	0,314
365	436	NO	1,2	12	85	7,3	0,0	0,356
366	303	NO	1,2	12	85	8,3	0,0	0,413
367	365	SI	1,6	16	80	7,1	7,4	0,366
368	100	NO	1,4	14	90	6,9	11,2	0,557
369	421	No	0,6	6	85	6,4	11,5	0,561
370	307	No	0,5	5	80	4,0	0,0	0,195

Probeta	Nudo de cara	Nudo agrupados cara	Relación nudos /cara	Crec 5 anillos int	Crec unit 5 anillos int	Crec 5 anillos ext	Ancho gema	Canto gema
1	1,9	2,4	0,095	2,3	4,6	1,7	1,9	2,1
2	2,3	3,9	0,262	2,5	5,0	1,9		
3	2,7	4,4	0,293	3,4	6,8	1,3	0,0	0,0
4	3,0	5,6	0,223	2,9	5,8	1,8	0,0	0,0
5	3,4	3,4	0,133	3,7	7,4	2,4		
6	3,5	6,5	0,256				1,7	1,6
7	5,4	13,3	0,534	3,2	6,4	1,3		
8	2,7	6,1	0,275	2,8	5,6	1,6		
9	2,9	2,9	0,115	2,1	4,2	1,4		
10	1,7	3,7	0,149	3,5	7,0	3,0	0,4	0,4
11	2,8	3,6	0,144	4,0	8,0	0,9	1,1	1,5
12	2,4	2,4	0,094	2,7	5,4	1,7	0,0	0,0
13	3,4	6,2	0,249	6,4	12,8	3,4	2,6	5,1
14	4,8	6,7	0,270	5,4	10,8	1,2		
15	1,8	3,3	0,131	2,4	4,8	2,0	1,0	1,0
16	4	6,1	0,241	3,3	6,6	1,5	0,7	0,8
17	1,4	1,4	0,056				2,2	2,3
18	3,4	3,4	0,135	2,9	5,8	1,5	0,4	0,5
19	1,4	2,9	0,161	1,4	2,8	1,0	1,1	1,1
20	2,1	4,3	0,170	1,9	4,0	1,24	4,2	3,5
21	3,5	4,5	0,178	3,6	7,2	1,6	0,7	0,7
22	1,5	1,5	0,059				2,0	1,9
23	4,9	8,4	0,340	3,4	6,8	2,2	0,0	0,0
24	3,6	5,9	0,233	2,8	5,6	2,2	1,1	1,0
25	1,4	2,4	0,094	1,8	3,6	1,6	3,6	5,1
26	2,6	5,1	0,201	2,9	5,8	1,6	0,7	0,7
27	4,3	6,5	0,261	4,5	9,0	1,7		
28	3,8	6,5	0,261	4,3	8,6	2,2		
29	1,6	2,8	0,156	2,4	4,8	1,1	0,0	0,0
30	1,4	2,4	0,095	2,4	4,9	1,1	1,7	1,3
31	6,8	11,7	0,468	5,5	11,0	1,7		
32	2,7	4,9	0,200	3,9	7,8	2,8	0,8	0,7
33	3	6,5	0,361	3,0	6,0	1,2	0,0	0,0
34	4	7,6	0,299	3,0	6,0	1,6		
35	2,1	3,2	0,126	2,7	5,4	2,7		
36	4,5	6,7	0,268	4,9	9,8	3,0	0,0	0,0
37	3,7	3,7	0,148	2,0	4,0	1,1	1,0	1,1
38	3,2	4,5	0,253	2,5	5,0	1,0	0,0	0,0
39	1,5	2,5	0,099	2,6	5,2	1,1	3,1	3,2
40	1,7	1,7	0,069	3,0	6,0	2,6		
41	8,1	9,1	0,364		0,0		0,8	0,7
42	2,0		0,134	2,9	5,8	2,3	0,0	0,0
43	1,7		0,119	4,0	8,0	1,7		
44	3,7	5,4	0,365	2,3	4,6	1,2	0,6	0,9
45	1,7	3,6	0,145	3,9	7,8	2,1		
46	4,2	8,0	0,541	2,7	5,4	1,3	0,0	0,0
47	2,2	3,6	0,245	3,8	7,6	2,5	0,0	0,0
48	1,7		0,116	3,5	7,0	2,9		
49	1,7	3,3	0,130	2,8	5,6	1,6	2,8	2,7
50	2,1	3,1	0,173	3,2	6,4	2,4	0,0	0,0
51	3,4	6,7	0,447	3,0	6,0	2,2	0,0	0,0
52	6,6	6,6	0,264	2,8	5,6	0,9		
53	1,8	1,8	0,071	2,8	5,6	2,4		
54	5,4	9,2	0,369	3,0	6,0	2,4	6,0	2,5

55	2,7	5,0	0,198	3,5	7,0	0,9		
56	2,6	3,5	0,140	2,0	4,0	4,0		
57	2,4	2,4	0,096	3,3	6,6	1,4	0,7	0,6
58	2,4	4,3	0,234	3,0	6,0	0,8	0,0	0,0
59	2,6	4,3	0,170	2,2	4,4	1,7		
60	3,4	6,4	0,251	3,2	6,4	0,6	1,4	1,9
61	4,5	8,0	0,541	2,2	4,4	1,8	0,0	0,0
62	2,0	2,0	0,109	3,9	7,8	2,1	0,0	0,0
63	1,8	2,4	0,160	2,0	4,0	1,7	0,0	0,0
64	2,6	4,9	0,194	1,6	3,2	1,0	1,2	1,1
65	3,7	7,5	0,503	1,9	3,8	1,0	0,0	0,0
66	2,5	5,4	0,360	2,3	4,6	2,3	0,0	0,0
67	3,3	6,0	0,237	2,0	4,0	1,6	5,2	6,0
68	4,8	6,0	0,400	3,2	6,4	2,3		
69	2,2	4,1	0,277	3,0	6,0	1,7		
70	1,4	3,5	0,238	3,3	6,6	3,3	0,0	0,0
71	2,3	4,5	0,302	3,7	7,4	2,6		
72	1,9	2,6	0,173	2,8	5,6	2,6		
73	3,3	5,8	0,231	2,4	4,8	1,4	0,6	0,6
74	1,7	1,7	0,067	2,6	5,2	1,8	0,6	0,5
75	3,5	5,3	0,296	2,4	4,8	1,4	0,0	0,0
76	1,4	1,4	0,095	2,9	5,8	1,5		
77	1,7	3,1	0,209	2,4	4,8	1,4		
78	3,3	3,3	0,221	1,7	3,4	1,5		
79	1,9	0,0	0,128	2,6	5,2	2,6	0,0	0,0
80	1,9	2,9	0,191	1,9	3,8	1,9		
81	3,9	6,0	0,330	2,3	4,6	1,2	0,0	0,0
82	2,8	4,9	0,327	3,4	6,8	3,4		
83	1,3	2,3	0,154	2,8	5,6	2,3		
84	2,9	4,2	0,282	3,7	7,4	2,4		
85	1,8	1,8	0,121	3,5	7,0	2,0		
86	1,3	1,3	0,087	2,4	4,8	1,5		
87	2,3	4,1	0,277	2,7	5,4	2,5		
88	2,1	3,8	0,255	2,6	5,2	2,6		
89	1,5	1,5	0,100	2,3	4,6	1,8		
90	1,9	1,9	0,077	3,6	7,2	1,2		
91	1,4	2,8	0,185	2,6	5,2	2,9		
92	2,1	3,6	0,200	2,2	4,4	1,8	0,0	0,0
93	3,1	4,4	0,293	2,4	4,8	2,4		
94	2,5	4,9	0,327	2,2	4,4	2,0		
95	2,6	3,7	0,247					
96	3,7	8,0	0,537	3,7	7,4	2,5		
97	1,0	1,0	0,068	3,0	6,0	2,1		
98	2,3	2,3	0,154	2,6	5,2	1,8	1,8	1,6
99	2,1	3,7	0,207	3,7	7,4	1,3	1,9	2,0
100	1,7	3,6	0,245	2,7	5,4	1,9		
101	2,3	2,3	0,153	2,0	4,0	2,0		
102	2,0	4,0	0,268	2,4	4,8	2,1		
103	2,2	3,7	0,248	4,7	9,4	4,4		
104	1,4	2,4	0,161	3,7	7,4	1,3		
105	1,7	1,7	0,114	2,3	4,6	1,7		
106	2,3	3,8	0,152	3,1	6,2	1,1	2,7	4,2
107	1,6	1,6	0,108	2,8	5,6	1,4		
108	3,8	6,7	0,267	3,0	6,0	1,8	0,4	0,3
109	2,3	3,9	0,262	1,8	3,6	1,8		
110	1,1	1,1	0,073	4,1	8,2	3,5		
111	1,0	1,7	0,113	2,9	5,8	1,7		
112	1,6	3,0	0,201	2,1	4,2	1,4		

113	2,5	3,7	0,247	3,0	6,0	1,5		
114	1,2	2,2	0,147	2,8	5,6	1,7		
115	3,1	4,1	0,275	1,5	3,0	1,5		
116	2,9	5,4	0,362	2,0	4,0	1,5		
117	1,5	2,3	0,153	4,8	9,6	1,7		
118	1,7	3,1	0,208	2,3	4,6	1,5		
119	2,6	2,6	0,173	3,2	6,4	2,2		
120	3,7	6,9	0,463	3,4	6,8	1,8		
121	3,1	4,5	0,298	2,6	5,2	1,8		
122	2,5	6,3	0,417	2,5	5,0	2,0		
123	3,0	4,8	0,320	3,7	7,4	3,0		
124	2,4	4,0	0,267	2,3	4,6	1,6		
125	3,8	5,5	0,364	2,8	5,6	1,8		
126	2,4	4,7	0,311	2,7	5,4	1,7		
127	1,5	2,4	0,161	3,4	6,8	3,0		
128	4,6	5,2	0,349	3,0	6,0	1,7		
129	3,7	5,5	0,367	2,8	5,6	1,6		
130	1,1	1,1	0,073	3,0	6,0	2,3		
131	3,1	5,5	0,364	2,3	4,6	1,7		
132	3,2	5,4	0,360	2,4	4,8	2,4		
133	1,0	1,0	0,067	2,2	4,4	1,9		
134			0,000	2,7	5,4	1,4	1,3	1,4
135	2,3	4,5	0,298	2,2	4,4	1,9		
136	2,8	5,3	0,351	1,3	2,6	1,7		
137	2,9	3,8	0,252	2,6	5,2	2,9		
138	2,6	6,6	0,363	3,9	7,8	1,7		
139	2,2	5,2	0,206	2,6	5,2	2,0		
140	1,6	1,6	0,107	1,4	2,8	1,6		
141	1,5	1,5	0,101	3,2	6,4	2,0		
142	2,2	3,3	0,183	2,5	5,0	1,1	0,4	0,8
143	1,9	3,7	0,250	2,9	5,8	1,9		
144	1,5	1,5	0,101	3,3	6,6	2,3		
145	2,4	2,8	0,110	3,9	7,8	2,7		
146	2,0	2,0	0,134	2,4	4,8	1,6	1,0	1,0
147	2,2	4,2	0,280	2,2	4,4	1,7		
148	1,0	1,0	0,066	1,9	3,8	1,5		
149	2,8	4,6	0,257	2,8	5,6	4,6	2,6	1,4
150	2,3	4,8	0,318	2,4	4,8	1,4		
151	2,8	5,6	0,376	3,2	6,4	3,0		
152	1,4	2,5	0,169	3,5	7,0	1,8		
153	3,7	3,7	0,247	2,3	4,6	2,3		
154	1,2	1,2	0,081	2,7	5,4	2,0		
155	3,4	3,7	0,247	1,9	3,8	1,1		
156	2,2	5,4	0,362	2,3	4,6	1,0		
157	1,5	1,5	0,101	2,1	4,2	1,7		
158	2,9	4,9	0,329	3,9	7,8	2,6		
159	1,6	3,7	0,248	2,5	5,0	1,5		
160	3,3	7,6	0,503	2,6	5,2	2,3		
161	3,7	5,4	0,362	1,4	2,8	1,2		
162	3,6	6,3	0,350		0,0		1,9	1,4
163	2,0	4,0	0,265	3,0	6,0	1,9		
164	2,2	4,4	0,242	3,4	6,8	1,3	0,0	0,0
165	1,3	3,1	0,209	2,1	4,2	1,7		
166	2,2	3	0,168	3,9	7,8	1,2	0,0	0,0
167	1,3	2,6	0,172	2,7	5,4	1,7		
168	3,0	5,6	0,311	3,0	6,0	1,9	0,0	0,0
169			0,000	2,9	5,8	2,9		
170	2,6	5,1	0,340	3,1	6,2	2,3		

171	1,7	3,1	0,124	2,4	4,8	1,8	3,5	3,4
172	1,3	2,7	0,182	2,5	5,0	1,7		
173	2,6	4,0	0,221	2,1	4,2	1,0	0,0	0,0
174	2,0	3,0	0,200	3,9	7,8	1,4		
175	2,9	4,8	0,195	3,8	7,6	2,0	2,9	3,4
176	2,0	3,7	0,247	3,2	6,4	2,1		
177	2,0	3,1	0,209	2,3	4,6	2,3		
178	2,2	4,4	0,295	2,7	5,4	1,6	1,2	1,3
179	1,5	2,9	0,195	2,0	4,0	1,2		
180	2,0	0,0	0,133	3,0	6,0	1,0		
181	1,0	1,0	0,068	3,3	6,6	2,3		
182	2,7	4,4	0,295	2,9	5,8	2,1		
183	2,2	3,9	0,260	2,6	5,2	1,7		
184	2,4	4,1	0,162	2,4	4,8	2,1	2,1	1,5
185	2,3	2,7	0,180	1,8	3,6	1,6		
186	2,4	4,3	0,287				1,3	1,2
187	2,4	2,5	0,168	3,2	6,4	5,2		
188	3,1	4,5	0,302	3,2	6,4	1,8		
189	5,8	8,1	0,324	4,6	9,2	1,5		
190	2,1	4,0	0,222	2,7	5,4	1,6	0,0	0,0
191	1,2	2,3	0,153	2,6	5,2	1,9	2,0	1,5
192	2,9	4,8	0,322	3,6	7,2	2,8		
193	2,0	3,6	0,240	2,6	5,2	2,3		
194	2,1	3,6	0,243	1,8	3,6	1,4		
195	1,2	2,2	0,123	2,3	4,6	1,5	0,0	0,0
196	1,8	3,6	0,240	2,8	5,6	1,8	0,7	0,5
197	3,2	4,1	0,277	1,8	3,6	1,5		
198	1,3	1,3	0,088	1,8	3,6	1,8		
199	2,8	2,8	0,187	2,8	5,6	2,1		
200	1,2	2,2	0,147					
201	4,1	5,8	0,229	3,2	6,4	1,6		
202	1,5	3,6	0,199	2,8	5,6	0,7	1,7	2,1
203	1,6	1,6	0,107	1,7	3,4	1,7		
204	2,6	4,7	0,260	4,2	8,4	1,3	0,0	0,0
205	1,0	1,0	0,067	2,1	4,2	1,3		
206	3,1	3,1	0,207	2,5	5,0	2,8	1,3	2,8
207	1,7	3,9	0,257	2,4	4,8	2,2		
208	2,2	3,3	0,219	2,2	4,4	1,6		
209	1,7	1,7	0,068	4,2	8,4	2,7		
210	2,3	2,3	0,155	2,2	4,4	3,1		
211	1,5	2,5	0,168	2,9	5,8	2,2		
212	3,2	3,2	0,178	3,7	7,4	1,2	0,0	0,0
213	2,8	4,2	0,278	3,1	6,2	2,7		
214	4,2	6,6	0,265	3,3	6,6	1,1		
215	1,5	2,8	0,188	2,7	5,4	1,7		
216	3,4	6,6	0,440	2,7	5,4	1,5	1,5	2,1
217	1,6	2,7	0,152	2,9	5,8	1,5	0	0
218	5,3	8,2	0,453	3,5	7,0	0,9	0,0	0,0
219	3,6	4,5	0,300	2,6	5,2	2,3		
220	4,8	4,8	0,320	2,2	4,4	2,2		
221	2,8	6,9	0,385	5,1	10,2	1,4	0,0	0,0
222	2,8	4,3	0,287	2,6	5,2	1,4		
223	1,9	3,1	0,172	2,1	4,2	1,3	3,8	3,8
224	1,9	3,3	0,219	2,6	5,2	2,6		
225	2,3	4,7	0,263	2,5	5,0	1,9	0,0	0,0
226	3,6	3,6	0,200	2,3	4,6	2,8	0,3	0,3
227	1,9	3,8	0,253	3,9	7,8	2,5		
228	1,5	1,5	0,100	4,2	8,4	2,8		

229	2,7	2,7	0,180	2,1	4,2	1,7	2,4	2,7
230	2,7	5,9	0,343	3,5	7,0	0,6		
231	2,0	3,6	0,238	2,7	5,4	1,8		
232	1,6	3,0	0,199	3,6	7,2	2,8		
233	3,5	5,3	0,209	2,7	5,4	2,2		
234	1,0	1,0	0,067	2,9	5,8	1,7		
235	2,1	2,3	0,129	4,0	8,0	1,3	0,0	0,0
236	2,0	4,0	0,160	4,9	9,8	2,8	1,1	1,2
237	2,6	3,5	0,196	2,1	4,2	0,8	2,0	2,0
238	2,2	4,2	0,278	2,1	4,2	2,1		
239	1,8	2,8	0,185	2,9	5,8	1,6		
240	2,3	6,7	0,444	2,3	4,6	1,6		
241	3,4	4,7	0,313	2,2	4,4	1,9		
242	1,9	3,5	0,233	2,3	4,6	3,5		
243	4,7	6,9	0,277	2,1	4,2	0,9		
244	2,5	5,0	0,276	2,8	5,6	1,3	0,0	0,0
245	1,8	3,2	0,175	3,0	6,0	1,4	0,6	0,7
246	3,8	6,2	0,408	3,2	6,4	1,5		
247	1,4	1,4	0,093	2,8	5,6	1,7		
248	2,3	3,2	0,179	2,4	4,8	1,4	0,0	0,0
249	5,5	9,5	0,525	2,0	4,0	1,5	1,3	1,2
250	4,0	7,6	0,306	4,2	8,4	2,3	0,0	0,0
251	3,6	5,2	0,287	2,7	5,4	1,5	0,0	0,0
252	2,8	2,8	0,156	2,4	4,8	1,1	0,0	0,0
253	1,7	1,7	0,114	3,9	7,8	2,7		
254	3,8	3,8	0,212	2,0	4,0	1,6	0,5	0,9
255	2,7	2,7	0,149	3,2	6,4	1,2	0,0	0,0
256	2,2	2,5	0,140	2,3	4,6	1,2	0,0	0,0
257	1,6	3,0	0,168	2,4	4,8	1,8	0,0	0,0
258	2,8	3,7	0,247	2,9	5,8	1,5		
259	2,6	2,6	0,173	3,4	6,8	3,4		
260	2,0	4,0	0,161	3,0	6,0	3,0	0,4	0,5
261	2,8	4,9	0,327	3,8	7,6	3,0		
262	2,4	4,6	0,305	2,5	5,0	2,6		
263	3,9	5,5	0,219	4,3	8,6	1,6		
264	3,0	3,0	0,166	2,5	5,0	1,5		
265	3,3	4,5	0,296	2,9	5,8	1,3		
266	1,9	1,9	0,105		0,0			
267	2,4	4,0	0,223	3,0	6,0	1,9	0,0	0,0
268	5,5	8,0	0,449	3,1	6,2	1,6	0,0	0,0
269	2,4	3,7	0,248	2,2	4,4	2,0		
270	3,0	5,2	0,292	2,9	5,8	1,8		
271	3,6	4,4	0,246	3,6	7,2	1,2	0,0	0,0
272	2,0	3,7	0,245	3,3	6,6	3,5		
273	2,2	5,6	0,373	3,0	6,0	1,8		
274	2,5	3,8	0,255	3,8	7,6	2,4		
275	2,5	7,3	0,293	3,5	7,0	1,4	0,0	0,0
276	2,7	4,3	0,287	3,7	7,4	2,0		
277	2,9	3,6	0,142	2,35	4,7	1,0	1,4	1,0
278	4,0	4,8	0,193	4,4	8,8	1,7		
279	3,4	6,9	0,381	1,8	3,6	1,8	0,0	0,0
280	4,1	4,1	0,164	3,5	7,0	1,5	0,5	0,5
281	3,4	6,0	0,330	2,3	4,6	2,6	0,9	0,6
282	1,8	1,8	0,101	1,3	2,6	3,2	0,0	0,0
283	1,5	2,8	0,157	2,8	5,6	1,9	0,6	0,8
284	2,4	6,1	0,407	3,2	6,4	2,4		
285	2,6	4,5	0,296	2,6	5,2	2,0		
286	2,6	2,6	0,146	2,1	4,2	1,1	0,0	0,0

287	2,8	2,8	0,189	3,5	7,0	2,1		
288	2,3	3,2	0,216	3,9	7,8	3,8		
289			0,000	1,6	3,2	0,9	2,6	3,0
290	1,8	2,9	0,192	3,9	7,8	2,2		
291	3,1	3,5	0,141	2,8	5,6	1,7		
292	3,3	5,6	0,311	3,9	7,8	1,7	0,0	0,0
293	2,5	5,4	0,355	3,7	7,4	2,7		
294	3,1	4,9	0,269	2,5	5,0	1,5	1,0	0,9
295	4,9	11,2	0,446	4,1	8,2	0,9	1,0	1,0
296	2,1	2,1	0,140	2,6	5,2	2,2		
297	2,9	5,1	0,204	4,4	8,8	3,9	2,6	3,1
298	4,9	6,0	0,324	3,7	7,4	1,6	0,0	0,0
299	2,4	3,8	0,151	3,5	7,0	1,0	1,5	0,7
300	1,6	2,7	0,180	2,7	5,4	1,3		
301	2,5	2,5	0,166	1,9	3,8	1,9		
302	3,9	5,4	0,217	2,6	5,2	1,7	0,5	1,3
303	4,0	4,0	0,160	3,5	7,0	2,0	2,0	1,1
304	2,3	3,5	0,197	3,5	7,0	1,0	0,0	0,0
305	2,0	2,0	0,109	4,9	9,8	1,0	0,0	0,0
306	2,3	3,4	0,190	4,2	8,4	0,8	0,0	0,0
307	1,9	3,8	0,210	3,8	7,6	0,6	0,8	1,1
308	2,2	3,6	0,199	5,5	11,0	2,3	0,0	0,0
309	2,5	2,5	0,164	2,2	4,4	1,8		
310	2,1	2,1	0,084		0,0		1,9	2,4
311	2,8	5,0	0,281	2,9	5,8	1,9	0,0	0,0
312	2,3	3,2	0,180	3,2	6,4	1,8	0,0	0,0
313	1,5	2,3	0,092	2,7	5,4	2,0	1,1	1,4
314	2,9	4,1	0,227	3,6	7,2	1,2	0,0	0,0
315	4,5	5,8	0,228	3,9	7,8	1,3	1,8	2
316	2,5	4,0	0,159	2,3	4,6	1,2	2,5	4,2
317	3,2	7,2	0,396	2,4	4,8	1,8	0,3	0,4
318	2,3	2,3	0,092	3,2	6,4	1,8		
319	2,3	4,4	0,242	3,5	7,0	0,7	0,0	0,0
320	2,7	4,6	0,258	3,4	6,8	1,5		
321	3,4	5,2	0,344	2,6	5,2	2,0		
322	2,6	6,7	0,444	3,5	7,0	2,7		
323	2,3	3,4	0,189	2,6	5,2	4,3		
324	1,7	2,8	0,155	4,0	8,0	1,2	0,5	0,5
325	6,8	10,5	0,422	2,7	5,4	1,5	2,6	3,0
326	2,1	2,1	0,117	1,8	3,6	1,3		
327	2,6	4,7	0,309	2,6	5,2	2,4		
328	6,3	10,5	0,422	3,5	7,0	1,3	2,4	2,0
329	2,9	5,2	0,289	2,5	5,0	1,1		
330	2,1	2,1	0,139	3,5	7,0	3,5		
331	5,8	1,1	0,230	3,4	6,8	1,9	0,0	0,0
332	2,1	4,0	0,221	3,5	7,0	0,8	0,6	0,7
333	3,3	6,3	0,344	2,8	5,6	1,7	0,0	0,0
334	2,9	2,9	0,116	3,1	6,2	1,2		
335	4,8	7,5	0,419	2,4	4,8	2,3	0,0	0,0
336	2,2	3,9	0,258	2,4	4,8	1,5		
337	2,3	3,7	0,206	1,7	3,4	1,9	0,2	0,2
338	4,1	6,3	0,350	2,1	4,2	1,1		
339	3,0	5,0	0,275	3,0	6,0	1,0	0,0	0,0
340	3,8	3,8	0,213	0,6	1,2	1,6	0,5	0,3
341	1,8	2,9	0,193	4,2	8,4	2,4		
342	2,8	4,3	0,285	2,8	5,6	2,4		
343	2,4	4,3	0,236	2,2	4,4	2,2	0,0	0,0
344	2,4	3,6	0,200	3,0	6,0	1,0	0,0	0,0

345	4,7	6,4	0,424	2,3	4,6	2,3	3,4	2,9
346	1,1	2,1	0,139	2,9	5,8	2,9		
347	2,9	5,7	0,320	3,0	6,0	1,0		
348	2,7	3,9	0,257	2,1	4,2	2,1		
349	2,0	2,2	0,146	2,5	5,0	2,4		
350	2,9	2,9	0,161	3,8	7,6	0,8		
351	2,4	2,9	0,162	2,6	5,2	0,8	2,1	1,9
352	3,8	6,6	0,437	2,7	5,4	1,9		
353	2,6	4,7	0,263	2,4	4,8	1,4	0,0	0,0
354	2,0	2,3	0,126	3,5	7,0	1,0	0,0	0,0
355	3,4	3,4	0,190	1,8	3,6	4,7	0,0	0,0
356	2,5	2,5	0,138	3,7	7,4	1,5	0,0	0,0
357	3,6	5,2	0,208	3,2	6,4	2,0		
358	4,4	5,1	0,206	3,5	7,0	2,8		
359	1,4	2,4	0,160	2,8	5,6	2,0		
360	2,4	2,4	0,134	1,3	2,6	4,4		
361	1,1	1,1	0,074	1,5	3,0	0,9		
362	2,3	4,0	0,220	2,4	4,8	1,0	1,2	2,4
363	1,4	2,3	0,151	2,1	4,2	1,7		
364	3,7	5,6	0,368	2,2	4,4	1,9		
365	7,8	8,3	0,331	2,2	4,4	0,8	4,5	3,9
366	4,5	7,7	0,306	2,4	4,8	1,8	5,0	4,3
367	7,8	12,9	0,514	3,1	6,2	1,8	2,9	2,6
368	4,8	8,1	0,320	3,2	6,4	2,2	0,0	0,0
369	5,7	9,1	0,364	4,3	8,6	2,5	2,0	3,4
370	5,3	9,0	0,356	3,0	6,0	1,5	1,5	1,6

Probeta	Ancho fenda	Profundidad fenda	Curvatura cara	Curvatura canto	Alabeo	Pudrición	Luz
1	0,2	1,6	0,2	0,0	1,0	No	450
2	0,4	2,7	0,3	0,3	1,0	No	270
3	0,6	3,0	0,2	0,3	1,7	No	270
4	0,3	2,5	0,1	0,3	2,0	No	450
5	0,4	2,3	0,1	0,1	0	No	450
6	0,6	3,8	0,0	0,0	0,7	No	450
7	0,1	0,4	0,2	0,2	0,1	No	450
8	0,1	0,4	0,1	0,2	0,2	No	450
9	0,5	2,8	0,0	0,1	0,0	No	450
10	0,3	1,2	0,4		0,1	No	450
11	0,5	0,8	0,1		0,2	No	450
12	0,4	1,9	0,1	0,0	0,0	No	450
13	0,3	1,1	0,1	0,2	0,2	No	450
14	0,3	1,5	0,2		0,3	No	450
15	0,6	3,7	0,1		0,0	No	450
16	0,4	3,2	0,6	0,8	0,0	No	450
17	0,35	2,4	0,1	0,0	0,0	No	450
18	0,3	3,1	0,4	0,3	1,1	No	450
19	0,2	0,9	0,0	0,1	0,3	No	324
20	0,6	1,9	0,1	0,2		No	450
21	0,4	3,5	0,0	0,0	0,1	No	450
22	0,4	3,5	0,1	0,0	0,1	No	450
23	0,2	1,0	0,0	0,1	0,4	No	450
24	0,2	1,1	0,1	0,2	0,1	No	450
25	0,6	3,8	0,1	0,3	0,6	No	450
26	0,2	1,9	0,1	0,0	0,1	No	450
27	0,4	1,9	0,1		0,1	No	450
28	0,15	1,1	0,1	0,1	0,3	No	450
29	0,15	1,2	0,0	0,1	0,15	No	324
30	0,5	2,4	0,2	0,1	0,1	No	450
31	0,3	0,8	0,1	0,1	1,0	No	450
32	0,2	0,9	0,1	0,2	0	No	450
33	0,3	0,7	0,1	0,3	0,3	No	324
34	0,25	1,9	0,1	0,2	0,3	No	450
35	0,3	2,1	0,0	0,0	0,1	No	450
36	0,2	0,6	0,1	0,1	0,3	No	450
37	0,1	0,4	0,2	0,2	0,1	No	450
38	0,2	1,2	0,0	0,1	0,3	No	324
39	0,3	2,4	0,2	0,1	0,1	No	450
40	0,15	0,7	0,1	0,0	0,2	No	450
41	0,4	2,5	0,0	0,0	1,4	No	450
42	0,2	1,4	2,5	0,8	1,5	No	270
43	0,1	0,5	0,0	0,2	1,2	No	270
44	0,6	2,5	0,0	0,1	0,9	No	270
45	0,3	1,0	0,1	0,2	0,0	No	450
46	0,4	2,1	0,0	0,5	1,5	No	270
47	0,25	1,1	0,1	0,8	1,8	No	270
48	0,3	2,0	0,2	0,1	0,9	NO	270
49	0,25	1,9	0,0	0,1	0,0	No	450
50	0,3	1,0	0,0	0,1	0,0	No	324
51	0,5	2,2	0,1	0,2	2,0	No	270
52	0,2	0,3		0,1	0,1	No	450
53	0,7	3,5	0,1		0,2	No	450
54	0,2	0,6	0,0	0,0	0,0	No	450

55	0,6	1,7	0,1	0,2	0,3	No	450
56			0,1		0,1	No	450
57	0,4	1,9	0,1	0,1	0,0	No	450
58	0,3	1,1	0,1	0,1	0	No	324
59	0,2	1,4	0,0	0,0	0,0	No	450
60	0,6	2,4		0,1			450
61	0,6	2,9	0,4	0,2	1,1	No	270
62	0,2	0,7	0,1	0,1	0,6	No	324
63	0,4	2,0	0,0	0,7	1,4	No	270
64	0,4	2,6	0,1	0,1	0,0	No	450
65	0,4	1,6	0,1	0,1	1,7	No	270
66	0,4	1,8	0,4	0,3	1,5	No	270
67	0,5	3,5			0,1	No	450
68	0,1	0,3	0,4	0,4	1,4	No	270
69	0,5	2,5	0,0	0,2	1,6	No	270
70	0,1	1,0	1,4	0,9	0,5	No	270
71	0,4	3,2	0,5	0,1	2,0	No	270
72	0,1	0,5	0,6	0,1	1,1	No	270
73	0,4	3,1	0,2	0,3	0,1	No	450
74	0,3	2,5	0,1	0,1	0,0	No	450
75	0,3	2,5	0,0	0,1	0,0	No	324
76	0,4	2,7	0,1	0,2	1,8	No	270
77	0,2	1,5	0,0	0,2	0,8	No	270
78	0,2	1,5	0,2	0,2	1,6	No	270
79	0,2	0,9	0,2	0,1	1,6	No	270
80	0,0	0,3	0,3	0,4	0,0	No	270
81	0,2	0,2	0,8	0,1	0,1	No	324
82	0,6	3,4	0,3	0,3	1,9	No	270
83	0,0	0,3	0,8	0,3	0,1	No	270
84	0,2	1,3	0,1	0,2	0,7	No	270
85	0,15	1,1	0,4	0,2	0,2	No	270
86	0,05	0,3	0,6	0,2	0,2	No	270
87	0,2	1,1	0,1	0,1	1,0	No	270
88	0,2	1,6	0,3	0,4	0,2	No	270
89	0,2	1,5	0,3	0,6	0,6	No	270
90	0,1	0,3	0,1	0,2	0,0	No	450
91	0,5	2,7	0,2	0,2	0,0	No	270
92	0,2	1,4	0,2	0,1	0,1	No	324
93	0,25	2,4	0,3	0,3	1,9	No	270
94	0,2	1,8	0,5	0,7	0,6	No	270
95	0,25	1,5	0,2	0,1	0,6	No	270
96	0,5	3,0	0,1	0,1	1,2	No	270
97	0,05	0,3	0,5	0,2	0,1	No	270
98	0,3	1,7	0,0	0,1	0,6	No	270
99	0,1	0,3	0,1	0,2	0,1	No	324
100			0,2	0,2	0,5	No	270
101			0,2	0,1	0,5	No	270
102	0,2	2,2	0,3	0,1	0,1	No	270
103	0,0	0,5	0,6	0,3	1,2	No	270
104	0,0	0,3	0,3	0,7	0,0	No	270
105	0,1	1,0	0,2	0,0	0,4	No	270
106	0,1	0,7			0,0	No	450
107	0,6	3,2	0,1	0,2	1,2	No	270
108	0,4	2,7	0,3	0,0	0,1	No	450
109	0,7	4,1	0,2	0,4	0,1	No	270
110	0,1	1,3	0,7	0,9	0,2	No	270
111	0,0	0,3	0,9	0,2	0,6	No	270
112	0,1	0,8	0,2	0,7	0,3	No	270

113	0,1	0,6	0,5	0,1	0,9	No	270
114	0,0	0,6	0,0	0,2	0,6	No	270
115	0,1	0,6	0,1	0,2	0,9	No	270
116	0,2	1,8	0,1	0,2	2,7	No	270
117	0,25	1,5	0,0	0,5	0,6	No	270
118	0,4	2,1	0,0	0,1	0,8	No	270
119	0,1	1,4	0,1	0,2	0,5	No	270
120	0,3	2,5	0,0	0,3	1,9	No	270
121	0,3	2,2	0,2	0,5	1,1	No	270
122	0,2	1,2	0,2	0,4	0,5	No	270
123	0,2	0,8	0,1	0,3	0,7	No	270
124	0,1	0,8	0,1	0,2	1,4	No	270
125	0,1	0,5	0,0	0,2	0,5	No	270
126	0,3	2,4	0,2	0,2	1,1	No	270
127	0,1	0,5	0,7	0,3	1,2	No	270
128	0,1	0,5	0,3	0,4	1,0	No	270
129			0,6	0,4	0,9	No	270
130	0,3	2,2	0,1	0,4	0,6	No	270
131	0,1	0,6	0,1	0,2	1,1	No	270
132	0,1	0,7	0,4	0,5	1,0	No	270
133	0,05	0,4	0,2	1,1	0,6	No	270
134	0,45	2,9	0,2	0,2	0,1	No	450
135	0,15	0,9	0,4	0,3	1,3	No	270
136	0,1	0,7	0,1	0,2	0,6	No	270
137	0,3	1,9	0,0	0,3	1,0	No	270
138	0,1	1,0	0,1	0,3	0,1	No	324
139	0,2	1,5	0,2	0,0	0,0	No	450
140	0,2	1,4	0,2	0,4	0,8	No	270
141	0,15	1,2	0,9	0,3	0,0	No	270
142	0,2	0,5	0,1	0,1	0,2	No	324
143	0,3	1,7	0,3	0,3	2,0	No	270
144			1,0	0,5	0,5	No	270
145	0,4	3,1	0,2	0,3	0,2	No	450
146	0,1	1,4	0,6	0,4	2,1	No	270
147	0,05	0,3	0,4	0,1	0,7	No	270
148	0,05	0,4	0,0	0,3	1,0	No	270
149	0,0	0,0	0,2	1,8	0,2	No	324
150	0,1	0,9	0,2	0,3	0,3	No	270
151	0,0	0,3	0,4	0,2	0,4	No	270
152	0,4	2,7	0,2	0,8	0,6	No	270
153	0,2	1,2	0,1	0,1	0,4	No	270
154	0,1	0,7	0,1	0,3	1,2	No	270
155	0,1	0,9	0,3	0,4	1,6	No	270
156	0,1	0,8	0,7	0,6	1,0	No	270
157	0,1	0,7	0,2	0,3	0,5	No	270
158			0,3	1,1	0,7	No	270
159	0,0	0,3	0,0	0,2	0,2	No	270
160	0,2	1,3	0,4	0,2	0,9	No	270
161			0,3	0,4	1,1	No	270
162	0,2	0,7	0,2	0,1	0	No	324
163	0,0	0,7	0,1	0,4	0,4	No	270
164	0,4	1,5	0,1	0,2	0,0	No	324
165	0,5	3,2	0,4	0,1	0,7	No	270
166	0,3	0,9	0,1	0,2	0,3	No	324
167	0,2	0,9	0,3	0,2	1,0	No	270
168	0,2	1,1	0,2	0,1	0,2	No	324
169	0,0	0,4	0,3	0,4	0,6	No	270
170	0,4	2,1	0,1	0,1	0,9	No	270

171	0,8	5,1	0,6	0,3	0,5	No	450
172	0,0	0,4	0,3	0,2	0,5	No	270
173	0,4	1,7	0,2	0,2	0,1	No	324
174	0,2	1,3	0,3	0,2	0,9	No	270
175	0,1	1,2	0,1	0,1	0,1	No	450
176	0,0	0,4	0,4	0,3	0,4	No	270
177	0,1	0,7	0,1	0,4	1,1	No	270
178	0,2	2,0	0,1	0,2	1,0	No	270
179	0,2	1,3	0,1	0,1	0,2	No	270
180	0,0	0,6	0,9	0,2	0,7	No	270
181	0,1	0,5	0,3	0,2	0,4	No	270
182	0,2	1,5	0,1	0,3	0,6	No	270
183	0,3	1,5	0,2	0,4	1,3	No	270
184	0,7	4,5	0,1	0,2	1,0	No	450
185	0,2	1,6	0,2	0,3	1,2	No	270
186	0,2	1,3	0,1	0,1	0,4	No	270
187	0,1	0,9	0,1	0,2	0,3	No	270
188	0,1	0,7	0,2	0,3	0,8	No	270
189	0,2	0,8	0,1	0,2	0,1	No	450
190	0,2	1,0	0,1	0,1	0,3	No	324
191	0,2	1,9	0,0	0,3	0,0	No	270
192	0,0	0,3	0,5	0,1	0,9	No	270
193	0,1	0,9	0,4	0,2	0,7	No	270
194	0,1	1,1	0,4	0,2	0,0	No	270
195	0,1	0,8	0,1	0,1	0,1	No	324
196	0,0	0,7	0,7	0,5	0,5	No	270
197	0,0	0,3	0,3	0,2	1,9	No	270
198	0,1	0,4	0,5	0,4	0,0	No	270
199	0,1	0,9	0,5	0,5	0,1	No	270
200			0,2	0,3	0,0	No	270
201	0,2	2,4	0,0	0,1	0,3	No	450
202	0,2	0,6	0,1	0,2	0,2	No	324
203	0,0	0,2	0,1	0,3	0,2	No	270
204	0,3	1,4	0,1	0,2	0,0	No	324
205	0,2	1,6	0,2	0,5	0,1	No	270
206	0,0	0,4	0,0	0,9	0,8	No	270
207	0,2	0,9	0,1	0,2	0,6	No	270
208	0,1	0,7	0,0	0,3	0,2	No	270
209	0,1	1,5	0,4	0,2	0,15	No	450
210	0,0	0,4	0,6	0,3	0,2	No	270
211	0,2	0,8	0,0	0,1	0,4	No	270
212	0,1	0,4	0,1	0,1	0,4	No	324
213	0,1	0,8	0,3	0,3	1,0	No	270
214	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	No	450
215	0,1	0,5	0,1	0,1	0,7	No	270
216	0,2	1,5	0,6	0,5	0,1	No	270
217	0,3	2,5	0,2	0,3	0,1	No	324
218	0,1	0,3	0,2	0,2	0,0	No	324
219	0,1	0,9	0,0	0,1	0,8	No	270
220	0,1	1,3	0,2	0,1	0,3	No	270
221	0,4	1,6	0,1	0,1	0,0	No	324
222	0,1	0,7	0,2	0,0	0,5	No	270
223	0,2	0,9	0,2	0,1	0,1	No	324
224	0,1	0,9	0,0	0,2	0,2	No	270
225	0,2	1,5	0,1	0,2	0,3	No	324
226	0,3	1,8	0,1	0,2	0,5	No	324
227			0,1	0,4	0,9	No	270
228			0,1	0,2	0,2	No	270

229	0,1	1,0	0,2	0,1	0,4	No	270
230	0,2	0,6	0,2	0,1		No	324
231	0,1	1,9	1,0	0,7	0,1	No	270
232	0,1	0,3	0,3	0,1	0,1	No	270
233	0,3	2,1	0,0	0,0	0,0	No	450
234	0,0	0,4	0,2	0,2	0,4	No	270
235	0,1	0,3	0,1	0,0	0,0	No	324
236	0,2	1,1	0,1	0,0	0,1	No	450
237	0,2	0,5	0,2	0,4	0,4	No	324
238	0,1	0,8	0,2	0,2	0,7	No	270
239	0,1	0,6	0,5	0,5	0,6	No	270
240	0,2	1,7	0,6	0,3	0,8	No	270
241	0,1	1,0	0,0	0,1	0,5	No	270
242	0,1	0,7	0,0	0,1	1,0	No	270
243	0,1	0,5	0,1	0,2	0,0	No	450
244	0,3	1,2	0,1	0,2	0,2	No	324
245	0,3	1,7	0,3	0,1	0,1	No	324
246	0,3	2,2	0,4	0,0	1,0	No	270
247	0,1	0,4	0,1	0,2	0,5	No	270
248	0,1	0,3	0,1	0,2	0,0	No	324
249	0,1	0,3	0,1	0,1	0,2	No	324
250	0,1	0,5	0,0	0,0	0,3	No	450
251	0,1	0,3	0,3	0,1	0,1	No	324
252	0,1	0,3	0,2	0,1	0,2	No	324
253	0,1	0,4	0,3	0,3	0,2	No	270
254	0,2	1,5	0,2	0,3	0,2	No	324
255	0,3	0,9	0,2	0,2	0,0	No	324
256	0,4	1,6	0,1	0,1	0,3	No	324
257	0,3	1,4	0,0	0,1	0,2	No	324
258			0,3	0,2	0,3	No	270
259	0,1	0,7	0,1	0,1	0,4	No	270
260	0,2	0,8			0,0	No	450
261	0,0	0,4	0,0	0,1	0,6	No	270
262	0,0	0,5	0,1	0,2	0,5	No	270
263	0,2	1,1	0,1	0,1	0,2	No	450
264	0,3	1,7	0,1	0,1	0,0	No	324
265	0,05	0,3	0,5	0,4	0,2	No	270
266	0,25	1,3	0,3	0,0	0,2	No	324
267	0,3	0,8	0,2	0,3	0,2	No	324
268	0,2	0,4	0,1	0,1	0,2	No	324
269	0,3	2,2	0,5	0,4	0,6	No	270
270	0,1	0,5	0,0	0,3	0,1	No	324
271	0,1	0,3	0,2	0,2	0,2	No	324
272	0,1	0,7	0,1	0,3	0,4	No	270
273	0,1	0,6	0,3	0,1	0,2	No	270
274	0,1	0,6	0,4	0,7	1,1	No	270
275	0,3	1,5	0,0	0,0	0,3	No	450
276	0,0	0,5	0,3	0,2	0,7	No	270
277	0,7	4,4	0,2	0,1	0,1	No	450
278	0,2	0,9	0,1	0,1	0,2	No	450
279	0,2	0,7	0,1	0,3	0,2	No	324
280	0,2	0,9	0,2	0,1	0,2	No	450
281	0,2	1,1	0,0	0,3	0,1	No	324
282	0,3	1,3	0,3	0,2	0,3	No	324
283	0,2	1,1	0,1	0,1	0,3	No	324
284	0,0	0,4	0,3	0,3	0,5	No	270
285	0,0	0,4	0,0	0,2	0,2	No	270
286	0,3	1,0	0,1	0,1	0,2	No	324

287	0,4	3,0	0,1	0,1	0,4	No	270
288	0,1	0,4			0,0	No	270
289	0,7	4,3	0,2	0,1	0,6		450
290	0,2	2,1	0,2	0,2	0,4	No	270
291	0,2	0,8	0,2	0,0	0,1	No	450
292	0,3	1,7	0,1	0,3	0,0	No	324
293	0,2	1,6	0,0	0,2	0,5	No	270
294	0,2	0,4	0,0	0,0	0,2	No	324
295	0,4	2,5	1,0	1,0	0,5	No	450
296	0,1	1,2	0,5	0,6	0,3	No	270
297	0,2	1,8	0,0	0,1	0,1	No	450
298	0,3	0,7	0,1	0,1	0,3	No	324
299	0,3	2	0,0	0,0	0,0	No	450
300	0,2	1,3	0,5	0,3	0,8	No	270
301	0,3	2,1	0,3	0,7	0,0	No	270
302	0,2	0,9			0,0	No	450
303	0,2	0,5	0,2	0,2	0,1	No	450
304	0,1	0,7	0,1	0,1	0,2	No	324
305	0,3	0,8	0,0	0,1	0,0	No	324
306	0,1	0,3	0,2	0,2	0,2	No	324
307	0,2	0,6	0,1	0,1	0,0	No	324
308	0,2	0,4	0,1	0,1	0,0	No	324
309	0,0	0,4	0,1	0,3	0,2	No	270
310	0,5	0,5	0,3	0,3	0,1	No	450
311	0,1	0,6	0,2	0,3	0,0	No	324
312	0,2	0,6	0,2	0,3	0,0	No	324
313	0,1	0,9	0,1	0,2	0,1	No	450
314	0,3	0,9	0,0	0,0	0,2	No	324
315	0,2						450
316	0,3	1,4	0,3	0,1	0,2	No	450
317	0,2	1,5	0,1	0,0	0,0	No	324
318	0,1	0,3			0,1	No	450
319	0,1	0,3	0,1	0,1	0,0	No	324
320	0,2	0,6		0,1		No	324
321	0,1	0,5	0,1	0,1	0,4	No	270
322	0,2	1,7	0,2	0,2	0,4	No	270
323	0,0	0,5	0,2	0,2	0,0	No	324
324	0,1	0,4	0,0	0,0	0,1	No	324
325	0,2	0,5	0,1	0,2	0,4	No	450
326	0,0	0,2	0,2	0,0	0,1	No	324
327	0,1	0,4	0,3	0,0	0,4	No	270
328	0,2	0,4	0,1	0,2	0,1	No	450
329	0,1	0,3	0,1	0,1		No	324
330	0,0	0,3	0,4	0,2	0,1	No	270
331	0,2	2,0	0,0	0,0	0,2	No	450
332	0,1	0,5		0,1	0,1		324
333	0,1	0,7	0,1	0,2	0,0	No	324
334	0,3	1,6	0,1		0,2	No	450
335	0,1	0,5	0,2	0,1	0,0	No	324
336	0,2	1,1	0,0	0,2	0,5	No	270
337	0,0	0,3		0,2	0,2	No	324
338	0,1	0,3	0,3	0,1	0,1		324
339	0,1	0,3	0,0	0,0	0,1	No	324
340	0,1	0,3	0,2	0,1	0,0	No	324
341	0,1	0,5	0,0	0,2	0,3	No	270
342	0,2	1,7	0,5	0,6	0,6	No	270
343	0,1	0,6	0,2	0,3	0	No	324
344	0,1	0,4	0,1	0,2	0,0	No	324

345	0,1	1,3	0,1	0,1	0,5	No	270
346	0,2	1,5	0,1	0,4	0,2	No	270
347	0,1	0,4	0,2	0,2		No	324
348	0,0	0,4	0,2	0,4	0,1	No	270
349	0,1	0,4	0,2	0,2	0,3	No	270
350	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	No	324
351	0,0	0,3	0,1	0,0	0,0	No	324
352	0,1	0,7	0,7	0,2	0,5	No	270
353	0,0	0,0	0,2	0,1	0,0	No	324
354	0,1	0,3	0,1	0,1	0,1	No	324
355	0,1	0,3	0,0	0,2	0,3	No	324
356	0,2	0,9	0,1	0,1	0,1	No	324
357	0,2	0,9		0,1	0,0	No	450
358	0,2	0,9	0,1	0,0	0,3	No	450
359	0,1	0,7	0,3	0,5	0,0	No	270
360	0,0	0,3	0,1	0,1	0,1	No	324
361	0,1	0,9	0,5	0,7	0,6	No	270
362	0,1	0,4	0,2	0,0	0,0	No	324
363	0,1	1,0	0,5	0,2	0,3	No	270
364	0,1	0,8	0,3	0,2	0,2	Si	270
365	0,2	1,8	0,1	0,2	0,1	No	450
366	0,3	2,6	0	0,1	0,3	No	450
367	0,3	2,8	0,2	0,3	0,2	No	450
368	0,4	2,0	0,1	0,0	0,2	No	450
369	0,2	2,1	0,1	0,3	0,7	No	450
370	0,2	1,9	0,2	0,2	0,1	No	450

Probeta	Carga rot	MOR sin corr	Kh	MOR corr con Kh	MOEG sin corr	MOEG corr
1	17023,86	58,64	1,00	58,64	12401,38	10924,56
2	3204,62	38,97	1,00	38,92	10877,43	9588,61
3	2841,98	33,42	1,00	33,42	8899,87	7873,60
4	17380,28	60,53	1,00	60,53	14102,95	12847,26
5	13867,49	46,79	1,00	46,79	11652,17	10812,23
6	9319,37	31,69	1,00	31,69	9648,21	8963,63
7	8413,88	30,07	1,00	30,07	9390,79	8739,60
8	10787,38	48,51	1,00	48,51	13923,36	13039,37
9	13255,83	46,03	1,00	46,03	11165,11	10487,63
10	10209,96	36,49	1,00	36,49	10121,25	9509,10
11	15028,56	53,02	1,00	53,02	14654,61	13784,93
12	15861,24	53,94	1,00	53,94	12887,38	12132,59
13	9350,83	33,26	1,00	33,26	9405,43	8900,83
14	7481,60	26,69	1,00	26,69	8113,80	7680,62
15	14074,49	48,77	1,00	48,77	12610,18	11958,16
16	12807,59	43,47	1,00	43,47	10268,53	9783,28
17	16539,83	57,14	1,00	57,14	13249,88	12662,30
18	14158,54	49,41	1,00	49,41	12117,00	11621,53
19	7456,70	52,95	1,00	52,95	11660,04	11201,88
20	17730,47	59,59	1,00	59,59	13949,26	13424,80
21	12726,65	44,28	1,00	44,28	10865,92	10464,74
22	15129,73	51,20	1,00	51,20	10456,51	10099,99
23	9439,54	34,29	1,00	34,29	10749,63	10390,87
24	16099,37	55,46	1,00	55,46	12424,87	12012,11
25	16012,21	53,92	1,00	53,92	12600,34	12191,97
26	15131,00	51,46	1,00	51,46	11160,98	10809,92
27	11615,39	41,52	1,00	41,52	12708,83	12330,85
28	8476,14	30,30	1,00	30,30	8914,13	8659,82
29	5492,52	38,45	1,00	38,45	11189,18	10916,09
30	14648,80	49,72	1,00	49,72	12409,02	12123,58
31	8529,05	30,24	1,00	30,24	8636,33	8447,11
32	13976,44	51,60	1,00	51,60	13309,03	13017,97
33	5673,07	39,71	1,00	39,71	11163,10	10923,99
34	14480,71	49,25	1,00	49,25	12327,31	12151,16
35	13953,09	47,59	1,00	47,59	12365,80	12192,56
36	7624,79	26,24	1,00	26,24	8336,06	8234,04
37	10353,15	36,71	1,00	36,71	11504,91	11397,96
38	6121,31	44,13	1,00	44,13	10820,77	10735,45
39	15132,84	51,87	1,00	51,87	12257,89	12163,77
40	12001,37	43,46	1,00	43,46	11133,45	11073,72
41	14147,64	50,42	1,00	50,42	11655,23	11656,95
42	2988,28	36,72	1,00	36,67	6492,09	6493,12
43	2540,00	48,33	1,01	47,87	12597,72	12619,90
44	5133,00	63,27	1,00	63,10	12790,70	12838,61
45	13246,49	47,11	1,00	47,11	11025,36	11070,91
46	3609,25	44,04	1,00	43,92	10079,79	10134,58
47	1884,80	33,94	1,00	33,80	8017,91	8067,25
48	3987,49	70,76	1,00	70,48	13486,88	13573,69
49	13006,81	43,80	1,00	43,80	10667,98	10742,48
50	7178,10	50,81	1,00	50,81	11342,39	11462,44
51	4940,00	58,68	1,00	58,68	11088,45	11233,95
52	8762,51	30,76	1,00	30,76	8586,73	8705,37
53	11276,09	37,78	1,00	37,78	10655,51	10803,33
54	8491,70	30,20	1,00	30,20	10347,82	10511,44

55	10764,04	37,19	1,00	37,19	12250,67	12447,52
56	12354,68	44,03	1,00	44,03	10690,11	10883,99
57	13760,10	49,18	1,00	49,18	12436,45	12667,70
58	8972,63	58,44	1,00	58,44	12961,73	13215,65
59	8177,31	28,17	1,00	28,17	10099,61	10303,57
60	14107,18	47,84	1,00	47,84	11922,62	12168,15
61	3416,29	42,55	1,00	42,43	10281,09	10500,12
62	4924,40	33,11	1,00	33,11	8494,02	8688,17
63	5554,78	65,98	1,00	65,98	10231,52	10467,41
64	15201,32	51,85	1,00	51,85	12842,53	13151,61
65	3271,55	39,79	1,00	39,73	9987,87	10236,84
66	2871,60	34,81	1,00	34,81	9417,30	9663,60
67	13027,04	44,43	1,00	44,43	11534,44	11857,97
68	1869,23	31,40	1,00	31,40	7149,95	7355,06
69	4140,01	51,56	1,00	51,42	15049,33	15489,57
70	4728,33	59,08	1,00	58,84	11811,77	12158,10
71	2143,16	25,80	1,00	25,77	6598,01	6792,62
72	5184,36	60,97	1,00	60,97	13559,16	13959,60
73	14283,05	49,01	1,00	49,01	12256,62	12635,03
74	15674,47	52,89	1,00	52,89	11509,51	11873,96
75	4865,30	34,94	1,00	34,94	10484,35	10818,54
76	4765,69	58,74	1,00	58,59	10944,25	11300,07
77	4446,62	54,81	1,00	54,66	12210,13	12621,73
78	3643,52	44,31	1,00	44,25	10919,25	11288,82
79	4655,18	56,04	1,00	55,97	10392,50	10775,59
80	4524,44	51,82	1,00	51,82	11861,20	12326,58
81	6667,60	45,01	1,00	45,01	13151,21	13704,09
82	4255,19	50,04	1,00	50,04	9321,01	9717,96
83	2874,66	48,94	1,00	48,88	9084,88	9475,38
84	2130,71	36,80	1,00	36,75	8764,81	9142,75
85	4239,62	51,04	1,00	50,97	9939,67	10380,18
86	3313,57	57,24	1,00	57,16	10809,33	11292,26
87	4480,87	55,23	1,00	55,09	11594,64	12116,40
88	4617,83	56,16	1,00	56,09	10274,25	10750,65
89	3445,86	40,52	1,00	40,52	10323,95	10805,73
90	13450,38	47,98	1,00	47,98	13907,60	14557,45
91	5294,49	62,70	1,00	62,70	11606,31	12154,74
92	5989,00	41,92	1,00	41,92	8483,61	8885,57
93	2731,48	32,45	1,00	32,45	7601,72	7967,11
94	2803,07	32,96	1,00	32,96	7765,48	8138,88
95	2891,78	34,01	1,00	34,01	11256,30	11798,36
96	3497,20	42,53	1,00	42,47	10939,52	11470,29
97	4301,88	52,49	1,00	52,35	10559,78	11072,54
98	4311,22	51,90	1,00	51,83	12182,49	12774,41
99	6066,83	43,57	1,00	43,57	11632,34	12200,01
100	3145,48	55,02	1,00	54,80	10737,35	11266,47
101	2164,95	36,37	1,00	36,37	7951,53	8353,24
102	3213,96	39,09	1,00	39,03	10276,79	10803,02
103	2992,95	49,54	1,00	49,48	8451,35	8888,75
104	2868,44	34,53	1,00	34,49	8484,59	8926,90
105	4437,29	53,96	1,00	53,89	13140,60	13830,94
106	13851,00	48,38	1,00	48,38	11930,58	12569,25
107	4849,73	59,18	1,00	59,02	10474,03	11040,20
108	11889,31	41,40	1,00	41,40	12433,58	13109,87
109	5400,70	65,68	1,00	65,59	16156,48	17040,04
110	5333,77	63,36	1,00	63,36	14544,45	15340,86
111	3683,99	61,07	1,00	61,07	8176,40	8624,98
112	2438,87	42,13	1,00	42,07	9378,53	9895,53

113	3747,80	62,08	1,00	62,08	10592,72	11178,05
114	2245,88	37,20	1,00	37,20	9233,27	9749,90
115	3420,96	41,18	1,00	41,13	11035,99	11659,20
116	3368,04	58,18	1,00	58,10	9329,93	9870,75
117	2701,90	45,39	1,00	45,39	8481,87	8973,75
118	2885,56	34,74	1,00	34,69	9515,69	10068,38
119	3926,79	46,18	1,00	46,18	9968,54	10548,52
120	4494,87	54,66	1,00	54,59	10132,33	10726,39
121	4843,00	56,20	1,00	56,20	10595,06	11224,57
122	2045,10	33,90	1,00	33,90	9449,65	10014,50
123	2728,36	45,19	1,00	45,19	10104,14	10709,32
124	3613,95	60,71	1,00	60,71	10062,44	10666,18
125	2863,77	46,81	1,00	46,81	9630,81	10208,65
126	3428,74	39,79	1,00	39,79	10612,96	11249,73
127	3095,67	53,47	1,00	53,40	11282,67	11959,62
128	2121,37	36,12	1,00	36,07	8925,22	9460,73
129	2697,24	45,31	1,00	45,31	9784,23	10371,28
130	4591,37	53,28	1,00	53,28	11032,95	11694,92
131	3199,95	53,05	1,00	53,05	10557,57	11191,01
132	2697,24	45,31	1,00	45,31	10018,97	10620,10
133	3638,85	60,27	1,00	60,27	9651,56	10230,65
134	15450,35	52,81	1,00	52,81	13503,08	14313,26
135	3005,40	49,12	1,00	49,12	9570,31	10144,52
136	2715,91	44,39	1,00	44,39	11440,68	12127,11
137	3252,87	53,93	1,00	53,93	10675,17	11315,68
138	7087,83	48,19	1,00	48,19	10171,36	10781,64
139	17033,20	58,56	1,00	58,56	14125,60	14973,13
140	5122,10	60,24	1,00	60,24	9443,94	10010,58
141	3887,88	46,81	1,00	46,74	9776,60	10363,19
142	6999,11	48,99	1,00	48,99	11858,62	12570,13
143	2088,68	37,10	1,00	37,01	8864,63	9396,50
144	2203,86	38,58	1,00	38,48	9000,61	9540,64
145	11522,00	38,99	1,00	38,99	10002,62	10602,78
146	1838,10	30,86	1,00	30,81	8283,54	8780,55
147	1800,75	30,25	1,00	30,25	9914,64	10509,51
148	3834,96	62,68	1,00	62,68	12010,36	12730,98
149	7118,96	51,12	1,00	51,12	12053,86	12777,09
150	3456,76	57,31	1,00	57,31	11157,54	11826,99
151	1522,16	26,29	1,00	26,26	6954,26	7371,51
152	4821,65	58,83	1,00	58,68	11380,25	12063,06
153	3405,40	40,05	1,00	40,05	10277,70	10894,36
154	3338,47	57,67	1,00	57,59	12007,97	12728,44
155	3310,46	55,62	1,00	55,62	11896,87	12610,68
156	2521,36	44,19	1,00	44,13	10038,75	10641,07
157	3105,01	53,63	1,00	53,56	10138,02	10746,30
158	3405,40	57,98	1,00	57,90	8552,67	9065,83
159	2935,36	49,98	1,00	49,91	9579,84	10154,63
160	1841,22	30,09	1,00	30,09	8377,17	8879,80
161	2206,97	38,12	1,00	38,07	10165,02	10774,92
162	5445,83	38,12	1,00	38,12	10693,62	11335,23
163	2641,20	43,17	1,00	43,17	8748,56	9273,47
164	6838,81	46,83	1,00	46,83	12809,23	13577,77
165	4771,91	59,43	1,00	59,27	12026,40	12747,98
166	8451,23	60,25	1,00	60,25	12955,50	13732,83
167	3254,43	53,19	1,00	53,19	11561,67	12255,37
168	5775,79	40,72	1,00	40,72	11006,98	11667,39
169	2874,66	48,29	1,00	48,29	8401,88	8905,99
170	4364,14	52,37	1,00	52,37	10831,48	11481,37

171	12991,24	45,02	1,00	45,02	11663,52	12363,33
172	3654,42	63,98	1,00	63,81	11648,82	12347,74
173	8441,90	58,03	1,00	58,03	14755,71	15641,05
174	2443,54	41,05	1,00	41,05	10064,17	10668,02
175	11582,70	42,63	1,00	42,63	10936,21	11592,38
176	2560,27	43,01	1,00	43,01	8374,06	8876,50
177	3329,13	59,14	1,00	58,98	10959,19	11616,74
178	4776,58	58,09	1,00	58,01	12026,76	12748,36
179	5118,90	61,63	1,00	61,54	12042,00	12764,52
180	2656,77	44,63	1,00	44,63	8826,15	9355,71
181	3526,79	43,47	1,00	43,36	10995,97	11655,72
182	4635,95	55,81	1,00	55,74	11288,12	11965,40
183	2149,38	36,11	1,00	36,11	9949,41	10546,37
184	14732,85	50,75	1,00	50,75	11890,53	12603,96
185	3761,81	44,69	1,00	44,69	9913,09	10507,87
186	4580,47	54,41	1,00	54,41	10738,06	11382,33
187	2429,53	41,37	1,00	41,31	8850,71	9381,75
188	2323,70	39,56	1,00	39,51	9338,57	9898,88
189	10153,93	35,82	1,00	35,82	10564,95	11198,84
190	6457,49	45,53	1,00	45,53	11786,31	12493,49
191	6054,38	71,20	1,00	71,20	15336,22	16256,38
192	1993,74	33,95	1,00	33,90	8517,19	9028,22
193	2227,20	36,89	1,00	36,89	10275,57	10892,10
194	3830,29	67,06	1,00	66,88	14045,43	14888,15
195	5019,38	36,31	1,00	36,31	11211,33	11884,01
196	2863,77	47,43	1,00	47,43	8156,69	8646,08
197	1487,92	26,43	1,00	26,36	9200,06	9752,06
198	3176,61	55,61	1,00	55,46	9924,36	10519,82
199	3237,30	53,62	1,00	53,62	10095,57	10701,30
200	3150,15	52,18	1,00	52,18	12367,03	13109,05
201	8943,05	30,50	1,00	30,50	10691,45	11332,93
202	7588,99	52,54	1,00	52,54	12389,96	13133,35
203	3610,84	61,48	1,00	61,40	12210,75	12943,39
204	7090,90	49,09	1,00	49,09	10560,11	11193,71
205	4627,17	53,88	1,00	53,88	11517,23	12208,25
206	2154,05	36,71	1,00	36,71	7675,16	8135,67
207	2729,92	44,03	1,00	44,03	10817,66	11466,71
208	3285,55	53,70	1,00	53,70	11845,67	12556,41
209	7266,82	25,51	1,00	25,51	11541,83	12234,33
210	2526,00	44,87	1,00	44,75	10286,47	10903,66
211	2550,93	44,06	1,00	44,00	10193,82	10805,44
212	7217,01	50,52	1,00	50,52	11023,99	11685,43
213	3473,88	56,78	1,00	56,78	9392,18	9955,70
214	9363,28	33,13	1,00	33,13	11558,87	12252,39
215	2136,93	36,38	1,00	36,34	10124,47	10731,94
216	2950,93	36,53	1,00	36,53	9132,54	9680,49
217	5760,22	41,53	1,00	41,53	11871,16	12583,42
218	6384,30	43,58	1,00	43,58	11667,48	12367,53
219	4336,12	51,51	1,00	51,51	10324,96	10944,45
220	2070,01	35,28	1,00	35,28	9149,87	9698,86
221	5898,70	42,05	1,00	42,05	11388,38	12071,67
222	1926,82	32,37	1,00	32,37	10620,59	11257,82
223	7061,37	49,43	1,00	49,43	11615,18	12312,09
224	4339,23	50,36	1,00	50,36	7816,25	8285,22
225	6980,44	50,13	1,00	50,13	11973,15	12691,53
226	6571,10	46,00	1,00	46,00	10389,33	11012,68
227	854,46	14,35	1,00	14,35	6143,18	6511,77
228	2982,06	34,38	1,00	34,38	7460,47	7908,10

229	3145,48	36,99	1,00	36,99	9201,73	9753,83
230	7785,10	58,43	1,00	58,43	14496,48	15366,27
231	4312,77	49,55	1,00	49,55	10913,08	11567,86
232	3416,18	39,64	1,00	39,64	8783,88	9310,91
233	14413,79	49,02	1,00	49,02	11455,45	12142,77
234	4747,01	57,73	1,00	57,65	13089,92	13875,31
235	6325,20	45,60	1,00	45,60	9842,83	10433,39
236	14444,92	51,22	1,00	51,22	13437,69	14243,95
237	3078,55	21,95	1,00	21,95	8993,17	9532,75
238	2653,66	43,37	1,00	43,37	10072,77	10677,13
239	1943,94	31,77	1,00	31,77	8271,30	8767,57
240	1859,89	30,40	1,00	30,40	10047,56	10650,41
241	4652,07	55,26	1,00	55,26	12687,97	13449,24
242	1515,00	17,82	1,00	17,82	7567,08	8021,10
243	12829,38	45,63	1,00	45,63	11616,66	12313,66
244	8210,00	57,25	1,00	57,25	11703,99	12406,23
245	6524,41	44,19	1,00	44,19	12848,59	13619,50
246	2950,93	46,94	1,00	46,94	10547,19	11180,01
247	1992,19	23,43	1,00	23,43	7013,28	7434,072
248	6756,66	48,52	1,00	48,52	10959,69	11617,26
249	6910,40	47,50	1,00	47,50	13584,08	14399,12
250	10670,65	39,24	1,00	39,24	11675,59	12376,12
251	5746,200	39,22	1,00	39,22	10015,15	10616,06
252	7534,52	53,33	1,00	53,33	13243,11	14037,69
253	4203,88	71,58	1,00	71,48	13802,07	14630,19
254	6043,49	43,72	1,00	43,72	12223,16	12956,54
255	7126,70	48,99	1,00	48,99	12590,75	13346,19
256	6740,75	48,76	1,00	48,76	12295,43	13033,15
257	8978,85	63,56	1,00	63,56	14109,48	14956,04
258	3010,07	51,30	1,00	51,30	9266,29	9822,26
259	5062,97	59,54	1,00	59,54	12524,58	13276,05
260	15643,34	55,63	1,00	55,63	13255,07	14050,37
261	1654,45	28,20	1,00	28,20	8994,64	9534,31
262	2790,62	46,26	1,00	46,26	12296,14	13033,90
263	9897,13	34,64	1,00	34,64	11413,34	12098,14
264	7475,37	51,02	1,00	51,02	11439,87	12126,25
265	2625,64	41,76	1,00	41,76	11686,06	12387,22
266	8986,63	61,34	1,00	61,34	14162,84	15012,61
267	4980,47	35,51	1,00	35,51	10515,77	11146,71
268	5490,97	39,59	1,00	39,59	10159,76	10769,34
269	2764,16	47,75	1,00	47,68	12060,16	12783,77
270	6972,66	49,91	1,00	49,91	10464,78	11092,66
271	6974,2	49,02	1,00	49,02	10559,73	11193,30
272	3215,52	53,31	1,00	53,31	9401,93	9966,04
273	4407,71	51,32	1,00	51,32	12328,26	13067,96
274	3201,51	54,51	1,00	54,44	11655,47	12354,80
275	10034,09	35,86	1,00	35,86	9452,69	10019,85
276	2670,78	44,87	1,00	44,87	10109,38	10715,94
277	13827,00	47,02	1,00	47,02	11697,95	12399,83
278	8245,79	29,33	1,00	29,33	10169,20	10779,35
279	4403,10	30,92	1,00	30,92	9047,63	9590,48
280	12914,98	45,56	1,00	45,56	12092,48	12818,03
281	5657,50	38,19	1,00	38,19	9361,74	9923,44
282	6491,31	47,14	1,00	47,14	12030,15	12751,95
283	3912,78	28,01	1,00	28,01	12901,17	13675,23
284	3176,61	52,62	1,00	52,62	8977,84	9516,51
285	3559,48	40,36	1,00	40,36	9659,07	10238,61
286	6297,18	46,40	1,00	46,40	11753,58	12458,78

287	2971,16	36,62	1,00	36,53	10177,48	10788,12
288	3514,34	60,65	1,00	60,48	10577,28	11211,92
289	15823,88	54,56	1,00	54,56	13596,69	14412,49
290	3806,95	44,18	1,00	44,18	10886,19	11539,36
291	10118,13	35,98	1,00	35,98	10514,13	11144,97
292	5834,90	40,84	1,00	40,84	9989,41	10588,77
293	3024,00	34,63	1,00	34,63	8570,71	9084,95
294	4270,75	29,03	1,00	29,03	9661,96	10241,67
295	10580,38	37,22	1,00	37,22	11682,22	12383,15
296	2949,37	49,55	1,00	49,55	9575,57	10150,10
297	12122,77	42,98	1,00	42,98	11260,26	11935,87
298	6407,68	41,86	1,00	41,86	10705,85	11348,20
299	14074,94	48,87	1,00	48,87	10796,70	11444,50
300	2547,82	42,80	1,00	42,80	8577,50	9092,15
301	4488,65	52,09	1,00	52,09	10844,43	11495,09
302	14919,62	53,33	1,00	53,33	12331,22	13071,08
303	9559,18	33,72	1,00	33,72	9694,68	10276,36
304	4336,10	31,04	1,00	31,04	8958,00	9495,47
305	7489,38	50,72	1,00	50,72	10730,60	11374,43
306	6620,91	46,87	1,00	46,87	12314,85	13053,74
307	6938,42	47,36	1,00	47,36	12611,67	13368,37
308	7761,75	52,98	1,00	52,98	12198,59	12930,50
309	2490,00	28,23	1,00	28,23	9198,12	9750,00
310	15221,56	53,86	1,00	53,86	13109,45	13896,01
311	7111,80	50,91	1,00	50,91	10662,57	11302,32
312	6988,20	50,02	1,00	50,02	11705,45	12407,77
313	14686,16	51,81	1,00	51,81	12816,69	13585,69
314	7031,80	48,68	1,00	48,68	10543,01	11175,58
315	10566,38	35,06	1,00	35,06	8287,28	8784,51
316	16041,78	55,87	1,00	55,87	12577,18	13331,80
317	6845,00	46,54	1,00	46,54	12826,94	13596,55
318	13741,42	48,97	1,00	48,97	12515,85	13266,79
319	6385,89	43,11	1,00	43,11	10854,31	11505,57
320	5989,01	42,57	1,00	42,57	16264,26	17240,12
321	3895,66	44,76	1,00	44,76	11018,21	11679,30
322	3304,23	37,97	1,00	37,97	9307,66	9866,11
323	5008,48	36,36	1,00	36,36	9061,08	9604,7448
324	7501,83	51,93	1,00	51,93	12056,48	12779,86
325	8194,43	29,44	1,00	29,44	9400,89	9964,94
326	6566,44	45,97	1,00	45,97	10380,64	11003,47
327	3310,46	37,54	1,00	37,54	7909,09	8383,63
328	9402,19	33,44	1,00	33,44	9676,45	10257,03
329	8236,45	57,66	1,00	57,66	13197,49	13989,34
330	4054,41	46,13	1,00	46,13	11044,71	11707,39
331	9416,20	32,86	1,00	32,86	8880,22	9413,03
332	5775,79	38,87	1,00	38,87	11455,56	12142,88
333	4378,14	29,65	1,00	29,65	7489,08	7938,42
334	13118,87	46,28	1,00	46,28	12360,26	13101,87
335	4649,00	33,14	1,00	33,14	10034,95	10637,04
336	3758,70	43,62	1,00	43,62	10238,32	10852,61
337	6245,82	43,72	1,00	43,72	10971,83	11630,13
338	4975,80	34,83	1,00	34,83	11041,38	11703,86
339	6183,56	41,74	1,00	41,74	10912,36	11567,09
340	5039,60	36,33	1,00	36,33	14125,86	14973,41
341	3978,15	46,78	1,00	46,78	12378,52	13121,22
342	4059,08	47,58	1,00	47,58	10997,36	11657,19
343	7701,05	52,36	1,00	52,36	11966,80	12684,80
344	6211,60	43,79	1,00	43,79	9956,19	10553,56

345	3249,76	37,34	1,00	37,34	10448,82	11075,74
346	3712,01	42,65	1,00	42,65	12368,47	13110,57
347	6224,03	44,55	1,00	44,55	10626,61	11264,20
348	3274,66	37,13	1,00	37,13	8818,25	9347,34
349	3933,01	45,19	1,00	45,19	11397,42	12081,26
350	5181,24	36,27	1,00	36,27	8720,08	9243,28
351	4787,48	33,41	1,00	33,41	10964,74	11622,62
352	3579,71	41,13	1,00	41,13	9143,45	9692,059
353	5464,50	38,68	1,00	38,68	10723,56	11366,97
354	6904,17	47,27	1,00	47,27	11909,30	12623,85
355	6043,50	42,78	1,00	42,78	8412,64	8917,40
356	6801,45	46,75	1,00	46,75	11741,74	12446,24
357	9322,81	33,06	1,00	33,06	9590,49	10165,91
358	8427,89	30,92	1,00	30,92	10365,47	10987,40
359	4350,00	49,67	1,00	49,67	11256,96	11932,37
360	5262,18	36,98	1,00	36,98	10981,06	11639,92
361	3361,82	58,07	1,00	57,99	10395,39	11019,11
362	6157,10	42,16	1,00	42,16	10807,52	11455,97
363	4337,68	49,19	1,00	49,19	10997,91	11657,78
364	3014,74	33,85	1,00	33,85	9343,04	9903,62
365	11371,03	38,83	1,00	38,83	10027,33	10628,97
366	8728,27	30,16	1,00	30,16	8780,68	9307,53
367	9766,39	33,84	1,00	33,84	7489,30	7938,65
368	6941,53	23,79	1,00	23,79	8751,70	9050,36
369	8569,52	29,50	1,00	29,50	8986,20	9525,37
370	9953,16	33,45	1,00	33,45	8476,68	8950,92

Probeta	MOE sin corr	MOE corr	Pos Rotura	Peso húmedo	Peso seco	Humedad
1	12142,64	10697	65	3,280	3,277	0,09
2	13199,74	11636	14	0,661	0,66	0,15
3	13770,23	12182	35	0,643	0,64	0,47
4	15245,83	13888	88	3,030	2,939	3,10
5	12441,08	11544	37	2,690	2,567	4,79
6	10857,47	10087	1	2,310	2,202	4,90
7	10076,17	9377	72	2,800	2,665	5,07
8	15523,36	14538	8	2,580	2,442	5,65
9	11867,95	11148	80	2,500	2,36	5,93
10	11685,44	10979	67	2,510	2,369	5,95
11	16063,43	15110	33	3,270	3,083	6,07
12	13801,96	12994	53	2,920	2,751	6,14
13	10985,41	10396	32	2,700	2,532	6,64
14		12182	48	2,610	2,447	6,66
15	14674,21	13915		2,800	2,621	6,83
16	10962,33	10444	97	2,330	2,172	7,27
17	13340,58	12749	27	3,000	2,789	7,57
18	13507,11	12955	129	2,960	2,743	7,91
19	12351,20	11866	19	1,406	1,301	8,07
20	17258,60	16610		3,100	2,864	8,24
21	10852,34	10452	7	2,490	2,299	8,31
22	10272,90	9923	67	2,920	2,689	8,59
23	11454,60	11072	81	2,860	2,632	8,66
24	14078,65	13611	19	2,680	2,466	8,68
25	14044,01	13589	10	2,980	2,74	8,76
26	12337,56	11949	43	2,680	2,462	8,85
27	14191,87	13770	64	2,440	2,238	9,03
28	8270,65	8035	4	2,470	2,263	9,15
29	12403,13	12100	84	1,318	1,203	9,56
30	12770,17	12476	73	2,850	2,598	9,70
31	8980,67	8784	42	2,530	2,304	9,81
32	14963,14	14636	45	3,290	2,996	9,81
33	11796,75	11544	42	1,549	1,41	9,86
34	12750,73	12569	25	2,730	2,469	10,57
35	13870,80	13676	62	2,880	2,604	10,60
36	7722,88	7628	4	2,940	2,654	10,78
37	12088,72	11976	52	3,030	2,728	11,07
38	11581,27	11490	81	1,230	1,106	11,21
39	13643,44	13539	170	3,060	2,751	11,23
40	11909,92	11846	54	2,460	2,207	11,46
41	13135,34	13137	145	3,030	2,705	12,01
42	7815,95	7817	45	0,564	0,5035	12,02
43	20789,76	20826	10	0,433	0,386	12,18
44	15729,58	15789	45	0,672	0,598	12,37
45	12129,14	12179	82	2,590	2,304	12,41
46	12196,85	12263	67	0,646	0,574	12,54
47	10187,62	10250	37	0,366	0,325	12,62
48	16540,32	16647	58	0,441	0,392	12,64
49	10652,11	10727	17	2,840	2,520	12,70
50	12588,14	12721	17	1,316	1,164	13,06
51	14399,32	14588	54	0,715	0,631	13,31
52	9834,74	9971	50	3,44	3,034	13,38
53	10424,69	10569	65	2,380	2,099	13,39
54	10182,01	10343	29	2,810	2,474	13,58

55	13254,89	13468	63	2,630	2,315	13,61
56	11052,84	11253	75	2,480	2,179	13,81
57	13855,44	14113	108	2,900	2,547	13,86
58	13848,01	14119	52	1,445	1,268	13,96
59	9775,81	9973	50	2,570	2,254	14,02
60	13646,09	13927	40	2,880	2,525	14,06
61	14341,62	14647	36	0,735	0,644	14,13
62	8482,59	8676	6,0	1,200	1,05	14,29
63	10787,80	11037	43	0,823	0,72	14,31
64	14597,51	14949	32	2,970	2,596	14,41
65	13452,26	13788	24	0,711	0,621	14,49
66	14730,31	15116	0	0,745	0,65	14,62
67	12470,03	12820	37	2,590	2,256	14,80
68	9421,65	9692	22	0,394	0,343	14,87
69	17370,87	17879	29	0,693	0,603	14,93
70	13757,82	14161	45	0,762	0,663	14,93
71	9129,44	9399	34	0,569	0,495	14,95
72	12722,85	13099	5	0,615	0,535	14,95
73	11956,43	12326	72	2,830	2,459	15,09
74	12647,83	13048	210	3,250	2,822	15,17
75	12291,27	12683	36	1,259	1,093	15,19
76	13609,66	14052	55	0,665	0,577	15,25
77	12731,24	13160	13	0,653	0,566	15,37
78	11077,45	11452	19	0,705	0,611	15,38
79	12521,03	12983	0	0,767	0,663	15,69
80	13541,05	14072		0,728	0,628	15,92
81	14623,78	15239	92	1,549	1,333	16,20
82	12524,40	13058	59	0,665	0,572	16,26
83	10258,61	10700	23	0,421	0,362	16,30
84	10064,94	10499		0,328	0,282	16,31
85	11759,77	12281	26	0,744	0,639	16,43
86	12956,94	13536	71	0,488	0,419	16,47
87	12450,15	13010	35	0,699	0,600	16,50
88	11274,87	11798	26	0,652	0,559	16,64
89	11686,50	12232	38	0,742	0,636	16,67
90	17176,83	17979	73	3,240	2,777	16,67
91	12505,71	13097	28	0,663	0,568	16,73
92	8465,63	8867	48	1,360	1,165	16,74
93	8109,50	8499	22	0,695	0,595	16,81
94	9019,55	9453	36	0,549	0,470	16,81
95	13682,03	14341	40	0,653	0,559	16,82
96	11776,46	12348	33	0,631	0,540	16,85
97	10418,34	10924	23	0,721	0,617	16,86
98	13236,84	13880	10	0,811	0,694	16,86
99	11885,08	12465	1	1,551	1,327	16,88
100	11196,79	11749	37	0,373	0,319	16,93
101	8336,48	8758	18	0,405	0,346	17,05
102	10844,45	11400	2	0,602	0,514	17,12
103	10154,87	10680	103	0,307	0,262	17,18
104	10838,30	11403	74	0,572	0,488	17,21
105	14106,50	14848	31	0,666	0,568	17,25
106	12989,85	13685	91	2,820	2,403	17,35
107	13298,28	14017	54	0,715	0,609	17,41
108	13695,78	14441	33	2,660	2,265	17,44
109	20683,42	21815	39	0,659	0,561	17,47
110	14232,27	15012	5	0,726	0,618	17,48
111	9797,69	10335	22	0,430	0,366	17,49
112	9973,65	10523	9	0,463	0,394	17,51

113	12057,62	12724	49	0,456	0,388	17,53
114	10110,39	10676	51	0,401	0,341	17,60
115	12350,60	13048	98	0,780	0,663	17,65
116	10152,97	10741	14	0,417	0,354	17,80
117	9390,15	9935	26	0,364	0,309	17,80
118	12055,18	12755	23	0,688	0,584	17,81
119	11510,10	12180	62	0,648	0,550	17,82
120	11274,87	11936	59	0,706	0,599	17,86
121	12731,13	13488	63	0,848	0,719	17,94
122	9502,80	10071	15	0,420	0,356	17,98
123	11955,14	12671	70	0,446	0,378	17,99
124	11985,75	12705	70	0,472	0,400	18,00
125	10822,63	11472	65	0,452	0,383	18,02
126	12633,86	13392	5	0,707	0,599	18,03
127	12585,25	13340	11	0,432	0,366	18,03
128	12622,39	13380	35	0,458	0,388	18,04
129	11788,88	12496	58	0,438	0,371	18,06
130	12860,82	13632	24	0,660	0,559	18,07
131	13033,73	13816	51	0,483	0,409	18,09
132	10754,10	11399	9	0,424	0,359	18,11
133	10779,65	11426	38	0,430	0,364	18,13
134	14990,53	15890		2,770	2,344	18,17
135	11256,45	11932	4	0,520	0,440	18,18
136	13465,12	14273	78	0,525	0,444	18,24
137	13205,11	13997	43	0,466	0,394	18,27
138	10370,51	10993	24	1,300	1,099	18,29
139	16136,21	17104	2	2,900	2,451	18,32
140	9518,99	10090	3	0,800	0,676	18,34
141	11657,51	12357	72	0,670	0,566	18,37
142	11576,25	12271	39	1,350	1,140	18,42
143	11812,24	12521	15	0,469	0,396	18,43
144	11190,24	11862	36	0,366	0,309	18,45
145	10194,84	10807	116	2,150	1,815	18,46
146	12891,38	13665	2	0,551	0,465	18,49
147	9368,10	9930	11	0,525	0,443	18,51
148	15708,80	16651	18	0,448	0,378	18,52
149	13306,74	14105	43	1,203	1,015	18,52
150	12795,97	13564	39	0,390	0,329	18,54
151	6931,67	7348	30	0,441	0,372	18,55
152	12324,39	13064	36	0,690	0,582	18,56
153	12083,40	12808	53	0,696	0,587	18,57
154	13490,02	14299	4	0,453	0,382	18,59
155	13954,50	14792	6	0,491	0,414	18,60
156	10459,43	11087	3	0,509	0,429	18,65
157	11339,76	12020	45	0,407	0,343	18,66
158	9024,49	9566	31	0,426	0,359	18,66
159	9472,82	10041	39	0,413	0,348	18,68
160	11388,88	12072	25	0,419	0,353	18,70
161	12650,46	13409	11	0,475	0,400	18,75
162	13025,25	13807	54	1,472	1,239	18,81
163	8370,41	8873	21	0,499	0,420	18,81
164	14413,69	15279	10	1,162	0,978	18,81
165	13536,97	14349	56	0,668	0,562	18,86
166	15461,24	16389	38	1,339	1,126	18,92
167	14838,11	15728	63	0,396	0,333	18,92
168	12960,32	13738	60	1,282	1,078	18,92
169	8134,88	8623	38	0,465	0,391	18,93
170	11880,00	12593	10	0,647	0,544	18,93

171	12225,81	12959	82	2,280	1,917	18,94
172	13006,77	13787	6	0,444	0,373	19,03
173	16772,47	17779	12	1,410	1,184	19,09
174	12048,75	12772	37	0,418	0,351	19,09
175	11250,16	11925	83	2,070	1,738	19,10
176	9344,48	9905	56	0,349	0,293	19,11
177	11474,65	12163	8	0,430	0,361	19,11
178	13027,57	13809	7	0,828	0,695	19,14
179	12225,61	12959	35	0,697	0,585	19,15
180	10661,18	11301	5	0,353	0,296	19,26
181	11876,24	12589	10	0,655	0,549	19,31
182	11918,84	12634	31	0,697	0,584	19,35
183	9831,15	10421	12	0,407	0,341	19,35
184	13328,71	14128	64	2,700	2,262	19,36
185	11782,27	12489	2	0,689	0,577	19,41
186	10921,43	11577	45	0,682	0,571	19,44
187	10485,18	11114	9	0,387	0,324	19,44
188	11147,24	11816	50	0,479	0,401	19,45
189	12121,99	12849		2,800	2,344	19,45
190	12587,54	13343	11	1,314	1,100	19,45
191	16934,40	17950		0,773	0,647	19,47
192	10409,66	11034	55	0,429	0,359	19,50
193	13043,66	13826	16	0,429	0,359	19,50
194	16684,73	17686	27	0,471	0,394	19,54
195	12921,07	13696	53	1,307	1,093	19,58
196	9563,80	10138	48	0,353	0,295	19,66
197	9894,73	10488	3	0,426	0,356	19,66
198	10118,96	10726	35	0,426	0,356	19,66
199	11254,82	11930	7	0,443	0,370	19,73
200	14259,52	15115	47	0,496	0,414	19,81
201	8699,53	9222	125	2,530	2,111	19,85
202	13112,62	13899	44	1,283	1,07	19,91
203	13882,22	14715	35	0,530	0,442	19,91
204	10719,35	11363	19	1,240	1,034	19,92
205	13753,96	14579	49	0,686	0,572	19,93
206	8634,65	9153	23	0,469	0,391	19,95
207	14781,47	15668	58	0,390	0,325	20,00
208	13655,39	14475	45	0,468	0,390	20,00
209	13070,93	13855	218	3,200	2,665	20,08
210	12657,90	13417	20	0,436	0,363	20,11
211	11656,03	12355	54	0,423	0,352	20,17
212	11418,75	12104	21	1,314	1,093	20,22
213	11824,22	12534	31	0,529	0,440	20,23
214	12690,56	13452	92	3,270	2,719	20,26
215	11630,92	12329	63	0,409	0,340	20,29
216	9819,21	10408	26	0,738	0,613	20,39
217	13443,13	14250	45	1,267	1,052	20,44
218	11645,06	12344	14	1,470	1,219	20,59
219	10440,34	11067	5	0,695	0,576	20,66
220	10333,14	10953	24	0,508	0,421	20,67
221	11920,56	12636	20	1,160	0,961	20,71
222	11445,53	12132	44	0,518	0,429	20,75
223	12308,63	13047	22	1,714	1,419	20,79
224	8169,32	8659	18	0,725	0,60	20,83
225	14842,14	15733	41	1,598	1,322	20,88
226	11324,25	12004	49	1,320	1,092	20,88
227	6909,53	7324	62	0,382	0,316	20,89
228	8201,74	8694	40	0,578	0,478	20,92

229	10050,39	10653	42	0,705	0,583	20,93
230	14058,69	14902	57	1,400	1,157	21,00
231	11502,93	12193	40	0,690	0,570	21,05
232	10434,55	11061	48	0,665	0,549	21,13
233	11715,19	12418	8	2,360	1,948	21,15
234	14427,89	15294	36	0,670	0,553	21,16
235	9260,09	9816	40	1,270	1,048	21,18
236	14836,66	15727	68	2,680	2,211	21,21
237	9154,15	9703	15	1,335	1,101	21,25
238	13255,06	14050	12	0,500	0,412	21,31
239	9271,54	9828	28	0,392	0,323	21,36
240	11601,98	12298	11	0,408	0,336	21,43
241	11782,27	12489	0	0,799	0,658	21,43
242	12392,10	13136	65	0,606	0,499	21,44
243	12709,38	13472		2,960	2,437	21,46
244	12528,27	13280	54	1,440	1,185	21,52
245	14141,21	14990	48	1,390	1,143	21,61
246	12717,55	13481	38	0,444	0,365	21,64
247	7892,80	8366	37	0,690	0,567	21,69
248	11738,86	12443	5	1,440	1,183	21,72
249	13250,33	14045	63	1,550	1,273	21,76
250	11763,02	12469	32	3,130	2,568	21,88
251	10178,93	10790	3	1,380	1,132	21,91
252	14005,51	14846	56	1,330	1,090	22,02
253	14889,76	15783	7	0,482	0,395	22,03
254	13035,64	13818	98	1,357	1,112	22,03
255	13311,85	14111	21	1,370	1,121	22,21
256	13305,68	14104	43	1,440	1,178	22,24
257	15687,13	16628	39	1,725	1,411	22,25
258	9107,61	9654	3	0,494	0,404	22,28
259	14475,83	15344	56	0,713	0,583	22,30
260	13992,59	14832	69	3,130	2,554	22,55
261	9305,74	9864	36	0,521	0,425	22,59
262	14762,92	15649	30	0,510	0,416	22,60
263	12141,09	12870	58	2,900	2,365	22,62
264	11820,69	12530	53	1,430	1,166	22,64
265	13298,83	14097	1	0,476	0,388	22,68
266	15279,85	16197	61	1,530	1,247	22,69
267	11565,69	12260	56	1,457	1,187	22,75
268	10203,32	10816	14	1,33	1,083	22,81
269	12844,45	13615	75	0,409	0,333	22,82
270	10277,03	10894	63	1,200	0,977	22,82
271	10216,94	10830	41	1,370	1,115	22,87
272	9975,24	10574	36	0,429	0,349	22,92
273	13131,76	13920	27	0,722	0,587	23,00
274	15114,73	16022	40	0,458	0,372	23,12
275	9504,24	10074	46	2,300	1,867	23,19
276	12021,98	12743	78	0,483	0,392	23,21
277	13195,28	13987	50	2,930	2,377	23,26
278	10834,77	11485	16/10	2,760	2,238	23,32
279	9664,66	10245	47	1,110	0,900	23,33
280	12667,73	13428	75	2,900	2,350	23,40
281	9756,70	10342	60	1,400	1,133	23,57
282	12755,70	13521	55	1,338	1,082	23,66
283	14389,46	15253	76	1,496	1,207	23,94
284	9726,85	10310	51	0,403	0,325	24,00
285	9969,22	10567	56	0,785	0,633	24,01
286	12507,37	13258	52	1,290	1,040	24,04

287	10768,26	11414	30	0,699	0,563	24,16
288	10353,18	10974	4	0,549	0,442	24,21
289	15680,56	16621	147	2,890	2,326	24,25
290	12871,62	13644	46	0,661	0,532	24,25
291	10466,55	11095	19	2,720	2,187	24,37
292	9001,13	9541	15	1,280	1,029	24,39
293	10530,87	11163	110	0,712	0,572	24,48
294	9061,91	9606	1	1,357	1,090	24,50
295	12913,75	13689	74	2,760	2,216	24,55
296	10525,73	11157	3	0,471	0,378	24,60
297	13351,88	14153	64	2,370	1,902	24,61
298	11427,98	12114	7	1,620	1,300	24,62
299	10699,99	11342	76	2,450	1,966	24,62
300	10039,05	10641	44	0,399	0,320	24,69
301	12039,45	12762	52	0,832	0,667	24,74
302	12739,60	13504	48	3,030	2,426	24,90
303	10280,81	10898	65	2,750	2,200	25,00
304	11897,57	12611	80	1,290	1,032	25,00
305	11428,38	12114	55	1,350	1,08	25,00
306	13020,56	13802	68	1,509	1,207	25,02
307	13561,73	14375	44	1,649	1,318	25,11
308	13729,72	14554	54	1,480	1,182	25,21
309	11424,26	12110	46	0,685	0,547	25,23
310	14689,07	15570	77	2,840	2,267	25,28
311	10692,34	11334	30	1,450	1,157	25,32
312	12329,17	13069	16	1,360	1,085	25,35
313	13671,00	14491	51	2,830	2,257	25,39
314	10688,37	11330	36	1,446	1,153	25,41
315	7874,01	8346	80	2,540	2,025	25,43
316	12953,27	13730	75	2,940	2,342	25,53
317	14016,46	14857	20	1,440	1,147	25,54
318	13463,86	14272	126	2,890	2,298	25,76
319	10785,69	11433	60	1,303	1,035	25,89
320	10972,28	11631	6	1,300	1,031	26,09
321	12968,89	13747		0,683	0,541	26,25
322	8889,90	9423	2	0,779	0,617	26,26
323	8534,17	9046	39	1,430	1,131	26,44
324	11524,85	12216	55	1,529	1,208	26,57
325	9507,15	10078	23	3,090	2,441	26,59
326	10056,38	10660	53	1,290	1,019	26,59
327	8802,66	9331	64	0,622	0,491	26,68
328	9239,13	9793	156	2,400	1,892	26,85
329	12655,13	13414	19	1,430	1,126	27,00
330	11972,91	12691	50	0,762	0,600	27,00
331	8779,35	9306	82	2,350	1,846	27,30
332	13124,88	13912	7	1,680	1,318	27,47
333	7688,86	8150	45	1,385	1,086	27,53
334	14338,01	15198		2,640	2,070	27,54
335	10242,97	10858	28	1,190	0,933	27,55
336	11909,76	12624	36	0,820	0,641	27,93
337	10969,88	11628	35	1,290	1,008	27,98
338	12064,50	12788	52	1,400	1,093	28,09
339	10748,14	11393	38	1,593	1,243	28,16
340	9481,55	10050	43	1,470	1,146	28,27
341	13494,60	14304	42	0,749	0,582	28,69
342	11080,32	11745	14	0,843	0,655	28,70
343	11981,69	12701	18	1,529	1,188	28,70
344	10089,06	10694	36	1,250	0,971	28,73

345	12487,37	13237	5	0,821	0,637	28,89
346	13931,93	14768	48	0,718	0,557	28,90
347	10570,19	11204	52	1,350	1,047	28,94
348	9947,18	10544	49	0,697	0,539	29,31
349	12904,69	13679	54	0,683	0,528	29,36
350	8607,38	9124	56	1,440	1,108	29,96
351	11755,56	12461	0	1,505	1,156	30,19
352	8518,59	9030	11	0,746	0,572	30,42
353	10986,59	11646	20	1,450	1,111	30,51
354	12600,55	13357	65	1,582	1,212	30,53
355	8039,75	8522	22	1,370	1,049	30,60
356	14411,56	15276	16	1,504	1,150	30,78
357	9689,81	10271	117	2,850	2,178	30,85
358	10683,05	11324	7,6	3,000	2,260	32,74
359	10800,22	11448	24	0,876	0,659	32,93
360	12371,65	13114	58	1,640	1,231	33,23
361	12076,62	12801	40	0,577	0,429	34,50
362	12128,22	12856	66	1,633	1,212	34,74
363	11036,11	11698	19	0,757	0,558	35,66
364	10522,79	11154	14	0,749	0,541	38,45
365	10672,15	11312	15	3,051	2,416	26,28
366	10235,98	10850	19	2,607	2,206	18,18
367	9008,91	9549	22	2,193	1,804	21,56
368	10122,50	10468	24	2,224	1,927	15,41
369	10545,81	11179	23	2,452	2,072	18,34
370	8826,47	9320	3	2,640	2,245	17,59

Probeta	Corr H	Canto rodaja	Ancho rodaja	Espesor rodaja	Dens anhidra	DensH%	Dens12%
1	-11,91	25,8	20,6	9,4	656	657	696
2	-11,85	15,0	10,0	8,3	530	531	562
3	-11,53	15,0	10,0	8,2	520	523	553
4	-8,90	25,3	20,1	9,3	621	641	669
5	-7,21	25,2	20,0	9,2	554	580	601
6	-7,10	25,4	20,4	8,5	500	524	543
7	-6,93	25,0	20,1	8,5	624	656	678
8	-6,35	22,2	19,7	8,6	649	686	708
9	-6,07	24,8	19,3	9,0	548	580	598
10	-6,05	24,9	19,8	9,1	528	559	576
11	-5,93	25,1	20,1	9,3	657	697	718
12	-5,86	25,4	20,5	9,0	587	623	641
13	-5,36	24,9	19,9	9,3	549	586	602
14	-5,34	24,7	20,0	9,2	538	574	590
15	-5,17	25,0	20,0	8,8	596	636	653
16	-4,73	25,5	20,3	9,1	461	495	506
17	-4,43	25,4	20,3	8,7	622	669	684
18	-4,09	25,0	20,3	9,5	569	614	627
19	-3,93	18,0	13,7	8,7	606	655	668
20	-3,76	25,1	20,3	9,1	618	669	681
21	-3,69	25,1	19,8	9,3	497	539	549
22	-3,41	25,5	20,2	9,3	561	610	620
23	-3,34	25,0	19,9	9,4	563	612	622
24	-3,32	25,4	20,3	8,7	550	597	607
25	-3,24	25,5	20,5	8,9	589	641	651
26	-3,15	25,5	20,2	9,2	520	566	574
27	-2,97	25,0	20,0	8,5	527	574	583
28	-2,85	25,0	20,0	8,1	559	610	619
29	-2,44	18,0	14,0	9,1	525	575	582
30	-2,30	25,4	20,2	9,4	539	591	598
31	-2,19	24,9	19,9	8,5	547	601	607
32	-2,19	24,5	20,0	9,3	657	722	730
33	-2,14	18,1	14,0	9,4	592	650	657
34	-1,43	25,4	20,1	9,2	526	581	585
35	-1,40	25,2	20,0	8,8	587	649	654
36	-1,22	24,9	20,1	8,4	631	699	704
37	-0,93	25,0	19,9	9,3	590	655	658
38	-0,79	17,9	14,0	7,9	559	621	624
39	-0,77	25,2	20,3	9,5	566	630	632
40	-0,54	25,0	20,1	8,9	493	550	552
41	0,01	25,2	20,0	9,5	565	633	633
42	0,02	14,8	9,7	8,3	423	473	473
43	0,18	14,4	6,8	8,0	493	553	552
44	0,37	14,8	9,9	8,3	492	553	552
45	0,41	24,9	19,9	8,6	541	608	607
46	0,54	14,8	10,0	8,0	485	546	544
47	0,62	6,8	14,8	7,7	419	472	471
48	0,64	14,8	6,9	7,5	511	576	574
49	0,70	25,6	20,3	8,8	551	621	619
50	1,06	17,9	14,0	8,7	534	604	600
51	1,31	14,9	10,0	8,2	516	585	581
52	1,38	25,1	20,1	9,0	668	758	752
53	1,39	25,1	20,1	9,0	462	524	521
54	1,58	25,0	19,9	8,3	599	681	675

55	1,61	25,1	19,9	9,0	515	585	580
56	1,81	25,2	20,1	8,6	500	569	564
57	1,86	24,7	19,8	9,0	579	659	653
58	1,96	18,5	14,4	8,7	547	623	617
59	2,02	25,2	20,0	10,1	443	505	500
60	2,06	25,3	20,0	8,9	561	640	633
61	2,13	14,9	9,9	8,4	520	593	587
62	2,29	18,2	14,0	8,8	468	535	529
63	2,31	15,0	9,9	8,8	551	630	623
64	2,41	25,3	20,1	9,1	561	642	634
65	2,49	14,9	9,8	8,1	525	601	594
66	2,62	14,9	9,8	8,1	550	630	622
67	2,80	25,2	20,1	9,0	495	568	560
68	2,87	15,0	7,0	7,8	419	481	474
69	2,93	14,9	9,8	8,7	475	546	538
70	2,93	14,9	9,9	8,8	511	587	578
71	2,95	15,0	10,0	8,2	402	463	456
72	2,95	15,0	10,0	7,7	463	532	525
73	3,09	25,4	20,5	9,5	497	572	563
74	3,17	25,5	20,1	9,5	580	667	657
75	3,19	18,0	13,9	8,8	496	572	563
76	3,25	14,9	9,9	8,4	466	537	528
77	3,37	14,6	10,0	8,4	462	532	523
78	3,38	14,8	9,8	8,5	496	572	562
79	3,69	14,9	9,9	8,0	562	650	638
80	3,92	15,3	10,2	8,3	485	562	551
81	4,20	18,2	14,2	8,0	645	749	733
82	4,26	15,0	10,0	7,9	483	561	549
83	4,30	14,9	7,0	7,9	439	511	500
84	4,31	14,9	6,9	7,1	386	449	440
85	4,43	15,0	10,0	8,7	490	570	557
86	4,47	14,9	7,0	7,8	515	600	586
87	4,50	15,0	9,9	8,5	475	554	541
88	4,64	14,8	9,9	8,8	434	506	494
89	4,67	15,0	10,0	8,0	530	618	604
90	4,67	25,0	19,9	9,3	600	700	684
91	4,73	15,0	9,9	8,1	472	551	538
92	4,74	18,0	14,0	8,5	544	635	620
93	4,81	15,0	9,9	7,6	527	616	601
94	4,81	15,0	10,0	7,5	418	488	476
95	4,82	15,0	9,9	8,0	471	550	536
96	4,85	14,8	9,8	8,0	465	544	531
97	4,86	14,9	10,1	8,8	466	544	531
98	4,86	14,9	9,9	8,2	574	670	654
99	4,88	18,0	13,9	8,7	610	713	695
100	4,93	14,7	7,0	7,3	425	497	484
101	5,05	15,0	7,0	7,6	434	508	495
102	5,12	14,8	9,9	8,2	428	501	488
103	5,18	14,9	7,1	6,8	364	427	416
104	5,21	14,7	10,0	8,8	377	442	431
105	5,25	14,9	9,9	7,9	487	572	557
106	5,35	25,1	20,2	8,7	545	639	622
107	5,41	15,0	9,9	7,8	526	617	601
108	5,44	25,1	20,1	8,5	528	620	603
109	5,47	14,9	10,0	7,6	495	582	566
110	5,48	15,0	9,9	8,1	514	604	587
111	5,49	15,0	7,1	6,9	498	585	569
112	5,51	14,9	7,0	8,1	466	548	533

113	5,53	15,0	7,2	7,7	467	548	533
114	5,60	15,0	7,0	7,3	445	523	509
115	5,65	15,0	9,9	8,4	532	625	608
116	5,80	14,9	6,9	7,3	472	556	540
117	5,80	15,0	7,0	6,9	427	502	488
118	5,81	15,0	10,0	8,4	463	546	530
119	5,82	15,0	10,0	8,1	453	533	518
120	5,86	14,8	9,9	8,4	487	574	557
121	5,94	15,1	10,0	8,8	541	638	619
122	5,98	15,1	7,0	7,0	481	568	551
123	5,99	15,1	7,1	7,6	464	547	531
124	6,00	14,9	7,0	7,7	498	588	570
125	6,00	15,1	7,2	7,2	489	577	560
126	6,00	15,1	10,1	7,9	497	587	569
127	6,00	14,9	6,9	7,6	468	553	536
128	6,00	14,9	7,0	7,4	503	593	575
129	6,00	15,0	7,1	7,5	464	548	532
130	6,00	15,1	10,0	8,5	436	514	499
131	6,00	15,1	7,1	7,4	516	609	590
132	6,00	15,0	7,1	7,1	475	561	544
133	6,00	15,0	7,1	7,4	462	546	529
134	6,00	25,4	20,1	9,6	478	565	548
135	6,00	15,1	7,1	7,5	547	647	627
136	6,00	15,1	7,2	7,0	583	690	668
137	6,00	15,1	7,1	7,5	490	580	561
138	6,00	18,1	14,1	8,4	513	606	587
139	6,00	25,5	20,5	8,3	565	668	647
140	6,00	15,0	10,0	8,0	563	667	646
141	6,00	14,8	10,0	8,4	455	539	522
142	6,00	18,0	14,0	8,7	520	616	596
143	6,00	14,9	7,0	7,5	506	600	580
144	6,00	14,8	6,9	7,6	398	472	456
145	6,00	25,3	20,0	9,1	394	467	452
146	6,00	14,9	7,1	8,0	549	651	630
147	6,00	15,0	7,1	7,9	527	624	604
148	6,00	15,1	7,1	7,5	470	557	539
149	6,00	17,9	14,0	8,7	466	552	534
150	6,00	15,1	7,1	7,4	415	492	476
151	6,00	14,9	7,0	7,9	451	535	518
152	6,00	14,7	9,9	8,3	482	571	553
153	6,00	15,0	10,0	8,3	471	559	541
154	6,00	14,9	7,1	7,3	495	587	567
155	6,00	15,0	7,1	7,2	540	640	619
156	6,00	14,9	6,9	8,1	515	611	591
157	6,00	14,9	7,0	7,6	433	513	496
158	6,00	14,9	7,1	7,9	430	510	493
159	6,00	14,9	7,1	7,5	439	521	503
160	6,00	15,1	7,1	7,2	457	543	525
161	6,00	15,0	7,0	8,3	459	545	527
162	6,00	18,0	14,0	9,2	534	635	613
163	6,00	15,1	7,1	7,8	502	597	576
164	6,00	18,0	14,1	8,3	464	552	533
165	6,00	14,8	9,9	8,0	479	570	550
166	6,00	18,0	14,0	8,6	520	618	596
167	6,00	15,0	7,1	7,0	447	531	513
168	6,00	18,0	14,0	8,4	509	606	585
169	6,00	15,0	7,1	7,9	465	553	534
170	6,00	15,0	9,8	7,8	474	564	545

171	6,00	25,3	20,4	8,7	427	508	490
172	6,00	14,8	7,0	7,2	500	595	574
173	6,00	18,2	14,1	8,4	549	654	631
174	6,00	15,0	7,1	7,0	471	561	541
175	6,00	25,0	20,1	7,6	455	542	523
176	6,00	15,0	7,2	6,4	424	505	487
177	6,00	14,8	7,0	7,2	484	576	556
178	6,00	14,9	9,8	8,7	547	652	629
179	6,00	15,0	10,0	8,1	481	574	553
180	6,00	15,0	7,0	6,8	415	494	476
181	6,00	14,8	10,0	8,2	452	540	520
182	6,00	14,9	10,0	8,1	484	578	556
183	6,00	15,0	7,0	7,3	445	531	511
184	6,00	25,1	19,8	9,1	500	597	575
185	6,00	15,0	9,8	8,5	462	551	531
186	6,00	15,0	10,0	7,7	494	590	569
187	6,00	14,9	7,2	7,0	431	515	496
188	6,00	14,9	6,9	8,1	482	575	554
189	6,00	25,0	20,0	8,7	539	644	620
190	6,00	17,9	14	8,8	499	596	574
191	6,00	15,0	10,1	7,7	555	663	638
192	6,00	14,9	7,0	7,6	453	541	521
193	6,00	15,1	7,2	7,1	465	556	535
194	6,00	14,9	7,0	7,7	491	586	564
195	6,00	17,9	13,7	8,7	512	613	589
196	6,00	15,0	7,2	7,0	390	467	449
197	6,00	14,8	6,9	7,8	447	535	514
198	6,00	14,9	7,0	7,8	438	524	504
199	6,00	15,0	7,1	7,0	496	594	571
200	6,00	15,0	7,3	6,9	548	656	631
201	6,00	25,4	20,3	9,5	431	516	496
202	6,00	18,0	13,9	8,1	528	633	608
203	6,00	14,9	7,1	7,8	536	642	617
204	6,00	18,0	14,0	8,7	472	566	543
205	6,00	15,0	10,0	8,2	465	558	536
206	6,00	15,0	7,0	7,1	524	629	604
207	6,00	15,1	7,1	6,6	459	551	529
208	6,00	15,1	7,2	6,9	520	624	599
209	6,00	25,1	20,1	10,0	528	634	609
210	6,00	14,9	7,0	8,0	435	523	501
211	6,00	14,9	6,9	7,9	433	521	500
212	6,00	18,0	14,0	8,6	504	606	581
213	6,00	15,1	7,2	8,2	494	593	569
214	6,00	24,9	20,1	8,9	610	734	704
215	6,00	14,9	6,9	7,2	459	553	530
216	6,00	15,0	9,9	8,0	516	621	595
217	6,00	17,8	13,7	8,9	485	584	559
218	6,00	18,2	14,2	9,2	513	618	592
219	6,00	14,9	9,9	8,4	465	561	537
220	6,00	15,0	7,0	7,6	528	637	609
221	6,00	17,9	14,0	9,7	395	477	456
222	6,00	15,0	7,0	7,3	560	676	646
223	6,00	18,0	14,0	9,2	612	739	707
224	6,00	15,1	10,1	8,9	442	534	511
225	6,00	17,7	13,8	9,6	564	681	651
226	6,00	18,0	14,0	8,8	492	595	569
227	6,00	15,0	7,0	7,8	386	466	446
228	6,00	14,9	10,1	8,2	387	468	447

229	6,00	15,0	10,0	7,7	505	610	583
230	6,00	17,3	14,2	8,6	548	663	633
231	6,00	15,1	10,0	8,2	460	557	532
232	6,00	15,0	10,0	8,4	436	528	504
233	6,00	25,1	20,0	9,0	431	522	498
234	6,00	14,8	9,9	7,6	497	602	574
235	6,00	17,9	14,0	8,7	481	583	556
236	6,00	25,0	20,0	8,5	520	631	602
237	6,00	18,0	13,9	8,9	494	600	572
238	6,00	15,1	7,1	7,4	519	630	601
239	6,00	15,1	7,2	7,1	418	508	484
240	6,00	15,1	7,2	6,9	448	544	518
241	6,00	15,0	9,9	8,3	534	648	618
242	6,00	15,0	10,0	8,9	374	454	433
243	6,00	24,9	20,0	8,6	569	691	658
244	6,00	18,2	14,0	8,9	523	635	605
245	6,00	18,2	14,1	8,8	506	616	586
246	6,00	15,2	7,3	6,5	506	616	586
247	6,00	15,0	10,1	8,6	435	530	504
248	6,00	17,9	13,9	8,9	534	650	619
249	6,00	18,2	14,1	9,1	545	664	631
250	6,00	24,9	20,0	9,1	567	691	657
251	6,00	18,1	14,0	8,7	513	626	595
252	6,00	18,0	14,0	8,1	534	652	619
253	6,00	14,9	7,0	7,6	498	608	578
254	6,00	17,8	13,8	8,6	526	642	610
255	6,00	18,1	14,1	8,9	494	603	572
256	6,00	18,0	14,0	9,1	514	628	596
257	6,00	18,0	14,2	9,3	594	726	688
258	6,00	15,0	7,1	8,0	474	580	550
259	6,00	15,0	10,0	7,8	498	609	578
260	6,00	25,1	20,0	9,0	565	693	656
261	6,00	15,0	7,1	8,1	493	604	572
262	6,00	15,1	7,1	7,1	547	670	635
263	6,00	25,0	20,0	8,7	544	667	631
264	6,00	18,4	14,2	8,6	519	636	603
265	6,00	15,1	7,2	6,8	525	644	609
266	6,00	18,2	14,1	9,0	540	662	627
267	6,00	18,0	13,9	8,8	539	662	626
268	6,00	18,0	14,0	8,4	512	628	594
269	6,00	14,9	7,0	7,0	456	560	530
270	6,00	18,0	14,0	8,1	479	588	556
271	6,00	18,0	14,1	8,0	549	675	638
272	6,00	15,1	7,1	7,4	440	541	511
273	6,00	15,0	10,3	8,3	458	563	532
274	6,00	14,9	7,0	7,5	476	585	553
275	6,00	25,1	20,0	8,8	423	521	492
276	6,00	15,0	7,0	7,3	511	630	595
277	6,00	25,1	19,8	9,3	514	634	598
278	6,00	24,4	19,9	9,5	485	598	564
279	6,00	18,1	13,9	8,5	421	519	490
280	6,00	25,0	20,1	9,6	487	601	567
281	6,00	18,1	14,1	8,9	499	616	581
282	6,00	18,0	13,9	9,0	481	594	560
283	6,00	17,8	14,1	8,7	553	685	644
284	6,00	15,1	7,2	7,0	427	530	498
285	6,00	15,1	10,0	8,5	493	612	575
286	6,00	17,9	13,9	8,4	498	617	580

287	6,00	14,8	9,7	8,6	456	566	532
288	6,00	14,9	7,0	7,8	543	675	634
289	6,00	25,4	20,3	9,0	501	623	585
290	6,00	15,2	10,1	7,8	444	552	518
291	6,00	25,0	20,0	9,0	486	604	567
292	6,00	17,9	14,0	8,5	483	601	564
293	6,00	15,1	10,1	8,0	469	584	547
294	6,00	18,2	14,1	8,5	500	622	583
295	6,00	25,4	20,1	9,5	457	569	533
296	6,00	15,0	7,1	7,6	467	582	545
297	6,00	25,0	20,0	8,9	427	533	499
298	6,00	18,2	14,2	8,7	578	721	675
299	6,00	25,2	20,1	8,5	457	569	533
300	6,00	15,0	7,1	6,8	442	551	516
301	6,00	15,1	10,1	8,4	521	649	608
302	6,00	25,0	19,9	8,9	548	684	640
303	6,00	24,9	20,0	9,5	465	581	543
304	6,00	17,7	13,9	8,4	499	624	584
305	6,00	18,1	14,0	8,9	479	599	560
306	6,00	17,9	14,0	8,9	541	677	633
307	6,00	18,1	14,2	8,8	583	729	681
308	6,00	18,0	14,2	8,8	526	658	615
309	6,00	15,1	10,0	8,0	453	567	530
310	6,00	24,9	19,9	8,7	526	659	615
311	6,00	17,8	13,9	9,1	514	644	601
312	6,00	17,8	13,9	8,5	516	647	604
313	6,00	24,9	20,1	8,5	531	665	621
314	6,00	18,1	14,0	9,4	484	607	566
315	6,00	25,7	20,7	8,0	476	597	557
316	6,00	25,3	20,2	9,0	509	639	596
317	6,00	18,2	14,2	8,1	548	688	641
318	6,00	25,0	19,9	8,6	537	675	629
319	6,00	18,0	14,2	8,8	460	579	539
320	6,00	17,9	13,9	8,7	476	601	558
321	6,00	15,2	10,1	8,0	440	556	516
322	6,00	15,2	10,2	7,8	510	644	598
323	6,00	18,1	13,9	9,4	478	605	561
324	6,00	18,0	14,0	9,4	510	645	598
325	6,00	25,1	20,3	8,8	544	689	639
326	6,00	17,9	14,0	8,4	484	613	568
327	6,00	15,2	10,2	7,9	401	508	471
328	6,00	25,0	20,0	8,4	450	571	529
329	6,00	18,0	14,0	8,1	552	701	648
330	6,00	15,1	10,2	8,1	481	611	565
331	6,00	25,2	19,9	8,4	438	558	515
332	6,00	17,9	14,0	8,6	612	780	719
333	6,00	18,0	14,0	8,7	495	632	583
334	6,00	25,0	20,0	9,0	460	587	541
335	6,00	17,9	13,9	8,3	452	576	531
336	6,00	15,1	10,0	8,4	505	646	595
337	6,00	18,0	14,0	8,3	482	617	567
338	6,00	17,9	14,0	8,9	490	628	577
339	6,00	18,2	14,2	8,6	559	717	659
340	6,00	17,8	14,0	8,7	529	678	623
341	6,00	15,0	10,1	8,1	474	610	559
342	6,00	15,2	9,9	8,5	512	659	604
343	6,00	18,2	14,2	8,6	535	688	630
344	6,00	17,9	14,0	8,1	478	616	564

345	6,00	15,0	10,0	8,0	531	684	626
346	6,00	15,1	10,0	7,0	527	679	622
347	6,00	17,8	14,0	8,5	494	637	583
348	6,00	15,1	10,1	7,9	447	579	528
349	6,00	15,0	10,1	7,4	471	609	556
350	6,00	17,9	14,0	9,1	486	631	575
351	6,00	17,9	14,1	8,8	520	678	616
352	6,00	15,1	10,1	8,1	463	604	548
353	6,00	17,7	13,8	8,6	529	690	626
354	6,00	18,2	14,0	8,7	547	714	648
355	6,00	18,0	14,0	8,6	484	632	573
356	6,00	18,1	14,0	9,0	504	659	598
357	6,00	25,0	20,0	9,0	484	633	574
358	6,00	24,7	20,0	9,2	497	660	592
359	6,00	15,0	10,2	8,3	519	690	618
360	6,00	18,0	14,0	8,8	555	740	661
361	6,00	14,9	7,0	8,2	502	675	599
362	6,00	18,1	14,0	9,1	526	708	628
363	6,00	15,3	10,2	8,0	447	606	535
364	6,00	15,4	10,3	8,0	426	590	512
365	6,00	25,2	20,5	8,3	563	712	661
366	6,00	25,2	20,1	8,3	525	620	601
367	6,00	25,1	20,2	7,2	494	601	572
368	3,41	25,3	20,0	7,2	529	610	600
369	6,00	25,0	20,6	8,2	491	581	562
370	5,59	25,3	20,5	8,0	541	636	618

ANEXO III. PUBLICACIONES

Con el objeto de demostrar la calidad de esta tesis doctoral, se indican 2 artículos científicos, publicados en revistas indexadas, que muestran los resultados más relevantes de la misma.

ARTÍCULO 1

Autores: Barriola M.J., Aira J.R., Villanueva J.L.

Título: "Analytical models of the mechanical properties of Japanese larch (*Larix kaempferi* (Lamb.) Carr.) based on non-destructive testing and visual grading parameters"

DOI: 10.1080/17480272.2019.1626481

Revista: Wood Material Science & Engineering

ISSN: 1748-0272 (print), 1748-0280 (online)

Índice de impacto: 0,390

Base de indexación:

SJR Cuartil: Q2 Categoría: Materials Science (miscellaneous)

Enlace web: <https://www.tandfonline.com/loi/swoo20>

ARTÍCULO 2

Autores: Barriola M.J., Aira J.R., Lafuente E.

Título: "Visual grading criteria for Japanese larch (*Larix kaempferi* (Lamb.) Carr.) structural timber from Spain"

DOI: 10.1007/s11676-019-01025-5

Revista: Journal of Forestry Research

ISSN: 1007-662X (print), 1993-0607 (online)

Índice de impacto: 1,155

Base de indexación: JCR Cuartil: Q3 Categoría: Forestry

Enlace web: <https://link.springer.com/journal/11676>