

ENTREGABLE PROYECTOS— 2023-2024

Desarrollo de métodos de análisis, no destructivos y por teledetección, para la optimización de la explotación y mejora de la calidad de madera de *Pinus halepensis*

“WOODBYSAT”

Entregable 6.1: Base de datos obtenidos de las distintas variables obtenidas

Programa: Proyectos de I+D en colaboración con empresas

Número de proyecto: 22300053

Expediente: IMDEEA/2023/38

Duración: del 01/07/2023 al 30/09/2024

Coordinado en AIDIMME por: Blasco Mollá, Francisco



AIDIMME
INSTITUTO TECNOLÓGICO

ÍNDICE

1	Introducción y objetivos del entregable	1
2	Selección de zonas de estudio y esquema de los trabajos realizados	2
2.1	Pinos Ain	2
2.2	Parcelas proyecto WOODFOREST SATELLITE	31
2.2.1	Parcela 1	39
2.2.2	Parcela 2	44
2.2.3	Parcela 3	48
2.2.4	Parcela 4	53
2.2.5	Parcela 5	58
2.2.6	Parcela 6	61
2.2.7	Parcela 7	65
2.2.8	Parcela 8	70
2.2.9	Parcela 9	74
2.2.10	Parcela 10	79
2.2.11	Parcela 11	84
2.2.12	Parcela 12	89
2.2.13	Parcela 13	94
2.2.14	Parcela 14	99
2.2.15	Parcela 15	104
2.3	Parcelas nuevas	109
2.3.1	Parcela 16	115
2.3.2	Parcela 17	121
2.3.3	Parcela 18	126
2.3.4	Parcela 19	130
2.3.5	Parcela 20	135

2.3.6	Parcela 21	140
2.4	Trozas Incofusta	145
2.4.1	Mediciones con el Sylvatest 4	152
2.4.2	Obtención de densidad, humedad y cálculo del MOE y MOR, mediante corte de rodaja. 154	
2.4.3	Mediciones con resistógrafo en la parte inferior de la troza (para comparar anillos con rodaja en la que se ven los anillos)	156
3	Toma y procesado de datos de campo	159
3.1	Pinos Ain	160
3.1.1	Medición del diámetro	160
3.1.2	Calidad visual del árbol en pie	163
3.1.3	Mediciones con el Sylvatest 4	166
3.1.4	Fractómetro	193
3.1.5	Mediciones con el Fakopp	201
3.1.6	Obtención de los anillos de crecimiento	202
3.2	Parcelas proyecto WOODFOREST SATELLITE	217
3.2.1	Calidad visual del árbol en pie	217
3.2.2	Mediciones indirectas con el Sylvatest 4 a 1 metro	221
3.2.3	Obtención de la densidad	223
3.2.4	Cálculo del MOE y el MOR	225
3.2.5	Obtención de los anillos de crecimiento	226
3.3	Parcelas nuevas	249
3.3.1	Marcado de la numeración con spray	250
3.3.2	Inventario forestal con TLS	252
3.3.3	Calidad visual del árbol en pie	257
3.3.4	Mediciones indirectas con el Sylvatest 4 a 1 m	262
3.3.5	Obtención de la densidad	265

3.3.6	Cálculo del MOE y el MOR	265
3.3.7	Obtención de los anillos de crecimiento	266
4	Toma de datos de teledetección	272
4.1	Sentinel-2	272
4.2	LiDAR PNOA	274
5	Toma de datos convencionales en laboratorio	277
5.1	Medición directa Sylvatest 4	284
5.2	Ensayo de rotura según la norma UNE-EN 408:2011+A1:2012, clasificación según norma UNE EN 384:2016 y asignación de clase resistente según norma UNE EN 338:2016	287
6	Base de datos	295
6.1	TLS	295
6.2	Sentinel	295
6.3	Lidar	296
6.4	Mediciones en campo	297
6.5	Ensayos de laboratorio	297
7	Acciones de difusión y transferencia	301
8	Conclusiones	306

1 Introducción y objetivos del entregable

La finalidad de este entregable es conseguir una base de datos a través de la recogida de datos de campo, de teledetección y mediante técnicas convencionales que permita tener suficientes variables como para conocer la calidad de la madera en aquellas parcelas de interés.

En primer lugar, se explican las zonas de donde se van a obtener los datos. Aquellas parcelas procedentes del estudio del entregable 5.1, las parcelas del proyecto anterior (WOODFOREST SATELLITE) y unas zonas con posibilidad de cortar pinos para la investigación.

Una vez conocidas las zonas de estudio y desarrollando la Tarea 6.1. Toma de datos en campo de los pies seleccionados se procede a recoger datos tanto de campo como de teledetección de las parcelas y lo árboles comentados en el párrafo anterior, diferentes variables dependiendo de cada uno de ellos.

A continuación, se procede a llevar a cabo la Tarea 6.2. Toma de datos mediante técnicas convencionales que se basa en la recogida de datos tras las pruebas convencionales que exige la normativa para madera estructural.

Finalmente, la Tarea 6.3 Generar una base de datos, consiste como su propio nombre indica, generar una base de datos con toda la información recogida en las tareas anteriores que posteriormente se utilizará para estudiar los modelos y variables del entregable 7.1.

2 Selección de zonas de estudio y esquema de los trabajos realizados

Las zonas de estudio están compuestas por 25 pinos que se estudian en una zona cortafuegos de Ain (Castellón) con posibilidad de extracción para el estudio de la madera, las 15 parcelas ya estudiadas en el proyecto anterior (WOODFOREST SATELLITE) del que este proyecto es continuación y 6 nuevas parcelas que aparecen tras el estudio realizado en el entregable 5.1.

Estas zonas de estudio seleccionadas se escogen cumpliendo los parámetros y premisas preestablecidos con el fin de incrementar y aumentar los datos y la información ya recogida en el proyecto anterior WoodForest Satellite.

Como novedad, se incluye una parcela o zona de muestreo en el término de Ain en el que se va a poder medir tanto las variables de los árboles en pie con técnicas convencionales y no destructivas, como las variables destructivas puesto que se van a poder apeaar los árboles seleccionados. Con la obtención de estas nuevas variables, se pretende comparar los valores reales de rotura y calidad con los medidos mediante técnicas no destructivas e inventario para ajustar el modelo de calidad.

Dentro del plan de ensayo y trabajos a realizar en campo, se incorpora la medición mediante ultrasonidos en las 21 parcelas de estudio y en los pies analizados de Ain. Con la medición de emisión y recepción de ultrasonidos se pretende medir la calidad de la madera de los árboles en pie. Se complementa el inventario de las parcelas nuevas con inventario mediante TLS, con esta metodología, se pretende agilizar el proceso de inventario minimizando los tiempos de medición en campo. Otra novedad en incorporada en el plan de ensayos es la de la medición de anillos de crecimiento mediante resistografía y extracción de barrena pressler. Ambas técnicas se consideran no destructivas o poco invasivas y con ellas se pretende determinar los crecimientos anuales de los árboles sin necesidad de apearlos y extraer una sección del fuste. Junto a los ensayos instrumentales, se realizan mediciones de la calidad visual de los árboles de cada parcela y de los analizados en Ain para determinar si la calidad visual guarda correlación con la calidad de madera de los mismos.

En los puntos siguientes se describe cada zona de estudio y los trabajos específicos realizados en cada una de las parcelas.

2.1 Pinos Ain

El estudio de este proyecto no puede basarse únicamente en métodos no destructivos ya que no se podría realizar una comparativa real con los métodos convencionales estandarizados para determinar la calidad de la madera, por ese motivo, se evalúan los pinos de Ain.

Ain es un pueblo localizado en la provincia de Castellón a 495 m.s.n.m. de altitud, rodeado de pinares (principalmente de *Pinus halepensis*) y alcornocales.

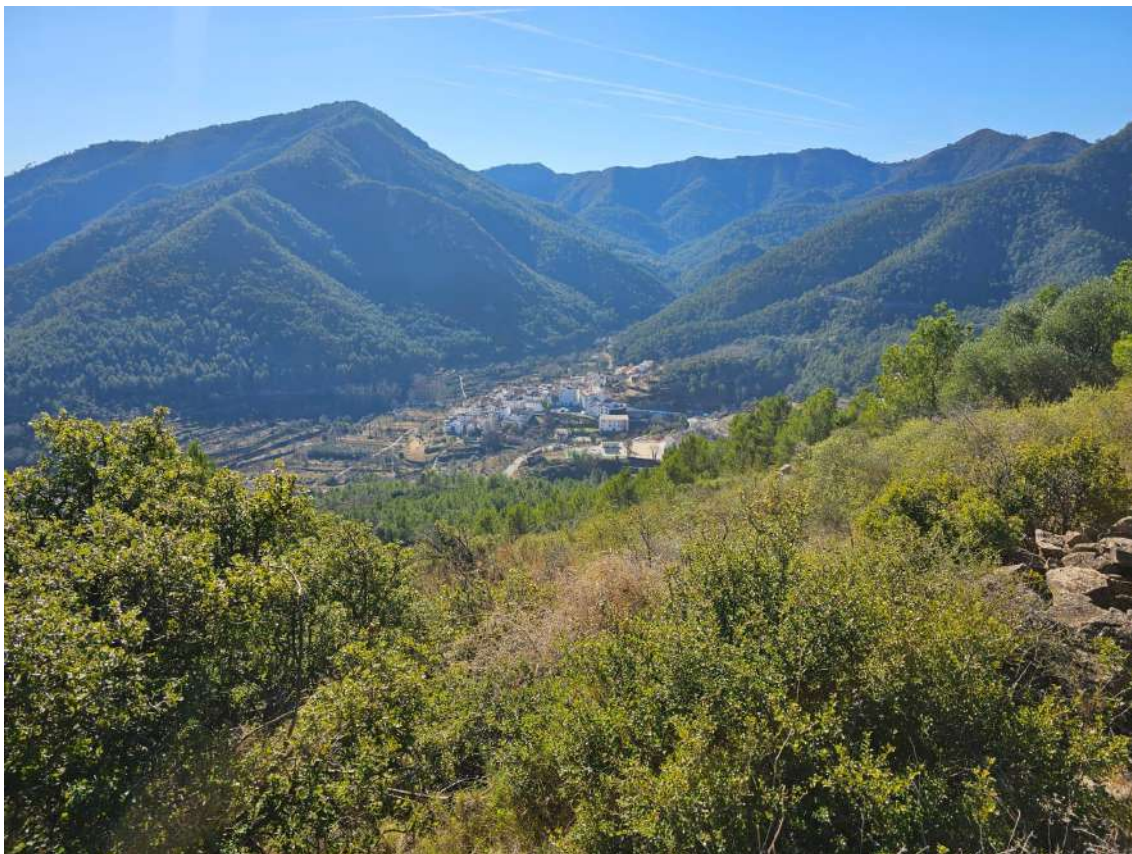
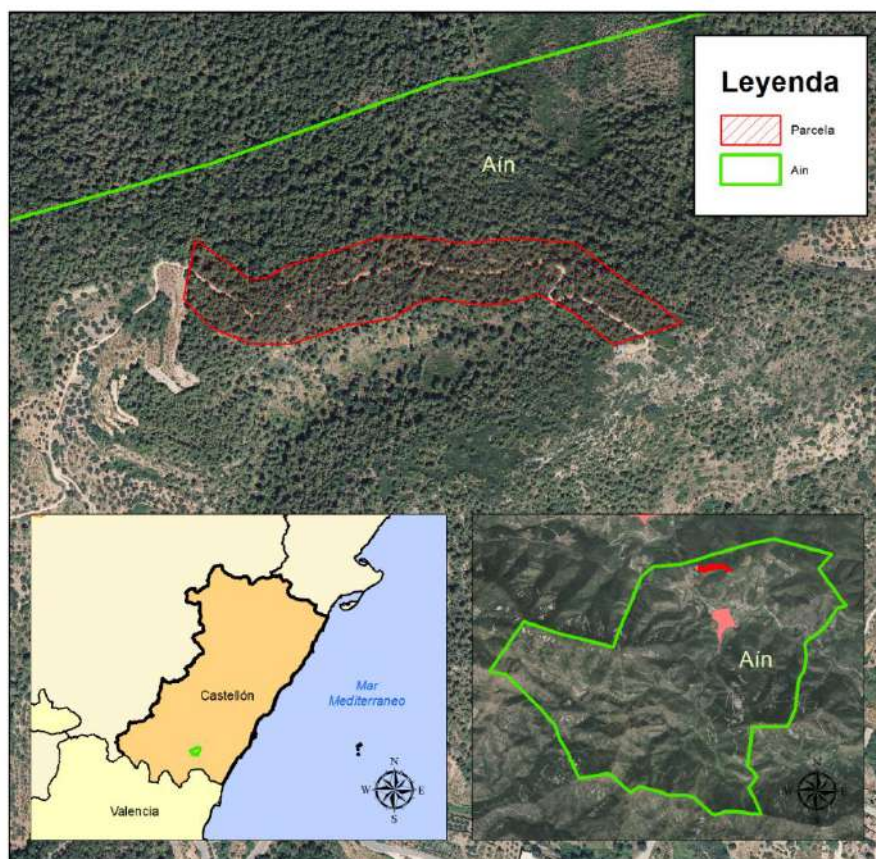


Figura 1. Vista general de Ain (Castellón)

Como se puede ver en el plano de localización, cercana al pueblo hay una zona que contiene una pista de acceso a un repetidor de telecomunicaciones. Para acceder mejor hasta ese punto y con el fin de facilitar la extinción de un incendio que surgiera en los montes colindantes, se realiza una limpieza de la mayoría de los pies a ambos lados de la pista.



AIDIMME INSTITUTO TECNOLÓGICO		Mapa		Localización de 25 pinos en Aín para la extracción de la madera	
WOODBYSAT		Desarrollo de métodos de análisis no destructivos y por teledetección para la optimización de la explotación y mejora de la calidad de madera de <i>Pinus halepensis</i>			
Norte 		0 87.5 175 350 Meters 		Escala 1:5 000	
Sistema de referencia ETRS89		Proyección UTM		Huso 30 Nº Mapa	

Figura 2. Mapa de localización de 25 pinos Ain.

La pista de acceso comentada transita por la zona alta de la montaña donde aparece una zona más llana en la que se han desarrollado pinos con madera de calidad. El fin último de estos pinos era destinarse a leñas o trituración, por ese motivo, se aprovechan para realizar las pruebas que

este proyecto requiere.

Previamente a efectuar ninguna prueba se localización los 25 árboles que cumplen con los requisitos para posteriormente realizar pruebas de rotura (dimensiones suficientes para formar vigas) y se marcan para facilitar la posterior realización de las pruebas y que los operarios que allí trabajan dejen trozas de unas dimensiones ligeramente superiores a 2 metros una vez cortados. Estas trozas de 2 metros son las que posteriormente se extraen del monte y se llevan al aserradero para formar vigas y realizar las pruebas.

Los criterios de selección consisten en:

- Pertenecer a la especie *Pinus halepensis*.
- Tener un diámetro mínimo de 20 cm.
- No tener imperfecciones destacables hasta una altura de 2 metros.

El marcado consiste en pintar con un spray una línea abajo cerca de la base y otra un poco más de 2 metros arriba para que el operario siga esas líneas a la hora de cortar. Además, se ata una cinta en la mitad del árbol para que destaque del resto y se pinta con spray el número al que corresponde. En las siguientes imágenes se muestran los árboles marcados y las dimensiones y características de estos.



Figura 3. Pino 1

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS



Figura 4. Pino 2

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS

7



Figura 5. Pino 3

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS



Figura 6. Pino 4

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS



Figura 7. Pino 5

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS

10



Figura 8. Pino 6

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS



Figura 9. Pino 7

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS



Figura 10. Pino 8

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS



Figura 11. Pino 9

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS



Figura 12. Pino 10

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS



Figura 13. Pino 11

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS



Figura 14. Pino 12

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS



Figura 15. Pino 13

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS

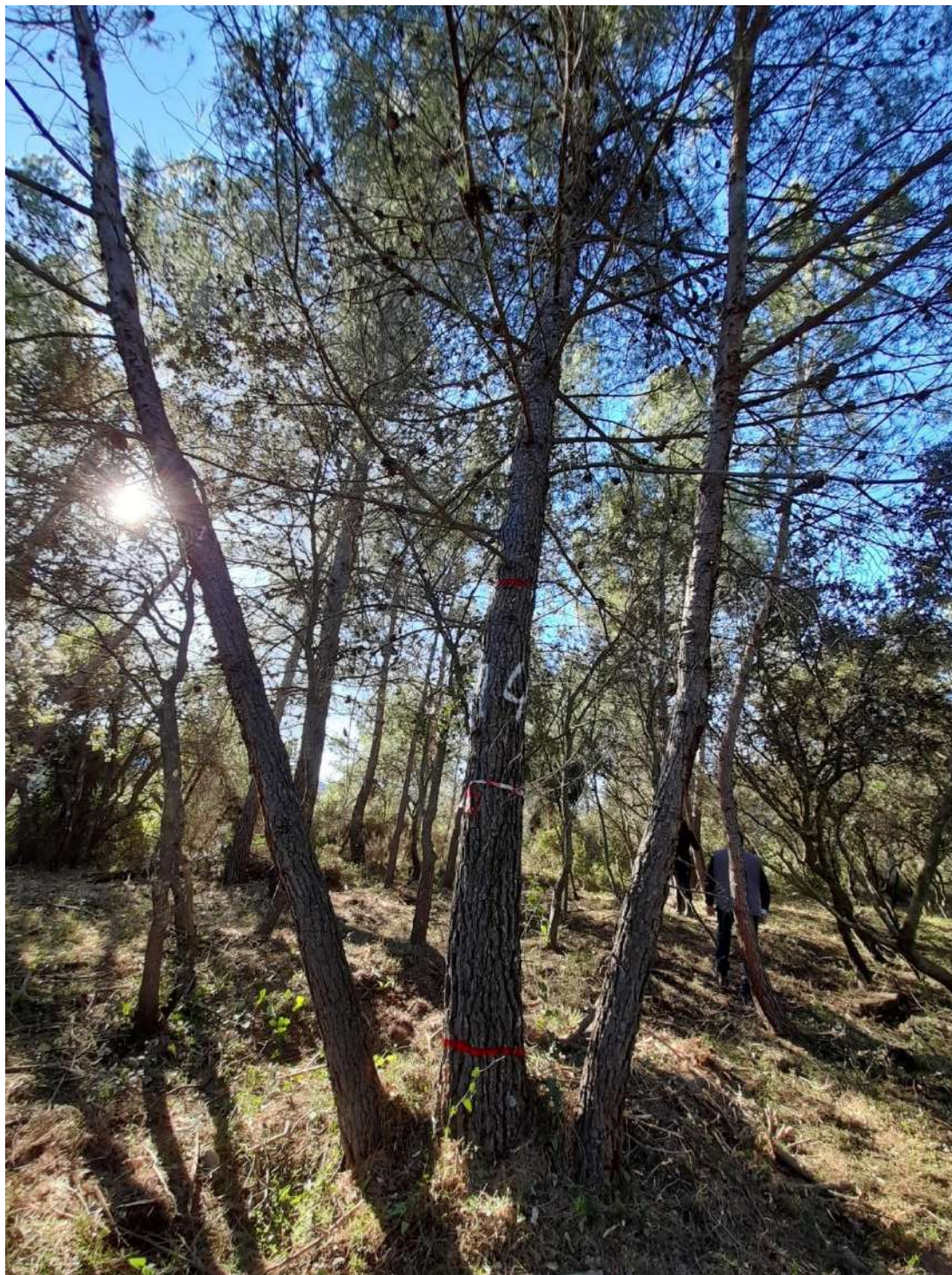


Figura 16. Pino 14

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS



Figura 17. Pino 15

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS



Figura 18. Pino 16

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS



Figura 19. Pino 17

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS



Figura 20. Pino 18

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS



Figura 21. Pino 19

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS



Figura 22. Pino 20

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS



Figura 23. Pino 21

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS

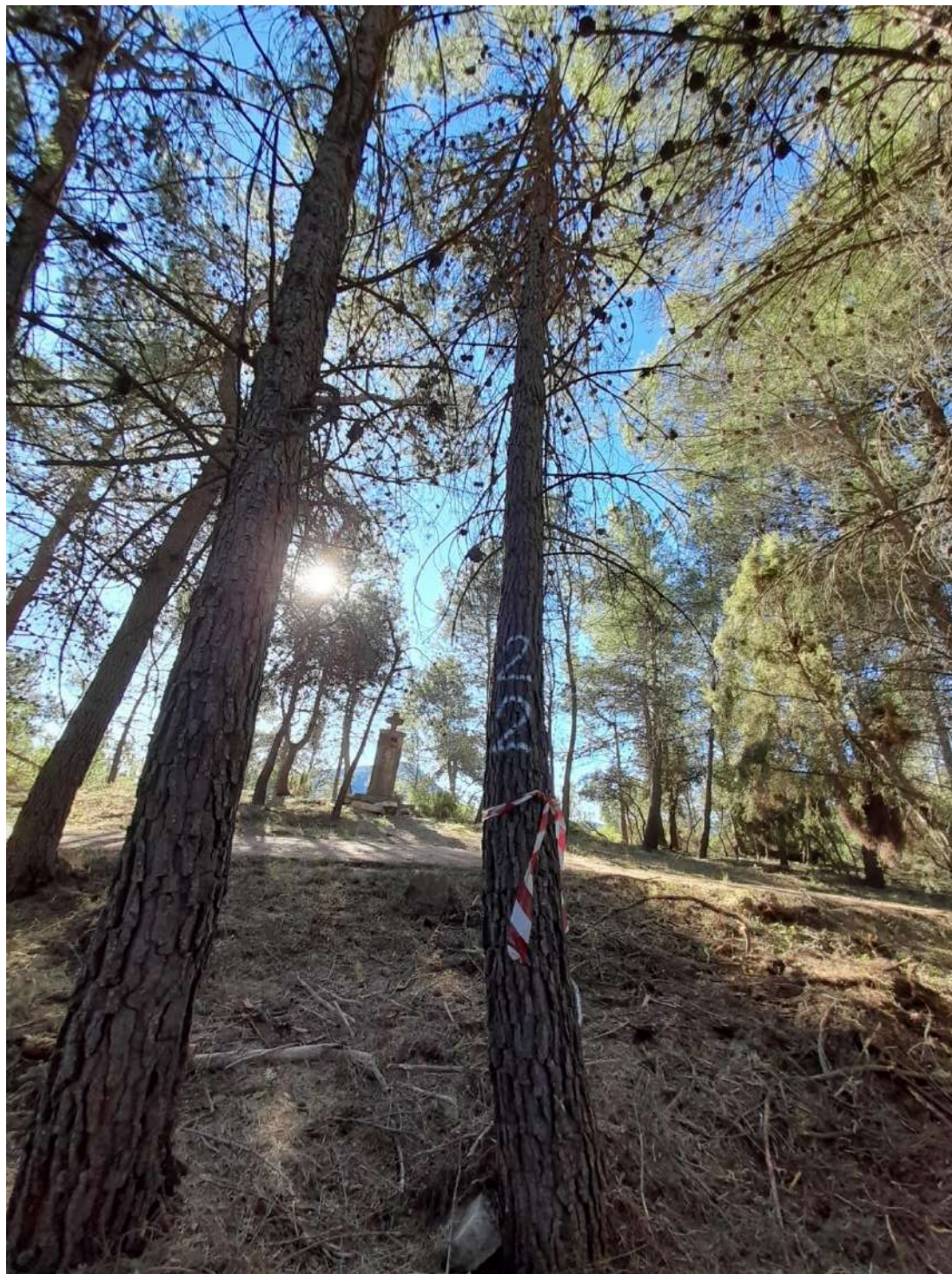


Figura 24. Pino 22

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS

27



Figura 25. Pino 23

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS



Figura 26. Pino 24

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS



Figura 27. Pino 25

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS

Antes de realizarse la corta y con los árboles en pie se realizan las siguientes mediciones:

- Medición del diámetro.
- Calidad visual del árbol en pie.
- Mediciones indirectas con el Sylvatest 4 a 1 y 2 m.
- Fractómetro en los primeros 10 árboles.

Justo después de realizar la corta con el árbol en verde:

- Mediciones directas con el Sylvatest 4.
- Obtención de la densidad y cálculo del MOE y el MOR.
- Mediciones con el Fakopp.
- Resistógrafo en la parte inferior del árbol (para comparar anillos con rodaja en la que se ven los anillos).
- Corte de rodaja en la parte inferior del árbol.

Una vez medidos estos datos se procede a llevar las trozas a un aserradero que se ocupa de cortar y secar las trozas para que formen vigas de 10 x 7 cm.

Con las vigas secas y dimensionadas se realizan las siguientes pruebas:

- Mediciones directas con el Sylvatest 4.
- Rotura con métodos convencionales.

En el caso de los pinos de Ain no se obtienen datos de teledetección ya que al ser árboles individuales que no se corresponden con una masa completa no se pueden analizar como el resto de parcelas ya que los datos también se expresan por cuadrículas mayores.

2.2 Parcelas proyecto WOODFOREST SATELLITE

En el proyecto WOODFOREST SATELLITE se estudiaron 15 parcelas a lo largo de la Comunitat Valenciana, 5 por cada una de las provincias.

La información que se extrajo de ellas iba dirigida a caracterizar mediante un inventario tradicional y novedoso las parcelas, para obtener gran variedad de características que permitieran saber mucha información de las mismas, pero en especial el volumen de madera de la parcela.

Gracias a los estudios realizados se tiene información de número de pies, altura, diámetro, ubicación de pies, centro de la parcela, nube de puntos TLS (Láser Escáner Terrestre), marcado de pies, datos de teledetección... Toda esa información sirve para facilitar el estudio que concierne a este proyecto dedicado a la calidad de la madera. Por ese motivo, se utilizan estas parcelas para el proyecto, ya que de esa manera hay datos relacionados con el inventario que

ya no es necesario evaluar o caracterizar de nuevo.

En estas parcelas (en los 5 primeros árboles de cada una) se evalúa:

- Calidad visual del árbol en pie.
- Mediciones indirectas con ultrasonidos Sylvatest 4 a 1 metro.

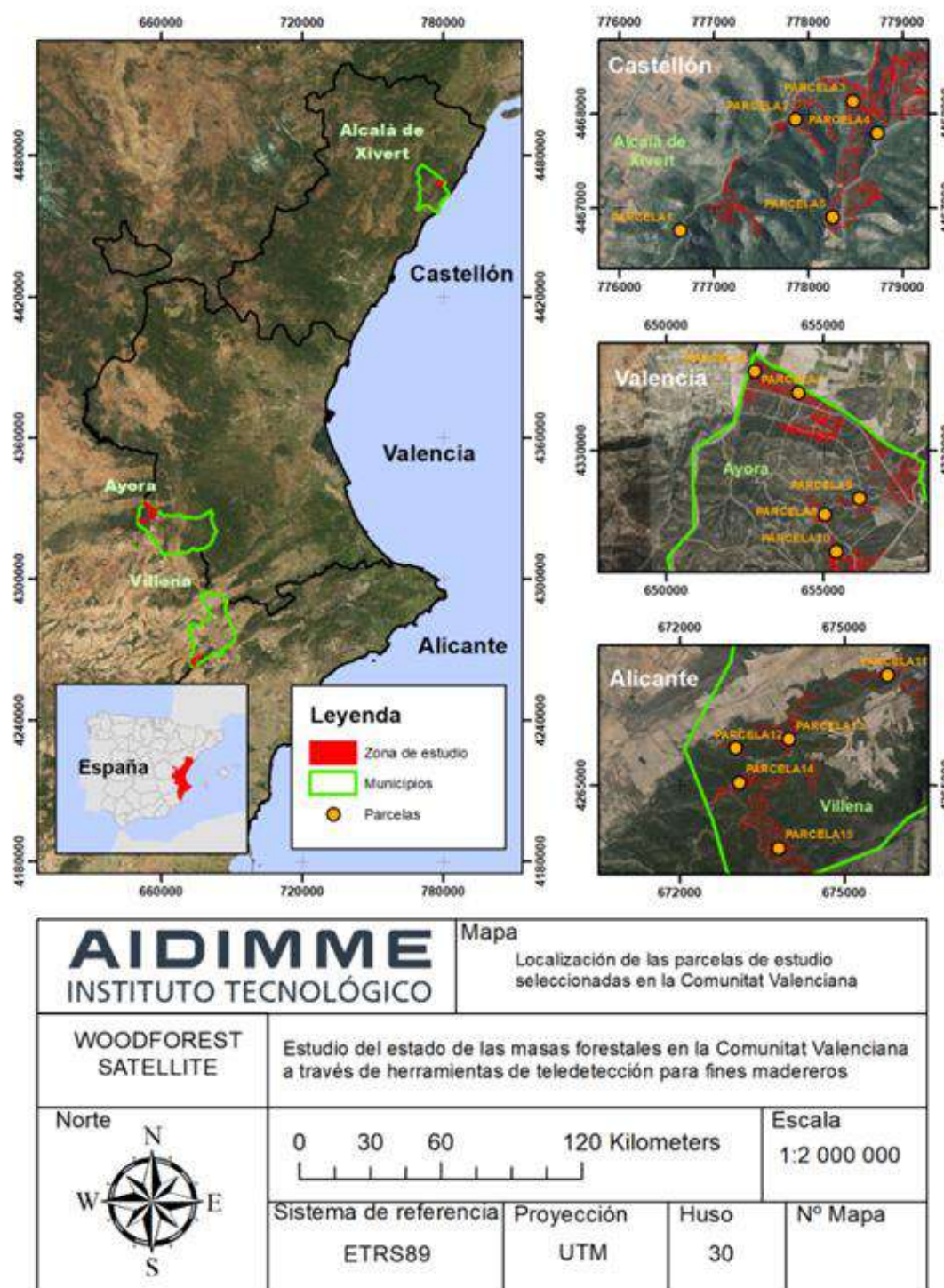
En los 2 primeros árboles de cada una se evalúa:

- Extracción y almacenamiento de tubillón de crecimiento con barrena de pressler (a 1,3 m, altura estandarizada para el estudio de árboles en pie).
- Resistografías paralelas a tubillón de crecimiento (a 1,3 m)

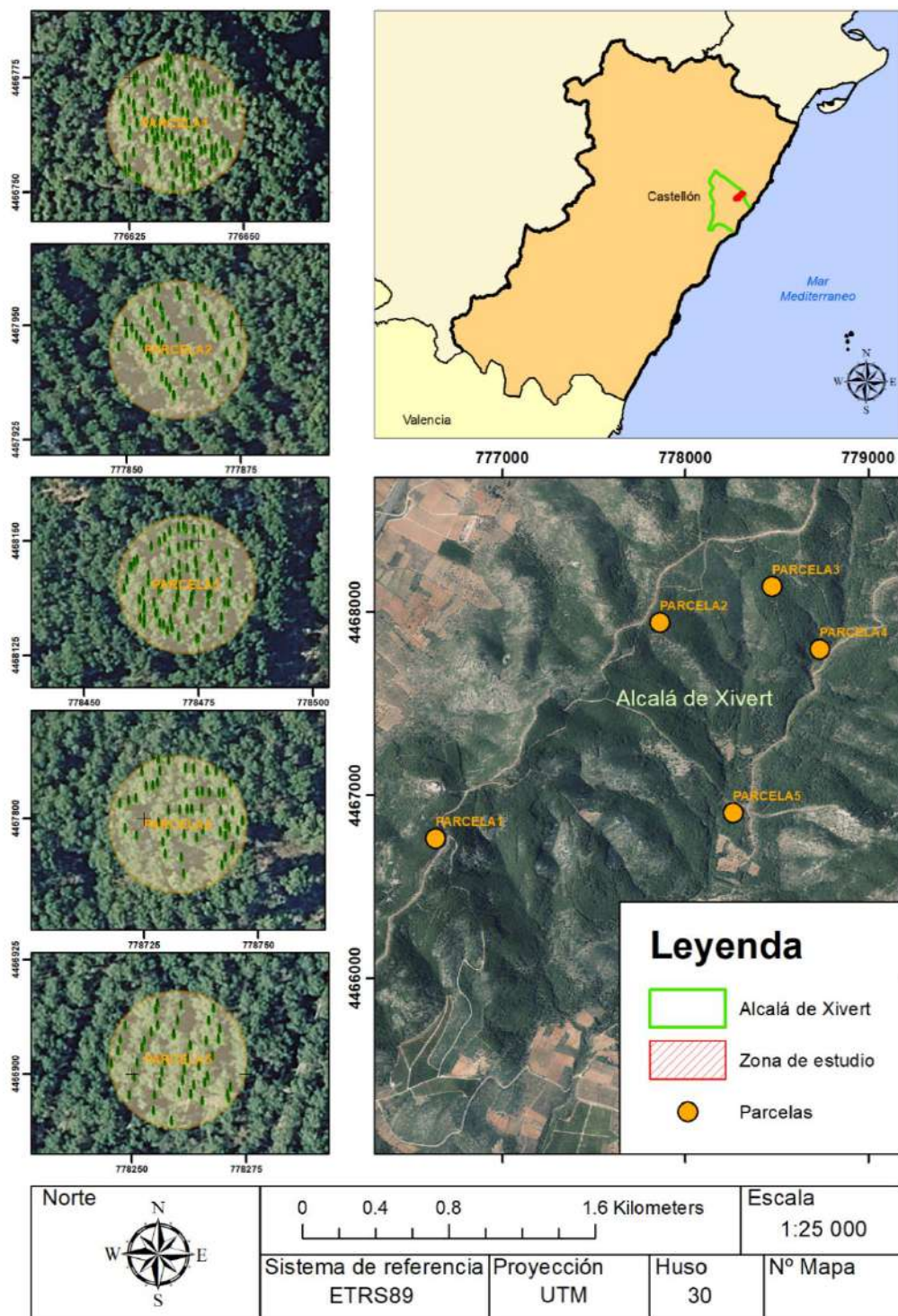
Respecto a la teledetección, se obtienen los datos de sentinel y pnoa actualizados para posteriormente compararlos con los datos recogidos de campo.

La numeración de las parcelas fue: 1 a 5 provincia de Castellón, 6 a 10 provincia de Valencia y 11 a 15 provincia de Alicante. Esa numeración se continúa en las nuevas parcelas que se obtienen del estudio del entregable 5.1.

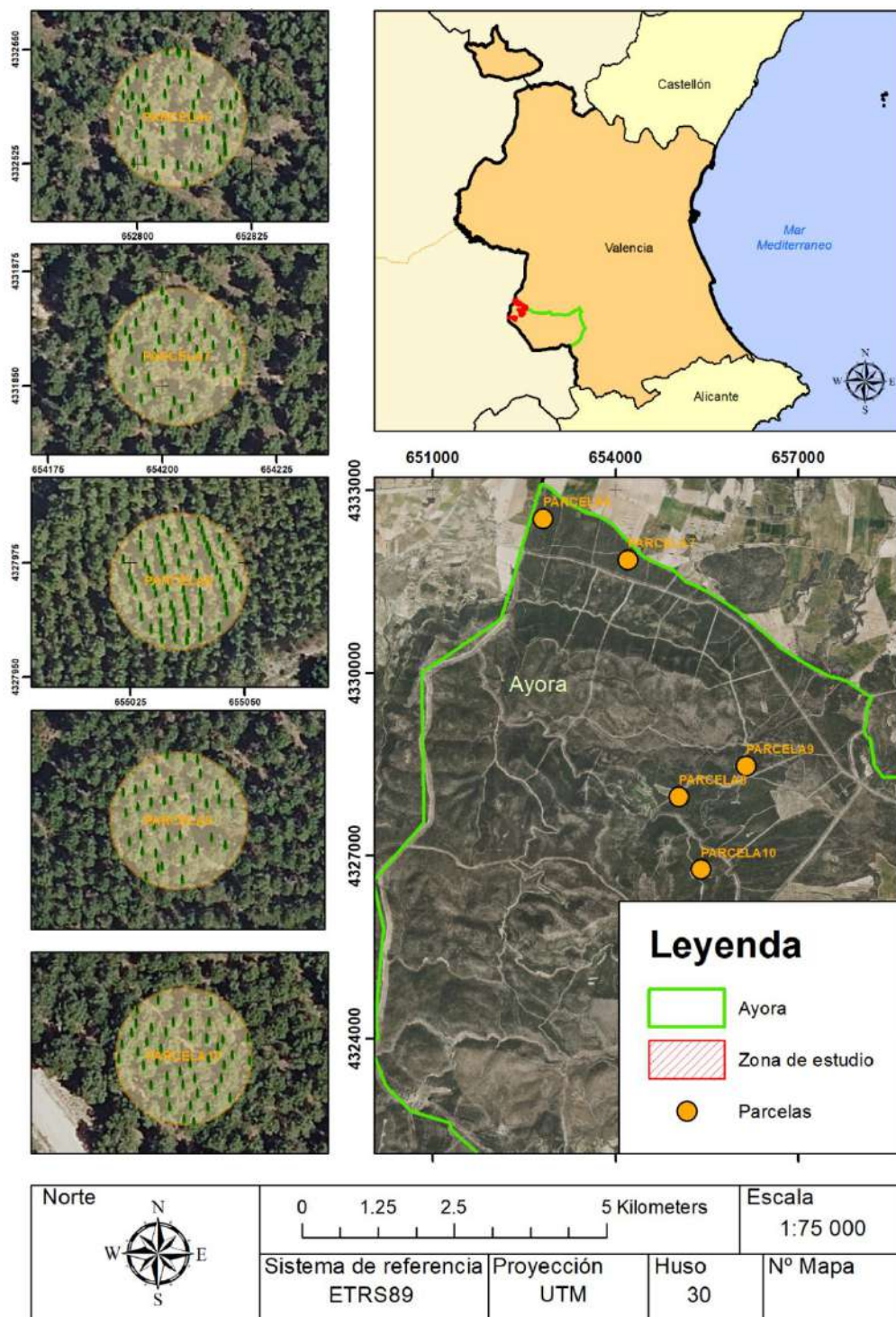
En las siguientes imágenes se puede ver la localización de las 15 parcelas en la CV y en las provincias.



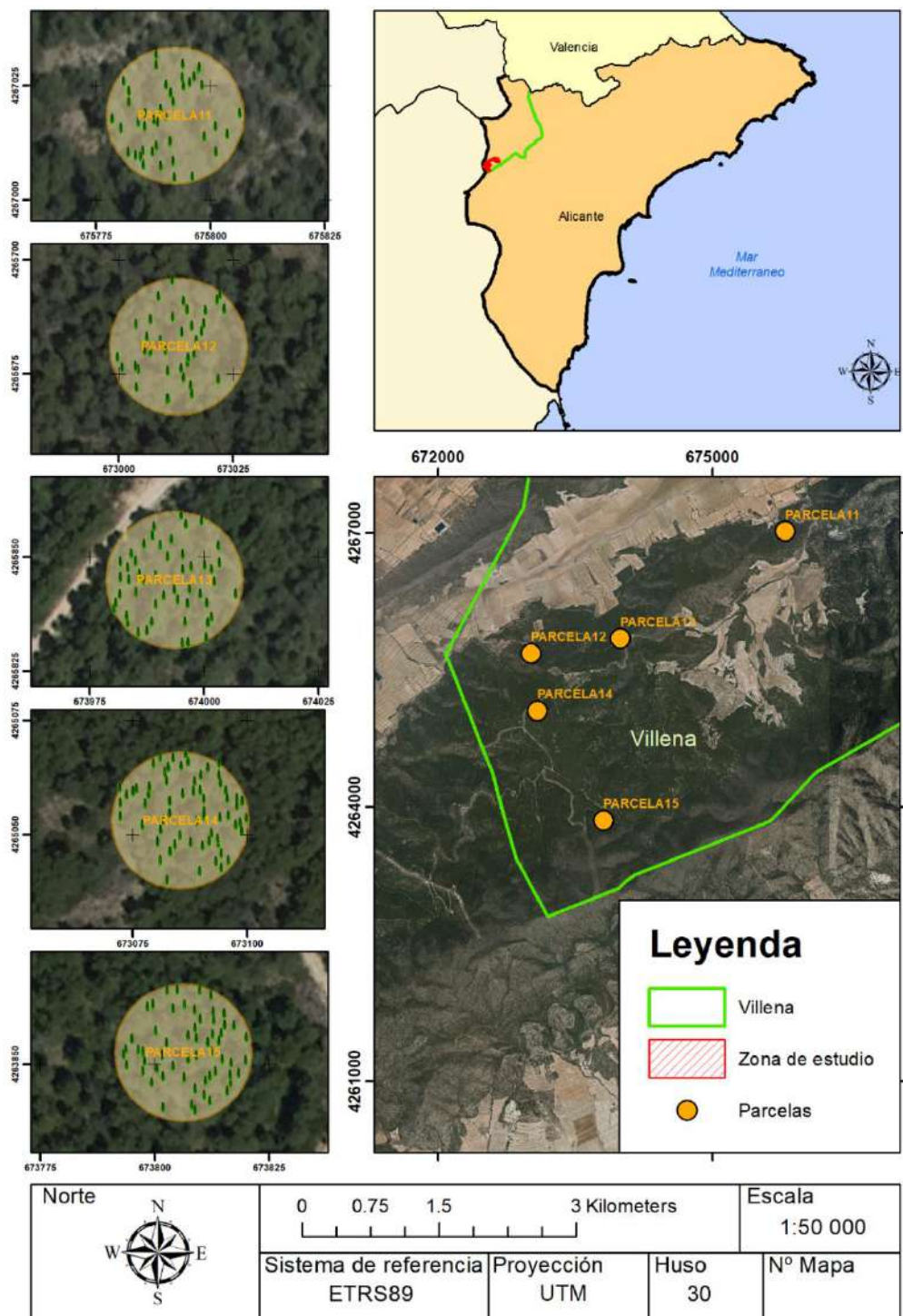
BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS



BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS



BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS



BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS

La etiqueta numérica que le corresponde a cada uno de los 5 árboles de cada parcela analizados sigue la misma numeración del año anterior ya que están marcados, pero añadiendo por delante el número de parcela. Por ejemplo, el árbol 3 de la parcela 11 se llama 11.3, el árbol 5 de la parcela 2 se llama 2.5, etc.

En algunos casos, la medición no coincide con los primeros 5 árboles de cada parcela por la dificultad de realizar la medición o por algún tipo de fallo en el instrumental que impide esa extracción de información en algunos de los pinos. Aquí se muestra una tabla con los pinos analizados por parcela:

Tabla 1. Nº de los pinos de cada parcela

PARCELA	Nº DE PINOS	PARCELA	Nº DE PINOS
1	1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5	9	9.1, 9.2, 9.3, 9.4, 9.5
2	2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5	10	10.1, 10.2, 10.3, 10.4, 10.5
3	3.1, 3.2, 3.3, 3.4, 3.5	11	11.1, 11.2, 11.3, 11.4, 11.5
4	4.1, 4.2, 4.3, 4.5, 4.6	12	12.1, 12.2, 12.3, 12.4, 12.5
5	5.3, 5.5, 5.6, 5.7, 5.8	13	13.1, 13.2, 13.3, 13.4, 13.5
6	6.1, 6.2, 6.3, 6.4, 6.5	14	14.1, 14.2, 14.3, 14.4, 14.5
7	7.1, 7.2, 7.3, 7.5, 7.6	15	15.1, 15.2, 15.3, 15.4, 15.5
8	8.1, 8.2, 8.3, 8.4, 8.5		

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS

En los siguientes puntos se muestra una imagen de cada uno de los árboles analizados con su nombre, de esta forma se tiene una recopilación gráfica de todos los pinos sobre los que se extraen los datos.

2.2.1 Parcela 1



Figura 28. Pino 1.1.

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS



Figura 29. Pino 1.2.

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS



Figura 30. Pino 1.3.

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS



Figura 31. Pino 1.4.

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS



Figura 32. Pino 1.5.

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS

2.2.2 Parcela 2



Figura 33. Pino 2.1.

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS



Figura 34. Pino 2.2

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS



Figura 35. Pino 2.3.

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS



Figura 36. Pino 2.4. y 2.5.

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS

2.2.3 Parcela 3



Figura 37. Pino 3.1.

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS



Figura 38. Pino 3.2.

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS



Figura 39. Pino 3.3.

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS



Figura 40. Pino 3.4.

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS



Figura 41. Pino 3.5.

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS

2.2.4 Parcela 4



Figura 42. Pino 4.1.

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS



Figura 43. Pino 4.2.

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS



Figura 44. Pino 4.3.

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS



Figura 45. Pino 4.5.

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS



Figura 46. Pino 4.6.

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS

2.2.5 Parcela 5



Figura 47. Pino 5.6.

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS



Figura 48. Pino 5.7.

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS



Figura 49. Pino 5.8.

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS

2.2.6 Parcela 6



Figura 50. Pino 6.1.

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS



Figura 51. Pino 6.2 y 6.3

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS



Figura 52. Pino 6.4

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS



Figura 53. Pino 6.5.

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS

2.2.7 Parcela 7



Figura 54. Pino 7.1.

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS



Figura 55. Pino 7.2

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS



Figura 56. Pino 7.3.

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS



Figura 57. Pino 7.5.

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS



Figura 58. Pino 7.6.

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS

2.2.8 Parcela 8



Figura 59. Pino 8.1.

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS



Figura 60. Pino 8.2.

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS



Figura 61. Pino 8.3. y 8.4.

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS



Figura 62. Pino 8.5.

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS

2.2.9 Parcela 9



Figura 63. Pino 9.1.

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS



Figura 64. Pino 9.2.

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS



Figura 65. Pino 9.3.

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS



Figura 66. Pino 9.4.

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS



Figura 67. Pino 9.5.

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS

2.2.10 Parcela 10



Figura 68. Pino 10.1.

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS



Figura 69. Pino 10.2.

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS



Figura 70. Pino 10.3.

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS



Figura 71. Pino 10.4.

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS



Figura 72. Pino 10.5.

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS

2.2.11 Parcela 11



Figura 73. Pino 11.1.

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS



Figura 74. Pino 11.2.

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS



Figura 75. Pino 11.3.

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS



Figura 76. Pino 11.4.

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS



Figura 77. Pino 11.5.

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS

2.2.12 Parcela 12



Figura 78. Pino 12.1.

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS



Figura 79. Pino 12.2.

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS



Figura 80. Pino 12.3.

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS



Figura 81. Pino 12.4.

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS



Figura 82. Pino 12.5.

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS

2.2.13 Parcela 13



Figura 83. Pino 13.1.

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS



Figura 84. Pino 13.2.

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS



Figura 85. Pino 13.3.

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS



Figura 86. Pino 13.4.

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS



Figura 87. Pino 13.5.

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS

2.2.14 Parcela 14



Figura 88. Pino 14.1.

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS



Figura 89. Pino 14.2.

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS



Figura 90. Pino 14.3.

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS



Figura 91. Pino 14.4.

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS



Figura 92. Pino 14.5.

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS

2.2.15 Parcela 15



Figura 93. Pino 15.1.

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS



Figura 94. Pino 15.2.

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS



Figura 95. Pino 15.3.

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS



Figura 96. Pino 15.4.

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS



Figura 97. Pino 15.5.

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS

2.3 Parcelas nuevas

El estudio realizado en el entregable 5.1. sirve para localizar tres zonas (una por provincia) con facilidad para albergar calidad de madera, hasta este punto se tienen las zonas, pero para especificar el estudio se tienen que colocar dos parcelas por cada una de dichas zonas (Ares, Serra y Agres).

La colocación se lleva a cabo con unas visitas de campo en las que se certifica que el estudio mediante herramientas SIG realizado en gabinete realmente ha localizado zonas con madera de calidad y se escogen dos parcelas por provincia en aquellos lugares más idóneos.

El primer paso consiste en ubicar el centro de la parcela con un GPS de precisión para evitar errores en los próximos cálculos. Conocido el centro de la parcela se procede a insertar y enterrar una estaca de hierro justo en el centro de la parcela para mantener la ubicación exacta en un futuro y otra estaca de madera pintada de rojo para visualizar el centro desde cualquier lugar.



Figura 98. Marcado centro de parcela.

El resultado es el siguiente:

- Ares: parcelas 16 y 17.
- Serra: parcelas 18 y 19.
- Agres: parcelas 20 y 21.

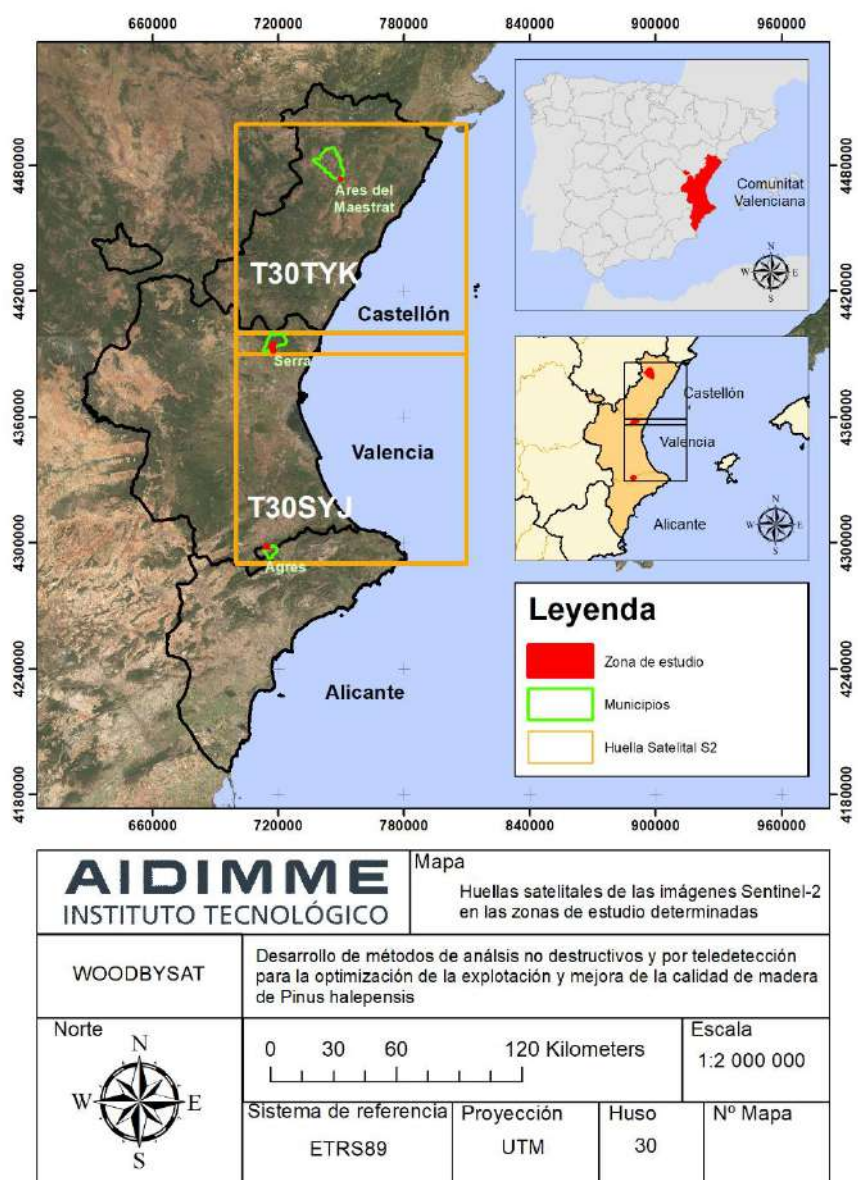


Figura 99. Localización de las parcelas nuevas.

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS



Figura 100. Parcela 16.



Figura 101. Parcela 17.

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS



Figura 102. Parcela 18.



Figura 103. Parcela 19.

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS



Figura 104. Parcela 20.



Figura 105. Parcela 21.

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS

La toma de datos en las parcelas nuevas tiene cosas en común con las parcelas anteriores y nuevas mediciones como el inventario pues en este caso no hay mediciones de ese tipo todavía, entonces se lleva a cabo un inventario, pero con la nueva tecnología del láser escáner terrestre (TLS).

Aquí se muestra un esquema de los trabajos y la toma de datos en las parcelas nuevas:

En los 5 primeros árboles de cada una se realiza:

- Marcado de la numeración con spray.
- Calidad visual del árbol en pie.
- Mediciones indirectas con ultrasonidos Sylvatest 4 a 1 metro.

En los 2 primeros árboles de cada una se evalúa:

- Extracción y almacenamiento de tubillón de crecimiento con barrena de pressler (a 1,3 m, altura estandarizada para el estudio de árboles en pie).

En un árbol representativo de la parcela:

- Muestra de densidad representativa de la parcela.

En toda la parcela:

- Inventario forestal con TLS.

Respecto a la teledetección, se obtienen los datos de sentinel y pnoa actualizados para posteriormente compararlos con los datos recogidos de campo.

Como ya se comenta anteriormente se sigue la misma numeración que las parcelas de WOODFOREST.

Tabla 2. Nº de los pinos de cada parcela

PARCELA	Nº DE PINOS
16	16.1, 16.2, 16.3, 16.4, 16.5
17	17.1, 17.2, 17.3, 17.4, 17.5

18	18.1, 18.2, 18.3, 18.4, 18.5
19	19.1, 19.2, 19.3, 19.4, 19.5
20	20.1, 20.2, 20.3, 20.4, 20.5
21	21.1, 21.2, 21.3, 21.4, 21.5

En los siguientes puntos se muestra una imagen de cada uno de los árboles analizados con su nombre, de esta forma se tiene una recopilación gráfica de todos los pinos sobre los que se extraen los datos.

2.3.1 Parcela 16



Figura 106. Pino 16.1.

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS



Figura 107. Pino 16.2.

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS



Figura 108. Pino 16.3.



Figura 109. Pino 16.4.



Figura 110. Pino 16.5.

2.3.2 Parcela 17

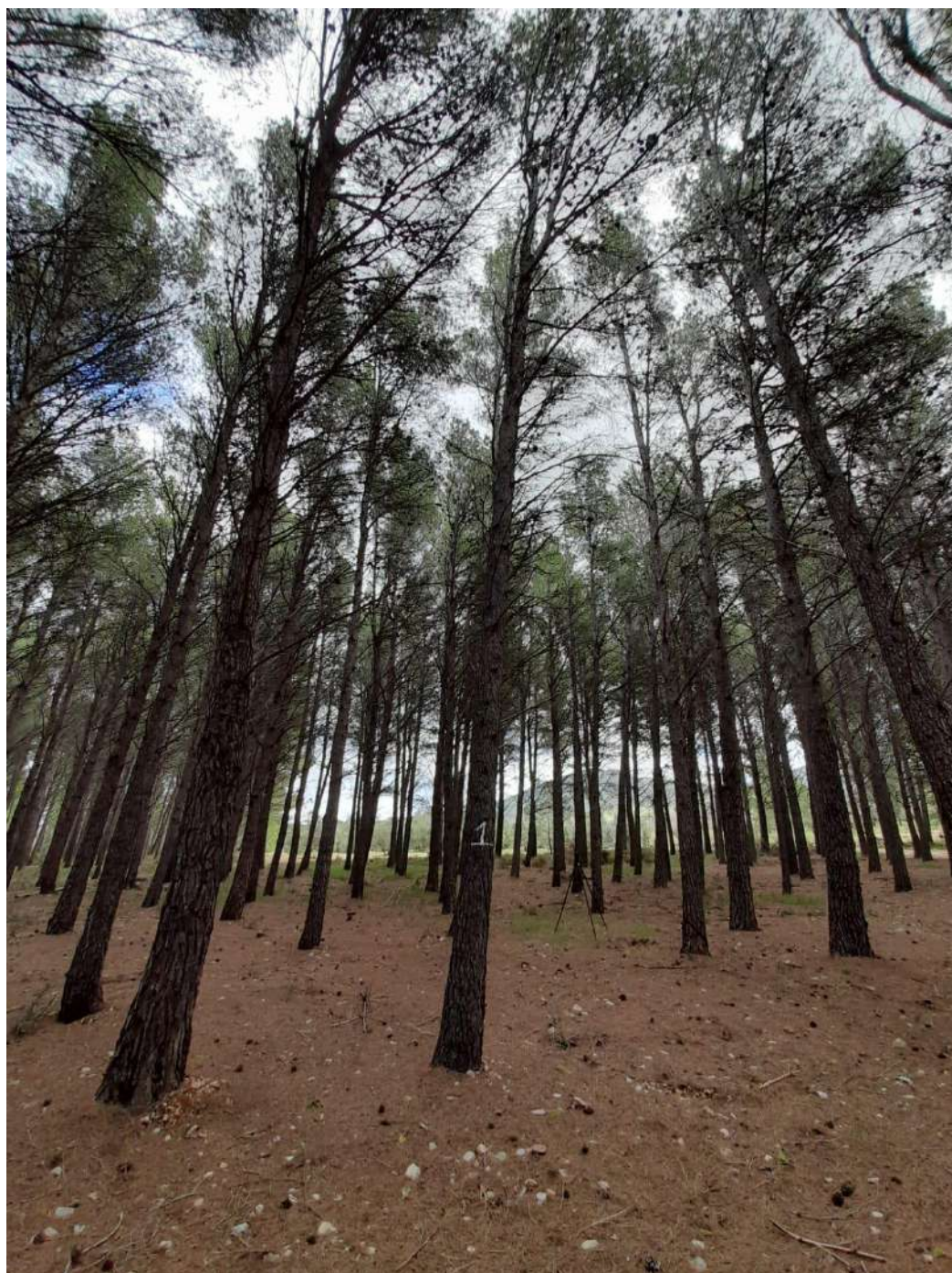


Figura 111. Pino 17.1.

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS



Figura 112. Pino 17.2.

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS

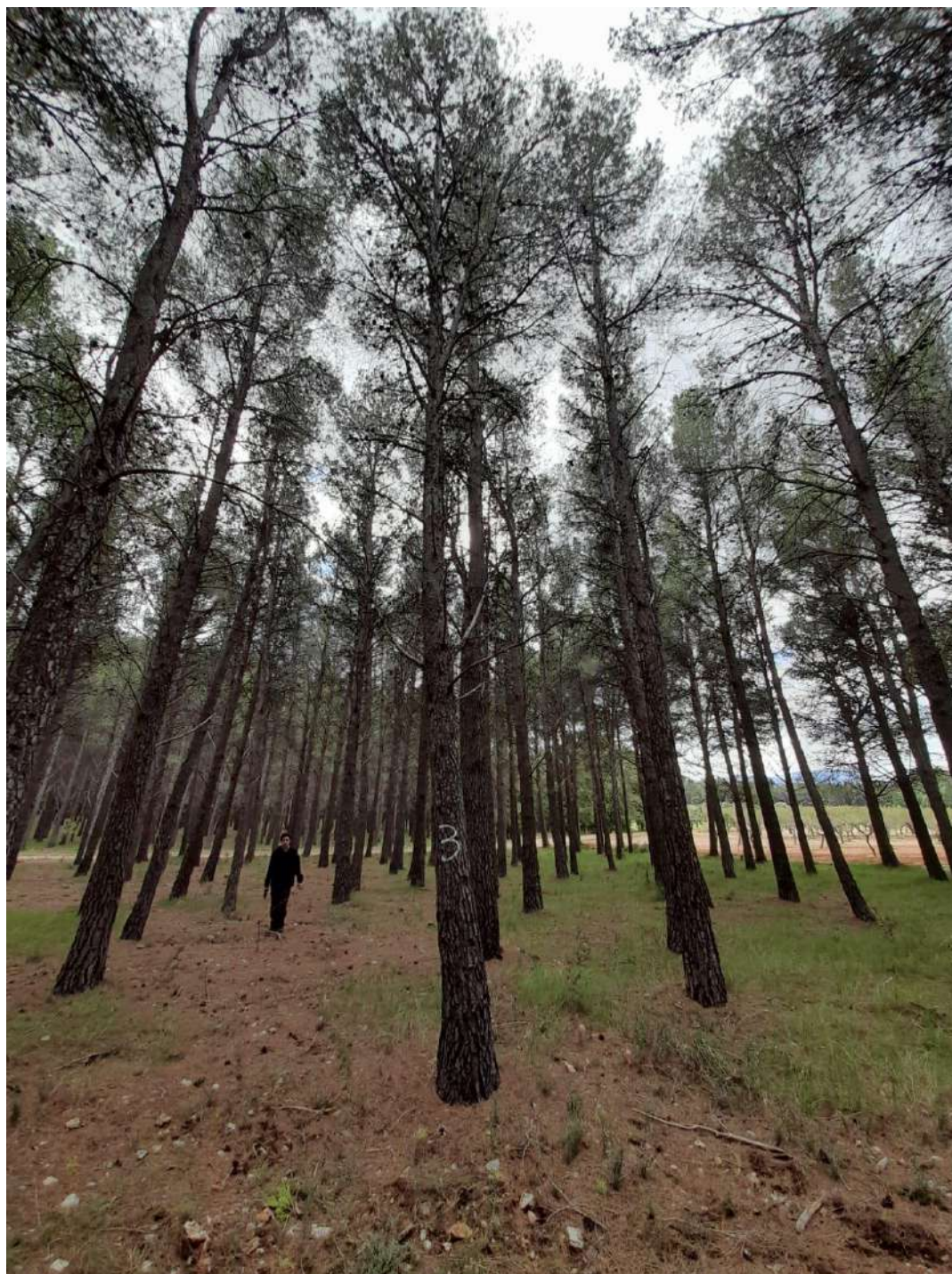


Figura 113. Pino 17.3.

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS



Figura 114. Pino 17.4.

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS



Figura 115. Pino 17.5.

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS

2.3.3 Parcela 18



Figura 116. Pino 18.1.

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS



Figura 117. Pino 18.2.

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS



Figura 118. Pino 18.3.

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS



Figura 119. Pino 18.4.

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS

2.3.4 Parcela 19



Figura 120. Pino 19.1.

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS



Figura 121. Pino 19.2.



Figura 122. Pino 19.3.

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS



Figura 123. Pino 19.4.

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS



Figura 124. Pino 19.5.

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS

2.3.5 Parcela 20



Figura 125. Pino 20.1.



Figura 126. Pino 20.2.

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS



Figura 127. Pino 20.3.



Figura 128. Pino 20.4.

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS



Figura 129. Pino 20.5.

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS

2.3.6 Parcela 21



Figura 130. Pino 21.1.

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS



Figura 131. Pino 21.2.



Figura 132. Pino 21.3.

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS



Figura 133. Pino 21.4.



Figura 134. Pino 21.5.

2.4 Trozas Incofusta

Se adquieren 17 trozas de *Pinus halepensis* por medio de la empresa Incofusta, S.L., para completar las trozas que se extrajeron de la parcela de Ain (de la 1 a la 25), las cuales se numeran a partir del último número de estas (de la 26 a la 42).

El objetivo de incluir estas trozas es el de complementar los ensayos destructivos de rotura con los no destructivos previos a la misma. En este caso no se pueden realizar las mediciones en el árbol en pies, pero si justo después de su apeo.



Figura 135. Trozas adquiridas a la empresa Incofusta, S.L



Figura 136. Trozas 26, 27 y 28



Figura 137. Troza 29



Figura 138. Troza 30 y 31



Figura 139. Troza 32, 33 y 34



Figura 140. Troza 33, 34 y 35



Figura 141. Trozas 36, 37 y 38



Figura 142. Trozas 41, 42 y 43

Una vez marcadas para distinguirlas, se les realiza los siguientes ensayos:

- Mediciones directas e indirectas con el Sylvatest 4.
- Obtención de la densidad, humedad y cálculo del MOE y el MOR, mediante corte de rodaja.
- Medición con resistógrafo en la parte inferior del árbol (para comparar anillos con rodaja en la que se ven los anillos)

2.4.1 Mediciones con el Sylvatest 4

El Sylvatest es una herramienta que, como ya se comenta en entregables anteriores, sirve para determinar la clasificación estructural de la madera. Esta herramienta, habitualmente, se utiliza para madera seca, sin embargo, en este caso se quiere evaluar su funcionamiento en madera verde con el árbol en pie, por ser un método no destructivo.

Se realizan dos tipos de mediciones:

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS

- Directa, en la cual se agujerean e insertan enfrentados los dos sensores, emisor y receptor, en la testa de las trozas.
- Indirecta, en la que los sensores se colocan enfrentados y separados 1 metro en la superficie longitudinal, con una inclinación $\leq 30^\circ$ para que las ondas acústicas se encuentren.

Durante el ensayo, estas mediciones se recogen con una aplicación móvil mediante bluetooth y los datos recogidos son: distancia, tiempo, velocidad de transmisión bruta y corregida. La humedad se establece como del 100% por estar la madera verde. Estos datos se recopilan tanto para medidas directas e indirectas y se introducen posteriormente en la base de datos.



Figura 143. Medida indirecta a 1 metro en troza 38



Figura 144. Medida directa en troza 30

2.4.2 Obtención de densidad, humedad y cálculo del MOE y MOR, mediante corte de rodaja.

Para aumentar la precisión de la medición de clasificación estructural con Sylvatest 4, se necesita la densidad real de la madera que se está evaluando.

Para tener la densidad de la madera seca en las trozas, se extraen rodajas de madera de cada una de ellas, se escuadran posteriormente en el laboratorio, se introducen en una estufa de secado. Una vez secas, se determina el volumen y la masa de las muestras extraídas y se determina la densidad.

La densidad que se necesita para conocer la clasificación estructural debe ser la de la madera seca, por ello, todo este procedimiento.



Figura 145. Rodajas cortadas de las muestras para determinar la densidad.

Se analizan 17 trozas sobre las que se realizan los ensayos de emisión y recepción de ultrasonidos y extracción de muestra de densidad. Una vez en el laboratorio, se determina que solo 9 de ellas pertenecen a la especie *Pinus halepensis*, por lo que el resto de las muestras se descartan, pero se mantiene su numeración inicial. Con la densidad y los valores de velocidad obtenidos se calcula el módulo de elasticidad y el módulo de rotura en verde.

Tabla 3. Valores de velocidad de ultrasonidos MOE y MOR de las trozas conseguidas por la empresa Incofusta a 1 y 2 metros medidos de forma indirecta y a 2 metros medidos de forma directa.

PINOS	DENSIDAD	VEL VERD 1M I	MOE VERD 1M I	MOR VERD 1M I	VEL VERD 2M I	MOE VERD 2M I	MOR VERD 2M I	VEL VERD 2M D	MOE VERD 2M D	MOR VERD 2M D
27	547	4196	9631	20,5	4017	8827	17,4	4065	9039	18,2
28	547	4636	11756	29,0	4595	11549	28,1	4644	11797	29,1
29	547	4332	10265	23,0	4656	11858	29,4	4727	12222	30,8
32	547	5344	15621	44,3	4536	11255	27,0	4729	12233	30,8
33	547	4793	12566	32,2	4329	10251	23,0	4392	10551	24,2

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS

34	547	4748	12331	31,2	3860	8150	14,7	4048	8963	17,9
35	547	4530	11225	26,9	3942	8500	16,1	4072	9070	18,3
39	547	5100	14227	38,7	4574	11444	27,7	4551	11329	27,3
40	547	4821	12713	32,7	4217	9727	20,9	4422	10696	24,8

Se calcula el MOE y el MOR para las tres mediciones en verde (indirecto a 1 y 2 metros y directo a 2 metros) y se observa las variaciones que se producen en función del tipo de medición para posteriormente analizar la correlación con la rotura real y poder ajustar la medición.

2.4.3 Mediciones con resistógrafo en la parte inferior de la troza (para comparar anillos con rodaja en la que se ven los anillos)

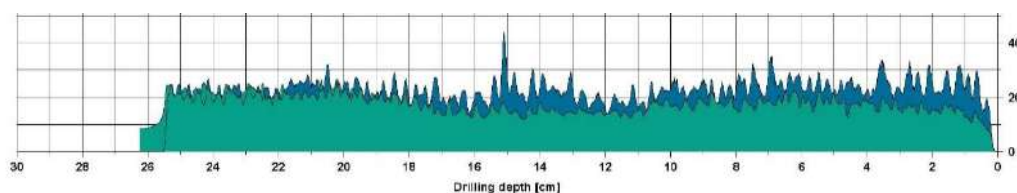
El resistógrafo es un equipo que mide la composición interna de la madera y lo registra en una gráfica (funcionamiento y utilidad explicado en entregables anteriores). La grafica que se genera al realizar el perfil resistográfico, muestra las variaciones de densidad que presenta el arbol a lo largo de su crecimiento (madera temprana, madera tardía, anillos de crecimiento, albura, duramen), con esta información que ofrece el equipo se busca poder llegar a determinar los crecimientos anuales de los anillos de forma no destructiva.

La manera utilizada comúnmente para determinar los anillos de crecimiento ha sido la barrena de pressler. Este método a pesar de ser poco invasivo realiza un orificio de mayor diámetro (5mm) que puede llegar a ocasionar daños en el propio árbol. En cambio, el orificio que realiza el resistógrafo es mucho menor (2mm).

Una vez se conocen los anillos de crecimiento se puede determinar la edad del árbol y el crecimiento anual, ese crecimiento se puede extrapolar a la masa y prever futuros aprovechamientos madereros, estableciendo la posibilidad, que es la cantidad de madera que se puede obtener de un monte sin poner en riesgo el aprovechamiento futuro del mismo.

En este caso, con el árbol ya cortado, se procede a realizar una resistografía en la base de cada una de las 17 trozas.

Una vez se realiza la resistografía y se marca la entrada y salida del resistógrafo, el siguiente paso consiste en cortar la rodaja con una motosierra para después en laboratorio poder contar los anillos y crecimiento y poder compararlo con la gráfica del resistógrafo. El corte de la rodaja se explica en el siguiente punto.



BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS

Figura 146. Troza nº 26

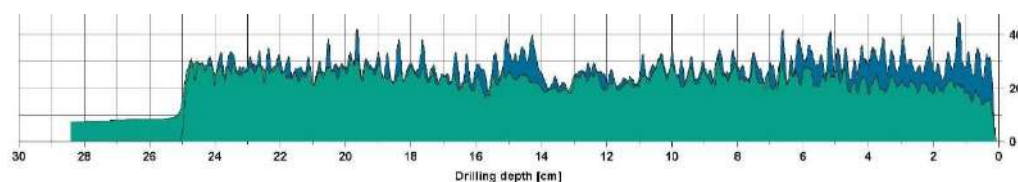


Figura 147. Troza nº 27

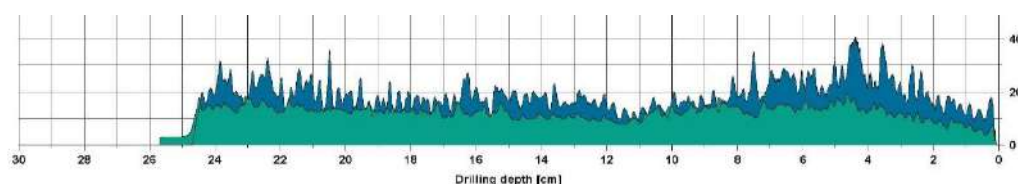


Figura 148. Troza nº 28

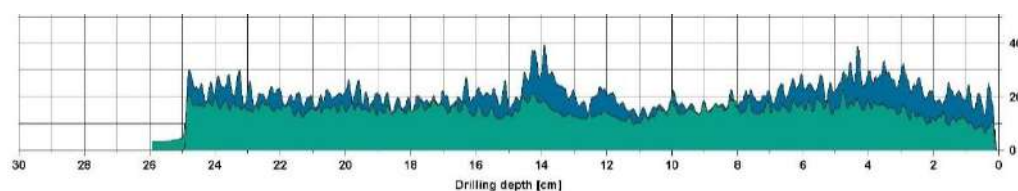


Figura 149. Troza nº 29

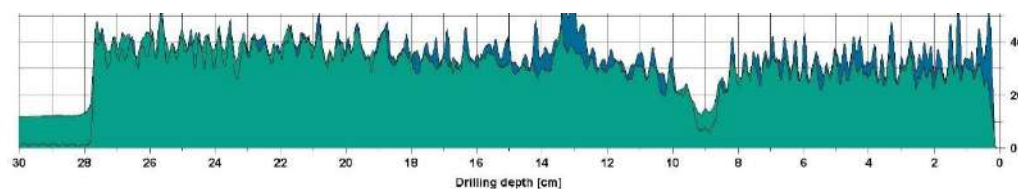


Figura 150. Troza nº 30

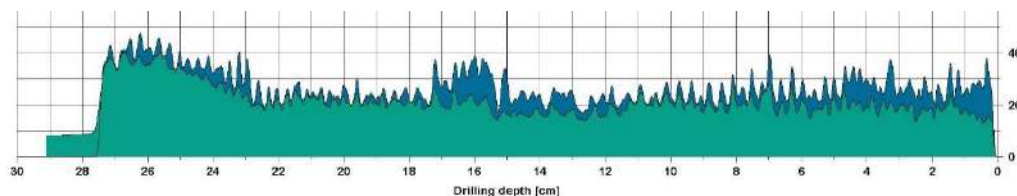


Figura 151. Troza nº 31

Posteriormente a las medidas tomadas de las trozas en verde, la empresa Incofusta, S.L., seca las mismas, hasta humedad de equilibrio y las secciona en vigas de 10 cm x 7 cm para realizar posteriormente los ensayos de resistencia a la flexión y módulo de elasticidad estática en maquina universal de ensayos en laboratorio, para así poder comparar los resultados obtenidos con los extraídos con el Sylvatest 4.

Este mismo proceso de seccionado, se realiza con las trozas extraídas y ensayadas de las parcelas de Ain.

3 Toma y procesamiento de datos de campo

La toma de datos de campo se basa en la recogida de información para completar la base de datos y así, en el siguiente entregable, poder estudiar las relaciones entre las variables de campo, las que se recogen de teledetección y aquellas que resultan de los métodos convencionales.

Como resultado de esta toma de datos, se van a obtener una serie de valores que se podrán analizar en varias fases. Dado que los ensayos de rotura solo se pueden obtener de las trozas extraídas de Ain y las adquiridas, de esos lotes se podrá obtener una relación directa entre las técnicas no destructivas en los distintos estados de la madera (árbol, troza recién apeada, viga aserrada) con los valores reales obtenidos del ensayo de rotura.

Por el contrario, en el resto de parcelas se obtendrán valores de calidad visual, teledetección y clasificación mediante ultrasonidos con los que se podrán establecer correlaciones con la calidad de la madera a partir de los obtenidos de Ain.

En los apartados siguientes se detallan el conjunto de ensayos y valores obtenidos de los trabajos de campo. Según fue avanzando la toma de datos, se decidió reducir el número de ensayos en las 21 parcelas dado que los resultados previos obtenidos carecían de relevancia. Uno de los ensayos suprimidos fue el de medición por ultrasonidos indirecto en árboles en pie a 2 metros. Este ensayo se suprimió, porque en análisis previos y con los datos de los pies analizados en Ain, la correlación entre la medición directa con la indirecta a 1 y 2 metros era elevada, por lo que llevar a cabo los dos ensayos solo iba a ocasionar la duplicidad de mediciones y un mayor daño a los árboles.

Otro de los ensayos que se decidió suprimir en las parcelas nuevas, es el de la medición de los crecimientos mediante la resistografía. Tras analizar los resultados obtenidos en los pinos de Ain y en los pinos de las 15 parcelas del proyecto WoodForest Satellite, se observó que la precisión del equipo de resistografía no disponía de la sensibilidad suficiente para detectar anillos con transiciones entre madera temprana y tardía mas suave o para detectar crecimientos muy pequeños.

También se suprimieron los ensayos con fractómetro y Fakopp. Los valores de resistencia obtenidos mediante el fractómetro, en los pinos de Ain, no guardaban prácticamente correlación con la medición de emisión y recepción de ultrasonidos. Al ser una técnica menos usada y apoyada por la bibliografía analizada en entregables anteriores, se decide descartar el ensayo para las parcelas. Con el equipo Fakopp se realizaron diversas mediciones alternando las dos tipologías de sensores de los que se disponía para el equipo. Tras diversas pruebas se observa la imposibilidad de realizar mediciones en madera verde y se determina que su uso es mas específico de madera seca.

3.1 Pinos Ain

Las diferentes tipologías de datos que se recogen en campo en los pinos de Ain están reflejadas en este esquema ya comentado en puntos anteriores, aquí se detalla cada una de las partes ilustrando con fotografías el proceso.

Antes de realizarse la corta y con los árboles en pie se realizan las siguientes mediciones:

- Medición del diámetro.
- Calidad visual del árbol en pie.
- Mediciones con indirectas con el Sylvatest 4 a 1 y 2 m.
- Fractómetro en los primeros 10 árboles.

Justo después de realizar la corta con el árbol en verde:

- Mediciones directas con el Sylvatest 4.
- Obtención de la densidad y cálculo del MOE y el MOR.
- Mediciones con el Fakopp.
- Resistógrafo en la parte inferior del árbol (para comparar anillos con rodaja en la que se ven los anillos).
- Corte de rodaja en la parte inferior del árbol.

3.1.1 Medición del diámetro

El diámetro es una variable característica del árbol que permite identificar y representar cada individuo. Además, se puede utilizar para calcular el volumen entre otras variables.

La medición se realiza alrededor de 1,3 m, ya que es la medida estándar para la realización de un inventario o para caracterizar un monte en los estudios de silvicultura. Esa medida es el D.A.P (Diámetro a la Altura del Pecho) y es de este modo por la facilidad de realizar gran número de mediciones en los casos que sea necesario.



Figura 152. Medición del diámetro en uno de los árboles objetivo



Figura 153. Medición del D.A.P. donde se muestra la altura de medición



Figura 154. Medición del diámetro en el árbol 3

3.1.2 Calidad visual del árbol en pie

El objetivo de estudiar la calidad visual del árbol en pie es ver posteriormente estudiar si, el número, diámetro y posición de las ramas influyen en la calidad de la madera. También se detalla si las ramas están muertas o vivas para ver esa influencia en la calidad de la madera.

Para ello se lleva un estadillo a campo y se analizan estas características con el árbol en pie antes de cortar, cumplimentando la siguiente tabla.

Tabla 4. Estadillo de campo para estudiar la calidad visual del árbol en pie

	H limpia ramas (m)	Ramas vivas	Dmax r.vivas (cm)	Ramas muertas	Dmax r.muertas (cm)

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS

< 2 m					
2 – 4 m					

Una vez se tiene esa plantilla completa se procesan los datos para poder comparar entre distintos árboles. Para ello se necesita dar valores a cada una de las variables, teniendo en cuenta que números mayores significarán una calidad visual peor y números más bajos una mejor calidad de madera.

La altura limpia de ramas es un valor importante al que se le dan los siguientes valores:

Hlimpia de ramas (m)	0,5	1	1,5	2	2,5	3	>=3,5
Puntuación	30	25	20	15	10	5	0

A partir de aquí los valores más altos (peor calidad) se ponen en el siguiente orden:

- Diámetro máximo (cm) de ramas vivas a menos de 2 m. Puntuación = $D_{max} * 4$.
- Diámetro máximo (cm) de ramas vivas entre 2 y 4 m. Puntuación = $D_{max} * 3$.
- Diámetro máximo (cm) de ramas muertas a menos de 2 m. Puntuación = $D_{max} * 2$.
- Diámetro máximo (cm) de ramas muertas entre 2 y 4 m (x 1). Puntuación = $D_{max} * 1$.

Algunos pinos tienen afecciones raras o crecimientos que perjudican la calidad de la madera como las bifurcaciones. En estos casos se le suma una cantidad al árbol según la característica.

- Bifurcación a 4 m (+5).
- Bifurcación a 3 m (+10).
- Bifurcación a 2,5 m (+15).
- Bifurcación a 2 m (+20).
- Bifurcación a 1 m (+30).
- Curvado tiene 2 m de alto (+30).

Conocidas las puntuaciones individuales, la fórmula de puntuación final queda de la siguiente

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS

manera:

Puntuación final = Puntuación Hlimpia de ramas + Puntuación Dmax de r. vivas a < 2 m + Puntuación Dmax de r. vivas entre 2 y 4 m + Puntuación Dmax de r. muertas < 2 m + Puntuación Dmax de r. muertas entre 2 y 4 m + Puntuación bifurcación o deformidad.

La clasificación por tipología de árbol queda de la siguiente manera:

CLASE	PUNTUACIÓN FINAL
A	<=10
B	11-20
C	21-30
D	>31

Una vez establecido el criterio de clasificación, se aplica sobre las mediciones recogidas en campo.

Tabla 5. Calidad visual de los pinos analizados en Ain.

ARBOL	ALTURA LIMPIA DE RAMA	RAMAS VIVAS <2M	D MAX RAMAS VIVAS <2M	RAMAS VIVAS ENTRE 2 Y 4 M	D MAX RAMAS VIVAS 2 Y 4 M	RAMAS MUERTAS <2M	D MAX RAMAS MUERTAS <2M	RAMAS MUERTAS ENTRE 2 Y 4 M	D MAX RAMAS MUERTAS 2 Y 4 M	PUNTUACION	CLASIFICACION
1	2	NO	0	NO	0	NO	0	SI	4	19	B
2	1	NO	0	SI	8	SI	2	SI	5	58	D
3	2	NO	0	NO	0	NO	0	SI	5	30	C
4	2	NO	0	NO	0	0	0	SI	5	20	B
5	1,5	NO	0	NO	0	SI	3	SI	3	29	C
6	1,5	NO	0	SI	5	SI	2	SI	4	43	D
7	1,5	NO	0	SI	5	SI	3	SI	5	46	D
8	1,5	SI	1	NO	0	SI	1	SI	3	29	C
9	1,5	NO	0	SI	7	SI	4	SI	8	57	D

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS

10	1	NO	0	SI	4	SI	3	SI	8	51	D
11	1	NO	0	NO	0	SI	2	SI	4	33	D
12	1,5	NO	0	SI	5	SI	3	SI	4	45	D
13	1,5	NO	0	SI	7	SI	2	SI	5	50	D
14	1	NO	0	SI	5	SI	1	SI	4	46	D
15	1,5	NO	0	NO	0	SI	3	SI	4	30	C
16	2	NO	0	NO	0	NO	0	SI	7	22	C
17	1,5	NO	0	NO	0	SI	2	SI	4	28	C
18	2	NO	0	NO	0	NO	0	SI	4	19	B
19	1,5	NO	0	NO	0	SI	4	SI	6	34	D
20	1,5	NO	0	NO	0	SI	3	SI	4	30	C
21	1	NO	0	NO	0	SI	2	SI	4	33	D
22	1,5	NO	0	NO	0	SI	2	SI	3	27	C
23	1,5	NO	0	NO	0	SI	3	SI	5	31	D
24	1,5	NO	0	NO	0	SI	1	SI	3	25	C
25	1,5	NO	0	NO	0	SI	2	SI	4	28	C

Analizando los resultados de la tabla, podemos observar que visualmente la mayoría de los árboles seleccionados se encuentran en una calidad B y C. Esta clasificación se debe principalmente a que la altura limpia de ramas está en todos ellos por debajo de los 2 metros, llegando como mucho a 2 metros. La presencia de ramas tanto vivas como muertas en los dos primeros metros y en los consecutivos hasta 4, indica un mayor número de nudos presentes en los futuros elementos aserrados que crean discontinuidades en la fibra de la madera y pueden influir significativamente en la calidad estructural de la madera. Por el contrario, a pesar de presentar una altura de ramas inferior a 2 metros de media, los árboles analizados presentan buen desarrollo y vigorosidad con un diámetro medio de los 25 árboles de 28 cm.

3.1.3 Mediciones con el Sylvatest 4

Se realizan mediciones de emisión y recepción de ultrasonidos a lo largo del proceso de toma de datos de los pies analizados en Ain. El equipo permite tomar mediciones tanto de forma directa como indirecta y a longitudes variables. Se decide realizar dos mediciones de tipo indirecto y una de forma directa. La medición directa solo se puede realizar con los pinos apeados, por lo que esta medición solo se va a realizar en los pinos seleccionados de Ain puesto que van a ser apeados posteriormente.

El motivo de realizar la medición directa e indirecta es comprobar si existe una variación en la velocidad de onda al realizar el ensayo de forma superficial (indirecto) sobre la zona de madera más joven y de albura, a realizarlo en una zona intermedia del tronco (directo) en el que la fibra es más homogénea y tiene menos probabilidad de encontrar anomalías o defectos superficiales.

Además de esta comparación entre medición directa e indirecta, se realizan las dos mediciones indirectas a 1 y 2 metros de distancia entre sensores para comprobar si la distancia entre sensores afecta a la velocidad.

Se observa que existe una correlación directa entre las mediciones indirectas a 1 y 2 metros y a su vez con la medida directa. Al realizar este análisis intermedio de los datos, se decide reducir el muestreo en el resto de las parcelas objeto de estudio, realizando solo la medición a 1 metro en las parcelas analizadas en el proyecto WoodForest Satellite y en las nuevas parcelas marcadas, con el fin de agilizar los muestreos y reducir los daños ocasionados a los pies analizados.

3.1.3.1 Mediciones indirectas con el Sylvatest 4 a 1 y 2 metros del suelo

El Sylvatest es una herramienta que, como ya se comenta en entregables anteriores, sirve para determinar la clasificación estructural de la madera. Esta herramienta, habitualmente, se utiliza para madera seca, sin embargo, en este caso se quiere evaluar su funcionamiento en madera verde con el árbol en pie, por ser un método no destructivo.

En este punto se realizan las mediciones a 1 y 2 metros para luego poder comparar los resultados con los métodos convencionales (rotura) y de esta forma conocer la relación existente entre una medición y otra. Esa medición se realiza de manera indirecta en este caso porque los sensores no pueden estar completamente enfrentados al estar el árbol en pie, se tiene que medir con los sensores inclinados.

Las mediciones con el Sylvatest solo requieren de un pequeño agujero en la madera para introducir el pincho de los ultrasonidos, esta herida acaba suponiéndose como no destructiva ya que tras la realización del agujero se puede añadir un cicatrizante y que no afecte ni al árbol en sí ni a su madera. En el caso de los pinos de Ain no se utiliza cicatrizante porque esos pinos se cortan tras realizar las mediciones necesarias.

Estas mediciones se recogen con una aplicación móvil mediante bluetooth y los datos recogidos son: distancia, tiempo, velocidad bruta y velocidad corregida. La humedad se establece como del 100% por estar la madera verde y, a partir de ahí y con otros datos, la aplicación recalcula de la velocidad bruta a la velocidad corregida. Estos datos se recopilan tanto para 1 metro como para 2 metros y, posteriormente, se introducen en la base de datos.

Medida

Humedad:

100 [%]

Distancia entre sondas:

107 [cm]

Medida indirecta:

☒

Medida Sylvatets

Digitalización de la señal:

☒



ST04-04-0033

✓ OK

Tiempo de propagación: 255 [µs]

Desviación estándar: 1,3 [%]

Cuentan de disparos válidos: 10

Resultados

Velocidad bruta: 4.196 [m/s]

Velocidad corregida: 4.965 [m/s]

MOE: 8.986 [MPa]

MOR: 18,0 [MPa]

C18

Figura 155. Ejemplo de los resultados que muestra la aplicación móvil

La aplicación aporta un MOE y un MOR directamente recalculando con una densidad que el supone, sin embargo, se necesita conocer la densidad real para obtener los resultados reales.



Figura 156. Sylvatest en árbol 1 a 2 m

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS



Figura 157. Sylvatest en árbol 2 a 1 m

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS

170



Figura 158. Sylvatest en árbol 3 a 2 m

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS



Figura 159. Sylvatest en árbol 4 a 1 m

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS



Figura 160. Sylvatest en árbol 5 a 2 m

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS

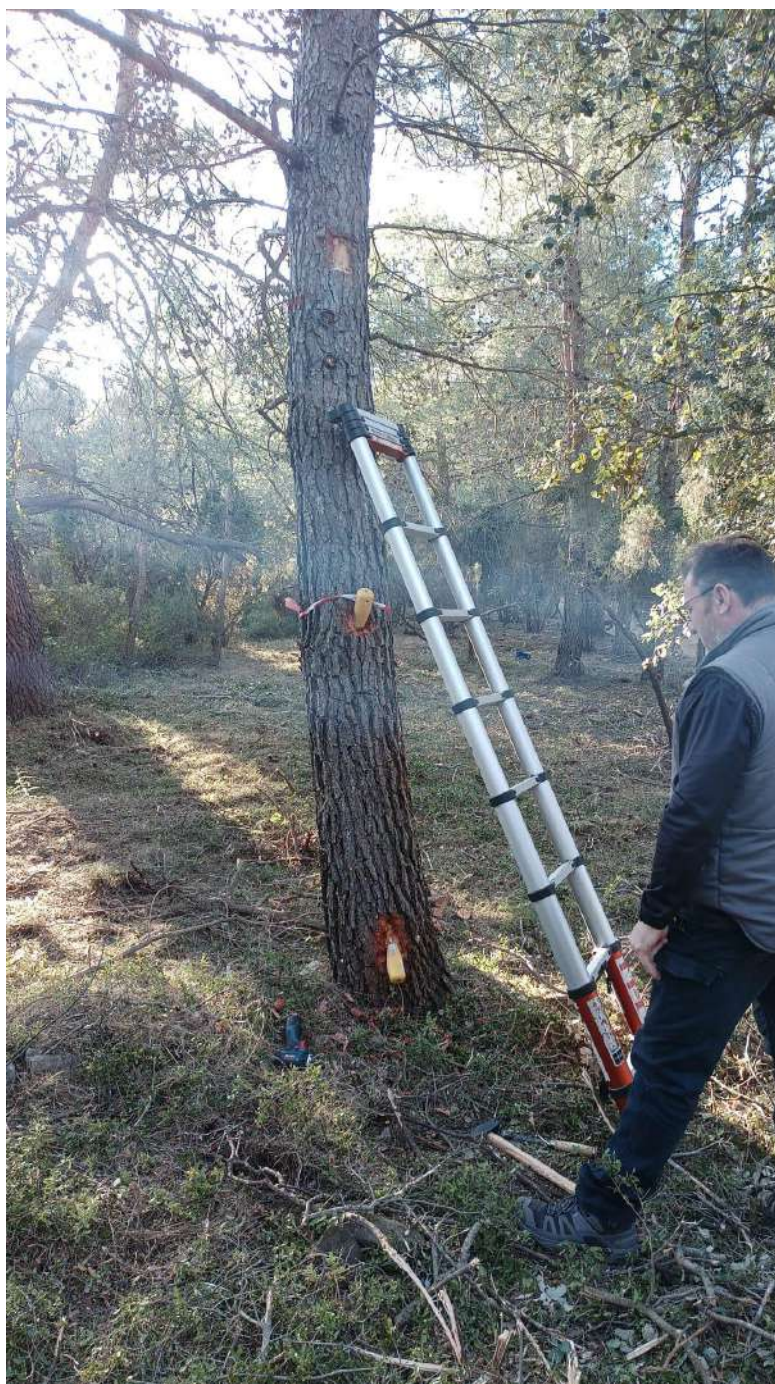


Figura 161. Sylvatest en árbol 6 a 10 m

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS



Figura 162. Sylvatest en árbol 7 a 2 m



Figura 163. Sylvatest en árbol 8 a 1 m

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS



Figura 164. Sylvestest en árbol 9 a 2 m



Figura 165. Sylvestest en árbol 10 a 1 m

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS



Figura 166. Sylvatest en árbol 11 a 2 m



Figura 167. Sylvatest en árbol 12 a 1 m

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS



Figura 168. Sylvatest en árbol 13 a 2 m



Figura 169. Sylvatest en árbol 14 a 1 m

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS



Figura 170. Sylvatest en árbol 15 a 2 m



Figura 171. Sylvatest en árbol 16 a 1 m

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS



Figura 172. Sylvatest en árbol 17 a 2 m



Figura 173. Sylvatest en árbol 18 a 1 m



Figura 174. Sylvatest en árbol 19 a 2 m



Figura 175. Sylvatest en árbol 20 a 1 m

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS



Figura 176. Sylvatest en árbol 21 a 2 m



Figura 177. Sylvatest en árbol 22 a 1 m



Figura 178. Sylvatest en árbol 23 a 2 m



Figura 179. Sylvatest en árbol 24 a 1 m

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS



Figura 180. Sylvatest en árbol 25 a 2 m

3.1.3.2 Mediciones directas con el Sylvatest 4

Las mediciones directas del Sylvatest se realizan del mismo modo que las indirectas (explicadas en puntos anteriores) pero enfrentando los sensores, por ese motivo, se realizan tras la corta de la troza del árbol.

El procedimiento es el mismo que ya se explica anteriormente obteniendo las mismas variables: distancia, tiempo, velocidad bruta y velocidad corregida. La humedad sigue siendo el 100 % porque las mediciones se realizan con el árbol recién cortado, entonces la humedad es la misma que con el árbol en pie.

Los resultados los muestra la aplicación igual que en el caso de la medición indirecta, pero en este caso la medición se realiza con la pestaña de “Medición indirecta” en blanco.

Medida

Humedad: 100 [%]

Distancia entre sondas: 204 [cm]

Medida indirecta: ☐

Medida Sylvatets

Digitalización de la señal: ☒



ST04-04-0033

☒ OK

Tiempo de propagación: 496 [µs]

Desviación estándar: 1,9 [%]

Cuentas de disparos válidos: 10

Resultados

Velocidad bruta: 4.114 [m/s]

Velocidad corregida: 4.883 [m/s]

MOE: 8.469 [MPa]

MOR: 16,0 [MPa]

C14

Figura 181. Medición directa con Sylvatets en árbol 21

En este caso ocurre lo mismo que en la medida indirecta, la aplicación transforma la velocidad corregida en un valor de MOE y MOR con una densidad preestablecida, sin embargo, para conocer la clasificación estructural real es necesario conocer la densidad real.

Todos los valores que se obtienen en estas mediciones se recopilan y se añaden a la base de datos para su posterior comparación con otras variables.



Figura 182. Medición directa con Sylvatest en árbol 12



Figura 183. Medición directa con Sylvatest en árbol 13

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS



Figura 184. Medición directa con Sylvatest en árbol 17



Figura 185. Medición directa con Sylvatest en árbol 21



Figura 186. Medición directa con Sylvatest en árbol 23



Figura 187. Medición directa con Sylvatest en árbol 24

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS



Figura 188. Medición directa con Sylvatest en árbol 25

3.1.3.3 Obtención de la densidad

La herramienta Sylvatest 4 aporta una velocidad de transmisión de las ondas de sonido y una clasificación estructural (MOE y MOR) con una densidad teórica que compone dicha herramienta, sin embargo, para aumentar la precisión de esa medición de clasificación estructural se necesita la densidad real de la madera que se está evaluando.

En el caso de los pinos de Ain hay una gran cantidad de pinos similares a los de estudio que se cortan para realizar el cortafuegos, de estos mismos, se extraen rodajas de madera que se cortan posteriormente en el laboratorio, se introducen en una estufa y se secan.

La densidad que se necesita para conocer la clasificación estructural debe ser la de la madera seca, por ello, todo este procedimiento.



Figura 189. Extracción de uno de los troncos recién cortados para obtener la densidad



Figura 190. Recorte de rodaja para la obtención de la densidad

3.1.3.4 Cálculo del MOE y el MOR

Una vez obtenida la densidad como se explica en el apartado anterior, se procede a calcular el MOE y el MOR, junto a los valores de velocidad que se han medido con el Sylvatest 4.

Los valores de MOE y MOR serán diferentes para los tres tipos de mediciones (a 1 metro, a 2 metros y directo) y se comparará posteriormente con los valores de rotura (valores reales de MOE y MOR) para ver qué valor de esos tres es más parecido y cómo conseguir los valores reales solo con las mediciones de campo.

Para calcular el MOE se utiliza la siguiente fórmula:

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS

$\text{MOE (N/mm}^2\text{)} = \text{velocidad corregida}^2 (\mu\text{s}) * \text{densidad (kg/m}^3\text{)}/1000000.$

Para calcular el MOR se utiliza la siguiente fórmula:

$\text{MOR (N/mm}^2\text{)} = (0,00396 * \text{MOE (N/mm}^2\text{)})-17,6.$

Tabla 6. Valores de velocidad de emisión de ultrasonidos, MOE y MOR medidos de forma indirecta a 1 y 2 metros y medidos de forma directa a 2 metros.

PINOS	DENSIDAD	VEL VERD 1M I	MOE VERD 1M I	MOR VERD 1M I	VEL VERD 2M I	MOE VERD 2M I	MOR VERD 2M I	VEL VERD 2M D	MOE VERD 2M D	MOR VERD 2M D
1	626	4501	12682	32,6	4226	11180	26,7	4693	13787	37,0
2	626	4245	11281	27,1	3802	9049	18,2	4180	10938	25,7
3	626	4965	15432	43,5	4202	11053	26,2	4387	12048	30,1
4	626	4932	15227	42,7	3392	7203	10,9	4580	13131	34,4
5	626	4998	15637	44,3	4330	11737	28,9	4765	14213	38,7
6	626	5102	16295	46,9	3546	7871	13,6	4700	13828	37,2
7	626	4454	12419	31,6	4224	11169	26,6	4297	11559	28,2
8	626	5214	17018	49,8	3081	5942	5,9	4839	14658	40,4
9	626	5030	15838	45,1	3087	5966	6,0	4342	11802	29,1
10	626	4819	14537	40,0	3692	8533	16,2	4437	12324	31,2
11	626	4840	14664	40,5	4477	12547	32,1	4598	13235	34,8
12	626	4081	10426	23,7	3915	9595	20,4	4045	10243	23,0
13	626	4693	13787	37,0	3080	5938	5,9	4474	12530	32,0
14	626	4675	13682	36,6	4304	11596	28,3	4284	11489	27,9
15	626	4467	12491	31,9	4170	10885	25,5	4149	10776	25,1
16	626	4387	12048	30,1	3105	6035	6,3	4440	12341	31,3
17	626	4691	13775	37,0	3380	7152	10,7	4202	11053	26,2
19	626	4757	14166	38,5	3504	7686	12,8	4502	12688	32,6
20	626	4715	13917	37,5	3749	8798	17,2	4485	12592	32,3
21	626	5050	15965	45,6	3162	6259	7,2	4883	14926	41,5
22	626	4666	13629	36,4	4021	10121	22,5	4399	12114	30,4
23	626	4225	11174	26,7	3087	5966	6,0	4446	12374	31,4
24	626	4971	15469	43,7	4359	11895	29,5	4560	13017	33,9
25	626	4576	13108	34,3	4147	10766	25,0	3990	9966	21,9

La tabla anterior, muestra los valores de MOE y MOR obtenidos de cada una de las tres mediciones realizadas sobre los 25 pinos de Ain. Estos valores de MOE y MOR serán los que posteriormente se compararán con los valores obtenidos por el ensayo de rotura para determinar la ecuación de ajuste de la medición mediante ultrasonidos.

3.1.4 Fractómetro

El fractómetro, como ya se explica en entregables anteriores, es una herramienta que sirve para conocer la flexión y compresión que resiste la madera de una muestra extraída en verde de un árbol en pie.

En el caso de los pinos de Ain se realiza las mediciones de compresión y flexión de los primeros 10 árboles, es decir, del número 1 al 10.

En primer lugar, para obtener el tubillón con el que realizar las pruebas, se necesita realizar un barrenado con la barrena de pressler y extraer el tubillón. La extracción se realiza a una altura superior de 2 metros para evitar interferir en la troza que posteriormente se lleva al aserradero para formar las vigas y evaluar la clasificación estructural mediante métodos convencionales.



Figura 191. Barrena de pressler en árbol 2



Figura 192. Barrena de pressler en árbol 3 donde se ve la extracción del tubillón



Figura 193. Barrena de pressler en árbol 8 donde se ve la extracción del tubillón

Una vez se extrae el tubillón de la barrena queda la muestra preparada para introducir en el
BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS

fractómetro.



Figura 194. Tubillón del árbol 5



Figura 195. Tubillón del árbol 9



Figura 196. Tubillón del árbol 10

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS

Con el tubillón listo, el siguiente paso consiste en introducirlo en el compartimento que el fractómetro tiene diseñado para el cálculo de la flexión. Esta rotura se tiene que hacer en menos de 30 minutos desde la extracción del tubillón para evitar que la madera cambie de humedad y todas las mediciones sean en las mismas condiciones.



Figura 197. Medición de la flexión con fractómetro del árbol 2

El valor de la rotura queda reflejado en el medidor central que tiene la aguja roja para quedarse anclada en el valor del momento de la rotura. La medición de la flexión se realiza en sentido antihorario.

Como el tubillón tiene madera tanto de los lados como del centro del árbol (médula) y cada una puede expresar un valor diferente, se decide realizar 5 medidas (2 de la madera de cada lado y una del centro). Con las 5 medidas se realiza una media y así se obtiene un valor que contempla toda la madera del tronco.



Figura 198. Medición de la flexión (medida 3/5) en el árbol 6

Con cada uno de los 5 trozos que quedan tras la rotura se procede a medir la compresión. Al igual que en la flexión, interesa utilizar madera de 5 zonas distintas del árbol y después hacer una media, de esta manera el resultado final se puede considerar mucho más representativo del árbol.

Para medir la compresión es necesario cortar el tubillón en cilindros de 5 mm de largo, para ello, el equipo del fractómetro lleva una pieza que tiene esa medida incorporada y con un cúter es fácil de formar la pieza.

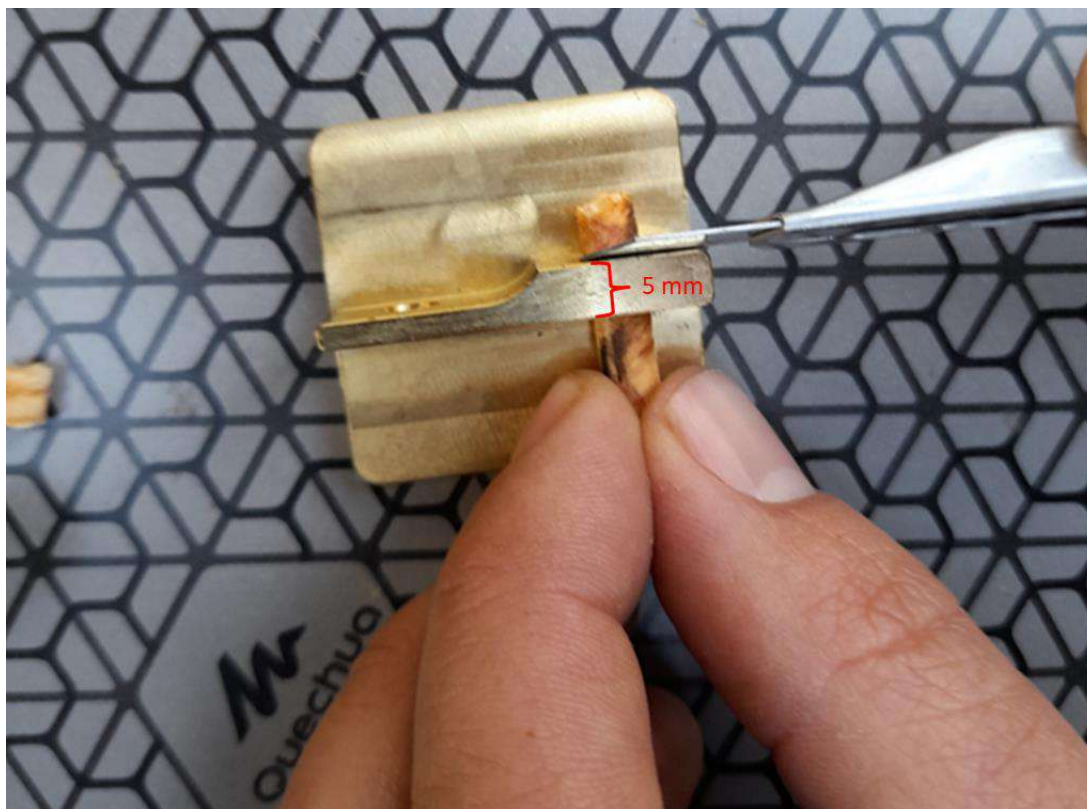


Figura 199. Recorte de tubillón para realizar la prueba de compresión con el fractómetro

En el momento que se tienen los 5 cilindros extraídos del tubillón se procede a realizar la prueba de compresión para obtener los 5 valores con los que luego se obtiene la media por árbol.

Las mediciones en este caso van en el sentido de las agujas del reloj.



Figura 200. Medición de la compresión del árbol 4



Figura 201. Medición de la compresión del árbol 7

Todos los valores de flexión y compresión de esos 10 primeros árboles se recopilan e incluyen

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS

200

en la base de datos para posteriormente estudiar su relación con el resto de las variables obtenidas.

3.1.5 Mediciones con el Fakopp

El Fakopp, como ya se explica en entregables anteriores, es una herramienta que también sirve para determinar la velocidad de transmisión del sonido y de esta manera calcular la clasificación estructural de una madera.

Esta herramienta debería medir la velocidad en madera verde, pero tras muchas pruebas se manifiesta que solo funciona con madera seca ya que la humedad no debe permitir el paso adecuado de la onda y por ese motivo no funciona.



Figura 202. Prueba de Fakopp en madera verde

Las pruebas se realizan en todas las posiciones posibles, con corteza y sin corteza, dejando la cara lisa al completo... pero ninguna de ellas funciona. Por ese motivo se determina que esta

herramienta solo se utiliza en este proyecto para madera seca, entonces ya no se realizan pruebas en campo con el Fakopp.

3.1.6 Obtención de los anillos de crecimiento

Los anillos de crecimiento determinan el crecimiento que ha sufrido el árbol a lo largo de un ciclo completo (1 año). A la hora de determinar el crecimiento de los anillos de crecimiento, se establecen tres metodologías de conteo.

- Conteo manual: mediante pie de rey para usar esa medida como referencia y contraste real de la medición
- Conteo mediante análisis de perfil resistográfico: en esta metodología se someten los perfiles resistográficos a su análisis mediante el programa peython
- Conteo mediante análisis de imagen: en esta metodología, se someten las imágenes de la sección transversal de los troncos a un programa de conteo de anillos MtreeRing.

En los apartados siguientes se explica la metodología y los procesos llevados a cabo para poder determinar el crecimiento anual con los distintos tipos de metodologías propuestas.

La medición manual se emplea para contrastar si las mediciones realizadas a través de los perfiles resistográficos o análisis de imagen, tienen la precisión suficiente como para validar la metodología.

Una vez realizados los análisis, se observa que las mediciones realizadas con los perfiles resistográficos presentan un mayor número de errores al no poder delimitar con precisión las pendientes que delimitan los anillos. Por el contrario, las mediciones con MtreeRing dan una mayor precisión aunque precisan de un ajuste manual posterior al conteo automático del propio programa.

3.1.6.1 Resistógrafo en la parte inferior del árbol

El resistógrafo es un equipo que sirve para ver mediante una gráfica la composición interna de la madera (funcionamiento y utilidad explicado en entregables anteriores). La gráfica que aporta puede llegar a diferenciar anillos de crecimiento, entonces lo que se busca con el muestreo de campo es comprobar y ajustar los resultados de dichas gráficas para tener una herramienta que visualice los anillos de crecimiento de manera no destructiva.

La manera utilizada comúnmente para determinar los anillos de crecimiento ha sido la barrena de pressler que al realizar un agujero de mayor diámetro se acaba dañando la madera. En cambio, el agujero que realiza el resistógrafo es mucho menor y no es significativo.

Una vez se conocen los anillos de crecimiento se puede determinar la edad del árbol y el crecimiento cada año, ese crecimiento se puede extrapolar a la masa y prever futuros

aprovechamientos madereros, establecimiento la posibilidad, que es la cantidad de madera que se puede obtener de un monte sin poner en riesgo el aprovechamiento futuro del mismo.

En este caso, con el árbol ya cortado, se procede a realizar una resistografía en la base de cada uno de los 25 árboles.



Figura 203. Resistografía en árbol 15



Figura 204. Resistografía en árbol 25

Una vez se realiza la resistografía y se marca la entrada y salida del resistógrafo, el siguiente paso consiste en cortar la rodaja con una motosierra para después en laboratorio poder contar los anillos y crecimiento y poder compararlo con la gráfica del resistógrafo. El corte de la rodaja se explica en el siguiente punto.

3.1.6.2 Corte de rodaja en la parte inferior del árbol

El corte de la rodaja de la parte inferior del árbol permite contar los anillos de crecimiento y poder así compararlo con la gráfica obtenida con el resistógrafo.

Entonces, tras haber realizado el resistógrafo y marcado con permanente la entrada y salida, se corta una rodaja en torno a 5-10 cm de cada uno de los 25 árboles en la base que sirve posteriormente para calcular la edad y el crecimiento real del árbol.



Figura 205. Corte de rodaja en árbol 15



Figura 206. Rodaja extraída de árbol 13

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS

3.1.6.3 Conteo manual de anillos

Los árboles experimentan tanto crecimiento vertical como radial. En este segundo crecimiento se puede diferenciar el crecimiento de la madera temprana y la madera tardía que conforman los anillos de crecimiento anual. Puesto que la madera es un material natural, el desarrollo de los anillos de crecimiento puede presentar variabilidad como consecuencia de las variaciones climáticas y edáficas del entorno en el que se desarrolle. Una característica del *Pinus halepensis*, es la creación de anillos dobles dentro de un mismo año. Como consecuencia de este conjunto de variabilidades, la datación a partir de anillos de crecimiento puede ser algo compleja dificultando su datación exacta.

Teniendo en cuenta estas particularidades, se procesan las rodajas extraídas de los 25 pinos apeados para obtener una cara limpia sobre la que llevar a cabo la medición. Las trozas se cepillan y liján y posteriormente se escanean a escala 1:1 en alta calidad para poder identificar mejor los anillos.

Se decide llevar a cabo la medición de los últimos 20 años con el fin de obtener una buena evaluación de la calidad estructural de la madera. El conteo se realiza en el mismo sentido que se ha realizado la resistografía a fin de poder comparar los valores obtenidos con cada método.

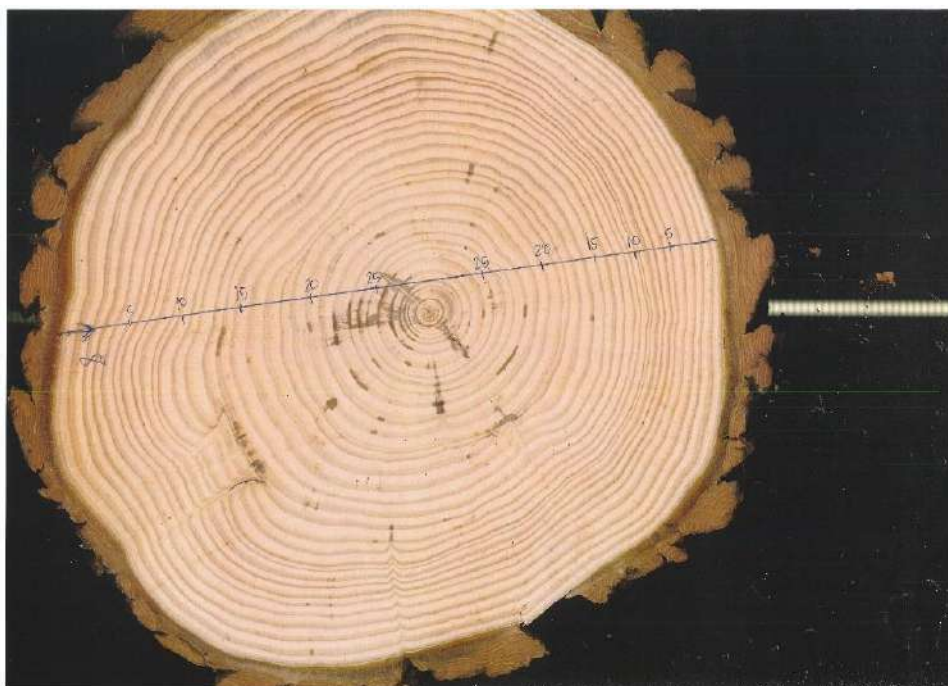


Figura 207. Conteo manual de anillos sobre rodaja.

Una vez marcados los 20 anillos correspondientes al crecimiento de los últimos 20 años, se mide la distancia total de dichos anillos.

Tabla 7. Distancia total 20 últimos anillos por rodaja.

RODAJA	MEDIDAD REALES (mm)	RODAJA	MEDIDAD REALES (mm)
1	64	14	90.8
2	79.8	15	48.6
3	64.5	16	37.3
4	41.3	17	58.15
5	43.2	18	57.6
6	55.3	19	82.4
7	80	20	66.9
8	106.5	21	55.6
9	64.5	22	50.4
10	82.7	23	94.7
11	41.6	24	48
12	44.5	25	36.5
13	80.5		

3.1.6.4 Procesado de los datos obtenidos con el resistógrafo

Se realiza una resistografía en la base de cada árbol apeado en Ain y se extrae una rodaja de la zona donde se realiza la resistografía. El resistógrafo genera un perfil resistográfico (gráfica) que registra el avance real de la broca y los cambios de densidad o resistencia al avance que ofrece la madera a la broca del equipo.

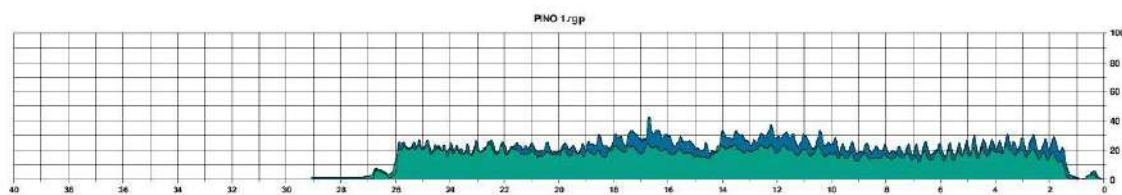


Figura 208. Perfil resistográfico obtenido del ensayo de resistografía.

Tal y como se observa en la gráfica anterior, el perfil muestra crestas y valles que corresponden con los anillos de crecimiento del árbol que presentan variedad de densidad producidos por la madera temprana y tardía presentes en cada anillo. Este tipo de crestas y valles son generadas fundamentalmente por los anillos de crecimiento, no obstante, se pueden dar picos que no correspondan a estos anillos sino, a la presencia de nudos o anomalías y a agrupación de anillos

por crecimientos bajos o anillos dobles presentes en esta especie.

Para poder mejorar la predicción y medición de anillos de crecimiento, se emplea un programa en lenguaje Python. A través de dicha programación, se pretende detectar de forma más exhaustiva los cambios de densidad producido por el desarrollo de los anillos de crecimiento.

El programa se configura para detectar los cambios bruscos de densidad con tres niveles de sensibilidad que permitan detectar tanto anillos muy bien marcados y diferenciados como aquellos que por crecimientos más bajos están muy juntos y presentan una menor diferencia entre los picos y los valles. Además, se establece una línea de código que detecte el primer cambio brusco de densidad que delimita la corteza con la madera para evitar mediciones erróneas de anillos en la corteza.

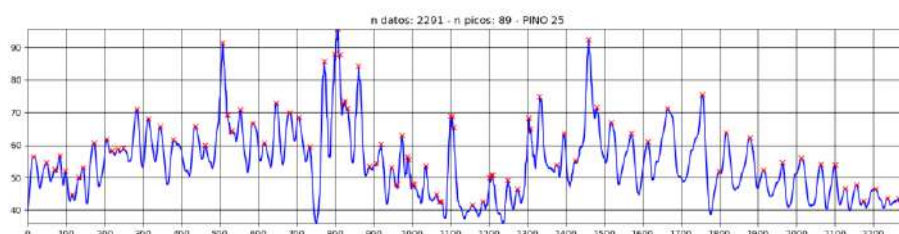


Figura 209. Resistografía analizada por el programa Python.

Cabe destacar que el programa identifica los picos marcados por la gráfica de la resistografía. Observando las imágenes siguientes, vemos que para anillos bien marcados el resistógrafo representa de forma muy clara los picos y los valles, pero a medida que la resistografía se acerca a la zona central o pasa por zonas donde los anillos están muy agrupados, esta no es capaz de marcar de forma tan precisa estos picos. De esto se deduce que la precisión del equipo de resistografía no permite identificar anillos con un espesor inferior a 1-2mm.

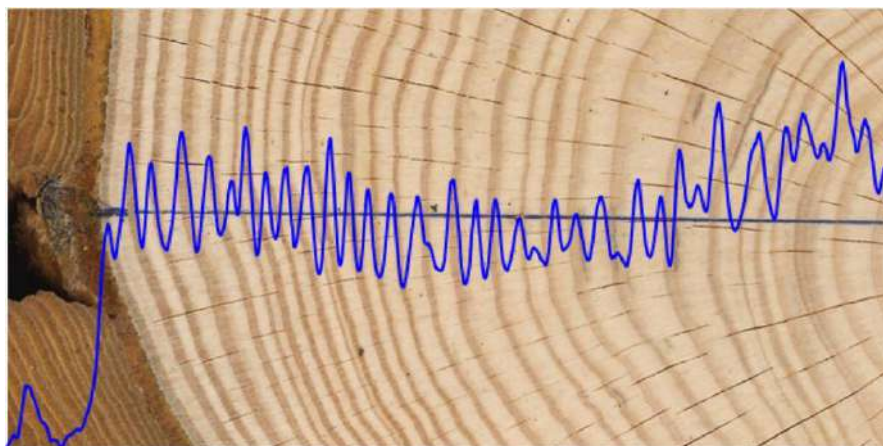


Figura 210. Superposición de resistografía con sección tangencial de las rodajas. Perfil parcial.

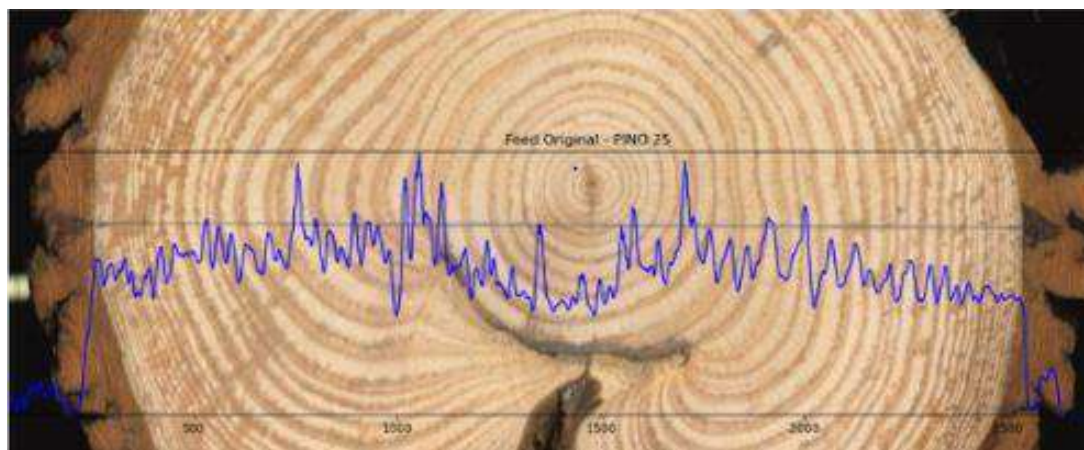


Figura 211. Superposición de resistografía con sección tangencial de las rodajas. Perfil completo.

Tras realizar el análisis con los distintos tipos de sensibilidad, se extraen los valores obtenidos en un archivo Excel que refleja las distancias comprendidas entre picos o anillos de crecimiento detectados frente a la distancia real de los anillos.

Tabla 8. Medición de Python con los 3 niveles de sensibilidad frente a distancia real de la rodaja 2.

Año	Dist. Real	Dist. Sensibilidad Alta	Dist. Sensibilidad Baja	Dist. Sensibilidad Media
2023	2,58	1,8	3,6	1,8
2022	4,32	3,6	3,9	3,6
2021	4,36	3,9	4,2	3,9
2020	1,76	4,2	3,4	4,2
2019	3,19	0,4	2,8	3,4
2018	1,06	3	2,9	2,8
2017	1,43	2,8	3,3	2,9
2016	1,41	2,9	3,1	3,3
2015	2,03	3,3	2,7	3,1
2014	0,97	3,1	3,3	2,7
2013	4,11	2,7	3	3,3
2012	3,13	3,3	3,3	3
2011	6,98	3	2,8	3,3

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS

2010	7,07	3,3	3,8	2,8
2009	5,97	2,8	6,2	3,8
2008	8,42	3,8	8	6,2
2007	9,31	1,9	6,4	1,7
2006	2,59	0,4	2,9	6,3
2005	7,45	3,9	3,2	2,9
2004	5,46	1,7	2,4	3,5

Con el conjunto de variables obtenidas se lleva a cabo una regresión estadística que enfrenta las tres sensibilidades por separado con la distancia real.

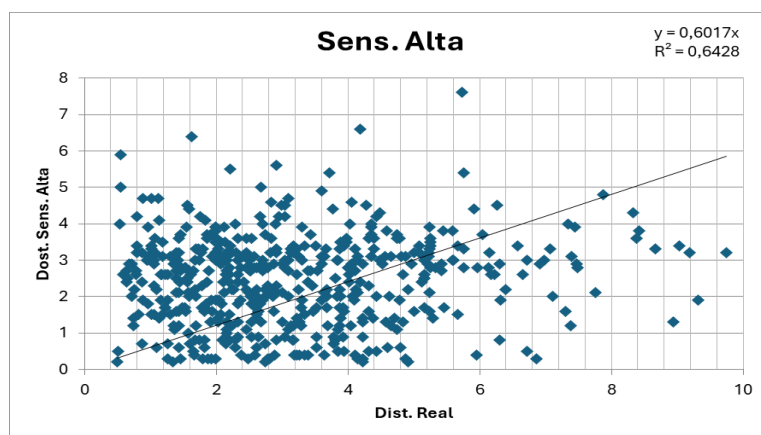
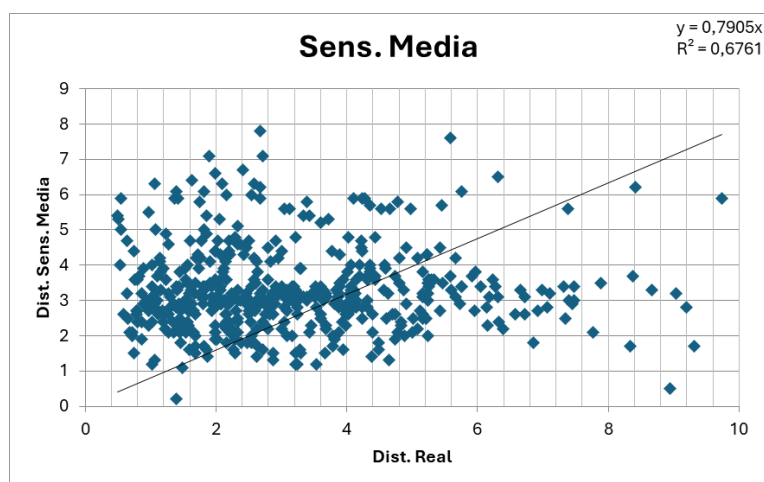


Figura 212. Regresión estadística sensibilidad alta/medición real Ain.



BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS

Figura 213. Regresión estadística sensibilidad media/medición real Ain.

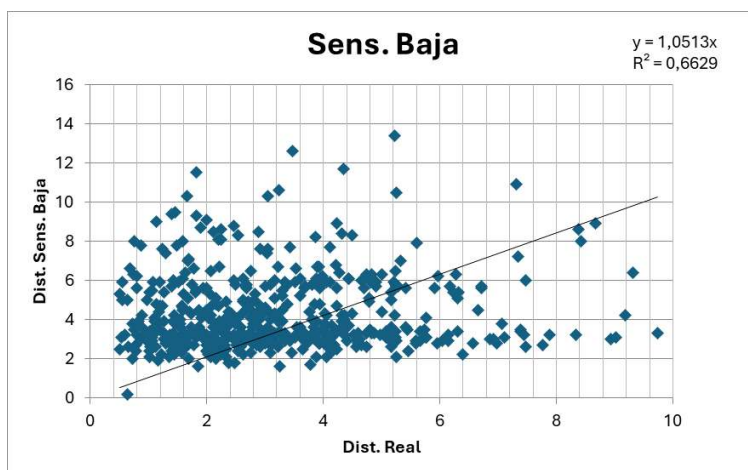


Figura 214. Regresión estadística sensibilidad baja/medición real Ain.

Se observa que, en la detección de anillos, las sensibilidades bajas son las más idóneas para la detección de anillos con crecimientos mayores y bien diferenciados, por el contrario, el caso de anillos con crecimientos más moderados, el empleo de sensibilidades más alta mejora la identificación de los anillos.

Del análisis realizado se extraemos que, en el caso de los pies analizados en Ain, la detección de anillos es más precisa a empleando sensibilidades bajas. Esto se debe a que los pies seleccionados presentan unos anillos bien definidos y el empleo de sensibilidades medias o altas aumentarían el número de errores por exceso de conteo.

3.1.6.5 Procesado de los datos de las rodajas

Una vez obtenidas las rodajas de los 25 pinos seleccionados en Ain, estas se secan en estufa hasta alcanzar la humedad de equilibrio higroscópico y se lija una de las caras, en la que posteriormente se marca la dirección de entrada y de salida del ensayo de resistografía realizado en campo.



Figura 215. Cepillado de rodajas obtenidas de los pies apeados en las parcelas de Ain.



Figura 216. Sección cepillada de las rodajas obtenidas.

Una vez acondicionada la cara de las rodajas, estas se escanean y fotografían a escala 1:1 para poder analizarlas con el programa MtreeRing. Este programa se emplea para el procesado de imágenes de forma semiautomática para la medición de anillos de crecimiento de las muestras seleccionadas. Dada la particularidad del crecimiento de la madera que en función de la estación en la que se encuentre tendrá unos crecimientos distintos, el programa permite modificar la sensibilidad de detección y a su vez permite trabajar desde línea de comando como a través de una interfaz gráfica.



Figura 217. Escaneo de rodaja extraída de árbol 1.

Una vez introducida la imagen de la sección de muestreo, se debe de delimitar la zona de análisis. Se establece una caja en sentido radial sobre la que el programa establece el conteo de anillos en función del grado de sensibilidad marcado. Una vez ejecutado el programa, es necesario llevar a cabo un último ajuste de forma manual. Al trabajar con imágenes el programa selecciona aquellos puntos de mayor contraste, no obstante, la sección puede presentar ciertas particularidades o anomalías que pueden ser identificadas como anillos, tales como manchas de resina, fendas producidas por el secado etc. Otro aspecto que destacar es la presencia de anillos dobles en esta especie, que puede dar lugar al conteo de dos anillos cuando en realidad es solo uno. Con este último ajuste manual, se corrige esos posibles errores y se marcan aquellos anillos que por presentar menor distancia entre ellos el programa no es capaz de identificar.

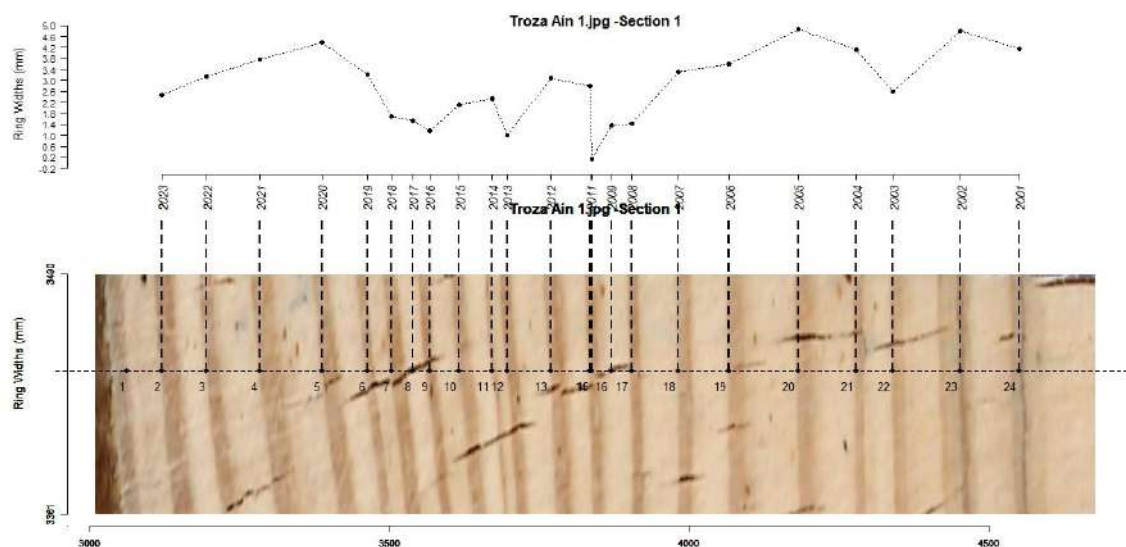


Figura 218. Gráfico MtreeRing de la troza 1 obtenida en Aín.

Tras marcar los puntos de localización de los anillos de crecimiento, el programa mide la distancia entre los puntos (en milímetros) y los exporta a un archivo Excel.

ID	X1	2023	2022	2021	2020	2019	2018	2017	2016	2015	2014	2013
1	Troza Aín 1.jpg	2,47	3,13	3,77	4,36	3,22	1,69	2,71	2,12	2,33	1,02	
2	Troza Aín 2.jpg	2,5	2,58	4,32	6	3,19	1,06	1,43	1,41	2,03	0,97	
3	Troza Aín 3.jpg	1,22	2,24	2,62	2,75	2,79	1,44	2,27	1,54	2,12	1,06	
4	Troza Aín 4.jpg	0,72	1,4	1,27	1,4	0,89	1,02	0,8	1,27	0,64	1,86	
5	Troza Aín 5.jpg	1,07	2,15	3,85	2,95	3,94	1,67	3,04	1,94	2,07	1,02	
6	Troza Aín 6.jpg	2,15	1,59	1,36	1,77	1,75	1,3	1,91	1,52	1,83	1,02	
7	Troza Aín 7.jpg	2,16	2,54	2,86	2,31	1,46	1,39	1,54	2	3,24	2,08	
8	Troza Aín 8.jpg	4,38	7,76	5,42	5,25	5,12	4,15	4,4	3,64	5,59	2,75	
9	Troza Aín 9.jpg	1,56	2,46	3,26	2,92	2,46	1,35	1,99	2,16	1,58	1,34	
10	Troza Aín 10.jpg	2,38	3,94	3,93	4,06	4	1,8	3,6	2,88	3,68	1,99	
11	Troza Aín 11.jpg	2,11	2,03	2,15	2,29	2,07	1,1	1,52	1,37	1,59	0,68	
12	Troza Aín 12.jpg	0,78	1,16	2,05	2,2	2,99	1,12	1,73	1,62	1,78	0,87	
13	Troza Aín 13.jpg	3,46	2,81	2,52	3,84	5,24	2,82	3,68	3,04	4,12	2,46	
14	Troza Aín 14.jpg	2,54	2,53	2,42	3,3	4,19	2,62	4,74	2,62	3,6	3,05	
15	Troza Aín 15.jpg	0,54	1,43	1,78	1,19	1,18	0,64	1,02	0,75	1,07	0,5	
16	Troza Aín 16.jpg	0,55	0,55	1,63	1,89	1,59	1,39	0,89	1,14	0,72	0,8	
17	Troza Aín 17.jpg	2,48	3,78	3,88	4,8	3,53	1,85	2,6	1,63	2,14	1,46	
18	Troza Aín 18.jpg	1,8	2,16	3,25	3,29	2,64	1,82	1,48	2,16	2,33	1,87	
19	Troza Aín 19.jpg	2,51	1,66	2,92	3,17	2,83	1,66	2,88	2,2	2,5	1,23	
20	Troza Aín 20.jpg	2,02	2,8	2,54	3,09	3,83	2,1	2,21	1,68	2,33	1,19	
21	Troza Aín 21.jpg	1,14	1,99	2,24	2,12	2,33	1,27	2,03	1,82	2,07	1,44	
22	Troza Aín 22.jpg	0,76	0,74	1,06	1,06	0,97	1,57	2,62	2,5	1,82	4,23	
23	Troza Aín 23.jpg	5,16	5,16	6,39	8,67	5,16	3,09	4,44	3,98	4,32	1,86	
24	Troza Aín 24.jpg	2,89	2,16	2,41	2,33	2,07	1,23	1,7	1,6	1,99	0,51	
25	Troza Aín 25.jpg	0,65	0,59	0,87	1,03	0,79	0,87	0,95	0,95	1,3	1,1	

Figura 219. Extracto tabla de crecimiento anillos por troza y anillo.

A pesar de emplear imágenes a escala 1:1, una vez introducidas en el programa, se amplía y selecciona la zona de análisis, por lo que se producen variaciones de escala que alteran la medida real. Para poder corregir estos errores, se calcula el factor de escala para cada troza y se aplica sobre las mediciones obtenidas, consiguiendo la medida real de los anillos de crecimiento.

Tabla 9. Obtención del factor de escala para cada troza a partir de la medición real y la medida obtenida por MtreeRing.

Troza	Medidas MtreeRing	Medidas reales	Factor de escala
1	63,01	64	0,98
2	80,52	79,8	1,01
3	62,58	64,5	0,97
4	44,52	41,3	1,08
5	41,85	43,2	0,97
6	55	55,3	0,99
7	78,24	80	0,98
8	104,98	106,5	0,99
9	57,36	64,6	0,89
10	82,59	82,7	1,00
11	41,71	41,6	1,00
12	45,01	44,5	1,01
13	83,35	80,5	1,04
14	90,38	90,8	1,00
15	49,88	48,6	1,03
16	37,25	37,3	1,00
17	56,18	58,15	0,97
18	59,24	57,6	1,03
19	85,08	82,4	1,03
20	66,94	66,9	1,00
21	54,85	55,6	0,99
22	59,78	60,4	0,99
23	93,87	94,7	0,99
24	48,59	48	1,01
25	37,29	36,5	1,02

En el caso particular de las trozas de Ain, observamos que el factor de escala es prácticamente 1, puesto que las imágenes que se han empleado para el procesado con MtreeRing eran escaneos a escala 1:1.

3.2 Parcelas proyecto WOODFOREST SATELLITE

Las parcelas del proyecto WOODFOREST SATELLITE tienen la siguiente numeración: 1 a 5 provincia de Castellón, 6 a 10 provincia de Valencia y 11 a 15 provincia de Alicante.

Como se desarrolla en puntos anteriores aquí está el esquema de trabajo que se lleva a cabo en esas parcelas.

En los 5 primeros árboles de cada una se evalúa (los datos de diámetro no son necesarios porque se tienen del año anterior):

- Calidad visual del árbol en pie.
- Mediciones indirectas con ultrasonidos Sylvatest 4 a 1 metro.

En los 2 primeros árboles de cada una se evalúa:

- Extracción y almacenamiento de tubillón de crecimiento con barrena de pressler (a 1,3 m, altura estandarizada para el estudio de árboles en pie).
- Resistografías paralelas a tubillón de crecimiento (a 1,3 m).

En un árbol representativo de la parcela:

- Muestra de densidad representativa de la parcela.

Respecto a la teledetección, se obtienen los datos de sentinel y pnoa actualizados (respecto a los recogidos en el proyecto anterior) para posteriormente compararlos con los datos recogidos de campo.

3.2.1 Calidad visual del árbol en pie

La calidad visual se mide de la misma manera que en el apartado 3.1.2., utilizando esa misma tabla y en todos aquellos pies descritos en el apartado 2.2.



Figura 220. Evaluación de la calidad del árbol en pie en la parcela 1.

Se analiza la calidad visual de las 15 parcelas del proyecto WoodForest Satellite. Al igual que en los pies de Ain, se establece una calidad en función de sus características visuales de la A (mejor calidad) a la D (peor calidad).

Tabla 10. Calidad visual por pino de las parcelas de WoodForest Satellite.

ARBOL	ALTURA LIMPIA DE RAMA	RAMAS VIVAS <2M	RAMAS VIVAS ENTRE 2 Y 4 M	D MAX RAMAS VIVAS <2M	D MAX RAMAS VIVAS 2 Y 4 M	RAMAS MUERTAS <2M	RAMAS MUERTAS ENTRE 2 Y 4 M	D MAX RAMAS MUERTAS <2M	D MAX RAMAS MUERTAS 2 Y 4 M	PUNTUACION	CLASIFICACION
1.1	4	NO	NO	0	0	NO	NO	0	0	0	A
1.2	3,5	NO	NO	0	0	NO	SI	0	3	3	A
1.3	3	NO	NO	0	0	NO	SI	0	3	8	A
1.4	3	NO	NO	0	0	NO	SI	0	4	9	A
1.5	3	NO	NO	0	0	NO	SI	0	2	7	A
2.1	1,5	NO	NO	0	0	SI	SI	1	4	26	C
2.2	1,5	NO	NO	0	0	SI	SI	2	5	29	C

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS

2.3	2	NO	NO	0	0	NO	SI	0	3	18	B
2.4	1,5	NO	NO	0	0	SI	SI	3	4	30	C
2.5	1,5	NO	NO	0	0	SI	SI	2	5	29	C
3.1	3	NO	NO	0	0	NO	SI	0	3	8	A
3.2	3	NO	NO	0	0	NO	SI	0	6	11	B
3.3	3	NO	NO	0	0	NO	SI	0	5	10	A
3.4	3	NO	NO	0	0	NO	SI	0	3	8	A
3.5	3	NO	NO	0	0	NO	SI	0	6	11	B
4.1	3	NO	NO	0	0	NO	SI	0	3	8	A
4.2	3	NO	NO	0	0	NO	SI	0	4	9	A
4.3	3	NO	NO	0	0	NO	SI	0	3	8	A
4.5	3	NO	NO	0	0	NO	SI	0	5	10	A
4.6	3	NO	NO	0	0	NO	SI	0	3	8	A
5.3	3	NO	NO	0	0	NO	SI	0	4	9	A
5.5	2,5	NO	NO	0	0	NO	SI	0	3	13	B
5.6	3	NO	NO	0	0	NO	SI	0	3	8	A
5.7	2,5	NO	NO	0	0	NO	SI	0	2	12	B
5.8	3,5	NO	NO	0	0	NO	SI	0	3	3	A
6.1	2,5	NO	NO	0	0	NO	SI	0	3	13	B
6.2	3	NO	NO	0	0	NO	SI	0	4	9	A
6.3	2,5	NO	NO	0	0	NO	SI	0	2	12	B
6.4	2,5	NO	NO	0	0	NO	SI	0	4	14	B
6.5	2,5	NO	NO	0	0	NO	SI	0	4	14	B
7.1	2	NO	NO	0	0	NO	SI	0	4	19	B
7.2	2	NO	NO	0	0	NO	SI	0	6	21	C
7.3	2,5	NO	NO	0	0	NO	SI	0	4	14	B
7.5	2	NO	NO	0	0	NO	SI	0	3	18	B
7.6	2	NO	NO	0	0	NO	SI	0	5	20	B
8.1	2	NO	NO	0	0	NO	SI	0	6	21	C
8.2	1,5	NO	NO	0	0	SI	SI	4	4	32	D
8.3	1,5	NO	NO	0	0	SI	SI	3	5	31	D
8.4	1	NO	NO	0	0	SI	SI	3	5	36	D
8.5	1	NO	NO	0	0	SI	SI	5	5	40	D
9.1	3	NO	NO	0	0	NO	SI	0	2	7	A
9.2	3	NO	NO	0	0	NO	SI	0	4	9	A
9.3	3	NO	NO	0	0	NO	SI	0	5	10	A
9.4	2,5	NO	NO	0	0	NO	SI	0	6	16	B
9.5	3	NO	NO	0	0	NO	SI	0	1	6	A

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS

10.1	2,5	NO	NO	0	0	NO	SI	0	4	14	B
10.2	2,5	NO	NO	0	0	NO	SI	0	4	14	B
10.3	2,5	NO	NO	0	0	NO	SI	0	7	17	B
10.4	2,5	NO	NO	0	0	NO	SI	0	7	17	B
10.5	2,5	NO	SI	0	7	NO	SI	0	5	36	D
11.1	1,5	NO	NO	0	0	SI	SI	4	7	35	D
11.2	1,5	NO	NO	0	0	SI	SI	4	6	34	D
11.3	2,5	NO	NO	0	0	NO	SI	0	8	18	B
11.4	2,5	NO	SI	0	10	NO	SI	0	15	55	D
11.5	1,5	SI	NO	10	0	SI	NO	15	0	90	D
12.1	2	NO	NO	0	0	SI	SI	3	3	24	C
12.2	2	NO	NO	0	0	NO	SI	0	4	19	B
12.3	1	NO	NO	0	0	SI	SI	3	6	37	D
12.4	1	NO	NO	0	0	SI	SI	3	5	36	D
12.5	1	NO	NO	0	0	SI	SI	2	4	33	D
13.1	4	NO	NO	0	0	NO	NO	0	0	0	A
13.2	3,5	NO	NO	0	0	NO	SI	0	5	5	A
13.3	4	NO	NO	0	0	NO	NO	0	0	0	A
13.4	2,5	NO	SI	0	6	NO	SI	0	2	30	C
13.5	4	NO	NO	0	0	NO	NO	0	0	0	A
14.1	1	NO	NO	0	0	SI	SI	1	3	30	C
14.2	0,5	NO	NO	0	0	SI	SI	1	7	39	D
14.3	0,5	NO	NO	0	0	SI	SI	5	3	43	D
14.4	0,5	NO	NO	0	0	SI	SI	2	3	37	D
14.5	0,5	NO	NO	0	0	SI	SI	1	3	35	D
15.1	0,5	NO	NO	0	0	SI	SI	2	4	38	D
15.2	0,5	NO	NO	0	0	SI	SI	4	10	48	D
15.3	2	NO	NO	0	0	NO	SI	0	5	20	B
15.4	1	NO	NO	0	0	SI	SI	1	3	30	C
15.5	1	NO	NO	0	0	SI	SI	3	6	37	D

Observando los valores obtenidos, en un preanálisis se puede observar que, si vemos los valores de calidad no solo por parcela sino por provincia, vemos que las parcelas de Castellón se encuentran en una calidad A-B, las de Valencia en una calidad media B y las de Alicante en una calidad C-D. Estos valores no solo se obtienen como consecuencia de la disposición de las ramas vivas y muertas, sino que entran en juego factores de crecimiento, suelo, condiciones climáticas y edáficas. Si tenemos en cuenta el clima y la precipitación por ejemplo, observamos que los datos disponibles indican que la precipitación acumulada anual es inferior en la provincia de Alicante respecto a la de Valencia y Castellón, esto ocasiona unos crecimientos más rápidos

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS

cuanto mas al norte de la comunidad se encuentran las parcelas.

3.2.2 Mediciones indirectas con el Sylvatest 4 a 1 metro

La medición indirecta a 1 metro con el Sylvatest 4 se realizan de la misma manera que en el apartado 3.1.3.1. pero en este caso solo se realizan a 1 metro. Las pruebas se toman en todos los árboles descritos en el apartado 2.2., un total de 75 mediciones entre las 3 provincias.

El cálculo del MOE y el MOR se realiza de igual manera que en el apartado 3.1.3.4. junto a la densidad.

A diferencia de los pies evaluados en Ain, en el resto de las parcelas se decide reducir el ensayo solo a 1 metro, puesto que no existe una correlación directa entre la distancia entre los sensores y la clasificación de la madera. Al no haber una diferencia significativa entre las mediciones realizadas a 1 y 2 metros, se decide realizar el ensayo 1 un metro para minimizar los tiempos y al mismo tiempo reducir aún más el posible daño realizado al árbol.



Figura 221. Medición de ultrasonidos en el pino 2.2. de Castellón



Figura 222. Medición de ultrasonidos en el pino 9.2. de Valencia



Figura 223. Medición de ultrasonidos en el pino 15.3 de Alicante

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS

3.2.3 Obtención de la densidad

La densidad se obtiene de coger una muestra de madera en verde, secarla, medirla y pesarla. En el caso de Ain, la densidad se extraía de trozos de troncos recién cortados que cumplían con las características de la madera que se extraía para el proyecto. En cambio, la densidad en las parcelas del WOODFOREST, como no se realizan cortas, se extrae de un árbol vivo por parcela, con la ayuda de un taladro y una corona, que tenga características similares a aquellos que están numerados. Para facilitar la extracción de la muestra del árbol se utiliza un punzón.



Figura 224. Extracción con taladro de muestra de densidad en parcela 6



Figura 225. Extracción de la muestra en la parcela 6 con el punzón



Figura 226. Extracción de muestra para densidad en parcela 12



Figura 227. Extracción para muestra de densidad en parcela 14

3.2.4 Cálculo del MOE y el MOR

Una vez realizado el ensayo de emisión y recepción de ultrasonidos y obtenida la densidad media de la madera de la parcela, se lleva a cabo el cálculo del módulo de elasticidad y de rotura mediante los valores de velocidad obtenidos mediante ultrasonidos y la densidad.

Los valores calculados están en bruto y se usaran en la base de datos para llevar a cabo el ajuste de la ecuación con la rotura real obtenida de las trozas extraídas de Ain. Además, estos valores solo se calculan para distancia entre sensores de 1 metro por los motivos explicados en apartados anteriores.

Tabla 11. Nº valores de velocidad de propagación de ultrasonidos, MOE y MOR medidos de forma indirecta a 1 metro en las parcelas de WoodForest Satellite.

PINOS	DENSIDAD	VEL VERD 1M I	MOE VERD 1M I	MOR VERD 1M I	PINOS	DENSIDAD	VEL VERD 1M I	MOE VERD 1M I	MOR VERD 1M I
1.1	630	5067	16175	46,5	8.4	619	3914	9483	20,0
1.2	630	4848	14807	41,0	8.5	619	3716	8548	16,2
1.3	630	4314	11725	28,8	9.1	619	4493	12496	31,9
1.4	630	4546	13020	34,0	9.2	619	4324	11573	28,2
1.5	630	4676	13775	36,9	9.3	619	4185	10841	25,3

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS

2.1	630	3670	8485	16,0	9.4	619	4267	11270	27,0
2.2	630	4130	10746	25,0	9.5	619	4152	10671	24,7
2.3	630	3904	9602	20,4	10.1	619	4014	9973	21,9
2.4	630	3472	7595	12,5	10.2	619	4111	10461	23,8
2.5	630	4780	14394	39,4	10.3	619	3740	8658	16,7
3.1	630	4247	11363	27,4	10.4	619	4988	15401	43,4
3.2	630	4473	12605	32,3	10.5	619	4853	14578	40,1
3.3	630	4833	14715	40,7	11.1	694	4284	12737	32,8
3.4	630	4089	10534	24,1	11.2	694	4248	12524	32,0
3.5	630	4438	12408	31,5	11.3	694	3830	10180	22,7
4.1	630	4201	11118	26,4	11.4	694	4269	12648	32,5
4.2	630	5111	16457	47,6	11.5	694	4132	11849	29,3
4.3	630	4976	15599	44,2	12.1	694	4010	11160	26,6
4.5	630	4258	11422	27,6	12.2	694	3923	10681	24,7
4.6	630	4034	10252	23,0	12.3	694	4234	12441	31,7
5.3	630	4111	10647	24,6	12.4	694	4503	14072	38,1
5.5	630	4398	12186	30,7	12.5	694	4757	15705	44,6
5.6	630	4942	15387	43,3	13.1	694	4670	15135	42,3
5.7	630	5000	15750	44,8	13.2	694	4215	12330	31,2
5.8	630	5120	16515	47,8	13.3	694	4085	11581	28,3
6.1	619	4546	12792	33,1	13.4	694	4137	11878	29,4
6.2	619	4588	13030	34,0	13.5	694	4385	13344	35,2
6.3	619	4467	12352	31,3	14.1	694	3736	9687	20,8
6.4	619	4758	14013	37,9	14.2	694	4149	11947	29,7
6.5	619	4144	10630	24,5	14.3	694	3955	10856	25,4
7.1	619	4282	11350	27,3	14.4	694	4213	12318	31,2
7.2	619	4585	13013	33,9	14.5	694	3935	10746	25,0
7.3	619	2964	5438	3,9	15.1	694	4060	11440	27,7
7.5	619	3993	9869	21,5	15.2	694	3598	8984	18,0
7.6	619	3823	9047	18,2	15.3	694	3933	10735	24,9
8.1	619	3399	7151	10,7	15.4	694	4234	12441	31,7
8.2	619	3823	9047	18,2	15.5	694	4139	11889	29,5
8.3	619	3464	7428	11,8					

3.2.5 Obtención de los anillos de crecimiento

Al igual que en los pinos analizados en Ain, se analizan los crecimientos de los árboles de las
BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS

parcelas marcadas en el proyecto WoodForest Satellite.

A diferencia de los pinos de Ain, en estas parcelas no se van a realizar cortas de los árboles, por lo que no se van a poder extraer rodajas de los árboles seleccionados. Se decide realizar el muestreo sobre los 2 primeros arboles de cada parcela y se realizan

- Resistografía de los 2 árboles
- Extracción de barrena Pressler

La barrena pressler va a sustituir a la sección de la rodaja extraída en Ain. Los tubillones obtenidos de las barrenas representan una sección radial completa del crecimiento del árbol y se realiza lo más cerca posible de la medición realizada con resistografía para que la variación de anchura de los anillos sea la más baja posible.

Ambas mediciones se analizan al igual que en los pinos de Ain con el programa peython para los perfiles resistográficos y con el programa Mtreering.

Al igual que en las trozas analizadas de Ain se observa que la precisión obtenida con el programa Mtreering es más elevada que la obtenida por Peython. La diferencia de precisión en la medida de los anillos de crecimiento, se atribuye a la sensibilidad del equipo de resistografía. El equipo de resistografía permite ajustar los valores de velocidad de rotación y de avance para que dé como resultado graficas que permitan obtener mayor o menor sensibilidad. A pesar de este ajuste, la distancia entre anillos o la baja diferencia entre madera temprana y tardía ocasiona que la sensibilidad del equipo ni pueda determinar con precisión dichos cambios y por consiguiente una buena medición de los crecimientos. Por el contrario, el programa Mtreering al ser un software de análisis de imagen permite realizar ajustes manuales posteriores a la medición automática de los anillos, por lo que se consigue una mayor precisión en la medición.

3.2.5.1 Extracción y almacenamiento del tubillón de crecimiento con barrena de Pressler

Los pinos que se estudian en las parcelas del proyecto WOODFOREST no se van a cortar, como ocurre con los pinos de Ain. Entonces, para conseguir los anillos de crecimiento reales que en el caso de Ain se obtenía con la rodaja, en este caso se consigue mediante la extracción de una muestra (tubillón), con la barrena de pressler.



Figura 228. Barrenado de pies seleccionados con barrena pressler.



Figura 229. Extracción de la muestra realizada con la barrena.



Figura 230. Almacenado de muestras de campo para su posterior procesado.

las muestras extraídas en campo se almacenan en unas tablillas en las que se identifica la muestra según árbol y parcela y se indica la orientación de entrada y salida de la barrena que ha de coincidir con la de la resistografía.

3.2.5.2 Resistógrafo paralelo a la barrena de Pressler

Al igual que en los pies seleccionados en Ain, en estas parcelas, se lleva a cabo resistografía de los pies seleccionados. En este caso se realiza la resistografía a una altura de 1,3 m (altura normal al pecho), ya que esta es la altura a la que se realizan las mediciones de diámetro para los inventarios tradicionales.



Figura 231. Resistografía de pies seleccionados 1,3 m de altura.

Tanto la resistografía como la barrena se realizan a dicha altura ya que, a excepción de los pies de Ain, en el resto de parcelas no se va a realizar cortas de los pies seleccionados. Por este motivo se decide realizar ambos ensayos a dicha altura.

La resistografía se realiza en el punto más próximo a la barrena, en el mismo sentido y orientación para poder comparar de forma más fiable la medición con resistógrafo respecto a la muestra real extraída. Otra particularidad a destacar es que en estas parcelas dado el elevado número de pies por parcela, se decide tomar muestras de resistografía de los dos primeros pies inventariados por parcela.

3.2.5.3 Procesado de datos del resisostógrafo

El procesado de los perfiles resistográficos se lleva a cabo de la misma forma que en el apartado 3.1.6.4. pero con la particularidad explicada en el apartado 3.2.4.2. Al igual que en el apartado referenciado, los perfiles se analizan con las tres sensibilidades establecidas y se extraen los datos en un documento Excel.

- Parcelas Alcalá de Xivert

Se obtiene un total de 10 perfiles resistográficos obtenidos de las 5 parcelas marcadas en Alcalá. Las resistografías se identifican con el número de la parcela y el árbol analizando, resultado la siguiente nomenclatura.

Tabla 12. Nomenclatura de pies analizados por parcela en Alcalá de Xivert.

Parcela	Árbol
1	1.1, 1.2
2	2.1, 2.2
3	3.1, 3.2
4	4.1, 4.2
5	5.1, 5.2

De los trabajos de campo se obtienen los siguientes perfiles resistográficos que se analizan con los tres niveles de sensibilidad.

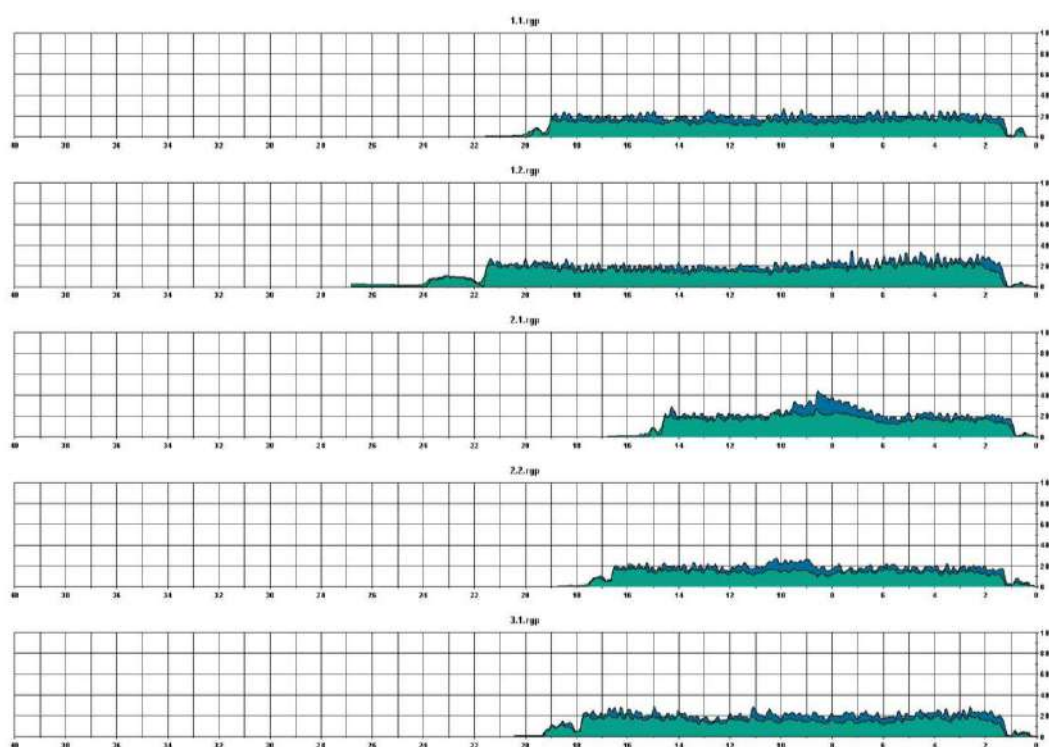


Figura 232. Resistografías obtenidas de las parcelas de Alcalá de Xivert.

El conjunto de resistografías se tratan con el programa Python a los tres niveles de sensibilidad y se obtiene la siguiente tabla de resultados.

Tabla 13. Medición de Python con los 3 niveles de sensibilidad frente a distancia real de árbol 2 de la parcela 2.

Año	Dist. Real	Dist. Sensibilidad Alta	Dist. Sensibilidad Baja	Dist. Sensibilidad Media
2023	0,42	0,4	4,4	2,7
2022	0,66	0,3	3,8	1,2
2021	0,67	0,6	4	1,9
2020	0,81	2,7	2,6	2,5
2019	0,43	1,2	4,2	1,9
2018	1,52	1,9	2,5	1,5
2017	1,70	2,5	6,6	2,3
2016	2,38	1,9	2,7	4
2015	1,91	1,5	5,1	2,6
2014	1,74	2,3	2,5	4,2
2013	1,82	1,2	6,6	2,5
2012	1,89	2,8	7,5	6,6
2011	3,05	2,6	4,6	2,7
2010	2,10	4,2	6,2	5,1
2009	1,58	2,5	6,4	2,5
2008	2,71	0,7	8,3	2,5
2007	1,34	0,7	3,6	4,1
2006	1,38	4,1	12,4	3,9
2005	1,20	1,1	8,8	3,6
2004	3,67	2,7	2,6	4,6

Con el conjunto de variables obtenidas se lleva a cabo una regresión estadística que enfrenta las tres sensibilidades por separado con la distancia real.

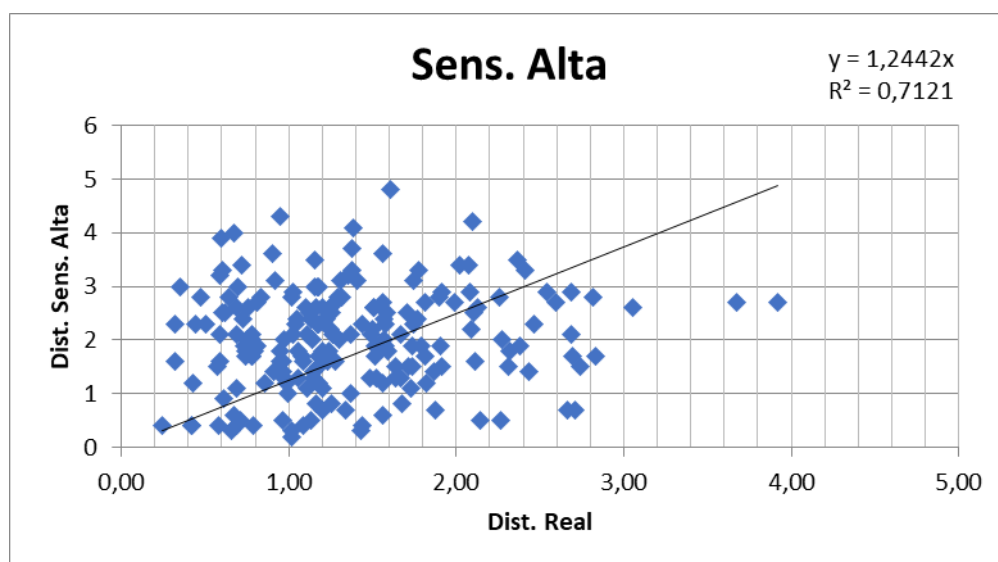


Figura 233. Regresión estadística sensibilidad alta/medición real Alcala.

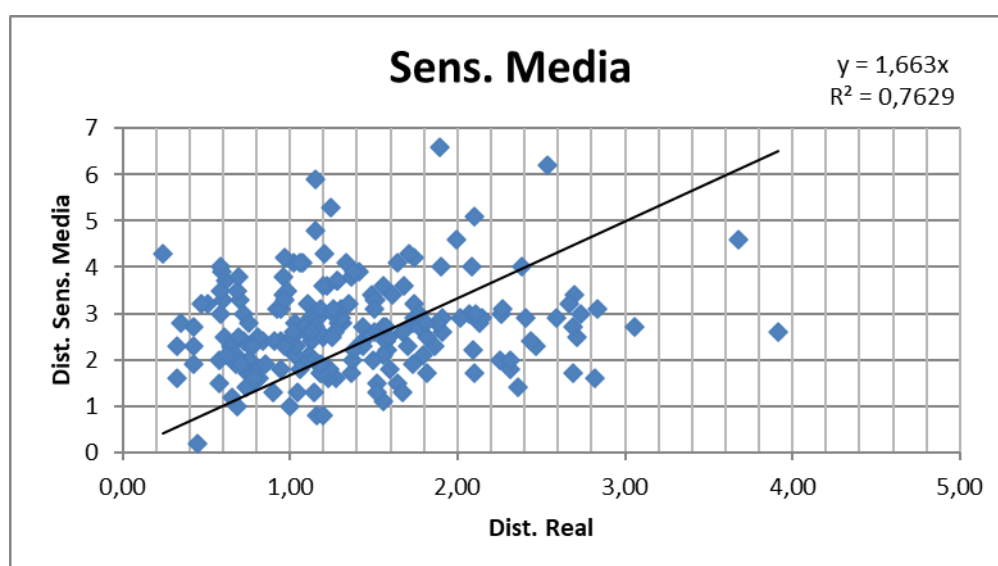


Figura 234. Regresión estadística sensibilidad media/medición real Alcala.

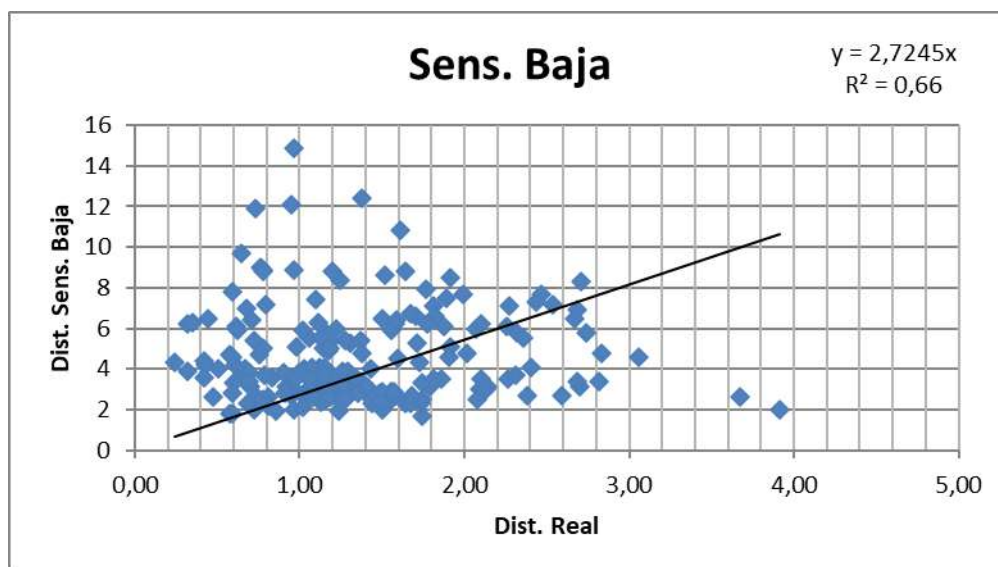


Figura 235. Regresión estadística sensibilidad baja/medición real Alcala.

Del análisis realizado se extrae que, en el caso de los pies analizados en Alcala, la detección de anillos es más precisa a empleando sensibilidades altas. Esto se debe a que los pies seleccionados presentan unos anillos de crecimiento menos definidos o con crecimientos más bajos, por lo que el empleo de sensibilidades bajas o medias no permitiría la detección de gran parte de setos anillos.

- Parcelas Ayora

Al igual que en las parcelas de Alcala de Xivert, en las parcelas de analizadas en Ayora se obtienen un total de 10 perfiles resistográficos que corresponden a los 10 árboles ensayados (2 por parcela). La numeración y nomenclatura de estos perfiles es contigua a la de las marcadas anteriormente, identificando la parcela y el número de pie analizado.

Tabla 14. Nomenclatura de pies analizados por parcela en Ayora.

Parcela	Árbol
6	6.1, 6.2
7	7.1, 7.2
8	8.1, 8.2
9	9.1, 9.2
10	10.1, 10.2

De los trabajos de campo se obtienen los siguientes perfiles resistográficos que se analizan con los tres niveles de sensibilidad.

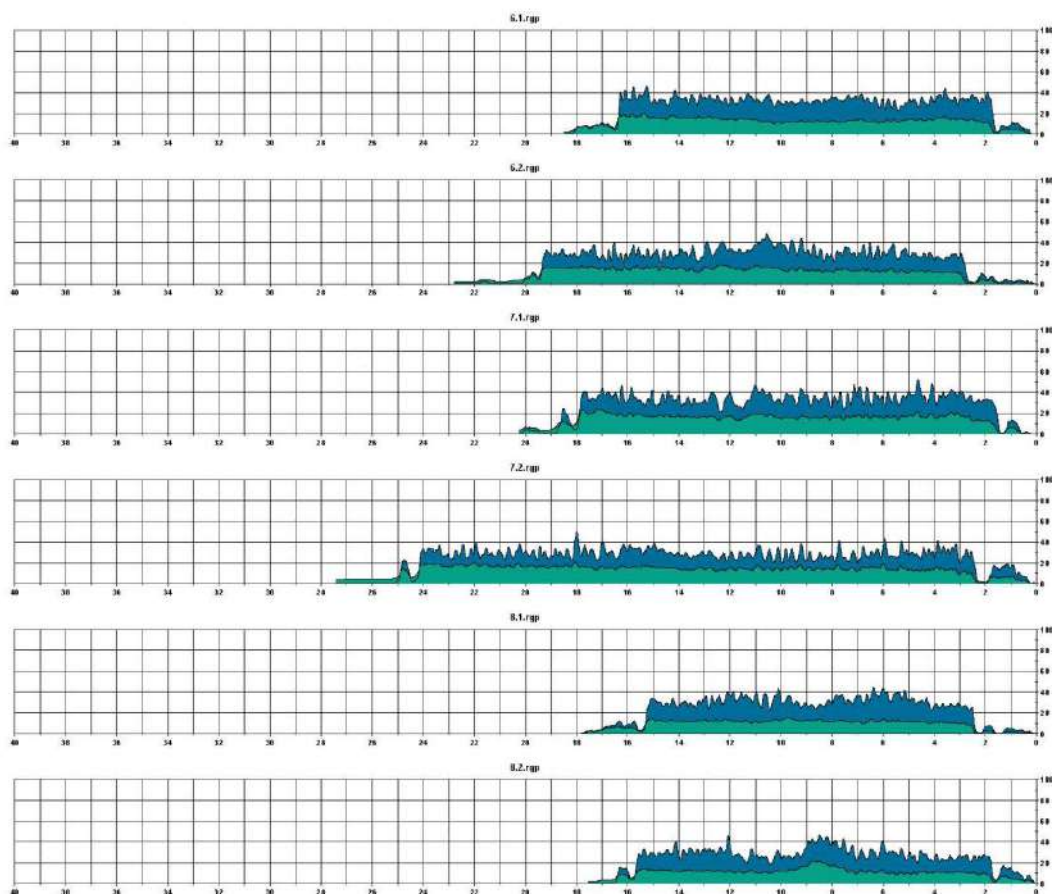


Figura 236. Resistografías obtenidas de las parcelas de Ayora.

El conjunto de resistografías se tratan con el programa Python a los tres niveles de sensibilidad y se obtiene la siguiente tabla de resultados.

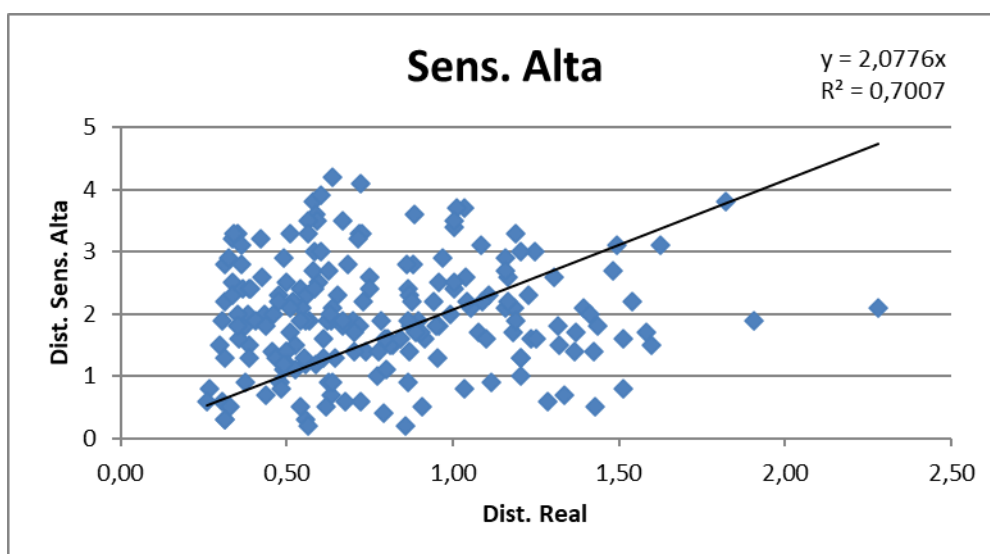
Tabla 15. Medición de Python con los 3 niveles de sensibilidad frente a distancia real de árbol 2 de la parcela 2.

Año	Dist. Real	Dist. Sensibilidad Alta	Dist. Sensibilidad Baja	Dist. Sensibilidad Media
2023	0,44	0,7	6,7	1,6
2022	0,68	0,6	3,6	1,8
2021	0,61	1,6	3,7	3,3
2020	0,72	1,8	3,3	3,6
2019	0,50	1,4	1,5	3,7
2018	0,62	1,9	2,8	3,3

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS

2017	0,59	3,6	3	1,5
2016	1,04	3,7	2,4	2,8
2015	0,72	3,3	3,7	3
2014	0,81	1,5	2,1	2,4
2013	0,69	2,8	3,3	1,9
2012	0,58	3	2,8	1,8
2011	0,87	2,4	2,3	2,1
2010	0,87	1,9	2,9	3,3
2009	0,95	1,8	3	2,8
2008	2,28	2,1	2,8	2,3
2007	0,73	3,3	2,2	2,9
2006	0,88	2,8	2,6	3
2005	1,23	2,3	2,9	2,8
2004	1,58	1,7	2,3	2,2

Con el conjunto de variables obtenidas se lleva a cabo una regresión estadística que enfrenta las tres sensibilidades por separado con la distancia real.



BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS

Figura 237. Regresión estadística sensibilidad alta/medición real Ayora.

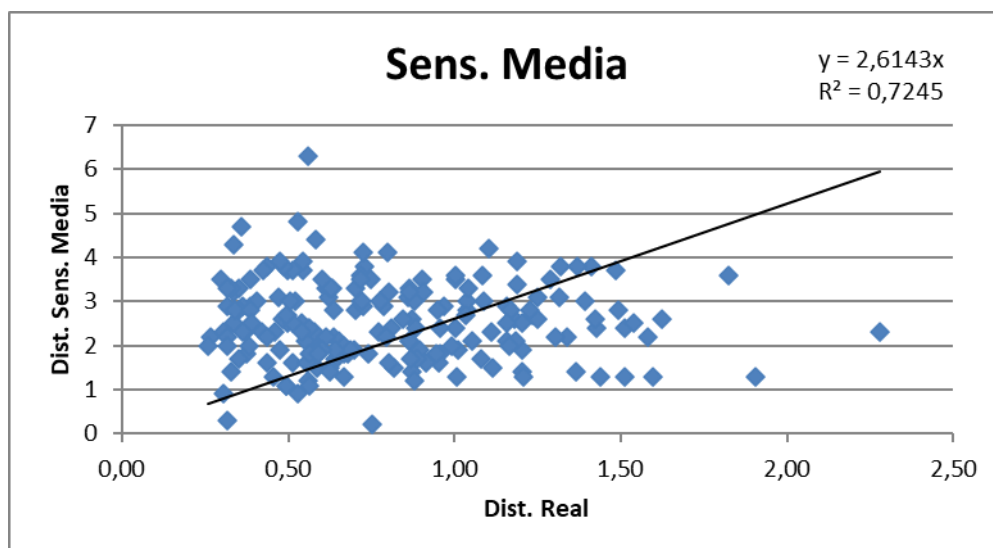


Figura 238. Regresión estadística sensibilidad media/medición real Ayora.

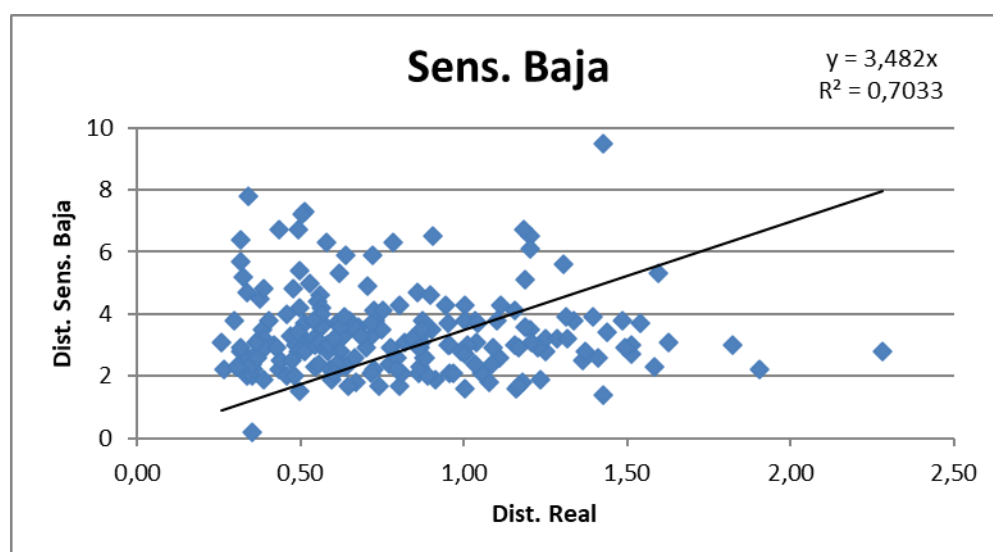


Figura 239. Regresión estadística sensibilidad baja/medición real Ayora.

Del análisis realizado se extrae que, en el caso de los pies analizados en Ayora, la detección de anillos es más precisa a empleando sensibilidades medias y altas, siendo ligeramente mejores con sensibilidades altas. Esto se debe a que los pies seleccionados presentan unos anillos de crecimiento menos definidos o con crecimientos más bajos, por lo que el empleo de sensibilidades bajas o medias no permitiría la detección de gran parte de setos anillos.

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS

- Parcelas Villena

Al igual que en las parcelas anteriores, en las parcelas seleccionadas de Villena, se han realizado un total de 10 resistografías, 2 por parcela. La numeración sigue el mismo patrón en el que se identifica la parcela y el pie resistografiado.

Tabla 16. Nomenclatura de pies analizados por parcela en Villena.

Parcela	Árbol
11	11.1, 11.2
12	12.1, 12.2
13	13.1, 13.2
14	14.1, 14.2
15	15.1, 15.2

De los trabajos de campo se obtienen los siguientes perfiles resistográficos que se analizan con los tres niveles de sensibilidad.

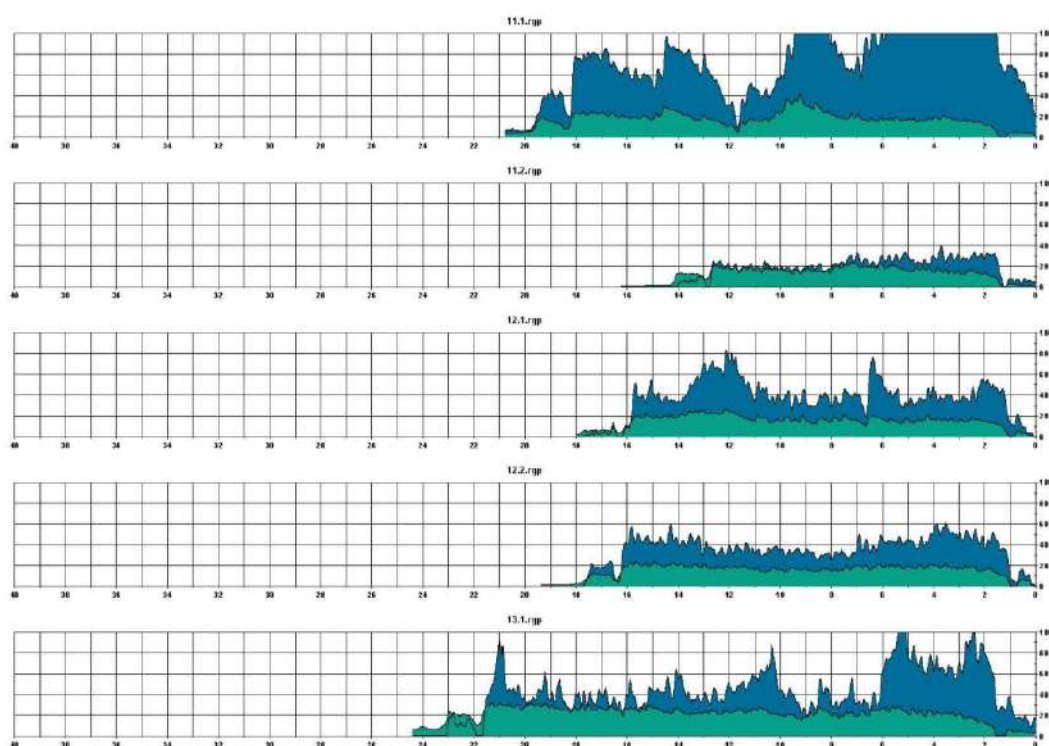


Figura 240. Resistografías obtenidas de las parcelas de Villena.

Con el conjunto de variables obtenidas se lleva a cabo una regresión estadística que enfrenta las tres sensibilidades por separado con la distancia real.

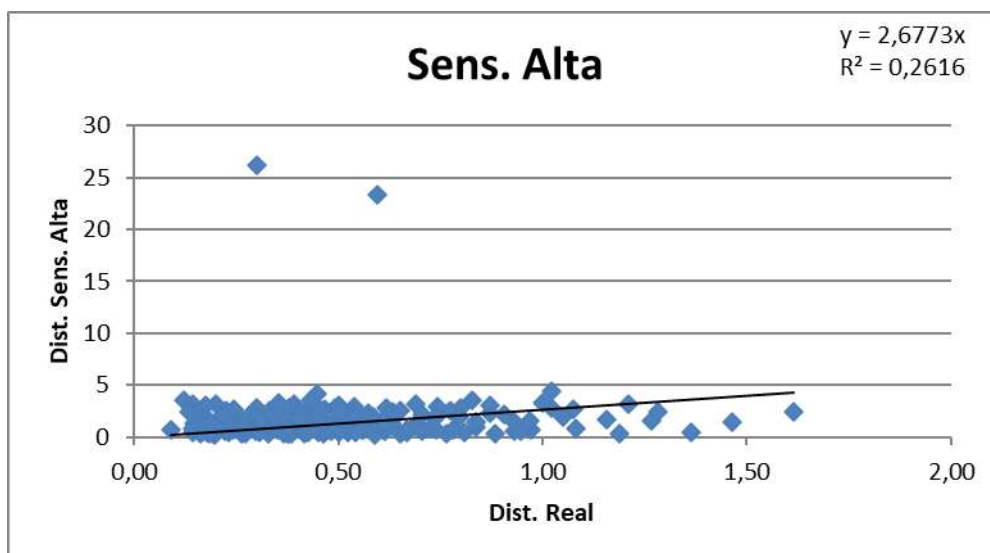


Figura 241. Regresión estadística sensibilidad alta/medición real Villena.

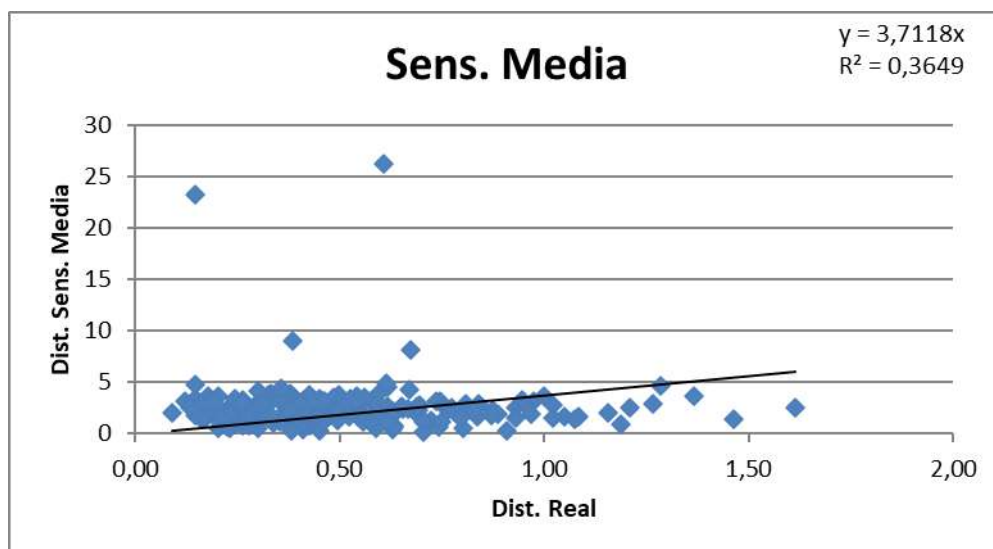


Figura 242. Regresión estadística sensibilidad media/medición real Villena.

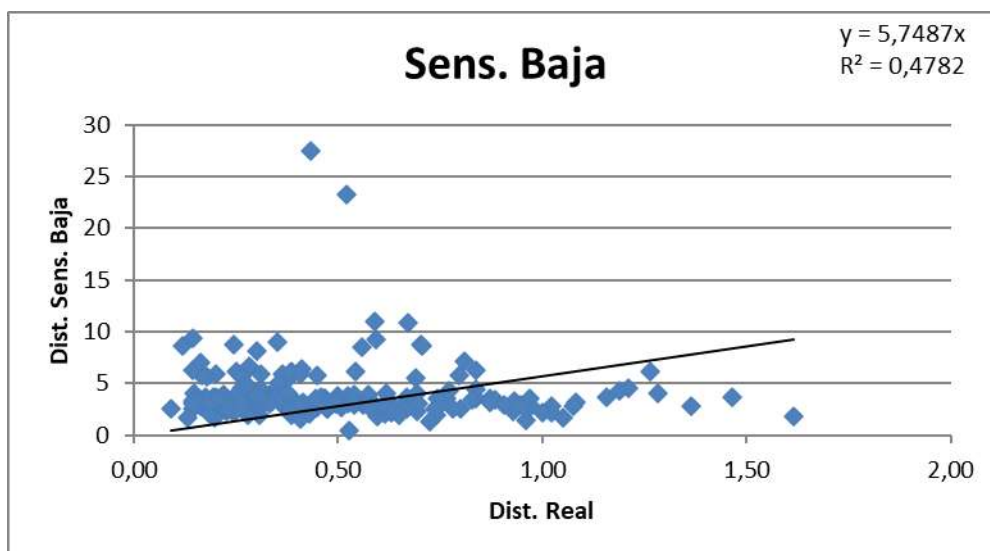


Figura 243. Regresión estadística sensibilidad baja/medición real Villena.

Al llevar a cabo las regresiones estadísticas con los tres niveles de sensibilidad, se observa que hay una serie de datos que se dispersan excesivamente del resto. Con el fin de mejorar tanto la ecuación como el R cuadrado de las tres regresiones, se analizan dichos puntos y se toman como anómalos eliminándolos de la función, resultando los gráficos siguientes.

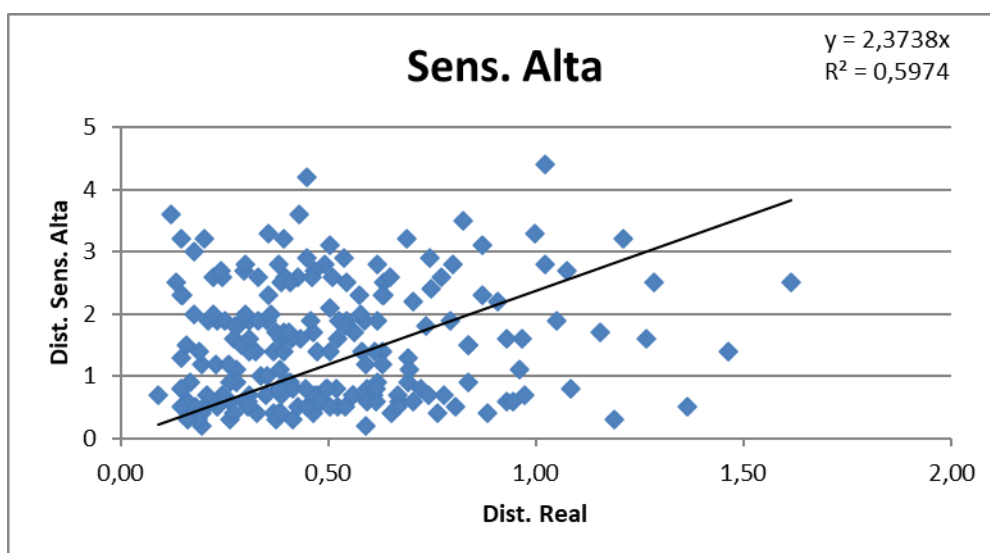


Figura 244. Regresión estadística sensibilidad alta/medición real Villena Filtrados.

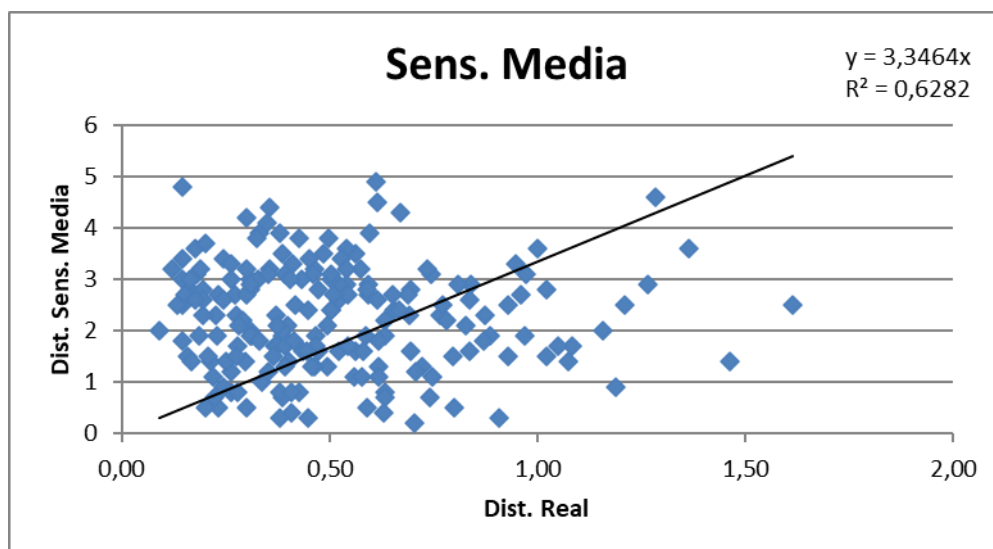


Figura 245. Regresión estadística sensibilidad media/medición real Villena Filtrados.

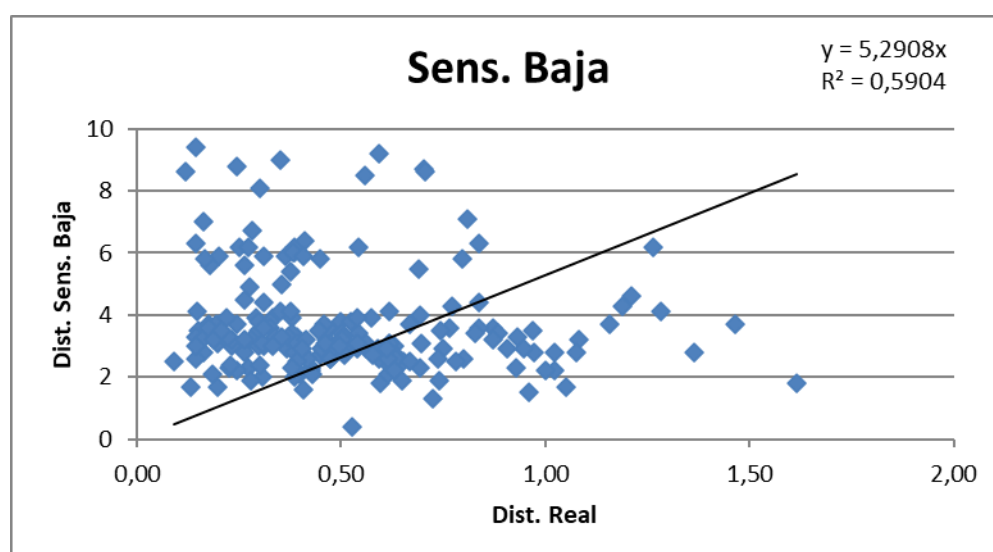


Figura 246. Regresión estadística sensibilidad baja/medición real Villena Filtrados.

Del análisis realizado se extrae que, en el caso de los pies analizados en Villena, la detección de anillos es más precisa a empleando sensibilidades altas. Cabe destacar que en este caso ha sido necesario realizar un filtrado para eliminar puntos anómalos o que arrojaban valores muy diversos respecto al resto. Al analizar los gráficos antes y después del filtrado, vemos que a sensibilidades altas se obtiene mejores resultados en ambos casos, y que después de realizar el filtrado el valor de R cuadrado aumenta significativamente.

3.2.5.4 *Procesado de datos de las barrenas*

Al igual que en el apartado 3.1.6.4, las muestras obtenidas deben de acondicionarse para su posterior medición. En este caso cabe destacar la particularidad de que las muestras obtenidas no son rodajas como en el apartado citado sino, que son tubillones obtenidos de la barrena pressler.

Una vez en laboratorio, los tubillones se secan en estufa de secado hasta alcanzar su humedad de equilibrio higroscópico.



Figura 247. Secado de tubillones en estufa.

Alcanzada la humedad de equilibrio higroscópico, las muestras se acondicionan para poder realizar el escaneo y fotografía para su posterior procesamiento con el programa MtreeRing al igual que con las trozas en el apartado 3.1.6.3.

Los tubillones se disponen en un bastidor de trabajo en el que se encajan para poder lijarles una cara plana y que se vea con mayor facilidad los anillos de crecimiento.



Figura 248. Lijado de tubillones.

Una vez lijados, se realiza las fotografías con la mayor calidad posible para su posterior procesado con el programa y extracción de datos.



Figura 249. Fotografía de detalle de las muestras lijadas para su posterior procesado y análisis.

La metodología de medición con MtreeRing es la misma que la empleada en el apartado 3.1.6.5. en el que se establecen los límites de análisis y realiza la detección con el programa. Posteriormente se lleva a cabo un marcado y corrección de anillos de forma manual para corregir posibles errores de marcado e identificar aquellos anillos que el programa no detecta.

Una vez analizados los tubillones con el programa y realizado las correcciones oportunas, se extraen los datos en Excel para su procesado. Cabe destacar que al igual que en las rodajas analizadas procedentes de Ain, en estos tubillones procedentes de Alcalá, Ayora y Villena, también hay que realizar una corrección del factor de escala puesto que las imágenes realizadas para la medición se han realizado con fotografía macro para obtener una mayor calidad. El factor de escala se realiza midiendo la distancia real de los tubillones.

- Parcelas Alcalá de Xivert

De los tubillones analizados en Alcalá de Xivert se han obtenido los siguientes valores tras su análisis con MtreeRing

Tabla 17. Extracto de la tabla de resultados de la medición con MtreeRing de los tubillones de Alcalá.

Tubillones	2023	2022	2021	2020	2019	2018	2017	2016
1.1.	1,58	3,15	3,15	3,49	6,22	3,17	3,43	2,92
1.2.	1,39	1,71	1,66	2,62	2,96	1,36	2,84	3,98
2.1.	1,47	1,32	2,2	2,75	2,16	1,74	1,65	2,16
2.2.	0,95	1,48	1,52	1,83	0,96	3,43	3,85	5,38
3.1.	1,37	2,58	2,65	2,16	1,31	1,78	3,56	1,82
3.2.	2,16	2,41	1,74	2,69	2,89	3,69	2,58	4,91
4.1.	0,56	0,75	0,75	1,18	1,37	1,37	0,81	1,57
4.2.	2,95	3,79	4,2	3,79	4,31	2,1	2,73	2,42
5.1.	1,43	1,95	3,64	2,8	3,64	2,84	2,62	2,58
5.2.	2,46	2,61	2,21	2,91	2,18	2,61	1,74	2,4

Con las mediciones obtenidas y la medición real de los tubillones, se calcula el factor de escala para obtener la medición real de los anillos.

Tabla 18. Obtención del factor de escala para cada tubillón a partir de la medición real y la medida obtenida por MtreeRing.

Tubillones	Medidas MtreeRing	Medidas reales	Factor de escala
1.1.	72,25	31,33	0,43
1.2.	52,77	23	0,44
2.1.	64,77	28,36	0,44
2.2.	74,54	33	0,44
3.1.	60,61	26,56	0,44
3.2.	77	32,8	0,43
4.1.	28,76	12,35	0,43
4.2.	68,16	29,47	0,43
5.1.	70,82	30,35	0,43
5.2.	56,47	25,5	0,45

Se aplica el factor de escala a la medición de los anillos de MtreeRing, y se obtiene la medición real de los anillos de crecimiento para cada uno de los tubillones analizados.

Tabla 19. Medición real de los anillos tras aplicar el factor de escala.

Tubillones	2023	2022	2021	2020	2019	2018	2017	2016
1.1.	0,69	1,37	1,37	1,51	2,70	1,37	1,49	1,27
1.2.	0,61	0,75	0,72	1,14	1,29	0,59	1,24	1,73
2.1.	0,64	0,58	0,96	1,20	0,95	0,76	0,72	0,95
2.2.	0,42	0,66	0,67	0,81	0,43	1,52	1,70	2,38
3.1.	0,60	1,13	1,16	0,95	0,57	0,78	1,56	0,80
3.2.	0,92	1,03	0,74	1,15	1,23	1,57	1,10	2,09
4.1.	0,24	0,32	0,32	0,51	0,59	0,59	0,35	0,67
4.2.	1,28	1,64	1,82	1,64	1,86	0,91	1,18	1,05
5.1.	0,61	0,84	1,56	1,20	1,56	1,22	1,12	1,11
5.2.	1,11	1,18	1,00	1,31	0,98	1,18	0,79	1,08

- Parcelas Ayora

De los tubillones analizados en Ayora se han obtenido los siguientes valores tras su análisis con MtreeRing

Tabla 20. Extracto de la tabla de resultados de la medición con MtreeRing de los tubillones de Ayora.

Tubillones	2023	2022	2021	2020	2019	2018	2017	2016
6.1.	0,82	2,24	1,83	1,98	1,94	1,57	2,65	2,3
6.2.	0,85	1,24	1,76	1,37	2,02	1,06	0,85	1,02
7.1.	1,07	1,66	1,5	1,76	1,22	1,53	1,44	2,54
7.2.	1,83	1,98	2,38	2,95	2,62	2,88	3,17	2,5
8.1.	1,29	1,15	1,31	1,02	1,49	1,99	1,78	1,61
8.2.	0,98	1,09	0,98	1,2	1,42	0,98	1,43	1,48
9.1.	0,93	1,99	1,95	3,6	2,29	2,62	2,88	1,91
9.2.	1,44	2,86	1,47	1,44	1,24	0,85	1,99	2,68
10.1.	1,44	3,34	3,14	4,36	2,75	3,56	4,28	2,92
10.2.	1,61	2,07	3,05	1,57	1,99	2,75	2,03	3,64

Con las mediciones obtenidas y la medición real de los tubillones, se calcula el factor de escala para obtener la medición real de los anillos.

Tabla 21. Obtención del factor de escala para cada tubillón a partir de la medición real y la medida obtenida por MtreeRing.

Tubillones	Medidas MtreeRing	Medidas reales	Factor de escala
6.1.	42,96	14	0,326
6.2.	28,04	11,14	0,397
7.1.	42,57	17,37	0,408
7.2.	50,32	18,4	0,366
8.1.	30,51	8,9	0,292
8.2.	26,6	8,56	0,322
9.1.	56,43	18,5	0,328
9.2.	48,99	19	0,388
10.1.	65,34	22,65	0,347
10.2.	49,52	19,55	0,395

Se aplica el factor de escala a la medición de los anillos de MtreeRing, y se obtiene la medición real de los anillos de crecimiento para cada uno de los tubillones analizados.

Tabla 22. Medición real de los anillos tras aplicar el factor de escala.

Tubillones	2023	2022	2021	2020	2019	2018	2017	2016
6.1.	0,27	0,73	0,60	0,65	0,63	0,51	0,86	0,75
6.2.	0,34	0,49	0,70	0,54	0,80	0,42	0,34	0,41
7.1.	0,44	0,68	0,61	0,72	0,50	0,62	0,59	1,04
7.2.	0,67	0,72	0,87	1,08	0,96	1,05	1,16	0,91

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS

8.1.	0,38	0,34	0,38	0,30	0,43	0,58	0,52	0,47
8.2.	0,32	0,35	0,32	0,39	0,46	0,32	0,46	0,48
9.1.	0,30	0,65	0,64	1,18	0,75	0,86	0,94	0,63
9.2.	0,56	1,11	0,57	0,56	0,48	0,33	0,77	1,04
10.1.	0,50	1,16	1,09	1,51	0,95	1,23	1,48	1,01
10.2.	0,64	0,82	1,20	0,62	0,79	1,09	0,80	1,44

- Parcelas Vilena

De los tubillones analizados en Villena se han obtenido los siguientes valores tras su análisis con MtreeRing

Tabla 23. Extracto de la tabla de resultados de la medición con MtreeRing de los tubillones de Villena.

Tubillones	2023	2022	2021	2020	2019	2018	2017	2016
11.1.	0,95	1,14	2,37	1,23	1,35	1,33	0,32	0,66
11.2.	0,63	0,39	0,39	0,29	0,29	0,85	0,73	0,58
12.1.	0,75	1,57	2,38	0,86	1,13	1,9	0,85	0,63
12.2.	0,76	0,93	0,72	0,38	0,47	0,64	0,85	0,89
13.1.	0,51	0,99	2,37	2,62	1,39	0,9	1,44	1,02
13.2.	1,23	2,33	3,34	1,99	1,69	1,34	0,77	0,71
14.1.	1,74	0,93	2,24	1,14	0,51	1,52	0,47	0,97
14.2.	0,68	0,77	0,85	0,68	0,55	0,81	0,6	0,85
15.1.	1,06	0,29	0,75	0,57	0,47	0,39	1,25	0,47
15.2.	0,51	0,81	1,74	1,82	1,44	1,19	1,35	0,97

Con las mediciones obtenidas y la medición real de los tubillones, se calcula el factor de escala para obtener la medición real de los anillos.

Tabla 24. Obtención del factor de escala para cada tubillón a partir de la medición real y la medida obtenida por MtreeRing.

Tubillones	Medidas MtreeRing	Medidas reales	Factor de escala
11.1.	23,64	10,80	0,457
11.2.	13,03	8,80	0,675
12.1.	21,94	9,68	0,441
12.2.	16,14	6,90	0,428
13.1.	36,04	16,34	0,453
13.2.	34,41	15,08	0,438
14.1.	24,34	10,11	0,415
14.2.	19,49	8,85	0,454
15.1.	14,64	4,52	0,309
15.2.	24,87	10,93	0,439

Se aplica el factor de escala a la medición de los anillos de MtreeRing, y se obtiene la medición real de los anillos de crecimiento para cada uno de los tubillones analizados.

Tabla 25. Medición real de los anillos tras aplicar el factor de escala.

Tubillones	2023	2022	2021	2020	2019	2018	2017	2016
11.1.	0,43	0,52	1,08	0,56	0,62	0,61	0,15	0,30
11.2.	0,43	0,26	0,26	0,20	0,20	0,57	0,49	0,39
12.1.	0,33	0,69	1,05	0,38	0,50	0,84	0,38	0,28
12.2.	0,32	0,40	0,31	0,16	0,20	0,27	0,36	0,38
13.1.	0,23	0,45	1,07	1,19	0,63	0,41	0,65	0,46
13.2.	0,54	1,02	1,46	0,87	0,74	0,59	0,34	0,31
14.1.	0,72	0,39	0,93	0,47	0,21	0,63	0,20	0,40
14.2.	0,31	0,35	0,39	0,31	0,25	0,37	0,27	0,39
15.1.	0,33	0,09	0,23	0,18	0,15	0,12	0,39	0,15
15.2.	0,22	0,36	0,76	0,80	0,63	0,52	0,59	0,43

3.3 Parcelas nuevas

Como se desarrolla en puntos anteriores aquí se muestra el esquema de trabajo que se lleva a cabo en las parcelas nuevas y que se describe en este punto.

En los 5 primeros árboles de cada una se realiza:

- Marcado de la numeración con spray.
- Calidad visual del árbol en pie.
- Mediciones indirectas con ultrasonidos Sylvatest 4 a 1 metro.

En los 2 primeros árboles de cada una se evalúa:

- Extracción y almacenamiento de tubillón de crecimiento con barrena de pressler (a 1,3 m, altura estandarizada para el estudio de árboles en pie).
- Resistografías paralelas a tubillón de crecimiento (a 1,3 m).

En un árbol representativo de la parcela:

- Muestra de densidad representativa de la parcela.

En toda la parcela:

- Inventario forestal con TLS.

3.3.1 Marcado de la numeración con spray

El marcado de los pies seleccionados sigue el mismo esquema que el establecido en el proyecto WoodForestSatelite. Se determina el centro de la parcela objeto de estudio con el GPS de precisión y se marca con un ítem metálico que facilite su localización por si hubiese que volver a las parcelas en un futuro, además se marca con una estaca de madera pintada de rojo para su mejor visualización.



Figura 250. Marcado del centro de la parcela con GPS de precisión. Parcela 18.



Figura 251. Marcado de centro de la parcela con item.

Una vez delimitado el centro de la parcela, se establece el radio de 15 metros de radio de la parcela y se inicia el marcado de los pies de la parcela iniciando por el primer pie más próximo al centro de la parcela en dirección norte y se sigue el marcado de los pies siguiente hasta llegar al límite de 15 metros y en el sentido de las agujas del reloj.



Figura 252. Marcado con spray de los pies.

3.3.2 Inventario forestal con TLS

El principal objetivo de este es obtener el diámetro y la altura de los pies descritos en el apartado 2.3. A diferencia de la metodología tradicional, se emplea el uso de un láser escáner terrestre (TLS) descrito en el Entregable E4.1.

En primer lugar, se realiza un reconocimiento de la parcela y se colocan una serie de marcadores alrededor de la parcela y un elemento distintivo en el centro de esta, de esta forma se facilita el escaneo y la referencia de las nubes de puntos (figura 253). La colocación de las dianas es de gran importancia, es necesario que exista un alto grado de solape entre las nubes puntos, y las dianas tienen la función de puntos de anclaje entre dos nubes.



Figura 253. Centro de la parcela, cajón de referencia y dianas.

Para cada parcela se ha decidido el estacionamiento del TLS en 4 o 5 lugares concretos, que cumplan los siguientes requerimientos:

- Abarcar la totalidad de la parcela
- Maximizar la visibilidad entre estacionamientos
- Visualización total o parcial de mínimo 3 dianas

Para la captura de los datos, se monta el escáner BLK360 sobre un trípode, manteniéndolo a una altura adecuada para captar la totalidad de los árboles. Tras la instalación del equipo, se lleva a cabo los ajustes iniciales del escáner, configurando la resolución del escaneo. Además, se toman medidas para la sincronización de los datos, aunque en entornos densos la señal de GPS suele ser limitada. En estos casos, se utilizan puntos de referencia en campo, como se ha comentado anteriormente, para una posterior georreferenciación precisa.

Se llevan a cabo entre 4 y 5 escaneos en cada parcela, dependiendo de la complejidad del terreno y la densidad de la vegetación, con el fin de minimizar puntos ciegos y optimizar la cobertura del área. Estos escaneos sucesivos deben contar con una superposición suficiente entre ellos, para facilitar posteriormente el proceso de alineación y fusión en el software de procesamiento.

Una vez completados los escaneos en cada parcela, se revisan los datos en campo a través de un dispositivo móvil sincronizado con el BLK360, permitiendo una visualización preliminar para detectar posibles errores o datos faltantes. Esta verificación permite corregir en el sitio cualquier omisión o zona sin cobertura completa, ejecutando escaneos adicionales cuando fuese necesario.

En la fase de procesamiento en laboratorio, se descargaron los datos capturados en cada escaneo, para su análisis en el software especializado (Leica Cyclone). Estos programas permiten alinear y fusionar los diferentes escaneos de cada parcela en una sola nube de puntos cohesiva. Además, se realizó un proceso de limpieza de los datos, eliminando artefactos o ruido, asegurando así que el modelo 3D resultante reflejara fielmente la estructura forestal de cada parcela.

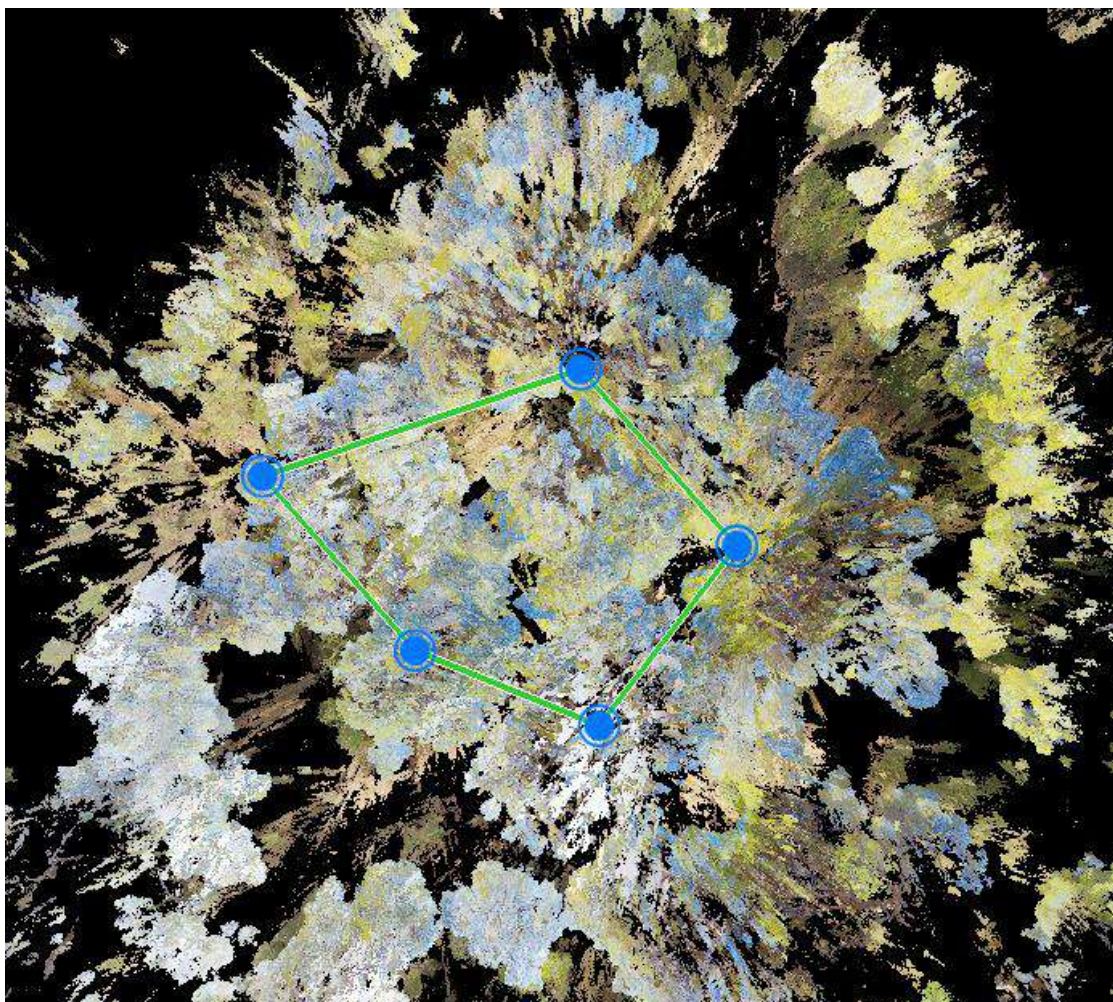


Figura 254. Unión de las nubes de puntos en la parcela 18 de Serra

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS

Para la georreferenciación, se incorporaron los datos GPS adicionales obtenidos en campo mediante puntos de control tomados mediante el dispositivo GNSS, logrando que la ubicación de cada parcela en el espacio geográfico sea precisa y consistente con el entorno real.

Con la nube de puntos unida para cada una de las parcelas, se pasa a la obtención de las métricas que nos interesan. Este análisis incluye la medición del diámetro a la altura del pecho (DAP) de cada árbol, la altura total de los árboles.



Figura 255. Nube de puntos parcela 18

Para la obtención de las variables de diámetro a la altura del pecho y altura del árbol, se ha empleado el paquete de R FORTLS.

FORTLS es un paquete de software desarrollado en el lenguaje de programación R, diseñado específicamente para automatizar el procesamiento de datos obtenidos a partir de escaneos láser terrestres. FORTLS facilita el análisis de estos datos, con el objetivo principal de calcular métricas y variables clave en estudios de bosques y silvicultura.

Las principales funciones son la detección y caracterización de árboles. FORTLS permite identificar árboles individuales en la nube de puntos y estimar atributos esenciales como el diámetro a la altura del pecho (DAP), que es una medida fundamental en el estudio de árboles y bosques, así como otras características estructurales de los árboles.

FORTLS sigue pasos:

1º: Normalización: El proceso de normalización es un paso inicial necesario en el procesamiento de datos de nubes de puntos y se implementa en la función `normalize`. La normalización implica obtener las coordenadas relativas al centro de la parcela para las nubes de puntos TLS, suministradas en archivos `las`. El proceso incluye los siguientes pasos: clasificación de los puntos como "suelo"; generación de un modelo digital del terreno (MDT); cálculo de coordenadas relativas al MDT (Cartesiano, cilíndrico y esférico); y reducción de la densidad de la nube de puntos mediante el proceso de recorte de puntos (PCP).

2º: Detección del árbol: La detección de árboles representa un paso fundamental y desafiante en la estimación de variables de interés en los inventarios forestales (IF) asistidos por TLS. En el proceso de detección de árboles, se extraen una o varias secciones horizontales de la nube de puntos original. Por defecto, en `tree.detection` se consideran secciones a alturas de 1.0, 1.3 y 1.6 m $\pm$ 5 cm sobre el terreno (todas alrededor de 1.3 m como sección de referencia para estimar el DAP). La probabilidad de detectar árboles aumenta cuando se considera más de una sección. Cada sección horizontal es procesada mediante algoritmos que son capaces de eliminar puntos de ramas y follaje, detectar agrupaciones de puntos correspondientes a posibles secciones de árboles, y clasificar las agrupaciones de puntos detectadas como secciones de árboles o no, de acuerdo con varias pruebas. Las secciones de árboles detectadas en todas las secciones horizontales se combinan, y para cada árbol detectado, la función `tree.detection` estima ciertos atributos mediante el cálculo de las coordenadas correspondientes al centro de la sección normal del árbol (1.3 m sobre el nivel del suelo) y su distancia horizontal desde el centro de la parcela; la estimación del DAP; la clasificación del árbol como completamente visible o parcialmente ocluido; y la obtención del número de puntos correspondientes a la sección normal (1.3 m $\pm$ 5 cm) tanto para la nube de puntos original como para la reducida (aplicando PCP).

```
library(FORTLS)

dir.data <- getwd()
dir.result <- getwd()

pcd <- normalize(las = "Agres21.las", max.dist = 15, min.height = 0.25,
                max.height = 30, dir.data = dir.data, dir.result = dir.result)
head(pcd, 2)

tls.resolution = list(point.dist = 6, tls.dist = 10)
tree.list.tls <- tree.detection.single.scan(data = pcd, dbh.min = 7.5, dbh.max = 100,
                                           tls.resolution = tls.resolution, dir.result = dir.result)
head(tree.list.tls, 2)
```

Figura 256. Extracto código de ejecución FORTLS.

Finalmente se ejecuta FORTLS para cada una de las parcelas y se obtiene un archivo CSV con las métricas por pie.

3.3.3 Calidad visual del árbol en pie

La calidad visual se mide de la misma manera que en el apartado 3.1.2., utilizando esa misma tabla y en todos aquellos pies descritos en el apartado 2.3.



Figura 257. Parcela 16.



Figura 258. Parcela 17.



Figura 259. Parcela 18.

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS



Figura 260. Parcela 19.



Figura 261. Parcela 20.



Figura 262. Parcela 21.

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS

260

Se analiza la calidad visual de las 6 parcelas nuevas. Al igual que en los pies de Ain, se establece una calidad en función de sus características visuales de la A (mejor calidad) a la D (peor calidad).

Tabla 26. Calidad visual de los árboles de las parcelas nuevas.

ARBOL	ALTURA LIMPIA DE RAMA	RAMAS VIVAS <2M	RAMAS VIVAS ENTRE 2 Y 4 M	D MAX RAMAS VIVAS <2M	D MAX RAMAS VIVAS 2 Y 4 M	RAMAS MUERTAS <2M	RAMAS MUERTAS ENTRE 2 Y 4 M	D MAX RAMAS MUERTAS <2M	D MAX RAMAS MUERTAS 2 Y 4 M	PUNTUACION	CLASIFICACION
16.1	3,5	NO	NO	0	0	NO	SI	0	3	3	A
16.2	4	NO	NO	0	0	NO	NO	0	0	0	A
16.3	4	NO	NO	0	0	NO	NO	0	0	0	A
16.4	4,5	NO	NO	0	0	NO	NO	0	0	0	A
16.5	3	NO	NO	0	0	NO	SI	0	3,5	8,5	A
17.1	3,5	NO	NO	0	0	NO	SI	0	3	3	A
17.2	4	NO	NO	0	0	NO	NO	0	0	0	A
17.3	4,5	NO	NO	0	0	NO	NO	0	0	0	A
17.4	4,,5	NO	NO	0	0	NO	NO	0	0	0	A
17.5	4	NO	NO	0	0	NO	NO	0	0	0	A
18.1	5	NO	NO	0	0	NO	NO	0	0	0	A
18.2	5,5	NO	NO	0	0	NO	NO	0	0	0	A
18.3	5	NO	NO	0	0	NO	NO	0	0	0	A
18.4	6	NO	NO	0	0	NO	NO	0	0	0	A
18.5	4,5	NO	NO	0	0	NO	NO	0	0	0	A
19.1	4	NO	NO	0	0	NO	NO	0	0	0	A
19.2	3,5	NO	NO	0	0	NO	SI	0	5	5	A
19.3	3	NO	SI	0	3,5	NO	NO	0	0	15,5	B
19.4	3,5	NO	SI	0	5	NO	NO	0	0	15	B
19.5	5	NO	NO	0	0	NO	NO	0	0	0	A
20.1	4	NO	NO	0	0	NO	NO	0	0	0	A
20.2	2	NO	NO	0	0	NO	SI	0	4	19	B
20.3	4	NO	NO	0	0	NO	NO	0	0	0	A
20.4	4	NO	NO	0	0	NO	NO	0	0	0	A
20.5	5	NO	NO	0	0	NO	NO	0	0	0	A
21.1	3	NO	NO	0	0	NO	SI	0	3	8	A
21.2	2,5	NO	NO	0	0	NO	SI	0	3,5	13,5	B
21.3	2,5	NO	NO	0	0	NO	SI	0	4	14	B
21.4	3,5	NO	SI	0	5	NO	SI	0	4	19	B
21.5	2,5	NO	NO	0	0	NO	SI	0	4	14	B

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS

Observando los valores obtenidos de clasificación visual de las 6 nuevas parcelas, vemos que se replica el patrón de que al norte de la comunidad la calidad visual es ligeramente superior. En este caso observamos que la calidad en las parcelas de Alicante mejora significativamente. Como se explicaba en el apartado anterior, esta diferencia de calidad se debe a diversas variables tanto climáticas como edáficas del terreno y a la intervención y tratamientos selvícolas que haya ido sufriendo la masa durante su desarrollo, lo que puede favorecer a un desarrollo de la masa mas favorable y homogéneo.

3.3.4 Mediciones indirectas con el Sylvatest 4 a 1 m

La medición de emisión y recepción de ultrasonidos se realiza siguiendo la misma metodología del apartado 3.2.2. de este mismo entregable, pero sobre las nuevas parcelas marcadas.



Figura 263. Ensayo de emisión y recepción de ultrasonidos sobre en el árbol 1 de la parcela 21.



Figura 264. Ensayo de emisión y recepción de ultrasonidos sobre en el árbol 3 de la parcela 18.

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS

264

3.3.5 Obtención de la densidad

La densidad se obtiene de la misma forma que en las parcelas del apartado 3.2.3. de coger una muestra de madera en verde, secarla, medirla y pesarla. En estas parcelas como no se realizan cortas, se extrae de un árbol vivo por parcela, con la ayuda de un taladro y una corona, que tenga características similares a aquellos que están numerados. Para facilitar la extracción de la muestra del árbol se utiliza un punzón.

3.3.6 Cálculo del MOE y el MOR

Una vez realizado el ensayo de emisión y recepción de ultrasonidos y obtenida la densidad media de la madera de cada una de las parcelas, se lleva a cabo el cálculo del módulo de elasticidad y de rotura mediante los valores de velocidad obtenidos mediante ultrasonidos y la densidad.

Los valores calculados están en bruto y se usaran en la base de datos para llevar a cabo el ajuste de la ecuación con la rotura real obtenida de las trozas extraídas de Ain. Además, estos valores solo se calculan para distancia entre sensores de 1 metro por los motivos explicados en apartados anteriores.

Tabla 27. Valores de velocidad e ultrasonidos, MOE y MOR de los arboles analizados en las parcelas nuevas.

PINOS	DENSIDAD	VEL VERD 1M I	MOE VERD 1M I	MOR VERD 1M I	PINOS	DENSIDAD	VEL VERD 1M I	MOE VERD 1M I	MOR VERD 1M I
16.1	761	5048	19392	59,2	19.1	726	4117	12305	31,1
16.2	761	5184	20451	63,4	19.2	726	4705	16071	46,0
16.3	761	4954	18677	56,4	19.3	726	4181	12691	32,7
16.4	761	4845	17864	53,1	19.4	726	4736	16284	46,9
16.5	761	3865	11368	27,4	19.5	726	4602	15376	43,3
17.1	761	4610	16173	46,4	20.1	683	4796	15710	44,6
17.2	761	4912	18361	55,1	20.2	683	3837	10056	22,2
17.3	761	4454	15097	42,2	20.3	683	4253	12354	31,3
17.4	761	4901	18279	54,8	20.4	683	3411	7947	13,9
17.5	761	4749	17163	50,4	20.5	683	3736	9533	20,2
18.1	726	4659	15759	44,8	21.1	683	4060	11258	27,0
18.2	726	5119	19024	57,7	21.2	683	4203	12065	30,2
18.3	726	4566	15136	42,3	21.3	683	4097	11464	27,8
18.4	726	4912	17517	51,8	21.4	683	4396	13199	34,7
18.5	726	4861	17155	50,3	21.5	683	4471	13653	36,5

3.3.7 Obtención de los anillos de crecimiento

Para la obtención de los anillos de crecimiento de las parcelas nuevas, se decide reducir el muestreo eliminando la medición con resistografía. Dados los resultados previos obtenidos tanto en los pinos de Ain como en las parcelas de WoodForest Satellite, carece de sentido replicar el ensayo de resistografía en estas nuevas parcelas ya que se dispone de datos en parcelas de estas provincias que determinan que la precisión mediante la extracción de tubillones con barrena pressler y posterior análisis con Mtreering es mucho más exacto que con peyhton.

3.3.7.1 Extracción y almacenamiento del tubillón de crecimiento con barrena de Pressler

El procedimiento de extracción de tubillones para la determinación y conteo de anillos de crecimiento es el mismo que el empleado en el apartado 3.2.4.1. aplicado en las parcelas del proyecto WoodForest.

Se extraen dos muestras por parcela de las nuevas parcelas marcadas en cada provincia.



Figura 265. Parcela 21.

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS

3.3.7.2 *Procesado de datos de las barrenas*

Al igual que en el apartado 3.1.6.4, las muestras obtenidas deben de acondicionarse para su posterior medición. En este caso, al igual que en las parcelas del proyecto WoodForesta se obtienen barrenas extraídas con la barrena pressler.

Una vez en laboratorio, los tubillones se secan en estufa de secado hasta alcanzar su humedad de equilibrio higroscópico. Alcanzada la humedad de equilibrio higroscópico, las muestras se acondicionan para poder realizar el escaneo y fotografía para su posterior procesado con el programa MtreeRing al igual que con las trozas en el apartado 3.1.6.3.

Los tubillones se lijan y se realizan las fotografías con la mayor calidad posible para su posterior procesado con el programa y extracción de datos.

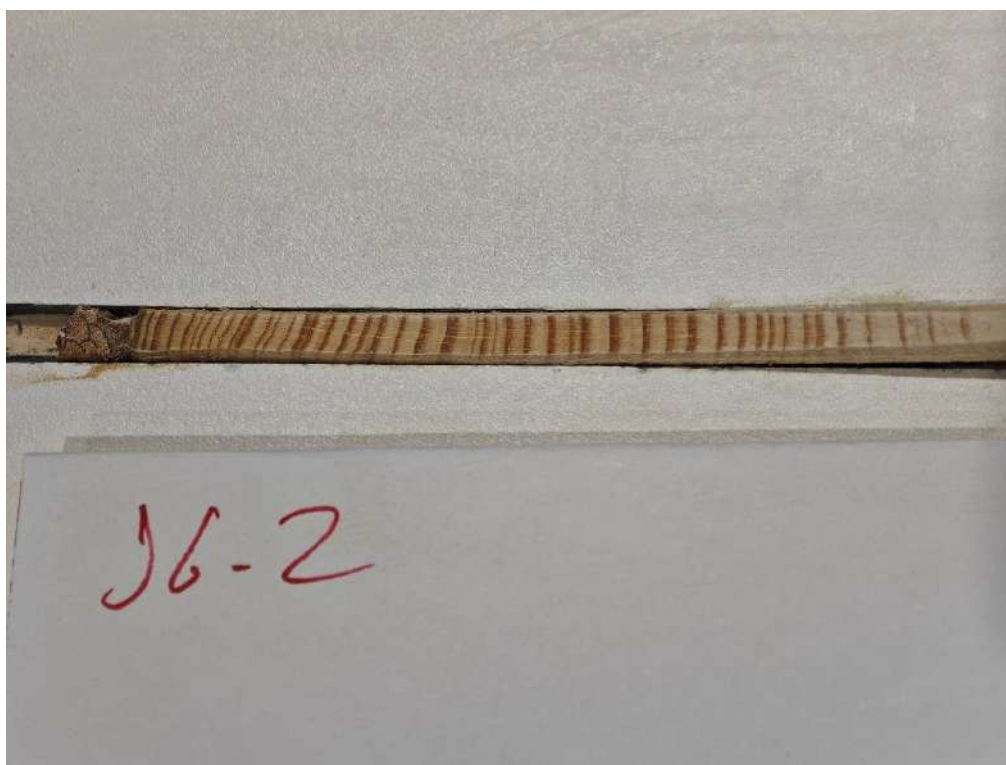


Figura 266. Fotografía de los tubillones lijados para su medición con Mtreering.

La metodología de medición con MtreeRing es la misma que la empleada en el apartado 3.1.6.5. en el que se establecen los límites de análisis y realiza la detección con el programa. Posteriormente se lleva a cabo un marcado y corrección de anillos de forma manual para corregir posibles errores de marcado e identificar aquellos anillos que el programa no detecta.

Una vez analizados los tubillones con el programa y realizado las correcciones oportunas, se extraen los datos en Excel para su procesado. Cabe destacar que al igual que en las rodajas analizadas procedentes de Ain, en estos tubillones procedentes de Ares, Serra y Agres, también hay que realizar una corrección del factor de escala puesto que las imágenes realizadas para la medición se han realizado con fotografía macro para obtener una mayor calidad. El factor de escala se realiza midiendo la distancia real de los tubillones.

Como particularidad en estos tubillones, hay que tener en cuenta que al pasar casi un año entre la obtención de las primeras muestras hasta la obtención de estas, a la hora de realizar la medición, hay que tener en cuenta el crecimiento producido en el 2024 y restarlo al total para su escalado para que los datos sean comparables con el resto de parcelas.

- Parcelas Ares

De la medición de los anillos y posterior ajuste manual del conteo, se obtienen los siguientes valores de crecimientos por año de las dos parcelas.

Tabla 28. Extracto de la tabla de resultados de la medición con MtreeRing de los tubillones de Ares.

Tubillones	2023	2022	2021	2020	2019	2018
16.1	2,39	2,39	4,77	4,9	3,25	1,7
16.2	1,92	1,53	2,64	2,49	1,53	1,05
17.1	0,65	1,16	1,23	1,37	0,65	1,08
17.2	1,36	2,23	1,86	1,36	1,36	2,11

Con los anillos identificados y la medición del programa, se mide con el calibre la distancia real de los anillos y se calcula el factor de escala. El factor de escala varía en función de cada medición. La imagen se realiza buscando la mayor calidad posible, aunque eso implique variar la distancia o zoom empleado, lo que ocasiona que cada imagen necesite un factor de escala propio.

Tabla 29. Cálculo del factor de escala con la medida real de los crecimientos.

Tubillones	Medidas MtreeRing	Medidas reales	Factor de escala
16.1	19,40	10,31	0,53
16.2	11,16	5,67	0,51
17.1	6,14	4,82	0,79
17.2	10,28	6,50	0,63

Una vez determinado el factor de escala, se aplica sobre las mediciones realizadas y se obtiene la medición real de los crecimientos por año.

Tabla 30. Medición real de los anillos tras aplicar el factor de escala.

Tubillones	2023	2022	2021	2020	2019	2018
16.1	1,27	1,27	2,53	2,60	1,73	0,90
16.2	0,98	0,78	1,34	1,27	0,78	0,53
17.1	0,51	0,91	0,97	1,08	0,51	0,85
17.2	0,86	1,41	1,18	0,86	0,86	1,33

- Parcelas Serra

De la medición de los anillos y posterior ajuste manual del conteo, se obtienen los siguientes valores de crecimientos por año de las dos parcelas.

Tabla 31. Extracto de la tabla de resultados de la medición con MtreeRing de los tubillones de Ares.

Tubillones	2023	2022	2021	2020	2019	2018
18.1	0,44	0,77	0,52	0,89	0,36	0,44
18.2	0,37	0,35	0,58	0,87	0,47	0,89
19.1	2,83	2,23	2,91	2,51	1,67	3,31
19.2	0,64	1,01	0,79	0,4	0,87	0,25

Con los anillos identificados y la medición del programa, se mide con el calibre la distancia real de los anillos y se calcula el factor de escala. El factor de escala varía en función de cada medición. La imagen se realiza buscando la mayor calidad posible, aunque eso implique variar la distancia o zoom empleado, lo que ocasiona que cada imagen necesite un factor de escala propio.

Tabla 32. Cálculo del factor de escala con la medida real de los crecimientos.

Tubillones	Medidas MtreeRing	Medidas reales	Factor de escala
18.1	3,42	3,25	0,95
18.2	3,53	3,91	1,11
19.1	15,46	8,85	0,57
19.2	3,96	5,24	1,32

Una vez determinado el factor de escala, se aplica sobre las mediciones realizadas y se obtiene la medición real de los crecimientos por año.

Tabla 33. Medición real de los anillos tras aplicar el factor de escala.

Tubillones	2023	2022	2021	2020	2019	2018
18.1	0,42	0,73	0,49	0,85	0,34	0,42
18.2	0,41	0,39	0,64	0,96	0,52	0,99
19.1	1,62	1,28	1,67	1,44	0,96	1,89
19.2	0,85	1,34	1,05	0,53	1,15	0,33

- Parcelas Agres

De la medición de los anillos y posterior ajuste manual del conteo, se obtienen los siguientes valores de crecimientos por año de las dos parcelas.

Tabla 34. Extracto de la tabla de resultados de la medición con MtreeRing de los tubillones de Ares.

Tubillones	2023	2022	2021	2020	2019	2018
20.1	4,63	6,21	5,7	7,78	2,43	6,07
20.2	2,91	2,36	3,97	4,77	3,38	2,49
21.1	1,43	1,75	3,06	2,84	2,57	2,52
21.2	3,68	2,72	0,99	5,21	2,33	1,27

Con los anillos identificados y la medición del programa, se mide con el calibre la distancia real de los anillos y se calcula el factor de escala. El factor de escala varía en función de cada medición. La imagen se realiza buscando la mayor calidad posible, aunque eso implique variar la distancia o zoom empleado, lo que ocasiona que cada imagen necesite un factor de escala propio.

Tabla 35. Cálculo del factor de escala con la medida real de los crecimientos.

Tubillones	Medidas MtreeRing	Medidas reales	Factor de escala
20.1	32,82	19,85	0,60
20.2	19,88	10,99	0,55
21.1	14,17	8,90	0,63
21.2	16,20	9,66	0,60

Una vez determinado el factor de escala, se aplica sobre las mediciones realizadas y se obtiene la medición real de los crecimientos por año.

Tabla 36. Medición real de los anillos tras aplicar el factor de escala.

Tubillones	2023	2022	2021	2020	2019	2018
20.1	2,80	3,76	3,45	4,71	1,47	3,67
20.2	1,61	1,30	2,19	2,64	1,87	1,38
21.1	0,90	1,10	1,92	1,78	1,61	1,58
21.2	2,19	1,62	0,59	3,11	1,39	0,76

4 Toma de datos de teledetección

En el entregable E4.1 se describen las tres técnicas de toma de datos basadas en la teledetección, estas son: imágenes satelitales (Sentinel-2), nubes de puntos tomadas por ALS (LiDAR-PNOA) y nubes de puntos tomadas por TLS (Leica BLK360). La metodología TLS ya se ha explicado en el anterior apartado 3.3.2 “Inventario forestal con TLS”, por lo tanto, solamente se detallan las técnicas restantes.

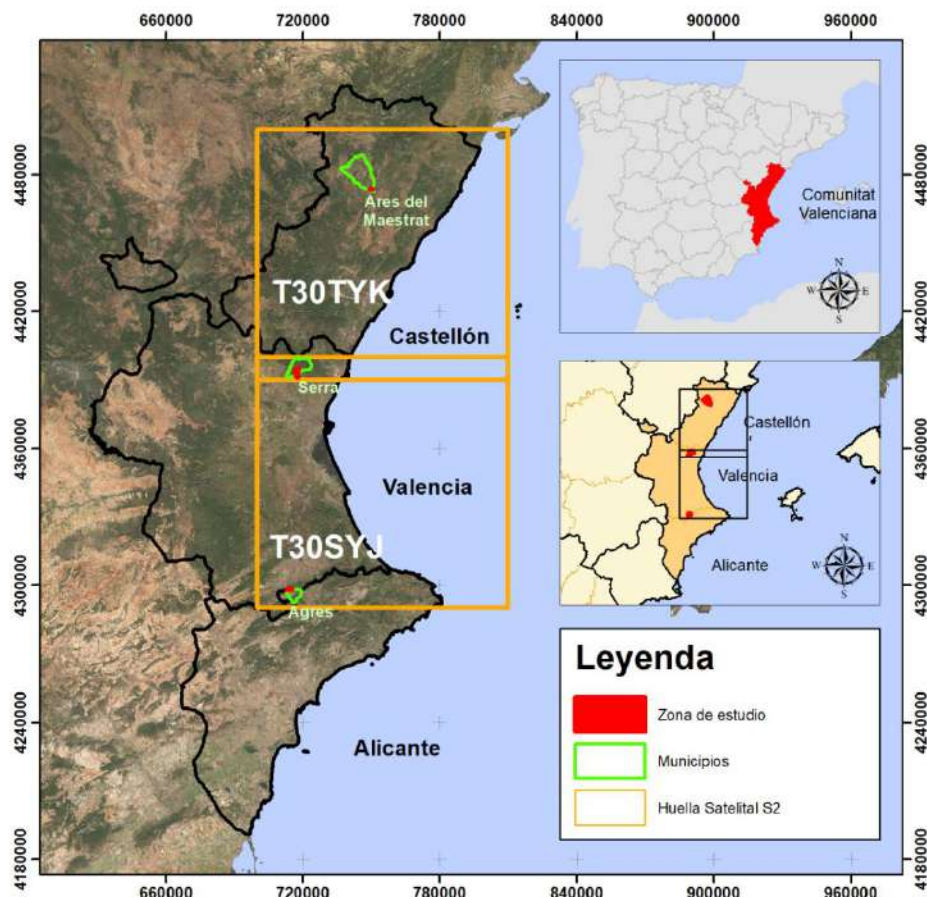
4.1 Sentinel-2

Las imágenes satelitales de Sentinel-2 tienen como objetivo recopilar información multiespectral y multitemporal de las parcelas seleccionadas. Las imágenes multiespectrales que se van a emplear son las generadas por los satélites Sentinel-2A y Sentinel-2B, desarrollados y lanzados por la Agencia Espacial Europea (ESA) en 2015 y 2017 respectivamente. Estos satélites proporcionan imágenes cada 5 días. Las imágenes de Sentinel-2 están formadas por 13 bandas que van desde el espectro visible hasta el infrarrojo cercano, con resoluciones espaciales que varían entre 10 y 60 metros.

Las distintas bandas de las imágenes Sentinel-2, nos permite generar variables explicativas del comportamiento de las masas forestales de cada una de las parcelas seleccionadas. Concretamente las características de la vegetación que influyen en las bandas de las imágenes son, los niveles de pigmentación, el contenido de agua de las hojas y su estructura.

Una vez geolocalizadas las parcelas de estudio se procede a programar el script para la descarga de las imágenes satelitales a través del portal Google Earth Engine (GEE). La estructura del código programado sigue la siguiente estructura:

- 1) Selección de la colección de imágenes Sentinel-2.
- 2) Selección del periodo de recopilación de datos (2019 - 2023).
- 3) Enmascaramiento de las imágenes mediante algoritmo S2Cloudless.
- 4) Incorporación de la localización de las parcelas de estudio.
- 5) Cálculo de los índices espectrales.
- 6) Creación de archivo CSV con los valores para los diferentes periodos.



AIDIMME INSTITUTO TECNOLÓGICO		Mapa Huellas satelitales de las imágenes Sentinel-2 en las zonas de estudio determinadas	
WOODBYSAT	Desarrollo de métodos de análisis no destructivos y por teledetección para la optimización de la explotación y mejora de la calidad de madera de Pinus halepensis		
Norte 	0 30 60 120 Kilometers 		Escala 1:2 000 000
	Sistema de referencia ETRS89	Proyección UTM	Huso 30
Nº Mapa			

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS

4.2 LiDAR PNOA

Mediante sensores LiDAR el proyecto PNOA-LiDAR obtiene una representación tridimensional del territorio español, empezando la primera cobertura el año 2008 y actualmente habiendo terminado la segunda cobertura y a fecha de 2023 comenzando la tercera cobertura. Los datos LiDAR son datos abiertos, con uso gratuito y licencia de distribución gratuita, proporcionados por el Centro de Nacional de Información Geográfica (CNIG).

En este caso se trabaja con un total de 6 archivos de nubes de puntos en formato LAZ, que es el archivo obtenido de la compresión de un archivo LAS. La mayor parte de sistemas y aplicaciones LiDAR trabajan con un mismo formato, el formato LAS, cuya especificación se desarrolla por la American Society for Photogrammetry & Remote Sensing (ASPRS), y que se ha convertido en el estándar para trabajar con nubes de puntos LiDAR.

LAS es un formato de archivo público que permite el intercambio de ficheros que contienen información de una nube de puntos tridimensional. El formato LAS es un archivo binario que mantiene toda la información procedente del sistema LiDAR y conserva la misma según la propia naturaleza de los datos y del sistema de captura.

Estos 6 ficheros están distribuidos generalmente en teselas de 2x2 km de extensión, pertenecientes a tres lotes de vuelo:

- VAL: correspondiente a la provincia de Valencia, tomada el año 2015 con una densidad de puntos de 0,5p/m², y sistema de referencia de coordenadas ETRS89 UTM Huso 30.
- MUR-VAL-CLM: correspondiente a la provincia de Alicante, Murcia y parte de Castilla la Mancha, tomada en 2016 con una densidad de puntos de 0,5p/m², y sistema de referencia de coordenadas ETRS89 UTM Huso 30.
- CLM-CAS: correspondiente a la provincia de Castellón y parte de Castilla la Mancha, tomada el año 2017 con una densidad de puntos de 1 p/m², y sistema de referencia de coordenadas ETRS89 UTM Huso 30 y 29 en las zonas correspondientes.

Un ejemplo de nomenclatura de archivo LiDAR-PNOA es el siguiente;

Archivo LiDAR: PNOA_2015_VAL_652-4334_ORT-CLA-CIR.laz

Donde la primera parte corresponde al año de captura (2015), la segunda al lote al que pertenece (VAL: Valencia), los dos números siguientes indican las coordenadas en kilómetros de la esquina superior izquierda del fichero (X=652, Y=4334) y las últimas tres siglas indican:

- ORT: Las altitudes son ortométricas.
- CLA: El fichero se encuentra clasificado automáticamente según los estándares del ASPRS.
- CIR- Los puntos tienen información de Infrarrojo procedente de otro vuelo en la misma

zona. Las otras opciones, para este apartado son: IRC- Los puntos tienen información de Infrarrojo procedente tomada en el mismo momento que los datos LiDAR. RGB- Los puntos tienen información de color (RGB) procedente a la ortofoto tomada en el mismo momento que los datos LiDAR. COL- Los puntos tienen información de color procedente a la ortofoto correspondiente del PNOA-Imagen.

FUSION 4.40 es un software gratuito para el tratamiento de datos LiDAR desarrollado por el Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA), proporciona un entorno de visualización 3D para el examen y valoración de datos geospaciales. Combina imágenes, datos LiDAR, capas SIG, datos de campo y modelos de superficie.

Además, dispone de una herramienta denominada FUSION-LTK, que funciona a través de líneas de comandos ejecutables a través del símbolo del sistema. Esta herramienta proporciona gran cantidad de procesos, como filtrado de puntos de suelo, filtrado de puntos erróneos, evaluación de calidad de datos LiDAR, entre otros. Además, cada uno de los programas tienen disponibles switches que permite modificar los parámetros ajustables de los mismos. Entre los programas disponibles, se han creado un flujo de trabajo con el uso de los siguientes programas:

- MergeData: combina varios archivos de nubes de puntos en un único archivo. Se crea un archivo de texto con la ruta a los 6 archivos LAZ y se introduce como dato de entrada para el programa,

MergeData [switches] DataFile OutputFile

MergeData ListaArchivosLiDAR.txt Union_LiDAR.LAZ

- PolyClipData: realiza un recorte de la nube de puntos según una geometría poligonal en el formato ESRI shapefile. Genera un único archivo que contiene todos los puntos que se encuentran dentro de los polígonos, sin embargo, al aplicar el switch multifile se genera uno por cada polígono. El archivo de polígonos corresponde a las 15 parcelas circulares de 15 metros de radio y el archivo a recortar es el generado de la unión (figura 23).

PolyClipData [switches] PolyFile OutputFile DataFile

PolyClipData [/multifile] Parcelas.shp Clip_Union_LiDAR.LAZ Union_LiDAR.LAZ

- **Catalog:** genera un conjunto de reportes descriptivos de los datos LiDAR empleado para la evaluación de las nubes de puntos y para comprobar el número de puntos y densidad (Tabla 5).

Catalog [switches] datafile [catalogfile]

Catalog Clip_Union_LiDAR.LAZ Catalog_Woodforest

- **CloudMetrics:** genera un conjunto de parámetros estadísticos descriptivos del conjunto de datos LiDAR. Para la generación de las estadísticas emplea los valores de elevación e intensidad. Las estadísticas que genera por cada parcela son las siguientes:

Para el cálculo de las alturas, además de todo lo explicado y ejecutado con el programa Fusion, se genera un Modelo Digital de Elevación (MDE), para ello se utilizan los datos clasificados por el PNOA como suelo y a continuación se genera una superficie mediante la interpolación de dichos puntos. Este MDE representa la superficie del suelo, pero también contiene los datos de altitud de cada punto, de este modelo se puede obtener pendiente, orientación, curvas de nivel, etc.

Después de este MDE, se genera un Modelo Digital de Superficie (MDS), en el cual se utilizan los datos de los primeros retornos (valores con elevación máxima), los cuales representan las copas de los árboles.

Una vez obtenido el MDS y el MDE, se procede a normalizar esta nube de puntos, este proceso se ejecuta de la siguiente manera MDS –MDE, debido a que el MDS, tiene los datos de las copas con la altitud sobre el nivel del mar y no sobre el suelo. Al restarle el MDE, este factor se elimina generando el modelo digital de superficies normalizado con respecto al terreno (nMDS), también llamado modelo de alturas de vegetación en aplicaciones forestales.

5 Toma de datos convencionales en laboratorio

Además de los ensayos realizados en campo, se realizan una serie de ensayos de laboratorio en las instalaciones de AIDIMME. Dado que solo se ha podido apelar árboles en la zona de Ain, los ensayos de laboratorio solo se realizarán sobre las trozas de esta parcela y las suministradas por incofusta.

Previo a la realización de los ensayos de laboratorio en las instalaciones de AIDIMME, se debe de acondicionar y escuadrar las trozas obtenidas. Para ello se envían a la empresa Incofusta que llevara a cabo dicho proceso.

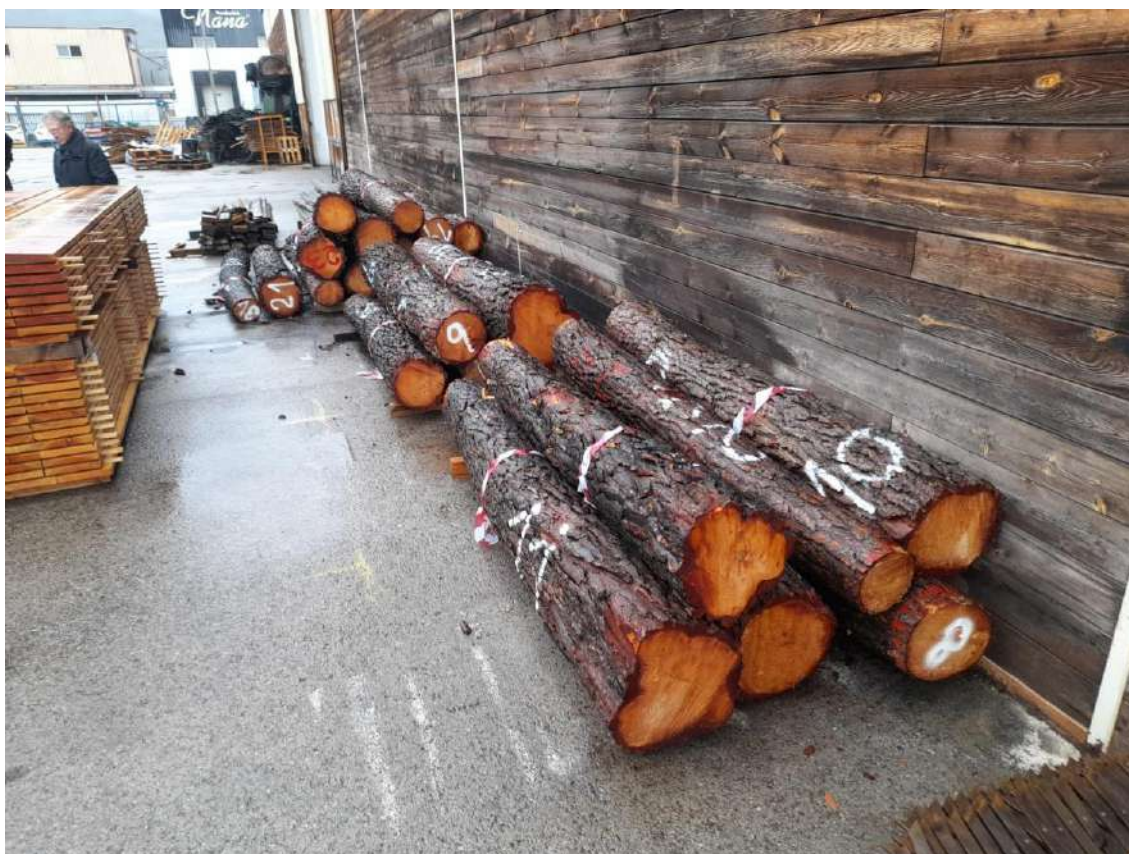


Figura 267. Parcela 21. Trozas procedentes de Ain en las instalaciones de Incofusta.



Figura 268. Parcela 21. Trozas suministradas por Incofusta.

Una vez seleccionas y clasificadas las trozas, se procede a su aserrado y escuadrado para obtener las vigas de 10x7cm de sección y 2 metros de longitud. El proceso se lleva a cabo en varias fases, en las que en primer lugar se obtienen tablones de un espesor superior al espesor final deseado, puesto que después del proceso de secado se produce una merma del material a consecuencia de la pérdida de humedad hasta llegar a la humedad de equilibrio higroscópico (8-12%).

Una vez obtenidos los tablones, estos se seccionan longitudinalmente para dar lugar a vigas de sección ligeramente superior a 10x7 cm que se empaquetan y se llevan a secadero.



Figura 269. Aserrado de trozas.



Figura 270. Parcela 21. Aserrado parcial trozas Ain.

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS



Figura 271. Parcela 21. Aserrado parcial trozas Incofusta.



Figura 272. Parcela 21.



Las vigas se marcan con el número de identificación correspondiente a la troza de la que han sido extraídas.



Figura 275. Parcela 21.

Se recibe las tozas en las instalaciones de AIDIMME ya escuadradas a las dimensiones indicada y secas hasta alcanzar la humedad de equilibrio higroscópico comprendida entre el 8-12% tanto de las trozas de Ain como de las trozas suministrada por incofusta.



Figura 276. Recepción de las vigas en las instalaciones de AIDIMME.



Figura 277. Recepción de las vigas en las instalaciones de AIDIMME.

Sobre las vigas recibidas, se establece el siguiente plan de ensayos de laboratorio:

- Medición directa con Sylvatest 4
- Ensayo de rotura según norma UNE-EN 408:2011+A1:2012

5.1 Medición directa Sylvatest 4

Sobre las vigas extraídas de las trozas seleccionadas, se lleva a cabo la medición de ultrasonidos de forma directa. Con el fin de poder comparar los valores obtenidos en verde con los obtenidos con la madera seca y la rotura real. Para ello se disponen las vigas sobre un banco de trabajo y se realizan los orificios para alojar los sensores y realizar la medición.

Previo a su medición, las vigas se retestean todas a la longitud de 2 metros para que los ensayos realizados posteriormente sean todos con los elementos a la misma longitud y sección.



Figura 278. Retesteado de vigas a longitud de 2 metros.



Figura 279. Vigas retesteadas a 2 metros.

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS

285

Una vez se tienen todas las vigas a la misma longitud y sección, se realiza un ensayo de emisión y recepción de ultrasonidos de forma directa en todas ellas.



Figura 280. Retestado de vigas a longitud de 2 metros.

Con los valores obtenidos, se recalcula los valores de MOE y MOR con la densidad real de los elementos y se recopilan en la base de datos.

Tabla 37. Valores de velocidad de ultrasonidos, MOE y MOR de las vigas escuadradas de Ain e incofusta directos a 2 metros.

PINOS	DENSIDAD	VEL VIGA 2M D	MOE VIGA 2M D	MOR VIGA 2M D
1	626	4549	12954,07	33,70
2	626	4245	11280,54	27,07
3	626	4716	13922,65	37,53
4	626	4574	13096,84	34,26
5	626	5119,5	16407,01	47,37
6	626	4536	12880,14	33,41

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS

7	626	4608	13292,27	35,04
8	626	5073	16110,32	46,20
9	626	4915	15122,42	42,28
10	626	4641,5	13486,24	35,81
11	626	4868	14834,59	41,14
12	626	4412,5	12188,32	30,67
13	626	4832,5	14619,01	40,29
14	626	4755,5	14156,85	38,46
15	626	4514,5	12758,32	32,92
16	626	4663	13611,47	36,30
17	626	4740,5	14067,68	38,11
19	626	4692,5	13784,24	36,99
20	626	4808,5	14474,17	39,72
21	626	5125	16442,28	47,51
22	626	4718,5	13937,42	37,59
23	626	4809,5	14480,19	39,74
24	626	4831,5	14612,96	40,27
25	626	4653	13553,16	36,07
27	547	4429	10729,97	24,89
28	547	4864,5	12943,86	33,66
29	547	4889,5	13077,24	34,19
32	547	4542	11284,48	27,09
33	547	4293	10081,13	22,32
34	547	4186	9584,86	20,36
35	547	4095,5	9174,90	18,73
39	547	4875,5	13002,46	33,89
40	547	4297	10099,92	22,40

5.2 Ensayo de rotura según la norma UNE-EN 408:2011+A1:2012, clasificación según norma UNE EN 384:2016 y asignación de clase resistente según norma UNE EN 338:2016

La disposición de las vigas para realizar el ensayo se dispone según las especificaciones de la norma UNE-EN 408:2011+A1:2012, en ella se especifican las distancias de los apoyos de la flexión a cuatro puntos en función de la escuadría de los elementos a analizar.

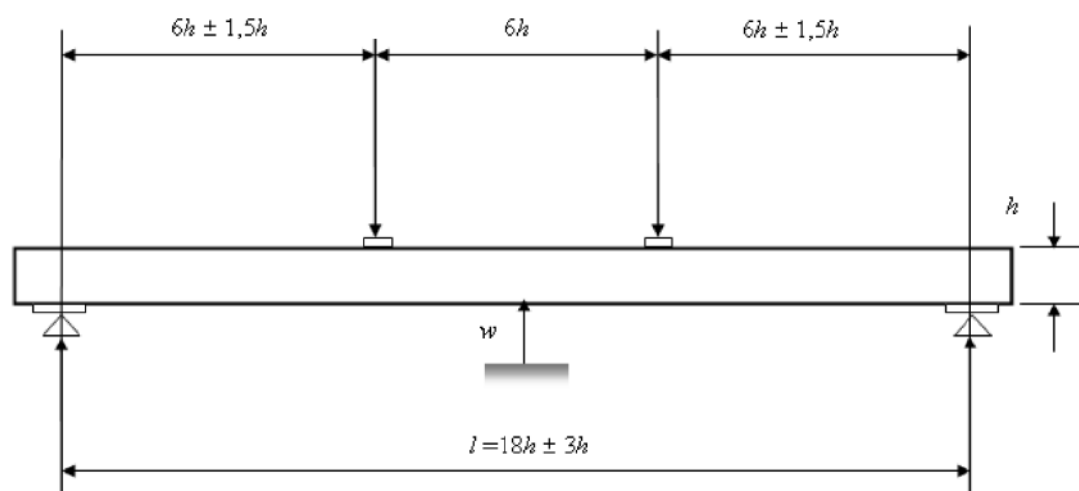


Figura 281. Esquema de disposición de las vigas para el ensayo a flexión. Fuente: UNE-EN 408:2011+A1:2012



Figura 282. Ensayo a rotura sobre las viguetas de Ain e Incofusta.



Figura 283. Ensayo a rotura sobre las viguetas de Ain e Incofusta.



Figura 284. Rotura de viguetas de Ain e Incofusta.



Figura 285. Detalle de roturas producidas.

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS

290

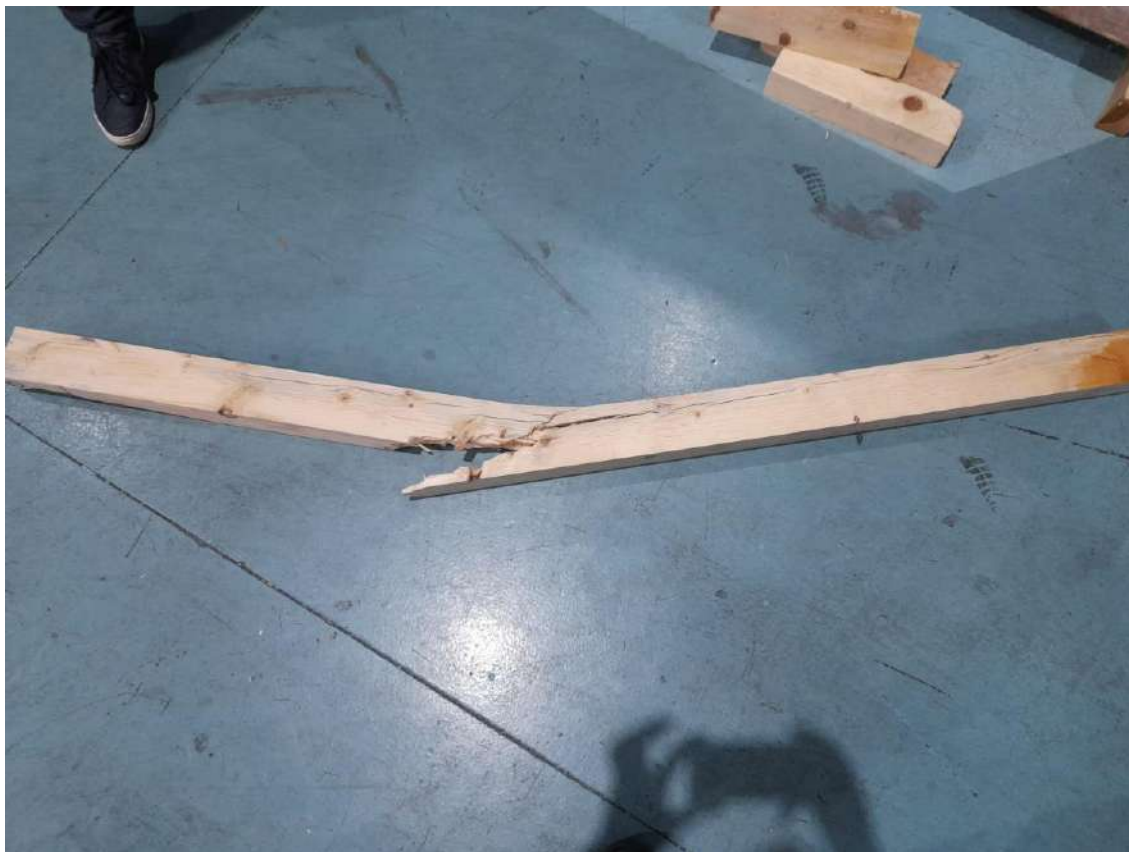


Figura 286. Detalle de roturas producidas.

Una vez realizado el ensayo, las variables de MOE y MOR se determinan a partir de las siguientes formulas:

- **Cálculo del MOE:**

$$E_{m,g} = \frac{3al^2 - 4a^3}{2bh^3 \left(2 \frac{w_2 - w_1}{F_2 - F_1} - \frac{6a}{5Gb h} \right)}$$

- a* distancia entre punto de carga y apoyo más próximo (mm)
- b* anchura de la sección de ensayo (mm)
- h* altura de la sección de ensayo (mm)
- l* longitud entre apoyos (mm)
- w* deformación (mm)
- G* módulo de elasticidad transversal (N/mm²)

- Cálculo del MOE:

$$f_m = \frac{3F_{m\acute{a}x}a}{bh^2}$$

- a* distancia entre punto de carga y apoyo más próximo (mm)
- b* anchura de la sección de ensayo (mm)
- h* altura de la sección de ensayo (mm)

Tabla 38. Tabla de resultados del ensayo de rotura.

Nº VIGA	A MM	B CM	H CM	FUERZA APLICADA (N)	PRECARGA (N)	PESO BARRA + APOYOS (N)	FUERZA MÁXIMA (N)	DESPLAZAMIENTO (MM)	RESISTENCIA FLEXIÓN AXIAL (N/MM ²)
1	60	6,9	9,5	25050,00	1000	220	26270	72,00	75,93
2	60	6,9	9,5	14990,00	1000	127,5	16117,5	39,77	46,59
3	60	6,9	9,5	27400,00	1000	127,5	28527,5	77,31	82,46
4	60	6,9	9,5	17920,00	1000	127,5	19047,5	38,37	55,06
5	60	6,9	9,5	21310,00	1000	127,5	22437,5	54,59	64,86
6	60	6,9	9,5	10140,00	1000	127,5	11267,5	23,35	32,57
7	60	6,9	9,5	12890,00	1000	127,5	14017,5	22,50	40,52

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS

8	60	6,9	9,5	18090,00	1000	127,5	19217,5	36,97	55,55
9	60	6,9	9,5	14590,00	1000	127,5	15717,5	36,93	45,43
10	60	6,9	9,5	15200,00	1000	127,5	16327,5	33,08	47,19
11	60	6,9	9,5	19720,00	1000	127,5	20847,5	49,77	60,26
12	60	6,9	9,5	19110,00	1000	127,5	20237,5	48,25	58,50
13	60	6,9	9,5	30290,00	1000	127,5	31417,5	65,83	90,81
14	60	6,9	9,5	19460,00	1000	127,5	20587,5	45,83	59,51
15	60	6,9	9,5	21770,00	1000	127,5	22897,5	65,07	66,19
16	60	6,9	9,5	20660,00	1000	127,5	21787,5	43,30	62,98
17	60	6,9	9,5	18390,00	1000	127,5	19517,5	37,61	56,42
19	60	6,9	9,5	12410,00	1000	127,5	13537,5	26,54	39,13
20	60	6,9	9,5	22350,00	1000	127,5	23477,5	44,83	67,86
21	60	6,9	9,5	29010,00	1000	127,5	30137,5	83,90	87,11
22	60	6,9	9,5	24550,00	1000	127,5	25677,5	52,59	74,22
23	60	6,9	9,5	19790,00	1000	127,5	20917,5	42,56	60,46
24	60	6,9	9,5	20780,00	1000	127,5	21907,5	51,30	63,32
25	60	6,9	9,5	21340,00	1000	127,5	22467,5	55,28	64,94
27	60	6,9	9,5	18070,00	1000	127,5	19197,5	52,69	55,49
28	60	6,9	9,5	14900,00	1000	127,5	16027,5	27,98	46,33
29	60	6,9	9,5	13870,00	1000	127,5	14997,5	23,98	43,35
32	60	6,9	9,5	16350,00	1000	127,5	17477,5	32,41	50,52
33	60	6,9	9,5	13200,00	1000	127,5	14327,5	35,38	41,41
34	60	6,9	9,5	13160,00	1000	127,5	14287,5	39,44	41,30
35	60	6,9	9,5	7622,00	1000	127,5	8749,5	22,48	25,29
39	60	6,9	9,5	14710,00	1000	127,5	15837,5	26,98	45,78
40	60	6,9	9,5	16390,00	1000	127,5	17517,5	45,57	50,63

Con los valores obtenidos del ensayo de rotura, se clasifica el lote de madera analiza procedente de las vigas de Ain e Incofusta según la norma UNE EN 384:2016, y se le asigna una clase resistente según la norma UNE-EN 338:2016. En la norma 384, especifica que para asignar una clase resistente se emplea el método del quinto percentil por el que se garantiza que el 95% de los elementos de madera analizados se encuentran dentro de la clase resistente asignada.

Tabla 39. Tabla de clasificación del lote de vigas de Ain e Incofusta.

	LOTE VIGAS AIN+INCOFUSTA
PROMEDIO DE LA DENSIDAD (Kg/m ³)	586
PROMEDIO DE RESISTENCIA A FLEXION AXIAL (N/mm ²)	56,3
5º PERCENTIL (N/mm ²)	36,51

CLASIFICACION ESTRUCTURAL	C35
---------------------------	-----

En la tabla resumen observamos que la media de la resistencia a la flexión es muy superior a la clasificación estructural. Con el método del 5º percentil se aplica este factor de seguridad que garantiza que el 95% de los elementos del lote cumplen con dicha clasificación, por lo que la probabilidad de encontrar elementos por debajo de dicha clasificación es del 5% como máximo.

6 Base de datos

El objetivo de este entregable es finalmente procesar y organizar toda la información obtenida de los trabajos de campo, satelital y ensayos de laboratorio.

La base de datos generada permitirá en el siguiente entregable relacionar estadísticamente las variables de cada una de las técnicas empleadas. Los valores recogidos en esta base de datos son valores medios de variable por parcela.

Debido a la extensión de dicha base de datos, se explica de forma resumida aquellas variables que cada herramienta ofrece e incluye en la base de datos (tras el procesado de los datos).

6.1 TLS

El TLS tras el procesado de datos, aporta a la base de datos 6 variables, todas ellas a partir de los datos del TLS:

- Área basimétrica TLS (m^2/ha).
- VCC (Volumen Con Corteza) TLS (m^3/ha).
- VSC (Volumen Sin Corteza) TLS (m^3/ha).
- Diámetro medio con corteza medio TLS (mm).
- Altura media (m).
- Altura máxima (m).

6.2 Sentinel

De esta herramienta satelital se extraen 500 variables por parcela para la base de datos.

Hay 25 variables:

- Las bandas espectrales (con un valor por banda): B1, B2, B3, B4, B5, B6, B7, B8, B8A, B9, B11 y B12.
- Los índices (con un valor por índice): NDVI_B5, NDVI_B6, NDVI_B7, NDVI_B8, NDVI_B8a, SAVI, RVI, MSI, EVI, EVI2, TCW, TCB y TCG.

Se coge la media de cada una de esas variables por trimestre durante 5 años, entonces 4 trimestres por 5 años son 20 trimestres. Las 25 variables por los 20 trimestres hacen un total de 500 variables que añadir a la base de datos.

6.3 Lidar

A partir del software Fusion se han obtenido 85 parámetros, 13 de ellos indicando el conteo de retornos y el resto estadísticos descriptivos de las dos medidas del LiDAR, la elevación (Elev) y la intensidad del retorno (Int). Para cada parámetro Elev existe uno Int.

- Total return count
- Return 1 count
- Return 2 count
- Return 3 count
- Return 4 count
- Return 5 count
- Return 6 count
- Return 7 count
- Return 8 count
- Return 9 count
- Other return count
- Elev minimum
- Elev maximum
- Elev mean
- Elev mode
- Elev stddev
- Elev variance
- Elev CV
- Elev IQ
- Elev skewness
- Elev kurtosis
- Elev AAD
- Elev MAD median
- Elev MAD mode
- Elev L1
- Elev L2
- Elev L3
- Elev L4
- Elev L CV
- Elev L skewness
- Elev L kurtosis
- Elev P01
- Elev P05
- Elev P10
- Elev P20
- Elev P25

- Elev P30
- Elev P40
- Elev P50
- Elev P60
- Elev P70
- Elev P75
- Elev P80
- Elev P90
- Elev P95
- Elev P99
- Canopy relief ratio
- Elev SQRT mean SQ
- Elev CURT mean CUBE
- Profile area

6.4 Mediciones en campo

Dentro de los trabajos de inventario de campo, se incorpora la medición mediante técnicas no destructivas o poco invasivas en árboles en pie. Estas mediciones son:

- Clasificación visual de árboles en pie.
- Medición de ultrasonidos indirecto en pie a 1 metro.
- Medición de ultrasonidos indirecto en pie a 2 metro.
- Medición de ultrasonidos directos de troza apeada a 2 metros.
- Resistografía del tronco a 1,30 m de altura.
- Extracción de barrena pressler a 1,30 m de altura.

6.5 Ensayos de laboratorio

Complementarios a los ensayos y trabajos realizados en campo, se realizan diversos ensayos de laboratorio, estos ensayos son:

- Medición de ultrasonidos directos a 2 metros de las vigas escuadradas.
- Realización de ensayo de rotura según norma UNE EN 408:2011+a1:2012.
- Cálculo de la densidad de cada parcela.
- Medición de crecimientos en tubillones
- Medición de crecimientos con resistografía
- Clasificación estructural de las vigas ensayadas.

PARCELA	A_BASIMET_TIS (m2/ha)	VCC_TIS (m3/ha)	VSC_TIS (m3/ha)	Diámetro_cot_n_corteza_m edio_TIS (m)	Hmeda_TIS (m)	HmaxTIS (m)	Densidad (g/es/ha)	PES_TOT_P_Arc	VCC_TOTAL (m3)	VSC_TOTAL (m3)	CREC2023/P_ArcELA (m)	CREC2022/P_ArcELA (m)	CREC2021/P_ArcELA (m)	CREC2020/P_ArcELA (m)	CREC2019/P_ArcELA (m)	CREC_MEDI_O/PARCELA/ año (mm)	CLASIFICACI ON VISUAL
1	41,79	210,35	152,75	179	13,0	15,1	1542	109	13,33	9,62	0,65	1,06	1,04	1,33	1,99	1,21	A
2	18,45	80,85	57,92	176	10,8	12,3	722	51	5,26	3,75	0,53	0,62	0,82	1,01	0,69	0,73	C
3	28,29	127,42	91,81	183	10,8	12,6	1047	74	8,31	5,96	0,76	1,08	0,95	1,05	0,90	0,95	A
4	24,98	138,19	102,30	207	14,7	17,3	693	49	9,37	6,92	0,86	1,01	1,07	1,07	1,23	1,02	A
5	27,35	142,12	105,91	237	14,0	15,2	594	42	9,38	6,97	0,86	1,01	1,28	1,26	1,27	1,14	A
6	29,45	159,09	120,62	228	13,7	15,3	693	49	10,58	8,00	0,30	0,61	0,65	0,59	0,72	0,57	B
7	28,13	145,35	111,01	249	13,1	14,9	552	39	9,80	7,47	0,55	0,70	0,74	0,90	0,73	0,72	B
8	29,87	128,08	93,84	195	9,7	12,9	962	68	8,71	6,37	0,35	0,34	0,35	0,34	0,45	0,45	D
9	21,76	101,70	76,63	233	11,2	12,8	485	35	7,04	5,30	0,43	0,88	0,60	0,87	0,62	0,68	A
10	31,10	156,44	119,16	248	12,5	14,9	622	44	11,10	8,46	0,57	0,99	1,15	1,07	0,87	0,93	B
11	21,00	79,36	58,40	197	7,8	10,3	524	42	6,13	4,54	0,43	0,39	0,67	0,38	0,41	0,46	D
12	16,78	74,60	55,05	194	9,8	12,3	523	37	6,35	4,74	0,33	0,55	0,68	0,27	0,35	0,43	C
13	23,27	98,92	72,94	196	9,6	11,2	707	50	7,77	5,77	0,39	0,73	1,27	1,03	0,69	0,82	A
14	30,10	132,35	97,77	199	10,2	11,6	905	64	9,17	6,76	0,52	0,37	0,66	0,39	0,23	0,43	D
15	24,63	101,25	73,94	191	9,3	10,9	821	58	7,41	5,43	0,28	0,22	0,50	0,49	0,39	0,37	D
16	41,22	214,03	177,47	324	14,7	17,2	368	26	15,13	12,54	1,12	1,02	1,94	1,93	1,25	1,45	A
17	30,36	168,06	129,00	285	15,5	19,6	469	31	11,88	9,12	0,69	1,16	1,07	0,97	0,69	0,91	A
18	20,00	95,16	71,53	234	12,2	14,9	396	28	6,73	5,06	0,41	0,56	0,57	0,90	0,43	0,58	A
19	27,92	103,08	77,74	260	9,1	11,6	424	30	7,29	5,50	1,23	1,31	1,36	0,98	1,05	1,19	A
20	59,92	284,92	219,41	273	12,5	15,3	849	60	20,14	15,51	2,20	2,53	2,82	3,67	1,67	2,58	A
21	64,95	243,69	181,47	227	8,9	11,0	1316	93	17,23	12,83	1,55	1,36	1,26	2,45	1,50	1,62	B

Figura 287. Ejemplo de base de datos

PINOS	DENSIDAD	VEL VERD 1M1	MOE VERD 1M1	MOR VERD 1M1	VEL VERD 2M1	MOE VERD 2M1	MOR VERD 2M1	VEL VERD 2M1	MOE VERD 2M1	MOR VERD 2M1	VEL VIGA 2M1	MOE VIGA 2M1	MOR VIGA 2M1	VEL VIGA 2M1	MOE VIGA 2M1	MOR VIGA 2M1	Resistencia flexión axial (N/mm ²)
1	626	4501	12682	32,6	4226	11180	26,7	4693	13787	37,0	4549	12954	33,7	4245	11281	27,1	75,93
2	626	4245	11281	27,1	3802	9049	18,2	4190	10938	25,7	4245	11281	27,1	4716	13923	37,5	46,99
3	626	4895	15432	43,5	4202	11053	26,2	4387	12048	30,1	4716	13923	37,5	4574	13097	34,3	82,46
4	626	4892	15277	44,3	3392	7203	10,9	4580	13131	34,4	4574	13097	34,3	5120	16407	42,4	55,06
5	626	4898	15637	44,3	4330	11737	28,9	4765	14213	38,7	4596	12880	33,4	4536	12880	33,4	64,86
6	626	5102	16295	48,9	3546	7871	13,6	4700	13828	37,2	4596	12880	33,4	4608	13292	36,0	32,57
7	626	4434	12419	31,6	4224	11169	26,6	4297	11559	28,2	4608	13292	36,0	4839	16110	46,2	40,52
8	626	5214	17018	48,8	3081	5942	5,9	4839	14658	40,4	5073	16110	46,2	4915	15122	42,3	55,55
9	626	5030	15838	45,1	3087	5966	6,0	4342	11802	29,1	4915	15122	42,3	4642	13485	35,8	45,43
10	626	4819	14537	40,0	3692	8533	16,2	4437	12324	31,2	4642	13485	35,8	4883	14633	41,1	60,26
11	626	4840	14654	40,5	4477	12547	22,1	4638	12235	34,8	4883	14633	41,1	4833	12183	30,7	58,50
12	626	4031	10428	23,7	3915	5935	20,4	4045	10243	23,0	4433	12183	30,7	4833	12183	30,7	58,50
13	626	4693	13787	37,0	3890	5938	3,9	4474	12530	32,0	4833	12183	30,7	4796	14157	38,5	59,51
14	626	4675	13682	36,6	4304	11596	26,3	4234	11489	27,9	4796	14157	38,5	4515	12758	32,9	66,19
15	626	4457	12491	31,9	4170	10885	25,5	4149	10776	25,1	4515	12758	32,9	4463	13611	36,3	62,98
16	626	4397	12048	30,1	3105	6035	6,3	4440	12341	31,3	4693	13787	37,0	4741	14068	38,1	56,42
17	626	4691	13775	37,0	3580	7152	10,7	4202	11053	26,2	4741	14068	38,1	4809	14474	39,7	39,13
19	626	4757	14166	38,5	3504	7866	12,6	4502	12688	32,6	4809	14474	39,7	4719	13937	37,6	67,86
20	626	4715	13917	37,5	3749	8798	17,2	4485	12592	32,3	4809	14474	39,7	4719	13937	37,6	67,86
21	626	5050	15965	45,6	3162	6259	7,2	4883	14926	41,5	5120	16407	42,4	4719	13937	37,6	74,22
22	626	4686	13629	36,4	4021	10121	22,5	4399	12114	30,4	4810	14480	40,3	4810	14480	40,3	60,46
23	626	4225	11174	28,7	3087	5966	6,0	4446	12374	31,4	4810	14480	40,3	4810	14480	40,3	60,46
24	626	4971	15469	43,7	4359	11895	29,5	4560	13017	33,9	4832	14613	40,3	4832	14613	40,3	63,32
25	626	4576	13106	34,3	4147	10795	25,0	3890	9946	21,9	4693	13787	37,0	4693	13787	37,0	64,94

Figura 288. Ejemplo de base de datos

PARCELA	MUNICIPIO	B4	MSI	NDVIB5	TCW
PARCELA1	Alcalá de Xivert	280,780	1,868	0,427	1794,604
PARCELA2	Alcalá de Xivert	343,021	1,510	0,344	2055,653
PARCELA3	Alcalá de Xivert	299,246	1,618	0,380	1932,668
PARCELA4	Alcalá de Xivert	322,444	1,342	0,362	2011,244
PARCELA5	Alcalá de Xivert	369,082	1,420	0,338	2152,099
PARCELA6	Ayora	391,689	1,209	0,335	2243,437
PARCELA7	Ayora	364,526	1,320	0,374	2169,653
PARCELA8	Ayora	458,028	1,427	0,327	2263,841
PARCELA9	Ayora	406,453	1,269	0,322	2122,159
PARCELA10	Ayora	424,516	1,415	0,368	2352,603
PARCELA11	Villena	523,017	1,139	0,313	2833,098
PARCELA12	Villena	473,524	1,405	0,341	2654,301
PARCELA13	Villena	471,648	1,383	0,343	2554,924
PARCELA14	Villena	402,871	1,550	0,349	2244,138
PARCELA15	Villena	386,896	1,456	0,339	2167,457
PARCELA16	Ares	251,937	1,664	0,447	1963,263
PARCELA17	Ares	261,578	1,709	0,461	1981,448
PARCELA18	Serra	375,408	1,457	0,385	2241,702
PARCELA19	Serra	484,306	1,169	0,332	2596,699
PARCELA20	Agrés	339,535	1,141	0,337	2155,872
PARCELA21	Agrés	432,327	0,911	0,300	2589,643

Figura 289. Ejemplo de base de datos

7 Acciones de difusión y transferencia

Durante el desarrollo del paquete de trabajo correspondiente a este entregable, se han realizado diversas reuniones con las empresas colaboradoras.

Dentro de este entregable se han desarrollado la tarea 6.1 “Toma de datos de campo de los pies seleccionados” y la tarea 6.2 “toma de datos mediante técnicas convencionales”

Dentro de estas tareas han colaborado las empresas

- OFFSET TRAIL

La empresa OFFSET TRAIL colabora con la tarea 6.1. en el desarrollo de esta tarea nos acompañan a realizar las mediciones de campo en la que los técnicos de AIDIMME conjuntamente con los técnicos de OFFSET TRAIL tomas las mediciones mediante técnicas de evaluación no destructiva de los árboles en pie.



Figura 290. Tabla datos de campo con los técnicos de OFFSET TRAIL.

BASE DE DATOS OBTENIDOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES OBTENIDAS

301

- SERVICIOS FORESTALES ESTEBAN

La empresa Servicios Forestales Esteban colabora con la tarea 6.1. En una última reunión, se le comenta el proceso de análisis en campo de para obtener datos y finalmente muestras en las parcelas objeto de estudio.

Nos trasladan que son interesantes los resultados y las muestras obtenidas y que a partir de aquí es necesaria una política forestal que haga viable el aprovechamiento de las masas forestales de la comunidad Valenciana. Según ellos, si hay posibilidad de rendimiento económico, habrá posibilidad de crear una interesante industria forestal.

- CONTRACHAPADOS LUBADI

La empresa Contrachapados Lubadi colabora con la tarea 6.2. En una última reunión, los técnicos de AIDIMME informan de los ensayos mecánicos realizados en las muestras y la consecución de los objetivos.

La empresa traslada a los técnicos de AIDIMME las dudas que tiene respecto a la obtención de madera autóctona de calidad con fines industriales, debido a la incertidumbre en la continuidad del posible aprovisionamiento de la madera.

- TABLEROS FOLGADO

La empresa Tableros Folgado colabora con la tarea 6.2. En una última reunión, se les informa de la finalización de las acciones en las distintas parcelas, habiéndose obtenido los valores objeto de estudio e interpretación. También se aportan muestras de tableros fabricados con madera de *Pinus halepensis* procedentes de las parcelas. Se comunica que los resultados de los ensayos mecánicos han sido satisfactorios, cumpliendo con las expectativas que se tenían al inicio del proyecto.

La empresa informa a los técnicos de AIDIMME de que no ve posible una total sustitución de las chapas que utiliza en la actualidad para la fabricación y que proceden de fuera de la unión europea, pero indica que si ve factible ir incorporando chapas de esta nueva especie autóctona a su producción en el futuro.

- TABLEROS PICO

La empresa Tableros Pico colabora con la tarea 6.2. En una última reunión, se comenta la participación de los técnicos en la tarea de evaluación de la calidad del producto final como son los tableros fabricados con *Pinus halepensis* y aportan su gran experiencia en la fabricación. Los técnicos de AIDIMME informan de los ensayos mecánicos realizados en las muestras y la

consecución de los objetivos.

La empresa traslada a los técnicos de AIDIMME mucho interés respecto a la obtención de madera autóctona de calidad con fines industriales y pide a AIDIMME que le informe de los progresos en posteriores investigaciones y resultados.

- SIDO MADERA

La empresa Tableros Pico colabora con la tarea 6.2. En una última reunión, se les informa de la finalización de los análisis realizados en los procesos del proyecto, así como los ensayos mecánicos de laboratorio. Se notifican los resultados obtenidos y la empresa muestra gran interés en ellos, ya que piensan que sería una opción viable para el desarrollo de su actividad.

La empresa nos indica que sería importante enfocar el aprovechamiento y producción del pino Halepensis, hacia productos de madera laminada encolada y algo menos a los productos con madera maciza. También se comenta que, para poder aprovechar todo este material, sería necesario actualizar la industria de la comunidad valenciana de la madera y enfocarla más de lo que está ahora, a la 1ª transformación.



Figura 291. Reunión con los técnicos de SIDO MADERA.

Además de las reuniones con las empresas colaboradoras, se han ido realizando diversas acciones de difusión de los resultados y avances del proyecto.

Dentro de estas acciones de difusión esta la del espacio de I+D+I habilitado en FIMMA+MADERALIA 2024 en el que se divulgaron las investigaciones impulsadas por AIDIMME entre otras acciones.



Figura 292. Espacio habilitado en FIMMA+MADERALIA 2024.

Otras acción de difusión realizada durante el transcurso del proyecto, ha sido la publicación de un artículo en la revista Madera Sostenible, en la que se describen los objetivos del proyecto, la colaboración con las empresas y los primeros resultados obtenidos de la investigación desarrollada.

Destacada | Forestal

WoodbySat promueve el uso maderable de 500 mil hectáreas de Pinus halepensis en la Comunitat Valenciana

Con END y teledetección.



Figura 293. Publicación en Madera Sostenible. <https://madera-sostenible.com/forestal/woodbysat-promueve-el-uso-maderable-de-500-mil-hectareas-de-pinus-halepensis-en-la-comunitat-valenciana/>

8 Conclusiones

El objetivo del entregable es el de recopilar una base de datos que complemente a los ya obtenidos en el proyecto WoodForest Satellite. Para ello se toman mediciones en las 15 parcelas del proyecto anterior y en 6 nuevas parcelas (2 en cada comunidad) además de incluir una tercera zona de estudio en la que se pueden llevar a cabo ensayos complementarios de rotura (Ain).

Finalmente se cumple con el propósito de crear y complementar la base de datos preexistente con valores y mediciones nuevos mediante el empleo de técnicas no destructivas de medición de la calidad de la madera de árboles en pie y de crecimientos anuales mediante el análisis de los anillos de crecimiento.

Tras los ensayos realizados sobre las 21 parcelas y la zona de estudio de Ain, se obtienen valores y características representativas de las masas de *Pinus halepensis* y de que técnicas son las más idóneas y eficientes para la medición de parámetros relacionados con la calidad.

La medición mediante ultrasonidos, resulta más idónea tanto a efectos de productividad como a medición de valores realizarla a una distancia entre sensores de 1 metro, puesto que al realizarse de forma indirecta en superficie, la probabilidad de encontrar discontinuidades en la fibra es mucho menor. A su vez se observa que la longitud entre sensores no influye en los valores medidos, por lo que, a lo largo de los trabajos de campo, se decide llevar a cabo solo este tipo de medición por ultrasonidos.

La medición de los crecimientos anuales presenta el hándicap de que la metodología tradicional requiere del apeo del árbol para extraer una sección del propio tronco. En este entregable se lleva a cabo dicha medición mediante dos técnicas muy diferenciadas, una que emplea los perfiles resistográficos y otra que hace uso de las probetas extraídas con la barrena pressler. Tras un primer análisis de los pinos analizados en Ain, se observa que la precisión del equipo de resistografía permite identificar anillos de crecimiento muy marcados y con crecimientos más amplios, tomando como medición errónea o agrupando anillos cuando estos no presentaban una diferenciación muy elevada o los crecimientos eran bajos. Por el contrario, la metodología que emplea las probetas extraídas con barrena pressler, emplea un software de análisis de imagen que con pequeños ajustes manuales obtiene mucha más precisión en el conteo de los crecimientos anuales. Al igual que con el ensayo de ultrasonidos, para las parcelas nuevas se decide reducir el número de ensayos descartando la resistografía para la medición de anillos de crecimiento.

La medición de los crecimientos con MtreeRing, tiene la particularidad del tener que calcular el factor de escala para cada imagen analizada. Este factor es distinto en cada imagen puesto que las fotografías se realizan buscando la mayor calidad de imagen posible, por lo que para cada una de ellas se aplica un zoom distinto. Para poder reducir el proceso de medición de

crecimientos, se podría realizar unos soportes fijos tanto para la cámara como para los tubillones, en los que el factor de escala a aplicar sería mucho menor o fijo para todas las muestras.

Aprovechando los datos obtenidos en el proyecto WoodForest Satellite, se realiza un inventario en las parcelas nuevas de estudio. En este caso se decide realizar el inventario únicamente con TLS, puesto que los datos obtenidos en el proyecto anterior indicaron la viabilidad de dicho procedimiento de inventario. El inventario se realizó solo en las 6 parcelas nuevas. En los pinos analizados en Ain, no se realizó, puesto que estos se obtuvieron de los tratamientos silvícolas de mantenimiento de una pista de acceso del término. Los pies se disponían dispersos a lo largo de la pista y no concentrados en una parcela estándar como el resto de las parcelas analizadas.

A continuación, se muestran algunos de los valores medios por provincia de forma resumida del inventario mediante TLS.

Tabla 40. Resumen de base de datos por provincia variables generales de inventario.

Provincia	Á.basimét (m ² /ha)	VCC (m ³ /ha)	VSC (m ³ /ha)	Diámetro medio (mm)	Hmedia (m)	Densidad (pies/ha)
Castellón	33.35	154.43	116.74	227	13.3	772
Valencia	26.89	126.99	95.79	235	11.6	592
Alicante	34.38	145.01	108.92	211	9.7	816

En la tabla anterior, podemos observar como la densidad de pies por hectárea tiene una relación directa con la altura y el diámetro, siendo mayores estos valores cuanto menor es la densidad. A su vez se observa que la densidad no tiene una relación directa con el VCC ni con el VSC, esto es indicativo de que en esas zonas donde la densidad es mayor, también es mayor el volumen de madera a extraer, pero no es indicativo de que esta sea de mayor calidad, sino que hay un mayor número de pies susceptibles de ser aprovechados.

Otro valor obtenido, es el de clasificación visual de los árboles de cada parcela. Este valor se media individuo a individuo y posteriormente se hacia la media por parcela. A continuación, se muestra un atabla resumen de los valores de clasificación por provincia y los pinos analizados de Ain por separado.

Provincia	Clasificación visual
-----------	----------------------

Ain	D
Castellón	A
Valencia	B
Alicante	C

Como se puede observar en la tabla anterior, los valores más altos de calidad se obtienen de las parcelas de Castellón, cabe destacar que estos valores son medios de las 7 parcelas analizadas en cada provincia. Uno de los aspectos mas relevantes o significativos dentro de los parámetros de clasificación, es la presencia/ausencia de ramas vivas o muertas en los primeros 2 o 4 metros del fuste. En aquellas parcelas que se ha llevado un buen tratamiento selvícola de conformación de la masa, los valores de clasificación visual han sido superiores respecto a las que no. Además de tener importancia si han recibido tratamientos o no, también influye las condiciones meteorológicas y edáficas que permiten que el desarrollo de la especie dependiendo de su localización sea mas elevado (ejemplo de las parcelas de Castellón) o mas lento (ejemplo de las parcelas de Alicante).

Con el conjunto de datos y variables obtenidas, en el siguiente entregable (7.1) se realizará un estudio de la base de datos generada y se buscaran relaciones estadísticas entre las variables que permitan identificar cuales de ellas son mejores para determinar la calidad de la madera.

AIDIMME

INSTITUTO TECNOLÓGICO

Domicilio fiscal —

C/ Benjamín Franklin 13. (Parque Tecnológico)

46980 Paterna. Valencia (España)

Tlf. 961 366 070 | Fax 961 366 185

Domicilio social —

Leonardo Da Vinci, 38 (Parque Tecnológico)

46980 Paterna. Valencia (España)

Tlf. 961 318 559 - Fax 960 915 446

aidimme@aidimme.es

www.aidimme.es