



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
INGENIERÍA DE
EDIFICACIÓN

**MASTER DE EDIFICACIÓN
ESPECIALIDAD TECNOLOGÍA**

CURSO 2014-2015

**CLASIFICACIÓN DE LA
MADERA: ADSORCIÓN
DE HUMEDAD. PINO
SILVESTRE Y LAUAN.**

Joaquín Latorre Aguilera
Tutor: Javier Benloch Marco
Co-Tutor: Juan Soto Camino



TESIS FINAL MASTER

RESUMEN

El presente estudio tiene como objetivo determinar y evaluar la velocidad con la que distintos tipos de madera adsorben humedad. En la actualidad, se han realizado muchos estudios sobre la adsorción de humedad por la madera. Ejemplo de ello tenemos varios ensayos no destructivos, pero pocos relacionados la metodología estudiada en este proyecto. De ahí que este estudio sea tan importante, para ver el comportamiento que tienen distintos tipos de madera frente a la humedad.

En el proyecto se trata de averiguar (mediante repetición de experimentos bien ajustados y con un proceso elaborado paso a paso) y reflejar el comportamiento e influencia de la humedad en los dos tipos de madera estudiados, cuando a estos se les van aplicando un porcentaje de humedad constante. Las dos maderas estudiadas son *Pino Silvestre* y *Lauan*, con muestras aportadas del laboratorio de maderas. Para garantizar unos buenos resultados, se ha estado aplicando una técnica basada en la aplicación constante de humedad en la madera, anotando cada cambio que se producía en la masa, más concretamente cada subida de 0,1 gramos, se anotaba peso, humedad, temperatura, etc.

ABSTRACT

The present study aims to identify and assess the speed with which different types of wood will adsorb moisture. Today, there have been many studies on the adsorption of moisture by wood, example of this have several non-destructive testing, but few from the methodology in this project. That is why this study is so important, to see the behavior that have different types of wood against moisture.

In the project it is find out (through repetition of experiments tight and with a very elaborate process step by step) and reflect the behavior and influence of moisture in two types of wood studied, when these are applying constant humidity. The two studied Woods are *Pinus Sylvestre* and *Lauan*, with provided samples from the laboratory of Woods. To ensure good results, has been applying a technique based on the constant application of moisture in wood, noting every change that occurred in the mass, more specifically each rise of 0.1 grams, is scoring weight, moisture, temperature, etc.

OBJETIVOS

Objetivos Generales

- Averiguar cómo influye la adsorción de humedad en los distintos tipos de madera (en este caso Lauan y Pino silvestre), mediante una metodología nueva, creando una motivación y una base de conocimientos de la técnica específica, para posteriormente optar a realizar una tesis doctoral o realizar una investigación más intensa sobre el nuevo método.
- Obtener datos suficientes para la elaboración de un modelo cinético, con el fin de que en futuras investigaciones se pueda realizar un cálculo aproximado de la adsorción de distintos tipos de madera, sabiendo ciertas incógnitas y cumpliendo unos parámetros, sin necesidad de realizar el ensayo. Sirviendo de punto de partida para posteriores estudios.

Objetivos Específicos:

- Adquirir una base de conocimientos acerca de los ensayos no destructivos realizados sobre la madera, así como el comportamiento de la madera frente a la adsorción de humedad.
- Identificar una nueva metodología con la que realizar ensayos in situ sobre la madera, sin necesidad de romperla.
- Averiguar los valores de humedad determinantes que actúan sobre las distintas probetas de madera estudiadas.
- Comparar el comportamiento del Pino Silvestre con el Lauan, frente a la adsorción de humedad.
- Estudiar la metodología utilizada en los ensayos y la aplicación de nuevas mejoras.

INDICE

• ÍNDICE	A
• ÍNDICE DE FIGURAS	B
• ÍNDICE DE TABLAS/ GRÁFICAS	C
1. INTRODUCCIÓN	17
1.1. ANTECEDENTES	17
1.1.1. Humedad en la madera	17
1.1.1.1. Insectos Xilófagos	18
1.1.1.2. Higroscopicidad	21
1.2 CARACTERIZACIÓN DE MADERAS	22
1.2.1. Métodos de ensayo no destructivos	22
2. FASE EXPERIMENTAL	27
2.1 INTRODUCCIÓN	28
2.2 MATERIALES	29
2.2.1 PROBETAS	29
2.2.2 INSTRUMENTACIÓN	33
2.3 METODOLOGÍA DE ENSAYO	41
2.3.1 PROCEDIMIENTOS INICIALES	49
2.3.2 EVOLUCIÓN PROCEDIMIENTO	54
2.3.3 PROCESO FINAL	56
2.4 ESTUDIOS PROGRAMADOS	61
2.4.1 PRIMER ESTUDIO: ADSORCIÓN DE HUMEDAD (2h)	61
2.4.2 SEGUNDO ESTUDIO: ADSORCIÓN DE HUMEDAD (22 días)	61
3. RESULTADO Y DISCUSIÓN	65
3.1 DISCUSIÓN ESTUDIOS PROGRAMADOS	65
3.1.1 Primer estudio: Adsorción de humedad (2h)	65
I. <i>Experiencia Pino Silvestre: PS-1-5A</i>	65
II. <i>Experiencia Lauan LA-1C</i>	68
III. <i>Experiencia Lauan LA-37G</i>	70
IV. <i>Comparativa de Pino Silvestre frente a Lauan.</i>	73

V. <i>Comparativa de tres probetas de Lauan.</i>	74
VI. <i>Comparativa de Lauan cúbica y Lauan prisma.</i>	75
VII. <i>Comparativa de cinco probetas de Pino Silvestre.</i>	76
3.1.2 Segundo estudio: Adsorción de humedad (22 días)	78
3.2 MODELIZACIÓN Y AJUSTE DE DATOS EXPERIMENTALES	81
4. CONCLUSIONES	85
5. AGRADECIMIENTOS	87
6. BIBLIOGRAFÍA	89
ANEXO I. Tablas de todos los ensayos realizados	93

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Ensayo con Penetrómetro (Calderón Arias, L.)	24
Figura 1.2: Estimación de la humedad en una viga de madera. (Bobadilla, I)	24
Figura 1.3: Diferenciación de humedades por termografía. (Acuña, L.)	24
Figura 1.4: Detalle ensayo Máquina de arranque de tornillos (Bobadilla, I.)	25
Figura 1.5: Ensayo con ondas inducidas sobre pilar de madera. (Bobadilla, I.)	25
Figura 1.6: Ensayo de ultrasonidos sobre pilar de madera. (Bobadilla, I.)	25
Figura 1.7: Imagen de Georradar. (Rodríguez, I.)	26
Figura 1.8: Componentes del resistógrafo: (a) Instrumento de perforación; (b) aguja perforadora; (c) cable conexión a la unidad electrónica; (d) unidad electrónica de registro. (Rodríguez, I.)	26
Figura 2.1, 2.2, 2.3: Construcción de una Jaula Faraday partiendo de una estantería de metal, con puesta a tierra, dos puertas abatibles, una base no conductora y cómoda, etc.	27
Figura 2.4, 2.5: Replanteo y elaboración del aparato de medición con una tabla de polietileno, tornillos, tuercas, arandelas, varillas, palometas, etc.	27
Figura 2.6: Aparato de medición, Espectrómetro de Impedancia.	27
Figura 2.7: Malla de Carbono para mejorar la medición sobre la superficie de las maderas, con ayuda de un gel conductor.	27
Figura 2.8: Ejemplo Probetas Pino Silvestre.	29
Figura 2.9: Ejemplo Probetas Lauan.	29
Figura 2.10: Dimensionado de la pieza en Ancho x Largo x Alto, para su posterior cálculo.	31
Figura 2.11: Probetas debidamente cortadas y preparadas.	31
Figura 2.12: Las 14 probetas de Pino Silvestre, debidamente cortadas en forma de cubo.	32
Figura 2.13: Las 14 probetas de Lauan, debidamente cortadas en forma de cubo.	32
Figura 2.14: Balanza de precisión utilizada para pesar las primeras probetas.	34
Figura 2.15: Balanza de precisión utilizada en los ensayos.	34
Figura 2.16: Estufa del laboratorio de materiales. Utilizada para los primeros secados.	34

Figura 2.17: Estufa del laboratorio de química. Utilizada en todo los ensayos finales.	34
Figura 2.18: Cámara climática utilizada para los ensayos.	35
Figura 2.19: Sierra de cinta circular utilizada para cortar y redimensionar todas las probetas aportadas inicialmente.	35
Figura 2.20: Desecador proporcionado por el laboratorio de química.	36
Figura 2.21 y 2.22: Caja de plástico en la izquierda y en la derecha con un añadido para mejorar la hermeticidad de la cámara.	36
Figura 2.23: Cronómetro utilizado para controlar el tiempo con respecto al incremento de peso que se producen en los ensayos.	37
Figura 2.24: Testo 435. En la izquierda el visualizador y receptor de datos. A la derecha la sonda inalámbrica.	37
Figura 2.25: Bomba generadora de aire.	38
Figura 2.26: Borbotador y conexiones con tubo de plástico.	38
Figura 2.27: Termómetro para medir temperaturas.	38
Figura 2.28: Calentador de agua, con botones para subir o bajar la temperatura, con pantalla digital	39
Figura 2.29: Cinta americana, tijeras y metro.	39
Figura 2.30 y 2.31: Libreta de anotación y ordenador portátil con Programa Excel.	39
Figura 2.32: Recipiente de plástico duro opaco.	40
Figura 2.33: Recipiente abierto, rejilla en la base interior.	40
Figura 2.34: Móvil Samsung Galaxy S3-I9300.	40
Figura 2.35: Estantería con todas las probetas aportadas.	41
Figura 2.36: Probetas de Pino Silvestre.	41
Figura 2.37: Probetas de Lauan.	41
Figura 2.38: Las 14 probetas iniciales de Pino Silvestre escogidas para el estudio.	42
Figura 2.39: Las 14 probetas iniciales de Lauan escogidas para este ensayo.	42
Figura 2.40: Las 28 probetas escogidas.	42
Figura 2.41: Medición de las probetas.	42

Figuras 2.42, 2.43, 2.44, 2.45: Dos pesadas de Pino y dos de Lauan.	42
Figura 2.46: El técnico responsable de la aserradora procede al corte de las probetas indicadas con anterioridad.	43
Figura 2.47: Probetas debidamente cortadas y preparadas para dimensionar, pesar y posteriormente introducirlas en la estufa a 100°C.	43
Figura 2.48 y 2.49: Ejemplo de pesada inicial de dos probetas Pino Silvestre (PS-1-1) y Lauan (LA-1).	43
Figura 2.50 y 2.51: Estufa proporcionada por el laboratorio de materiales para llegar a Peso constante en las probetas, con una $T^a = 100^{\circ}\text{C}$.	44
Figura 2.52 y 2.53: Se puede apreciar como la resina sale a la superficie por los nudos, poros, fisuras, etc. Por culpa de secar las probetas a $T^a = 100^{\circ}\text{C}$.	44
Figura 2.54: Las 14 probetas de Pino Silvestre, debidamente cortadas en forma de cubo.	46
Figura 2.55: Las 14 probetas de Lauan, debidamente cortadas en forma de cubo.	46
Figura 2.56: Ejemplo de pesado de una de las probetas de Pino Silvestre, en este caso PS-1-25. De esta misma manera procedemos con todas las probetas de Pino Silvestre.	46
Figura 2.57: Pesado de una de las probetas de Lauan, en este caso LA-37. De esta misma manera procedemos con todas las probetas de Lauan.	46
Figura 2.58: Estufa del laboratorio de Química a 70° C.	47
Figura 2.59: Desecador, donde metemos las probetas nada más sacarlas de la estufa para que se enfríen sin coger humedad.	47
Figura 2.60: Balanza equilibrada en el interior del recipiente de plástico cerrada. Recipiente de agua en el interior para garantizar el 100% de humedad. Cronómetro para controlar la evolución del peso con respecto del tiempo, para posteriormente anotarlo.	47
Figura 2.61: Probeta prismática LA-1.	48
Figura 2.62: Probeta prismática LA-37.	48
Figura 2.63: Caja de plástico situada cerca de la estufa.	49
Figura 2.64: Balanza introducida en el interior del recipiente de plástico, totalmente equilibrada.	49
Figura 2.65: Como se puede observar en el interior del recipiente, he introducido un vaso de agua.	49

Figura 2.66: Cronómetro utilizado durante el ensayo.	49
Figura 2.67: Primer paso con el instrumental de medición, como ya explique con anterioridad.	53
Figura 2.68: Segundo avance en el instrumental de medición. Con la introducción de una bomba y un borboteador. Y retirando el vaso de agua.	53
Figura 2.69: Neopreno (Punto 1) colocado en el borde del recipiente de plástico para garantizar la estanqueidad.	53
Figura 2.70: Introducción de otra balanza más pequeña, precisa y manejable.	53
Figura 2.71: Colocación de un calentador de agua para mantener el borboteador a la misma temperatura que el interior del recipiente.	54
Figura 2.72: Este es el instrumental de medición final, con todos los cambios, con la posterior introducción del testo inalámbrico.	54
Figura 2.73: Testo, la parte superior es la receptora de datos y la inferior es la que se coloca en el interior del recipiente de forma inalámbrica.	54
Figura 2.74: El Testo 435 aporta datos de Humedad (%) y Temperatura (° C) del interior del recipiente.	54
Figura 2.75: Así quedaría el testo a la hora de coger datos, aprovechando posee un imán.	55
Figura 2.76: Programa informático donde pasamos los datos apuntados en la libreta.	55
Figura 2.77: Probeta escogida para el ensayo PS-1-1.	60
Figura 2.78: Probeta escogida para el ensayo LA-22.	60
Figura 2.79: Caja de plástico con rejilla en el fondo y 2cm de agua.	60
Figura 2.80: Caja de plástico cerrada.	60
Figura 2.81 Cámara grande para realizar el ensayo.	61
Figura 2.82 Caja de plástico introducida en el interior de la cámara.	61
Figura 2.83 Marcador de temperatura de la cámara 20° C.	61
Figura 2.84 Aquí podemos observar la probeta PS-1-1 después de haber permanecido absorbiendo humedad durante 22 días.	61
Figura 2.85 Aquí podemos observar la probeta LA-22 después de haber permanecido absorbiendo humedad durante 22 días.	61

ÍNDICE DE TABLAS Y GRÁFICAS

TABLAS

Tabla 2.1: Dimensiones, volúmenes y pesos de todas las probetas de Pino Silvestre.	30
Tabla 2.2: Dimensiones, volúmenes y pesos de todas las probetas de Lauan.	30
Tabla 2.3: Dimensiones probetas prueba.	31
Tabla 2.4: Datos de las probetas prismáticas de Lauan.	32
Tabla 2.5: Datos de todas las probetas de Pino.	32
Tabla 2.6: Datos de todas las probetas escogidas.	33
Tabla 2.7 Tabla tipo inicial.	49
Tabla 2.8 Toma datos inicial de LA-1 prisma.	50
Tabla 2.9: Toma datos inicial de LA-1 prisma. B* Se refiere a que es el segundo ensayo, el primero se desechó por ser inconcluyente.	51
Tabla 2.10: Número total de ensayos.	55
Tabla 2.11: Probetas escogidas de Pino Silvestre y Lauan.	55
Tabla 2.12: Tablas con pesos iniciales, pesos después de dos semanas a 70° C y el % de agua perdida de cada probeta. Pino silvestre y Lauan en formato cúbico y las probetas Lauan en forma de prisma (100°C). Superficie = 2 · (AB + BC + CA).	57
Tabla 2.13: Dos probetas Lauan en forma de prisma.	57
Tabla 2.14: Esquema de todos los ensayos realizados, tanto de Pino Silvestre como las probetas de Lauan.	58
Tabla 2.15: Tabla de probetas de Pino Silvestre y de Lauan escogidas para su posterior explicación del ensayo en cuestión.	59
Tabla 2.16: Ejemplo de recogida de datos en Excel.	61
Tabla 3.1: Datos recogidos directamente del ensayo, anotados en la libreta, pasados a un documento Excel y posteriormente cálculo de otras incógnitas, de la probeta de Pino Silvestre PS-1-5.	63
Tabla 3.2: Dimensiones, superficie específica, masa y superficie aparente de la probeta de Pino Silvestre PS-1-5.	64
Tabla 3.3: Datos recogidos directamente del ensayo, anotados en la libreta, pasados a un documento Excel y posteriormente cálculo de otras incógnitas, de la probeta de Lauan LA-1.	66

Tabla 3.4: Dimensiones, superficie específica, masa y superficie aparente de la probeta de Lauan LA-1	66
Tabla 3.5: Relación Volumen/Peso entre dos probetas. Lauan LA-1 y Pino Silvestre PS-1-6, para diferenciar densidades.	67
Tabla 3.6: Datos recogidos directamente del ensayo, anotados en la libreta, pasados a un documento Excel y posteriormente cálculo de otras incógnitas, de la probeta de Lauan LA-37G.	69
Tabla 3.7: Probetas escogidas para representar y realizar una comparación entre todas ellas.	71
Tabla 3.8: Tabla de recogida de datos del segundo ensayo programado dónde se observa cómo van adquiriendo humedad con respecto al tiempo. Las probetas son una de Pino Silvestre PS-1-1 y una probeta de Lauan LA-22, la evolución se realiza durante 22 días, introduciendo las probetas en una cámara a temperatura constante (20º C) y una humedad del 99% aproximadamente	76
Tabla 3.9: Tablas, datos y modelo cinético que se ajustan a nuestros ensayos. Ejemplo Pino Silvestre (PS-1-6C).	82
Tabla 3.10: Cálculo de K y error de K de todas las probetas.	83

GRÁFICAS

Gráfica 2.1: Incremento de Peso con respecto al tiempo, en la probeta LA-1 prisma.	50
Gráfica 2.2: Incremento de Peso con respecto a la Raíz del tiempo. Esta gráfica se introduce sobre todo para obtener datos y así que la fórmula que vamos a modelizar sea lo más correcta posible.	50
Gráfica 2.3: Incremento de Peso con respecto al tiempo, en la probeta LA-37B prisma.	51
Gráfica 2.4: Incremento de Peso con respecto al tiempo.	52
Gráfica 3.1: Incremento de Peso con respecto al tiempo, datos recogidos directamente de la tabla indicada con anterioridad. Experiencia con Pino Silvestre denominada PS-1-5A. Dónde A, equivale al primer ensayo realizado de la probeta.	65
Gráfica 3.2: Incremento de Peso partido Superficie Aparente de la probeta, con respecto a la raíz del tiempo, datos recogidos directamente de la tabla indicada con anterioridad. Experiencia con Pino Silvestre denominada PS-1-5A. Dónde A, equivale al primer ensayo realizado de la probeta.	65
Gráfica 3.3: Incremento de Peso con respecto al tiempo, datos recogidos directamente de la tabla indicada con anterioridad. Experiencia con Lauan denominada LA-1C. Dónde C, equivale al tercer ensayo realizado de la probeta.	67
Gráfica 3.4: Incremento de Peso partido Superficie Aparente de la probeta, con respecto a la raíz del tiempo, datos recogidos directamente de la tabla indicada con anterioridad. Experiencia con Lauan denominada LA-1C. Dónde C, equivale al tercer ensayo realizado de la probeta.	68
Gráfica 3.5: Incremento de Peso con respecto al tiempo, datos recogidos directamente de la tabla indicada con anterioridad. Experiencia con Lauan denominada LA-37G. Dónde A, equivale al primer ensayo realizado de la probeta.	70
Gráfica 3.6: Incremento de Peso partido Superficie Aparente de la probeta, con respecto a la raíz del tiempo, datos recogidos directamente de la tabla indicada con anterioridad. Experiencia con Lauan denominada LA-37G. Dónde G, equivale al séptimo ensayo realizado de la probeta.	70
Gráfica 3.7: Representación gráfica de tres probetas de Pino Silvestre (PS-1-5A, PS-1-6A; PS-1-7C) y tres probetas de Lauan (LA-1A; LA-7B; LA-22E). Incremento de Peso partido Superficie Aparente de la probeta, con respecto a la raíz del tiempo, datos recogidos directamente de las tablas indicadas en los Anexos.	71
Gráfica 3.8: Comparativa entre tres probetas de Lauan (LA-1A; LA-5A; LA-22A). Incremento de Peso partido Superficie Aparente de la probeta, con respecto a la raíz del tiempo, datos recogidos directamente de las tablas indicadas en los Anejos.	72

Gráfica 3.9: Comparativa entre dos probetas prismáticas de Lauan (LA-1F; LA-37F) y dos probetas cúbicas de Lauan (LA-5A; LA-22A), donde F, es el ensayo sexto de esas probetas. Incremento de Peso con respecto al tiempo, datos recogidos directamente de las tablas indicadas en los Anexos.	73
Gráfica 3.10: Comparativa entre dos probetas cúbicas de Lauan (LA-5A; LA-22A) y dos probetas prismáticas de Lauan (LA-1F; LA-37F). Relacionando el incremento de Peso/Superficie Aparente con la raíz del tiempo.	73
Gráfica 3.11: Comparativa entre cinco probetas de Pino Silvestre (PS-1-1E; PS-1-7D; PS-1-19A; PS-1-6A; PS-1-11A). Relacionando el incremento de Peso con el tiempo.	74
Gráfica 3.12: Comparativa entre cinco probetas de Pino Silvestre (PS-1-1E; PS-1-7D; PS-1-19A; PS-1-6A; PS-1-11A). Relacionando el incremento de Peso/Superficie Aparente con la raíz del tiempo.	75
Gráfica 3.13: Adsorción de humedad por una probeta de Pino Silvestre (PS-1-1) y otra probeta de Lauan (LA-22) en un periodo de 21 días.	77
Gráfica 3.14: Adsorción de humedad por una probeta de Pino Silvestre (PS-1-1) y otra probeta de Lauan (LA-22) en un periodo de 21 días. Incremento de Peso con respecto las horas transcurridas.	78
Gráfica 3.15 Adsorción de humedad por una probeta de Pino Silvestre (PS-1-1) y otra probeta de Lauan (LA-22) en un periodo de 22 días. Incremento de humedad con respecto a las horas transcurridas	79
Gráfica 3.16: Representación del incremento de peso frente al tiempo, de los datos experimentales y los datos teóricos.	82
Gráfica 3.17: Representación gráfica datos experimentales frente a datos teóricos, dando lugar a unos puntos que se ajustan a una línea de tendencia y un R^2 .	83

INTRODUCCIÓN

La realización del presente proyecto redactado tiene para el autor dos puntos importantes, por un lado el autor lo realiza para la obtención del título de Máster de Edificación en la especialidad de Tecnología, impartido en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación y, por otro lado, hacer ver que el estudio sobre la adsorción de humedad en la madera es un proyecto de investigación interesante e importante, para posteriormente elaborar una fórmula modelizada de gran interés.

El proyecto que se ha realizado se centra en el estudio de la influencia que ejerce el contenido de humedad en la madera [1]. Todo esto sobre mediciones realizadas mediante una nueva metodología de ensayo, que reproduce la velocidad de adsorción que tiene la madera en presencia de humedad controlada. Esta nueva metodología de ensayo, puede incluirse dentro de los ya conocidos ensayos no destructivos (NDT – *Non Destructive Test*) ya que permite la inspección de la madera puesta en obra sin necesidad de romper la pieza.

1.1 ANTECEDENTES

Importancia de la humedad en las propiedades mecánicas y en la durabilidad de la madera.

Este estudio puede realizarse con multitud de maderas distintas, pero en este concretamente nos hemos centrado en el Estudio del *Pinus sylvestris L.* (pino silvestre) y Lauan (madera de origen tropical). Ambas maderas tienen características diferentes, que hacen que sea, también, diferente el comportamiento de ambas con respecto a la adsorción de humedad.

Por un lado tenemos probetas de *Pinus sylvestre L.* (más conocido como pino silvestre) de origen asiático y europeo, y muy utilizado para todo tipo de construcciones con madera. Es una madera conífera, con una albura de color amarillo pálido, duramen rojizo, la fibra muy recta y con algunos defectos característicos como son la frecuencia de nudos pequeños y grandes, además de bolsas de resina pequeñas. Es una madera impregnable en su albura, y de poco a no impregnable en su duramen. Respecto a sus propiedades físicas destacar que tiene una dureza de blanda a semiblanda y su densidad aparente al 12% de humedad varía entre 500-540 kg/m³, considerándola una madera semiligera. Sus propiedades mecánicas medias son la resistencia a flexión estática (1057 kg/cm²), resistencia a compresión paralela (406 kg/m²) y la resistencia a tracción paralela (1020 kg/cm²). Es una madera de crecimiento lento [2].

En segundo lugar tenemos las probetas de Lauan. Su especie es frondosa, Las frondosas tropicales provienen principalmente de África, Asia y Sudamérica es un material de severidad moderna, con una estructura ligeramente rugosa, fácil procesamiento y buenas propiedades. En el secado sufre ligeras deformaciones y grietas. Las importaciones de China, son la fuente de origen de esta especie de maderas poco conocida en España [3]. El color de la albura es rosa grisáceo y del duramen, varía desde marrón rojizo al marrón violáceo [4]. Es una madera poco común de ahí la dificultad para encontrar características básicas, como las que si se han encontrado del Pino Silvestre. Es una madera, de origen Filipino. Sus árboles pueden llegar a medir 50 metros de altura, y es una tipo de madera que se suele usar para sillas, mesas, armarios, etc. La suelen confundir con la madera de caoba por su color.

Insectos xilófagos

La presencia de humedad en la madera puede afectar su estructura [5], reduciendo las propiedades mecánicas y por tanto, influyendo en su comportamiento a flexión. Cuanta más humedad haya en la madera, más probabilidades hay de que aparezcan los organismos xilófagos (agentes bióticos), estos organismos provocan problemas mecánicos que afectan directamente a la durabilidad de la madera y a su seguridad estructural.

Estos agentes xilófagos, aparecen cuando hay presencia de humedad, destruyendo la madera. Los xilófagos que tienen mayor incidencia en las estructuras de madera son los hongos de pudrición y las termitas, cuya presencia está directamente relacionada con el contenido de humedad en la madera; estos agentes empiezan a degradar la madera a partir de 20 – 22%. Hay que tener en cuenta también, a los xilófagos marinos, que aparecen en otras estructuras que están en contacto con el mar. Finalmente habría que mencionar los insectos de ciclo larvario (de forma especial los cerambícidos y anóbidos) cuya incidencia a priori suele ser inferior, salvo que se prolonguen mucho en el tiempo, pero que propician la aparición de otros ataques peores y, sobre todo, son señal de problemas de humedad superiores a los 20-22% mencionados [6].

Los grandes grupos en los que pueden clasificarse los organismos xilófagos son los siguientes:

- Hongos xilófagos
- Insectos de ciclo larvario
- Insectos sociales (o termitas)
- Otros insectos
- Xilófagos marinos

Hongos Xilófagos

Los hongos son vegetales de organización celular muy primitiva que viven de forma saprófita, alimentándose de elementos muertos, o en forma parásita, alimentándose de otros animales o vegetales con quien vive unido. La presencia de hongos se puede detectar por un color anormal de la madera, su manifestación sobre la superficie de la madera, la degradación del material o la presencia de insectos xilófagos que suelen acompañarlos [7].

El requisito más importante con respecto a su comportamiento es su dependencia de la humedad. EL contenido mínimo de humedad en la madera, que permite su desarrollo, es del 18 al 20%. Toda madera con contenidos superiores a este valor está expuesta al ataque de los hongos; y al contrario, si el contenido de humedad es inferior a dicho umbral el ataque no puede desarrollarse. El contenido de humedad óptimo será entre el 35 y el 50%.

Dentro de los hongos xilófagos pueden diferenciarse dos grandes grupos: en el primero encontramos los mohos y los hongos cromógenos y en el segundo los hongos de pudrición [8].

Los mohos y los hongos cromógenos se alimentan de las sustancias de reserva de la madera y no producen degradaciones en la pared celular, por lo que no afectan a las propiedades fisicomecánicas de la madera hasta alcanzar el 70% del volumen de la misma [9]. Su efecto la aparición de coloraciones en la madera. Su crecimiento se detecta cuando la superficie se oscurece o cuando el cuerpo de fructificación forma sobre la superficie una especie de pelusilla transparente o con tonalidades que van desde el color blanco al negro.

Aunque no resultan nada peligrosos por su mínima acción degradadora, indican un mayor riesgo porque crean las condiciones necesarias para el desarrollo de los hongos de pudrición.

Los hongos de pudrición son los que producen daños graves en la madera. Se alimentan de los componentes de la pared celular llegando a provocar la destrucción completa de esta. Las hifas producen productos químicos (enzimas) que disuelven los nutrientes de la madera con los que se alimentan. Su efecto es la pérdida de densidad y resistencia acompañadas de un cambio de coloración. En las etapas iniciales no es fácil reconocerlo ya que las hifas permanecen ocultas en su interior. Según van desarrollándose la pudrición se va acentuando el cambio de color y la madera comienza a perder peso [8].

En la fase final del proceso se llega a la destrucción total de la estructura de la madera con una pérdida completa de sus propiedades mecánicas. Hay varios tipos de pudrición:

La pudrición parda o cúbica es la más grave y peligrosa y está producida por hongos que se alimentan preferentemente de la celulosa y la hemicelulosa dejando, como consecuencia, un residuo de color marrón oscuro formado principalmente por lignina. Al secarse la pieza el material residual tiende a agrietarse formando una estructura de pequeños cubos o prismas que se disgrega con facilidad entre los dedos como si fuera polvo. El ataque inicial de estos hongos favorece el ataque posterior de los insectos de ciclo larvario (generalmente anóbidos).

La pudrición blanca o fibrosa está producida por hongos que se alimentan preferentemente de la lignina, aunque también en menor grado de la celulosa. La madera atacada toma un color blanco debido al complejo celulósico resultante (complejo de celulosa más o menos blanco que rara vez es de tono uniforme, sobre el que aparecen vetas blancas separadas por zonas de madera normal). La madera atacada presenta un aspecto fibroso, por lo que a veces se la llama pudrición fibrosa. Generalmente afectan más a las maderas de frondosas que a las de coníferas, debido a que estas tienen un mayor contenido en lignina. A menudo se denomina pudrición corrosiva o deslignificante.

La pudrición blanda está originada por hongos inferiores, cuyas hifas se desarrollan en el interior de la pared celular de las células de la madera y atacan principalmente la celulosa de la pared secundaria. La madera atacada tiene un aspecto final blando o esponjoso, parecido al de queso fresco. Esta pudrición se produce cuando existen altas condiciones de humedad, tanto en el ambiente como en la madera.

Insectos de ciclo larvario

La característica más común, de los insectos de ciclo larvario, es que se alimentan de la madera durante su etapa de larva. El ciclo biológico comienza cuando las hembras ponen huevos en la madera dentro de las fendas, ranuras u orificios de la superficie. De estos nuevos huevos nacen pequeñas larvas que comienzan a alimentarse de la madera realizando galerías que disminuyen la capacidad resistente de la pieza. Las larvas permanecen en el interior de la madera un periodo muy variable en función de la especie que puede ir desde unos meses hasta más de diez años y es durante esta fase cuando producen daños en las piezas de la madera. Al acercarse el final de su ciclo de vida, la larva se aproxima a la superficie de la pieza, crea una cámara aislada donde se transforma en pupa y sigue su proceso de metamorfosis hasta convertirse en un insecto adulto con alas. Éste rompe la cámara de pupación y la fina capa de madera que queda superficialmente y sale al exterior para aparearse, la hembra volverá a colocar huevos en las piezas de madera. Los orificios de salida en la superficie de la madera indican, por tanto, que al menos ha vivido dentro una generación. Existen géneros que se alimentan de frondosas, otros de maderas de coníferas y otros que pueden atacar indistintamente a ambas.

Los principales insectos xilófagos que actúan en España y que atacan la madera puesta en obra suelen estar en los siguientes grupos, siendo los tres primeros los más comunes y habituales:

- Anóbidos (vulgarmente conocidos como carcoma). Hay especies que se alimentan de la madera de conífera y otras de madera de frondosa. Por lo general, afectan a la albura y preferentemente con cierto contenido de humedad. Es frecuente que su ataque venga acompañado del ataque de los hongos de pudrición.
- Cerambícidos (carcoma grande): estos insectos son los xilófagos de mayor tamaño que existen en nuestro país. Se suele conocer como carcoma grande y en su campo de actuación se encuentran las estructuras de madera. Por lo general solo se alimenta de albura de la madera por lo que en piezas de gran contenido de duramen el daño es limitado.
- Líctidos (polilla); Insectos de pequeño tamaño, más conocida como polillas. Se alimenta de madera de albura de algunas especies de frondosas como el roble, el fresno y el olmo. Las condiciones óptimas para su ataque corresponden a un contenido de humedad de alrededor del 16% y una temperatura de 25°C. Normalmente la duración del ciclo biológico es de un año, pudiéndose acortar si existe altas temperaturas. La brevedad de su ciclo biológico permite sucesivas infestaciones que pueden originar una rápida destrucción de la madera.
- Curculiónidos (gorgojo de la madera). Los signos de ataque pueden confundirse con el de los anóbidos. Atacan a la madera de albura de frondosas y las coníferas. Cuando existen ataques previos de hongos pueden afectar a la madera del duramen. Requieren una humedad en la madera mayor o igual al 20%. Las galerías que realizan las larvas en la albura son de sección circular y son similares a las de los anóbidos.
- Bostríchidos. Estos insectos se alimentan sobretodo de la madera de la albura de las frondosas con alto contenido de almidón y con cierto grado de humedad.

Insectos sociales (termitas)

Las termitas son insectos que viven bajo una organización social avanzada. Constituyen una agrupación de individuos en la que los distintos tipos o castas desempeñan diferentes cargos o funciones en el desarrollo de la colonia. El ciclo de vida de esta, comienza con el vuelo, en forma de enjambre, de los individuos sexuados, que en ciertos días del año salen en gran cantidad del antiguo nido. Las parejas buscan un lugar apropiado donde realizan la copulación. Las termitas siguen una jerarquía: individuos sexuados, soldados y obreros. Hay dos tipos de termitas: las subterráneas y las de madera seca.

Otros insectos

Por un lado los sirícidos son parecidos a las avispas que atacan a los árboles de coníferas enfermos o recién cortados, por otro lado los xilocópidos estos atacan a la madera sana o ligeramente degradada de coníferas y coníferas de troncos de árboles.

Xilófagos marinos

Los daños más importantes son los producidos por los moluscos y los crustáceos. Son muy destructivas estructuralmente.

Higroscopicidad

Es la capacidad que tienen ciertos materiales de absorber humedad de la atmósfera que le rodea y de retenerla en forma de agua líquida o vapor de agua.

La madera contiene huecos en la lumen celular, todos ellos susceptibles de ser ocupados por agua. El hueco del lumen celular es tan grande que su fuerza capilar no es suficiente como para captar agua de atmósfera, llenándose sólo de agua, cuando la madera se sumerge en ella. Por el contrario, los huecos entre las microfibrillas son tan pequeños que originan fuerzas de Van der Waals, capilares y de adhesión superficial tan grandes que pueden captar agua de la atmósfera que le rodea. Como, por otra parte, la atmósfera tiene una fuerza desecante dependiente de la temperatura, humedad relativa y presión a la que se encuentra, es también capaz de captar agua de la pared celular de la madera. Dependiendo de la fuerza de uno u otro, la madera capta o cede agua [10].

Por último, los huecos de las fibrillas elementales son tan pequeños, que no pueden alojar agua en su interior. Resumiendo, se puede establecer que el agua puede estar contenida en la madera de las siguientes formas:

- Agua de sorción: Es la que está retenida por fuerzas de tipo Van der Waals, consecuencia de los grupos polares activos de la pared celular. Esta agua es la que más fuertemente queda retenida por la pared celular. La madera puede llegar a contener un 8% de peso de agua respecto del peso seco de la madera seca.
- Agua de adsorción: Es el agua que queda retenida en la pared celular como consecuencia de la fuerza de adhesión superficial. La madera puede llegar a contener hasta un 6 a 8% de peso de agua respecto del peso de la madera seca.
- Agua de condensación o capilar: Es la retenida por fuerzas capilares, provocadas por los espacios entre microfibrillas. La madera puede llegar a contener un 14 a 16% de peso de agua respecto del peso de la madera seca.

- Agua libre: Es la contenida en el lumen de las células. Su fuerza de retención es muy pequeña, de forma que no puede captar agua de la atmósfera, sólo si se produce una inmersión de la madera en agua [10].

La madera tiene varias formas de absorber humedad. Se suele confundir el término absorción con adsorción.

- Absorción: Penetración en el interior, normalmente porque los elementos que intervienen mezclan sus moléculas. La absorción se suele producir en tres fases: gases en líquidos, gases en sólidos y vapores en sólidos.
- Adsorción: Es lo que se ha producido en mis ensayos, ya que es la penetración superficial del vapor de agua lo que ha ido sucediendo en todo el estudio. El vapor entraba por los poros de la madera, pegándose en el interior de las fibras, y produciéndose una adsorción en el interior de la madera [11].

1.2 CARACTERIZACIÓN DE LA MADERA

Métodos de estudio de la humedad sobre la madera. Ensayos no destructivos (NDT – *Non Destructive Test*).

En la actualidad, existen varios tipos de ensayos no destructivos [12] realizados sobre la madera, con la firme intención de conocer el comportamiento y la estructura de la madera frente a la adsorción de humedad. Es decir, ver qué resultados ofrece la madera, ante la adsorción de humedad mediante varios métodos [13].

La realización de mi estudio, se puede añadir a los ensayos no destructivos [14] ya que son ensayos realizados directamente en la madera, sin llegar a modificar las probetas. Antes de realizar este estudio, se ha realizado una investigación de los antecedentes que me han llevado a realizar estos ensayos. Mi estudio es un método de ensayo nuevo, que no se ha realizado con anterioridad. Los tipos de ensayos que se han realizado hasta ahora son:

- Penetrómetro
- Xilohigrómetro
- Termografía
- Máquina de arranque de tornillos
- Máquina de ultrasonidos
- Máquina de ondas inducidas
- Georradar
- Resistógrafo

PENETRÓMETRO

Es un dispositivo que permite estimar la dureza o estado patológico superficial de la madera mediante un impacto producido por una barra circular de 2,5 mm de diámetro, accionada por un resorte que desarrolla una energía controlada de 6 Julios, clavándose en la madera una profundidad que está relacionada con la dureza y la densidad de cada uno de los tipos de madera escogidas. La predicción de la resistencia de la madera maciza por este método es bastante limitada [15].



Figura 1.1: Ensayo con Penetrómetro (Calderón Arias, L.)

XILOHIGRÓMETRO

El xilohigrómetro es un instrumento de medición que se estima normalmente de forma previa en cada una de las probetas a analizar. Se usa para determinar la humedad superficial que penetra en la madera [13].



Figura 1.2: Estimación de la humedad en una viga de madera (Bobadilla, I).

TERMOGRAFÍA

La termografía infrarroja permite detectar diferencias de temperatura muy precisas, se utiliza para diferenciar zonas húmedas y zonas secas. Con la termográfica conseguimos ver mediante infrarrojos dónde se encuentra la humedad en la madera. En esta imagen se puede apreciar en la imagen hay dos probetas de madera, una imagen visible y otra con termografía infrarroja, dónde se observan dos zonas bien diferenciadas por sus grados de humedad [16].

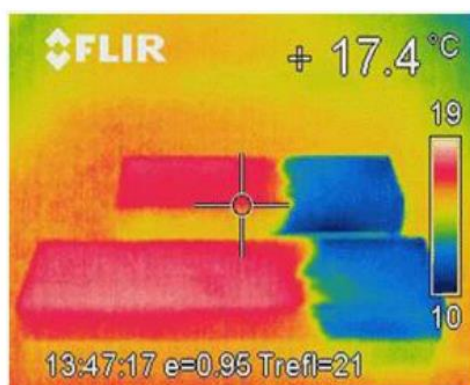


Figura 1.3: Diferenciación de humedades por termografía. (Acuña, L.)

MÁQUINA DE ARRANQUE DE TORNILLOS



Figura 1.4: Detalle ensayo Máquina de arranque de tornillos (Bobadilla, I.)

El dispositivo de extracción de tornillos es una técnica de ensayo no destructivo o, mejor, pseudo no destructivo, ya que producirá un pequeño orificio en la madera en la zona donde se realiza el ensayo. Técnica en la que se introduce un tornillo en la probeta que se desea estudiar para posteriormente arrancarlo con el extractor, todo ello registrado [17].

MÁQUINA PORTÁTIL DE ONDAS INDUCIDAS

Sirve para medir el tiempo que tardan las ondas inducidas en atravesar el material ensayado. Consta de dos sensores: la señal se genera mediante el golpeo con un martillo en el sensor de salida de la vibración, apareciendo en la pantalla el tiempo que emplea ésta en llegar hasta el sensor receptor. La frecuencia de las ondas generadas, según datos del fabricante, es de 1-2 Hz [18].



Figura 1.5: Ensayo con ondas inducidas sobre pilar de madera. (Bobadilla, I.)

MÁQUINA PORTÁTIL DE ULTRASONIDOS

Es un aparato portátil para la medición de tiempos de transmisión de ultrasonidos con palpadores cónicos, sonda de temperatura y contenido de humedad específicamente desarrollado para la madera. Puede medir tiempos de propagación de la onda en piezas con longitud de hasta 5 metros e incluye un software para procesar los datos y estimar el módulo de elasticidad, resistencia a flexión y calidad de la madera, para lo que precisa de una calibración previa en función del material a ensayar. La frecuencia de los ultrasonidos que emite el aparato es de 22MHz [19].



Figura 1.6: Ensayo de ultrasonidos sobre pilar de madera (Bobadilla, I.)

GEORRADAR



Figura 1.7: Imagen de Georradar (Rodríguez, I.)

El Georradar utiliza radiación electromagnética en el espectro de las microondas, tiene muchas aplicaciones en diversos campos y es un método de ensayo no destructivo muy prometedor para el estudio rápido de estructuras. De hecho se ha aplicado ya en el estudio de la variación del contenido de humedad en suelo, y en algún caso se ha comenzado a estudiar la madera. El Georradar consta de una antena con emisor y receptor variable, en la madera habitualmente tiene una frecuencia de 1,6 GHz. Generalmente este tipo de antena es adecuada para auscultar, dependiendo del CH del medio, hasta profundidades de 30 a 50 cm [20].

RESISTÓGRAFO

Consiste en un taladro mecánico que realiza una perforación de 3 mm de diámetro perpendicularmente a las caras de las piezas estudiadas y evalúa la resistencia que ofrece a la perforación. La resistencia a la penetración se mide mediante el consumo de potencia. Consta de dos partes diferenciales: instrumento de perforación y una unidad electrónica. La geometría de la cabeza del resistógrafo permite que la aguja

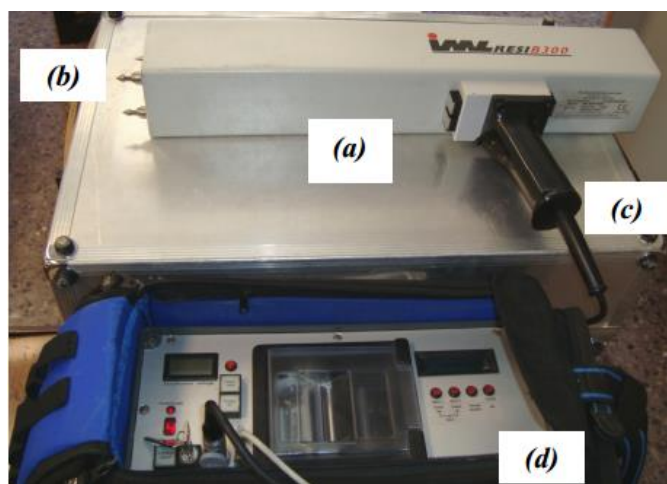


Figura 1.8: Componentes del resistógrafo: (a) Instrumento de perforación; (b) aguja perforadora; (c) cable conexión a la unidad electrónica; (d) unidad electrónica de registro. (Rodríguez, I.).

penetre con facilidad a los 90°, 35° y 45° respecto a la pieza ensayada. Los registros son almacenados en la memoria de la unidad electrónica y al mismo tiempo una pequeña impresora reproduce el valor en tanto por ciento de la resistencia a la penetración [21].

FASE EXPERIMENTAL

Proyecto de Espectrometría de impedancia

Los primeros pasos de este proyecto fueron difíciles porque inicialmente se escogió trabajar en este laboratorio para emplear una nueva metodología sobre la madera. En este laboratorio se trabajaba con probetas de hormigón armado y se hacían cálculos con el espectrómetro de impedancia. Inicialmente el proyecto se preparó para realizar un barrido con el espectrómetro de impedancia en las probetas de madera, de ahí que las probetas fueran rectangulares, y se montaron ciertos aparatos para tal estudio, como se pueden apreciar en las fotos.



Figura 2.1, 2.2, 2.3: Construcción de una jaula de Faraday partiendo de una estantería de metal, con puesta a tierra, dos puertas abatibles, una base no conductora y cómoda, etc.

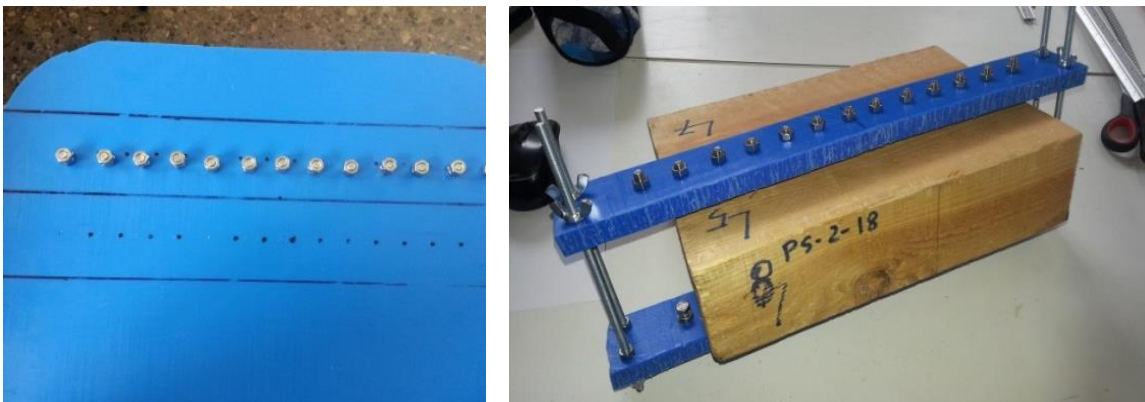


Figura 2.4, 2.5: Replanteo y elaboración del aparato de medición con una tabla de polietileno, tornillos, tuercas, arandelas, varillas, palometas, etc.



Figura 2.6: Aparato de medición, espectrómetro de impedancia.



Figura 2.7: Malla de Carbono para mejorar la medición sobre la superficie de las maderas, con ayuda de un gel conductor.

Estudio que poco después se desestimó, por la falta de material. Ya que el aparato del espectrómetro de impedancia del laboratorio trabaja entre frecuencias de 0 a 1 millón de Hz, aunque nunca llegaba a la máxima cifra, siempre utilizándolo sobre el hormigón. Para utilizarlo sobre la madera, era necesario adquirir otro aparato donde el intervalo de frecuencia estuviera entre 1-100 millones de Hercios (Hz). Por tanto, al no tener el material necesario, se decidió cambiar de tema de proyecto, pero sin salir de la madera como material, dando lugar al estudio de la adsorción de humedad en probetas de madera, por un método no estudiado hasta ahora.

2.1 INTRODUCCIÓN

Una vez establecido los antecedentes y el estado del arte sobre este estudio, solo nos queda investigar el ensayo en sí. El presente estudio se centra en una nueva forma de investigar la adsorción de humedad por parte de probetas de madera. Realizando dos tipos de ensayos que siguen un mismo procedimiento.

El primer ensayo, tiene como objetivo principal averiguar la velocidad de adsorción de humedad que tienen unas probetas de forma continua, a corto plazo (alrededor de 2 horas por ensayo). El segundo ensayo, es el mismo objetivo pero a largo plazo, es decir, manteniendo las mismas condiciones, averiguar el comportamiento de las probetas ante la constante adsorción de humedad (en nuestro caso 22 días).

En el procedimiento del primer ensayo, se pretende que las muestras lleguen a un peso constante, mediante la utilización de una estufa de secado. Seguidamente, se procede a desecarlas para que no adsorban humedad ambiental. A continuación se introducen en un recipiente hermético, donde se estudia la evolución del peso, dentro del recipiente, con unas condiciones de humedad constante. Se tendrá en cuenta el tiempo, el incremento de peso (con un 1,4gramos de Δ Peso, equivalen a 14 puntos que son los necesarios para dar fiabilidad al estudio, ya que 7 puntos son los mínimos), la temperatura interior (25-28°C), la humedad interior (intervalo 70-100%), etc. Se ha realizado varios ensayos de cada una de las probetas para verificar que haya correlación entre ellas.

En el procedimiento del segundo ensayo, se observa la adsorción de humedad de dos probetas (una de cada tipo) en el interior de una cámara climática. Se realiza un seguimiento durante 22 días, para ver cuánto porcentaje de humedad ha recogido y ver el comportamiento de cada una de las probetas, diferenciándolas. Finalmente, a través de esta técnica de adsorción de humedad se obtendrán muchos datos, que posteriormente trataremos con un programa informático, para por un lado estudiar lo representado en las gráficas, y por otro lado, obtener datos para el modelo cinético.

Obteniendo unas conclusiones, que permiten confirmar la diferencia entre ambos tipos de madera, ya que el Pino silvestre adsorbe a mayor velocidad que el Lauan.

2.2 MATERIALES

2.2.1 PROBETAS

Dimensiones iniciales

El material utilizado en el presente estudio es la madera. Tenemos dos tipos de probetas, por un lado las probetas de pino silvestre (PS) y por otro lado las probetas de Lauan (LA).

Pino silvestre (PS)



Figura 2.8: Ejemplo Probetas Pino Silvestre.

Lauan (LA)



Figura 2.9: Ejemplo Probetas Lauan.

De todas las probetas que había en el laboratorio, escogimos 14 de cada uno de los tipos. En el caso del Pino silvestre estaban divididas en dos grupos: PS-1 y PS-2. Escogimos las del grupo PS-1 porque son las que mejor aspecto superficial tenían, ya que la gran mayoría de probetas del tipo PS-2 contenían mucha variedad de nudos, fendas, que hacían que la probeta tuviera distinto comportamiento superficial, con respecto a otras que al tener mejor aspecto superficial, hacían que a la hora de adsorber humedad fuera de forma más coherente.

Las dimensiones iniciales de todas las probetas recogidas directamente del laboratorio de maderas, son las que aparecen en las figuras 2.8 y 2.9.

PINUS SILVESTRE							
Nº	Nombre Probeta		Dimensiones (metros)			Volumen (cm ³)	Peso (gramos)
			Ancho (A)	Largo (B)	Alto (C)		
1	PS	1-1	0,289	0,199	0,074	4255,81	2185,2
2	PS	1-5	0,288	0,200	0,074	4262,40	2225,0
3	PS	1-6	0,287	0,197	0,074	4183,88	2228,0
4	PS	1-7	0,285	0,196	0,074	4133,64	2300,5
5	PS	1-11	0,286	0,198	0,074	4190,47	2028,6
6	PS	1-19	0,285	0,198	0,074	4175,82	2245,8
7	PS	1-25	0,283	0,199	0,075	4223,77	2369,1
8	PS	1-25 _i	0,289	0,199	0,074	4255,81	2480,9
9	PS	1-25 _{ii}	0,289	0,196	0,074	4191,65	2672,3
10	PS	1-26	0,289	0,198	0,074	4234,42	1837,2
11	PS	1-28	0,285	0,197	0,074	4154,73	2177,7
12	PS	2-3	0,280	0,200	0,075	4200,00	1976,2
13	PS	2-10	0,289	0,200	0,076	4392,80	2060,7
14	PS	2-28	0,289	0,202	0,076	4436,72	2095,6

Tabla 2.1: Dimensiones, volúmenes y pesos de todas las probetas de Pino Silvestre.

LAUAN							
Nº	Nombre Probeta		Dimensiones (metros)			Volumen (cm ³)	Peso (gramos)
			Ancho (A)	Largo (B)	Alto (C)		
1	LA	1	0,311	0,246	0,078	5967,46	4009,0
2	LA	2	0,310	0,257	0,076	6054,92	3746,4
3	LA	4	0,313	0,241	0,079	5959,20	3610,8
4	LA	5	0,309	0,249	0,077	5924,45	3689,1
5	LA	6	0,302	0,255	0,076	5852,76	3465,0
6	LA	7	0,304	0,241	0,080	5861,12	3489,4
7	LA	11	0,306	0,250	0,079	6043,50	3755,7
8	LA	12	0,315	0,252	0,079	6271,02	3753,5
9	LA	13	0,313	0,242	0,080	6059,68	3505,4
10	LA	14	0,309	0,255	0,076	5988,42	3915,7
11	LA	15	0,309	0,250	0,082	6334,50	3263,4
12	LA	16	0,306	0,256	0,078	6110,20	4002,3
13	LA	17	0,313	0,247	0,075	5798,32	3270,1
14	LA	37	0,314	0,250	0,080	6280,00	4239,8

Tabla 2.2: Dimensiones, volúmenes y pesos de todas las probetas de Lauan.

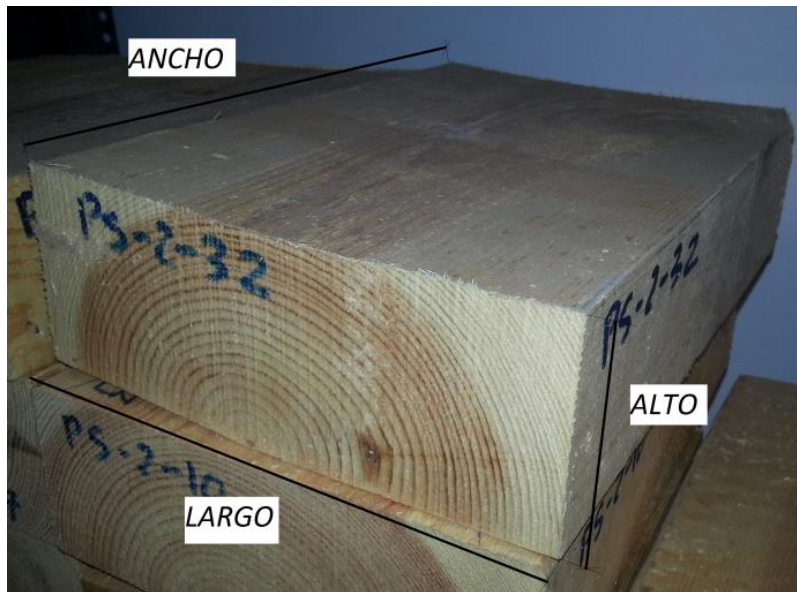


Figura 2.10: Dimensionado de la pieza en Ancho x Largo x Alto, para su posterior cálculo.

Dimensiones probetas de prueba

Probeta	Ancho (cm)	Largo (cm)	Alto (cm)	Volumen (cm ³)	Superficie (cm ²)	Peso (gramos)
LA-1	31,0	7,7	4,5	1074,15	825,70	740,01
LA-37	30,8	7,7	4,0	948,64	782,32	655,53
PS-1-1	8,4	19,9	7,4	1236,98	753,16	532,26
PS-1-7	8,3	19,6	7,4	1203,83	738,28	594,06
PS-1-26	8,3	19,8	7,4	1216,12	744,56	522,63

Tabla 2.3: Dimensiones probetas prueba.



Figura 2.11: Probetas debidamente cortadas y preparadas.

Dimensiones finales de las probetas

Redimensionamos todas las probetas recogidas inicialmente. Para ello, usamos la sierra de cinta, quedando unas dimensiones aproximadas de 8x8x8cm cada probeta.



Figura 2.12: Las 14 probetas de Pino Silvestre, debidamente cortadas en forma de cubo.



Figura 2.13: Las 14 probetas de Lauan, debidamente cortadas en forma de cubo.

Las dimensiones quedarían representadas en su correspondiente tabla, indicando en rojo las finalmente escogidas (Tabla 2.4, 2.5 y 2.6).

TABLA DE DIMENSIONES PROBETAS PRISMAS					
Nombre	A (cm)	B (cm)	C (cm)	Superficie (cm ²)	Peso (gramos)
LA-1	4,50	7,70	8,40	274,26	200,5
LA-37	4,00	7,70	8,30	255,82	176,6

Tabla 2.4: Datos de las probetas prismáticas de Lauan.

PROBETAS CÚBICAS 27/05/2014					
PINO SILVESTRE					
Nombre	A (cm)	B (cm)	C (cm)	Superficie (cm ²)	Peso (gramos)
PS-1-1	8,40	7,40	8,40	389,76	255,30
PS-1-5	7,40	8,40	8,50	392,92	256,20
PS-1-6	7,50	8,40	8,80	405,84	262,30
PS-1-7	7,40	8,30	8,30	383,46	264,30
PS-1-11	7,50	8,40	8,40	393,12	240,00
PS-1-19	7,50	8,30	8,30	386,78	268,40
PS-1-25	7,50	8,40	8,40	393,12	278,10
PS-1-26	7,40	8,40	8,30	386,60	229,60
PS-1-25 _i	7,60	8,40	8,30	393,28	293,10
PS-2-3	7,70	8,30	8,30	393,42	232,40
PS-2-10	7,80	8,30	8,30	396,74	253,80
PS-2-28	7,80	8,30	8,40	399,96	237,10
PS-2-32	7,80	8,30	8,40	399,96	226,80
PS-2-36	7,60	8,30	8,40	393,28	264,50

Tabla 2.5: Datos de todas las probetas de Pino.

LAUAN					
Nombre	A (cm)	B (cm)	C (cm)	Superficie (cm ²)	Peso (gramos)
LA-1	8,00	8,60	8,00	403,20	366,10
LA-5	8,00	8,40	8,40	409,92	338,80
LA-6	7,90	8,50	8,50	413,10	312,80
LA-7	8,10	8,40	8,30	409,98	326,50
LA-13	7,90	8,50	8,50	413,10	328,50
LA-22	8,10	8,40	8,60	419,88	354,40
LA-30	8,00	8,50	8,40	413,20	337,20
LA-37	8,00	8,50	8,40	413,20	373,70
LA-2	7,80	8,50	8,40	406,44	333,60
LA-4	8,00	8,40	8,30	406,64	332,00
LA-14	7,80	8,50	8,40	406,44	351,10
LA-16	7,70	8,40	8,40	399,84	344,50
LA-21	7,70	8,50	8,40	403,06	415,40
LA-33	7,90	8,40	8,40	406,56	323,20

Tabla 2.6: Datos de todas las probetas escogidas.

2.2.2 INSTRUMENTACIÓN

Todos los ensayos necesarios para el desarrollo de este proyecto de investigación se realizaron en primer lugar en el laboratorio de materiales, para posteriormente seguir y terminar en el laboratorio de química.

La instrumentación utilizada que se describe a continuación pertenece al Departamento de Química que se encuentra en ETSIE.

Todos los instrumentos se encuentran calibrados conforme a los manuales de cada laboratorio.

I. Balanza de precisión

Instrumento que sirve para medir la masa de las probetas. En este caso, hemos utilizado dos modelos de balanzas, con una precisión de 0,1 gramos. Es una balanza que para su correcto funcionamiento, antes debemos equilibrarla con la ayuda de dos plataformas circulares situadas una en cada lado de su base. Para su correcto uso debemos girar las plataformas circulares hasta conseguir que la burbuja que aparece en la parte superior, se quede en el centro del círculo, eso nos garantiza que la balanza está equilibrada, y que podemos comenzar a pesar. Ambas balanzas poseen una pantalla digital donde aparece el peso en gramos.

Modelo: Mettler PJ. Rango entre 50-12000 gramos, e = 1gramos.



Figura 2.14: Balanza de precisión utilizada para pesar las primeras probetas.

Modelo: PB5001-S. Rango entre 5-5100 gramos, e = 1gramos.



Figura 2.15: Balanza de precisión utilizada en los ensayos.

II. Estufa de secado

Es una cámara idónea para las aplicaciones de calentamiento y secado habituales en las que se requiere periodos de secado cortos.

Estufa JP Selecta, dimensiones: 70x95x68cm.



Figura 2.16: Estufa del laboratorio de materiales. Utilizada para los primeros secados.

Contiene un termostato regulador de temperatura, y termómetro analógico. Temperaturas regulables de 40°C a 250°C. Precisión de 0,5°C.

Estufa DRY-Line, dimensiones Externas: 62x60x68cm.



Figura 2.17: Estufa del laboratorio de química. Utilizada en todo los ensayos finales.

Es una cámara de acero inoxidable, con control por microprocesador. El temporizador integrado se puede ajustar en función del tiempo. Precisión de 1°C.

III. Cámara climática

La cámara climática empleada para el acondicionamiento de las probetas está situada en el laboratorio del Departamento de Química de la ETSIE. Sus dimensiones son: 284x177x290cm. La división de escala de los equipos de medida de temperatura y humedad relativa es de 0,1°C y 0,1%. Posee un cuadro digital desde donde se controla la temperatura, humedad, del interior de la cámara. Esta cámara no alcanzaba las condiciones requeridas porque el humidificador no funcionaba, para ello realizamos un acondicionamiento en el interior para su correcto funcionamiento.



Figura 2.18: Cámara climática utilizada para los ensayos.

IV. Sierra de cinta para madera

Sierra consistente en una cinta de acero dentada entre dos discos, uno de los cuales está unido a un dispositivo mecánico. Esta sierra se ha utilizado para redimensionar todas las probetas de madera que se han utilizado en los ensayos posteriores.

Modelo: SICAR TOP 6.



Figura 2.19: Sierra de cinta circular utilizada para cortar y redimensionar todas las probetas aportadas inicialmente.

V. Desecador



Es un instrumento de laboratorio, fabricado con vidrio que se utiliza para retirar la humedad de las sustancias. Su tapa es de vidrio esmerilado para que el cierre sea hermético. El interior está formado por dos partes, la parte superior más grande permite poner a secar la sustancia, y la otra cavidad es dónde colocamos el desecante, el más común es gel de sílice. Posee un grifo de cierre o llave de paso en la parte superior de la tapa, que permite la extracción de aire para poder dejarlo al vacío.

Capacidad para 7L.

Figura 2.20: Desecador proporcionado por el laboratorio de química.

VI. Recipiente hermético

El recipiente utilizado se ha reconvertido en cámara hermética. Como se aprecia en la imagen, para conseguir que fuera totalmente hermética se le introdujo un tira de neopreno en los bordes del recipiente. Capacidad: 17L. Dimensiones perfectas para que se pudiera introducir en el interior la balanza.

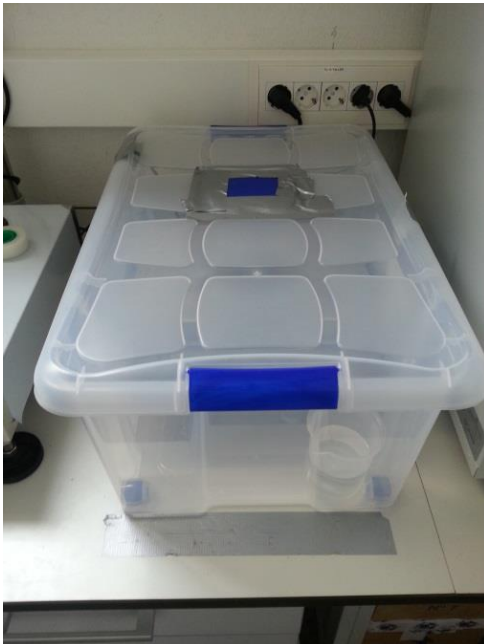


Figura 2.21 y 2.22: Caja de plástico en la izquierda y en la derecha con un añadido para mejorar la hermeticidad de la cámara.

VII. Cronómetro



Figura 2.23: Cronómetro utilizado para controlar el tiempo con respecto al incremento de peso que se producen en los ensayos.

Reloj de gran precisión que permite medir intervalos de tiempo muy pequeños, hasta fracciones de segundo. Este cronómetro se ha utilizado para recoger los tiempos en los que las probetas aumentaban 0,1 gramos su peso.

VIII. Testo 435

El Testo 435 es un instrumento de medición compacto multifunción para medir temperatura, humedad y caudal. Fue diseñado para medir las condiciones ambientales de estancias. En mis ensayos, se ha utilizado para saber la humedad y la temperatura



Figura 2.24: Testo 435. En la izquierda el visualizador y receptor de datos. A la derecha la sonda inalámbrica.

interna de la zona de estudio, en este caso el interior de un recipiente hermético.

Modelo: Testo 435 Instrumento de medición multifunción. Está compuesto por dos partes como se observa en la imagen. Por un lado tenemos el visualizador y por otro la sonda.

Funcionamiento: Se coloca la sonda en el interior de un recipiente cerrado, de forma inalámbrica, mediante el visualizador recogemos todos los datos. Estos se almacenan en el interior, y se pueden imprimir. En nuestro caso, solo apuntaba los datos recogidos para pasarlos al programa informático.

IX. Bomba de aire

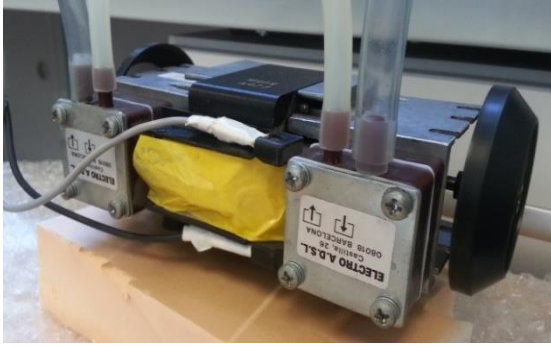


Figura 2.25: Bomba generadora de aire.

Modelo: ELECTRO A.D.S.L.

El funcionamiento de la Bomba de aire es de circuito cerrado. La bomba tiene cuatro tubos, el aire entra y sale de derecha a izquierda, siguiendo los símbolos que se aprecian en la imagen. La bomba tiene un motor que al enchufarlo a la corriente eléctrica es el que hace que adsorba aire por un extremo y lo expulse por el otro.

X. Borboteador. Tubo de conexión



Figura 2.26: Borboteador y conexiones con tubo de plástico.

Modelo del borboteador: AFORA, 5223/3. Las conexiones entre el recipiente hermético, la bomba y el borboteador, se realizan mediante un tubo de plástico semitransparente. Como se aprecia en la imagen.

El borboteador es una pieza de vidrio que tiene un tapón rojo, que lo cierra herméticamente.

Funcionamiento: en la parte superior tiene dos orificios, uno de entrada y otro de salida. Se llena la mitad de agua, se cierra con el tapón. Cuando se pone en funcionamiento la bomba, el borboteador adsorbe aire por uno de los orificios, generando burbujas en el interior, formando vapor de agua, que sale por el otro orificio, en dirección al recipiente hermético, por mediación de los tubos.

XI. Termómetro de medición



Figura 2.27: Termómetro para medir temperaturas.

El PT 100 Thermometer, es un termómetro que registra mediante un sensor, la temperatura (°C) que se quiere medir.

XII. Calentador de agua



Figura 2.28: Calentador de agua, con botones para subir o bajar la temperatura, con pantalla digital.

Thermostatic Bath SBS BT Serie B con pantalla digital. Está formado por un recipiente de corcho lleno de agua, el termostato con pantalla digital y un motor sumergido en el agua. Mediante la pantalla modificamos la temperatura a la que queremos el agua del interior del recipiente, el motor se pone en funcionamiento y hace que la temperatura del agua interna, se mantenga a la temperatura que marca el termostato digitalmente.

El baño termostático en este estudio se ha introducido para que el borboteador mantenga una temperatura constante e igual que el interior del recipiente.

XIII. Metro. Tijeras. Cinta americana



Figura 2.29: Cinta americana, tijeras y metro.

El metro se ha utilizado para dimensionar todas las probetas de madera. Las tijeras se han utilizado para cortar los tubos y la cinta americana. Esta se ha utilizado para conseguir que el recipiente fuera totalmente hermético.

XIV. Elementos de anotación y recogida de datos



Figura 2.30 y 2.31: Libreta de anotación y ordenador portátil con Programa Excel.

Libreta para anotar los datos. Posteriormente, con la ayuda de un ordenador portátil, los pasamos a un programa informático, para crear tablas y gráficas, Excel (Paquete Microsoft Office 2013).

XV. Recipiente hermético y rejilla

El recipiente en este caso, es opaco y contiene en su interior una rejilla de 3cm de altura que ocupa toda la base. Este recipiente se utiliza para seguir el incremento de humedad de dos probetas en el interior de la cámara. El recipiente tiene una capacidad de 20L y unas dimensiones 25x40x20cm.



Figura 2.32: Recipiente de plástico duro opaco.



Figura 2.33: Recipiente abierto, rejilla en la base interior.

XVI. Cámara fotográfica



Figura 2.34: Móvil Samsung Galaxy S3-I9300.

El material fotográfico utilizado en todo el proyecto, ha sido la cámara del móvil, Samsung Galaxy S3-I9300. Cámara de 16Megapixels y 4x de zoom.

2.3 METODOLOGÍA DE ENSAYO

Fase inicial

El inicio de este nuevo proyecto fue de continuas pruebas, puesto que es un proyecto dónde queremos implantar una nueva metodología de ensayo sobre la adsorción de la humedad en la madera, en este caso sobre dos tipos (Pino silvestre y Lauan). Ante la poca información previa sobre este ensayo, es más difícil avanzar y acertar en todos los movimientos realizados, de ahí que el proyecto haya ido evolucionando poco a poco, hasta dar buenos resultados.

Comenzamos con la identificación de todo el material que el tutor me facilitó para la realización de los ensayos. En la fotografía podemos observar una estantería con los dos tipos de madera a estudiar, por un lado el Pino Silvestre y por otro una madera tropical poco utilizada aquí en España, Lauan.



Figura 2.35: Estantería con todas las probetas aportadas.

En primer lugar, se planteó una idea de programa de experimentación donde se ha procedido a identificar, dimensionar y pesar todas las probetas escogidas. Para el estudio, escogimos 14 probetas de cada uno de los tipos de madera.



Figura 2.36: Probetas de Pino Silvestre.



Figura 2.37: Probetas de Lauan.

De todas las expuestas en la estantería escogimos 14 de pino, para escoger unas u otras probetas nos basamos en coger las que menos imperfecciones visuales tuvieran, es decir, las que tuvieran menos nudos, fendas, grietas, etc. En este caso, la diferencia entre las PS-1 y las PS-2 es que las segundas tienen más imperfecciones superficiales en la madera, de ahí que se hayan escogido las PS-1 en su mayoría, siempre pensando en la buena adsorción de humedad en la madera, sin variaciones por imperfecciones. En el Lauan era más fácil, porque es una madera más densa y no tiene casi imperfecciones superficiales. Fotografías de las probetas escogidas, la medición y el pesado de todas ellas.



Figura 2.38: Las 14 probetas iniciales de Pino Silvestre escogidas para el estudio.



Figura 2.39: Las 14 probetas iniciales de Lauan escogidas para este ensayo.



Figura 2.40: Las 28 probetas escogidas.



Figura 2.41: Medición de las probetas.



Figuras 2.42, 2.43, 2.44, 2.45: Dos ejemplos de pesado de Pino y dos de Lauan.

Dimensiones y pesadas iniciales de todas las probetas seleccionadas (*Tabla 2.1 y 2.2*), aportadas con anterioridad en la descripción de las probetas utilizadas.

Antes de proceder al estudio de todas las probetas en sí, se ha realizado una prueba previa con 3 probetas de Pino Silvestre (PS-1-1, PS-1-7, PS-1-26) y 2 de Lauan (LA-1, LA-37). Se han escogido 3 de pino, por la facilidad que tienen estas a que la resina aflore a la superficie, condicionando las probetas. Posteriormente, se ha procedido al corte de las probetas elegidas para facilitar el estudio y el transporte de las probetas, haciéndolas más pequeñas pero con una relación masa/superficie relativa. Estas tres probetas después de cortarlas, las volvemos a pesar y dimensionar una vez frías. Seguidamente las introducimos en una estufa de secado a 103° C [22] hasta llegar a un Peso constante. Con ello, conseguimos averiguar la diferencia entre una probeta a temperatura ambiente y una probeta secada completamente, averiguando los gramos de agua perdidos y el porcentaje. Se ha intentado en la medida de lo posible aplicar las normativas referentes a la madera, para este ensayo, pero al ser una investigación con una técnica desconocida anteriormente, no ha sido posible la aplicación de estas normas UNE [22][23][24][25][26].



Figura 2.46: El técnico responsable de la aserradora procede al corte de las probetas indicadas con anterioridad.



Figura 2.47: Probetas debidamente cortadas y preparadas para dimensionar, pesar y posteriormente introducirlas en la estufa a 100°C.



Figura 2.48 y 2.49: Ejemplo de pesada inicial de dos probetas: Pino Silvestre (PS-1-1) y Lauan (LA-1).

El periodo transcurrido para llegar a peso constante, en las probetas de Pino Silvestre ha sido de dos semanas, sin embargo las probetas de Lauan necesitaron tres semanas de secado, para que llegaran a peso constante. Aquí comenzaron a surgir ciertos problemas, sobre todo con las probetas de Pino Silvestre, ya que estas, a temperaturas tan elevadas, la resina de la propia madera sale por los nudos en abundancia, produciendo una capa de resina superficial sobre la probeta, que hacía que cambiara la capilaridad de la probeta e impedía el estudio posterior de la humedad en esas superficies.



Figura 2.50 y 2.51: Estufa proporcionada por el laboratorio de materiales para llegar a Peso constante en las probetas, con una temperatura de 100°C.



Figura 2.52 y 2.53: Se puede apreciar como la resina sale a la superficie por los nudos, poros, fisuras, etc. Debido al secado de las probetas a alta temperatura (100°C).

Contenido de humedad en probetas mediante secado de estufa

El cálculo del contenido de humedad de la madera mediante secado en estufa se basa en medir la masa de agua que contiene la madera expresada como porcentaje de su masa anhidra. Dado que la masa se determina mediante pesadas, esta definición resulta equivalente si se utiliza el peso en lugar de la masa [27][28].

El peso anhidro (P_0) de la probeta se obtiene por desecación en estufa a $103 \pm 2^\circ\text{C}$ hasta que la diferencia de masa entre dos pesadas consecutivas en un intervalo de 2 horas difiera menos del 0,1 % [22]. Aunque en nuestro caso, la temperatura la hemos rebajado a 70°C , como hemos indicado anteriormente, ya que en el caso del Pino Silvestre la resina salía a la superficie, consiguiendo que fuera casi imposible que la probeta adsorbiera humedad.

Con esta aclaración se puede expresar la humedad medida mediante secado en estufa (H) de la siguiente manera:

Ecuación 2.1

$$H (\%) = (P_H - P_0) / P_0 \cdot 100$$

P_H = Peso húmedo de la probeta

P_0 = Peso anhidro de la probeta

H = Contenido de humedad de la madera

% peso seco.

Así, si una madera tiene el 10 % de humedad quiere decir que su peso total es igual al peso seco más un 10 % de su peso seco, que se correspondería con la cantidad de agua que contiene.

En este momento, se ha decidido desechar las 3 probetas de Pino Silvestre y descender la temperatura a 70° C, para que la resina de las probetas no saliera a la superficie de éstas por las altas temperaturas a las que estaba expuesta. Con todo esto, se ha procedido a modificar el plan inicial de ensayo, quedando en los siguientes puntos:

1. Inicialmente se ha decidido escoger 8 muestras de las 14 iniciales, de cada uno de los tipos de madera a ensayar (*Figura 2.38 y 2.39*). La razón de escoger 8, fue porque se escogieron las probetas que mejores condiciones superficiales tuvieran, y las probetas de pino silvestre fueron las que nos marcaron cuantas escoger, todas PS-1. Añadimos 2 probetas de Lauan al estudio pero con distintas dimensiones por tener más datos representativos que luego nos vendrían bien para el modelo cinético.
2. A continuación, se han cortado todas las probetas en forma de cubos; es decir, las 28 probetas (aunque luego solo cogiéramos 8 de cada) dejarlas en tamaño aproximado de un cubo de lado 8 cm. Decidimos cortar las probetas a este tamaño por varios motivos. El primero, para que todas las probetas nos cupieran en la estufa y así poder realizar el estudio de formas más continuada; en segundo lugar, porque el desecador que proporcionaba el laboratorio era de pequeñas dimensiones y las probetas iniciales no cabían en el interior, con las dimensiones nuevas podíamos meter 2-3 probetas en el desecador; y por último, para mejorar el manejo de las probetas así como garantizar una correlación de todos sus lados y guardar una relación superficie/volumen. (*Figura 2.54 y 2.55*)
3. El laboratorio me proporcionaba una estufa prácticamente para el uso íntegro del ensayo, en la cual se han metido todas las probetas a temperatura constante de 70°C. (*Figura 2.58*)

4. En un recipiente de plástico, introducir una balanza y un vaso de agua para que el ambiente interior sea siempre de 100% de humedad. Este punto sufrirá varias modificaciones con el paso de los ensayos iniciales. (Figura 2.60)
5. Después de desecar las probetas, 2 horas mínimo por cada probeta (Figura 2.59), se han introducido en el recipiente a humedad controlada (Vaso de Agua) y se ha realizado un estudio de la evolución del peso con respecto al tiempo (dónde se ha estudiado un incremento del peso de 1,4 gr., controlando cada 0,1 gr, con una duración aproximada de 2 horas) con el uso de un cronómetro, libreta y bolígrafo.
6. Todas estas evoluciones se han anotado para posteriormente, con ayuda de un programa informático, obtener unas tablas y gráficas con las que poder sacar las pertinentes conclusiones.



Figura 2.54: Las 14 probetas de Pino Silvestre, cortadas en forma de cubo.



Figura 2.55: Las 14 probetas de Lauan, cortadas en forma de cubo.

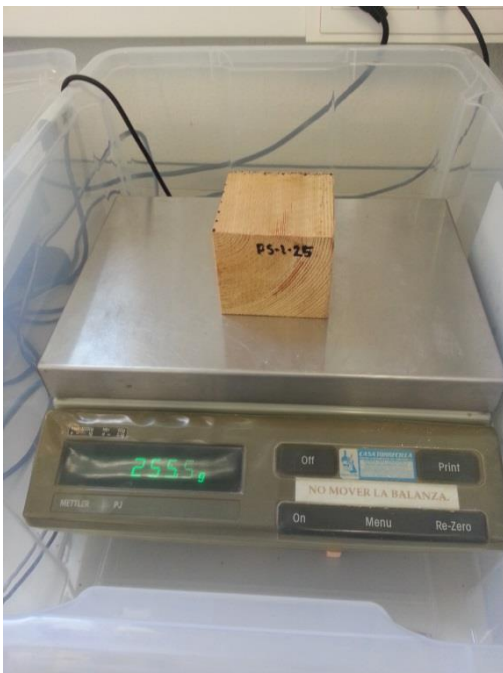


Figura 2.56: Pesado de una de las probetas de Pino Silvestre, en este caso PS-1-25. De esta misma manera procedemos con todas las probetas de Pino Silvestre.



Figura 2.57: Pesado de una de las probetas de Lauan, en este caso LA-37. De esta misma manera procedemos con todas las probetas de Lauan.



Figura 2.58: Estufa proporcionada por el laboratorio de Química a 70° C.



Figura 2.59: Desecador, donde metemos las probetas nada más sacarlas de la estufa para que se enfrien sin coger humedad.

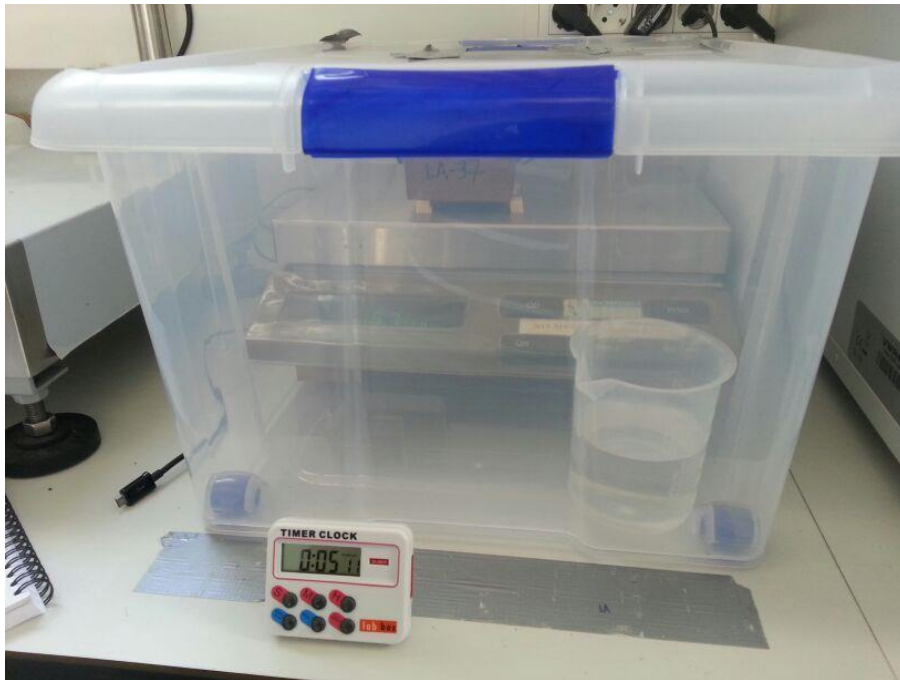


Figura 2.60: Balanza equilibrada en el interior del recipiente hermético cerrado. Recipiente de agua en el interior para garantizar el 100% de humedad. Cronómetro para controlar la evolución del peso con respecto del tiempo, para posteriormente anotarlo.

El programa del ensayo inicial se establece para organizar la forma de realizar los ensayos, aunque estos irán sufriendo modificaciones. Sobre todo el punto 4 (desarrollado con anterioridad), que es donde se produce un gran cambio como veremos más adelante. Todas las probetas escogidas, 14 probetas de Pino y las 14 probetas de Lauan, se ha intentado que tenga dimensiones muy semejantes, para realizar una mejor comparación final. A parte tenemos las 2 probetas de Lauan, con dimensiones distintas, que aportan otras características.

Una vez que las probetas elegidas ya están cortadas, medidas y pesadas, se ha procedido a introducirlas en la estufa. Al tener un tamaño pequeño, se han introducido todas las probetas en la estufa a una temperatura de 70°C hasta peso constante (aproximadamente 2-3 semanas).

Por otro lado, hasta que estas probetas llegaran a peso constante, se han realizado unos primeros ensayos con las 2 probetas de Lauan de forma prismática LA-1 y LA-37 (Figura 2.61 y 2.62) ya que estas ya llegaron a peso constante con anterioridad del primer ensayo realizado.



Figura 2.61: Probeta prismática LA-1.



Figura 2.62: Probeta prismática LA-37.

Estas dos probetas prismáticas se ha decidido dejarlas, para completar los ensayos realizados, viendo cómo se comporta este tipo de madera cuando el corte realizado sobre la probeta es distinto a las cúbicas.

En estos primeros ensayos con estas probetas, es donde introducimos varias mejoras a la hora de medir la adsorción de humedad en las probetas. Ya que para conseguir unas condiciones óptimas tuvimos que mejorar el instrumento de medición. A continuación, veremos la evolución que ha sufrido el instrumento de medición.

2.3.1 PROCEDIMIENTOS INICIALES DE ENSAYO

En primer lugar he conseguido un recipiente de plástico grande hermético. Este lo situó cerca de la estufa (figura 2.63), para facilitar el manejo. Es importante tener todos los elementos que he ido utilizado en el ensayo cerca: la estufa, el desecador y el instrumento de medición. Con este recipiente fijo al lado de la estufa, se ha introducido en su interior una balanza equilibrada (figura 2.64). Cada vez que se ha pesado, se ha verificado que la balanza está totalmente equilibrada.

Una vez colocada la balanza en el interior, se ha introducido un vaso de agua en el interior con el convencimiento de conseguir un 100% de humedad en el interior del recipiente de plástico (figura 2.65). Posteriormente se ha encendido la balanza y cerrado el recipiente hermético.

El procedimiento a partir de las modificaciones iniciales es el siguiente:

- Se ha sacado la probeta de la estufa (una vez estaba a peso constante).
- Se ha introducido la probeta en el desecador, mínimo 2 horas, para conseguir que la probeta se enfriase sin que cogiera humedad ambiental.
- Se procede a extraer la probeta del desecador, inmediatamente abrir el recipiente, introducir la probeta en el interior, cerrar el recipiente y posteriormente encender el cronómetro (figura 2.66).

NOTA: La probeta se no se coloca directamente sobre la balanza, sino que se colocan 4 apoyos cuadrados de 1 cm de lado en cada esquina de la probeta, para que ésta quede elevada y así, a la hora de adsorber humedad lo haga por todas sus superficies, esto se realiza con todas las probetas ensayadas.



Figura 2.63: Recipiente hermético, situado cerca de la estufa.



Figura 2.64: Balanza equilibrada, introducida en el interior del recipiente hermético.



Figura 2.65: Como se puede observar en el interior del recipiente, se ha introducido un vaso de agua.



Figura 2.66: Cronómetro utilizado durante el ensayo.

- Una vez todo lo anterior realizado, se ha ido anotando cada subida de peso (0,1 gr.) en una libreta. Donde he anotado el tiempo (en segundos), el incremento de peso (en gramos), para luego pasarlo todo a un programa informático y poder sacar las respectivas conclusiones (Tabla 2.7), con esta estructura:

Nº	Tiempo	\sqrt{t}	P	ΔP	$\Delta P/SA$

Tabla 2.7: Tabla tipo inicial.

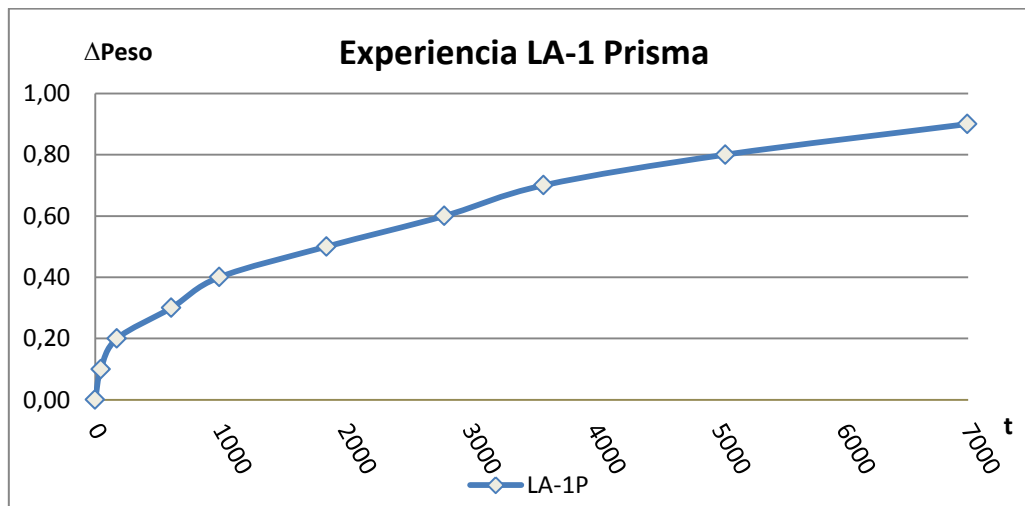
2.3.1.1 Primera toma de datos con el Excel LA-1 y LA-37

EXPERIENCIA LA-1					
13/05/2014		Inicio 16:10			
Nº	Tiempo	\sqrt{t}	P	ΔP	$\Delta P/SA$
1	0	0,0000	173,40	0,00	0,0000
2	45	6,7082	173,50	0,10	0,0004
3	175	13,2288	173,60	0,20	0,0007
4	610	24,6982	173,70	0,30	0,0011
5	995	31,5436	173,80	0,40	0,0015
6	1855	43,0697	173,90	0,50	0,0018
7	2800	52,9150	174,00	0,60	0,0022
8	3595	59,9583	174,10	0,70	0,0026
9	5053	71,0845	174,20	0,80	0,0029
10	6994	83,6301	174,30	0,90	0,0033

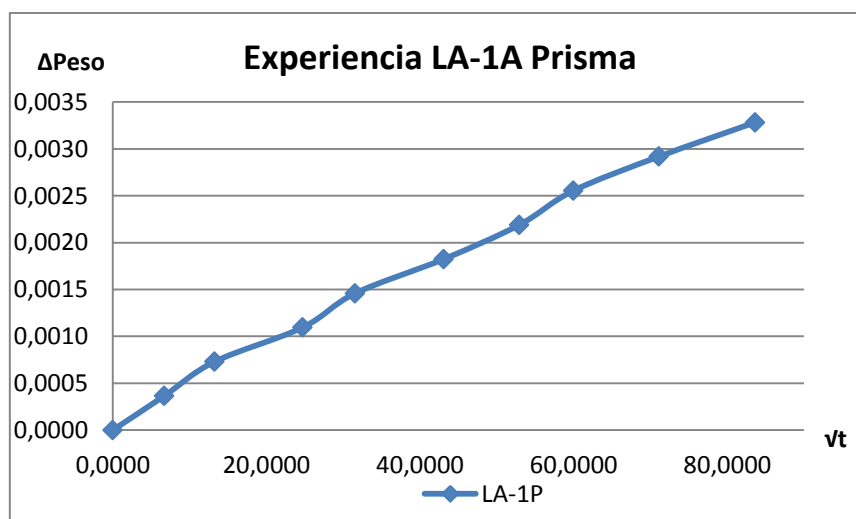
LA-1 Prisma			
A	B	C	SA
4,5	7,7	8,4	274,26

LEYENDA	
Nº	Orden
T	Tiempo (segundos)
\sqrt{t}	Raíz del tiempo (segundos)
P	Peso (gramos)
ΔP	Incremento Peso (gramos)
SA	Superficie Aparente (cm ²)
A,B,C	Lados de la probeta (cm)

Tabla 2.8: Toma datos inicial de LA-1 prisma.



Gráfica 2.1: Incremento de Peso con respecto al tiempo, en la probeta LA-1 prisma.



Gráfica 2.2: Incremento de Peso con respecto a la Raíz del tiempo. Esta gráfica se introduce sobre todo para obtener datos y así que la fórmula que vamos a modelizar sea lo más correcta posible.

EXPERIENCIA LA-37B* Prisma						LA-37 Prisma					
14/05/2014		Desde las 17:30 a 19:30				A	B	C	SA	M	Supe
Nº	Tiempo	√t	P	ΔP	ΔP/SA	4,0	7,7	8,3	255,82	157,60	1,62
1	0	0,0000	157,60	0,00	0	LEYENDA					
2	28	5,2915	157,70	0,06	0,000240	Nº	Orden				
3	65	8,0622	157,80	0,12	0,000481	T	Tiempo (segundos)				
4	103	10,1488	157,90	0,18	0,000722	√t	Raíz del tiempo (segundos)				
5	195	13,9642	158,00	0,25	0,000963	ΔP	(Incremento Peso)/Supe (gramos)				
6	251	15,8429	158,10	0,31	0,001204	SA	Superficie Aparente probeta (cm ²)				
7	447	21,1423	158,20	0,37	0,001444	M	Masa (gramos)				
8	753	27,4408	158,30	0,43	0,001685	Supe	Superficie Específica = SA/M (cm ² /gr.)				
9	1475	38,4057	158,40	0,49	0,001926						
10	2405	49,0408	158,50	0,55	0,002167						

Tabla 2.9: Toma datos inicial de LA-1 prisma. B* Se refiere a que es el segundo ensayo, el primero se desechó por ser inconcluyente.

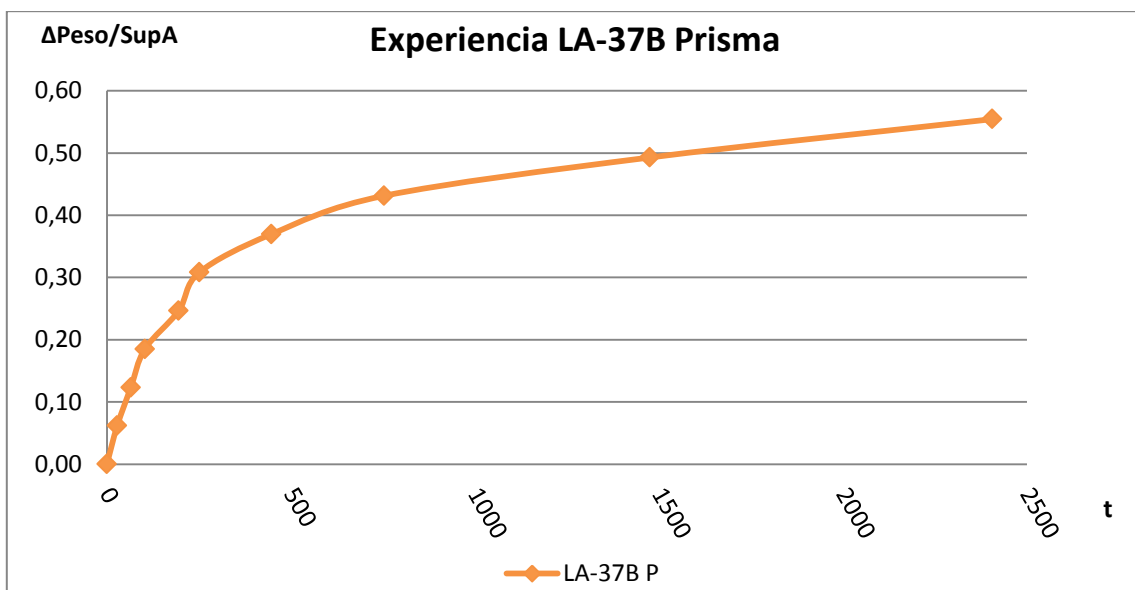
En este punto he introducido un nuevo dato, la Superficie Específica (Supe) que se obtiene dividiendo la Superficie Aparente entre la Masa inicial del ensayo, como he indicado con el siguiente ejemplo partiendo del recuadro en rojo:

Ecuación 2.2 y 2.3:

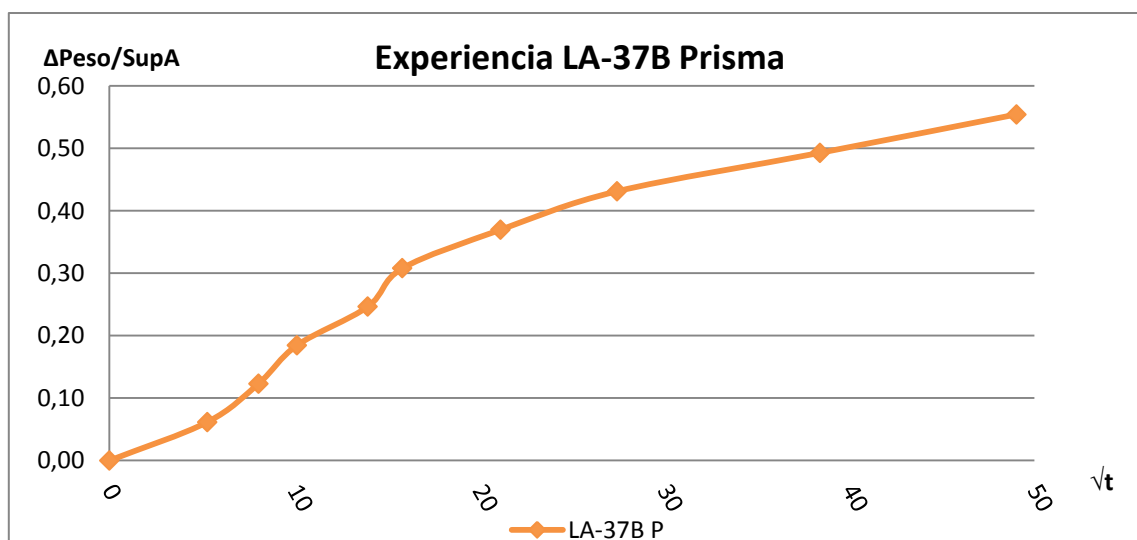
$$\text{Supe} = \text{Superficie Aparente} / \text{Masa} = 255,82 / 157,6^* = 1,62 \text{ cm}^2/\text{gramos}$$

$$\Delta P = (\Delta P_f - \Delta P_i) / \text{Supe} = (157,7 - 157,6) / 1,62 = 0,06 \text{ gramos/cm}$$

(*) La masa es la masa inicial de cada ensayo; es decir, en cada ensayo hay una masa distinta, no tiene por qué ser la misma.



Gráfica 2.3: Incremento de Peso/Superficie Específica, con respecto al tiempo, en la probeta LA-37B prisma.



Gráfica 2.4: Incremento de Peso/Superficie Específica con respecto al tiempo.

Una vez tomado los primeros datos de la probeta LA-1 y realizando lo propio con la probeta LA-37, se ha seguido realizando varios ensayos de las mismas probetas con el fin de obtener más datos y analizarlos, llegando a las siguientes conclusiones:

- Se ha tenido que cambiar el instrumental de medición, mejorándolo considerablemente para garantizar una humedad lo más elevada posible en el interior del recipiente y de forma continuada. Porque con el vaso en el interior del recipiente, se conseguía altas humedades, pero al abrir el recipiente e introducir la probeta se perdía mucha humedad.
- Además la temperatura y humedad ambiental influía negativamente en el proceso, ya que no se tenía un control exhaustivo de la temperatura y humedad interior.

2.3.2 EVOLUCIÓN DEL PROCEDIMIENTO

Con estas conclusiones he realizado ciertas modificaciones en el instrumental de medición, con la introducción de:

- Neopreno para conseguir que el recipiente se cerrara herméticamente.
- Una bomba de aire, con dos tubos de plástico.
- Un calentador de agua.
- Un borboteador.
- Un higrómetro inalámbrico.

Con la ayuda de uno de los miembros del laboratorio, se ha mejorado el instrumental de medición de forma significativa y viendo clara la evolución:



Figura 2.67: Primer paso con el instrumental de medición, como ya explique con anterioridad.

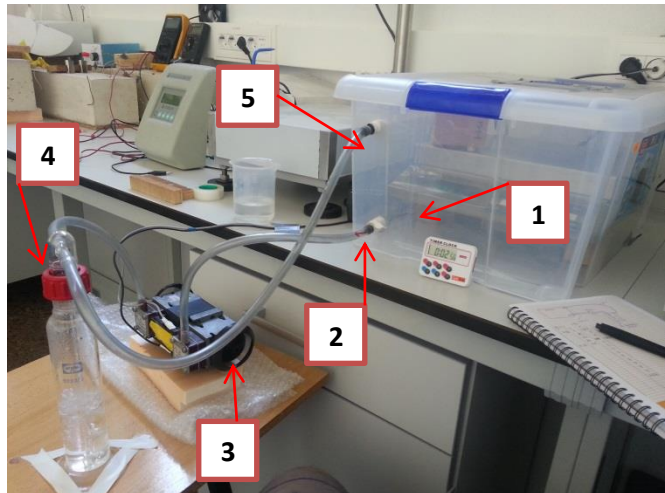


Figura 2.68: Segundo avance en el instrumental de medición. Con la introducción de una bomba y un borboteador y retirando el vaso de agua.

La evolución del paso primero al segundo, se produce con la introducción de una bomba y un borboteador. Con la introducción de estos dos nuevos elementos conseguimos más fiabilidad en el interior del recipiente, ya que de forma continuada, introducimos vapor de agua. El proceso empieza cerrando el recipiente totalmente, encendemos la bomba. A continuación el aire que está dentro del recipiente (Punto 1) es absorbido por el conducto (Punto 2) mediante una bomba de aire (Punto 3), que pasa directamente a un borboteador (lleno de agua por la mitad, Punto 4). Este borboteador, genera vapor de agua, que directamente introduce al interior del recipiente de nuevo (Punto 5). Es un circuito cerrado, en el que absorbe aire interno sustituyéndolo por vapor de agua de forma continua.

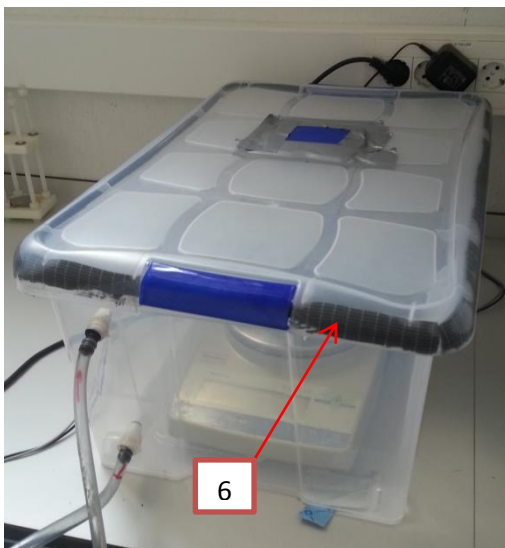


Figura 2.69: Neopreno (Punto 6) colocado en el borde del recipiente de plástico para garantizar la estanqueidad.



Figura 2.70: Introducción de otra balanza más pequeña, precisa y manejable.



Figura 2.71: Colocación de un calentador de agua para mantener el borboteador a la misma temperatura que el interior del recipiente.



Figura 2.72: Este es el instrumental de medición final, con todos los cambios, con la posterior introducción del higrómetro inalámbrico.

El funcionamiento del calentador de agua. Este está colocado sobre un recipiente de poliestireno expandido donde dentro depositamos agua, el aparato que calienta como se observa en la foto está situado en la parte superior, este aparato tiene unos botones donde ponemos la temperatura que queremos, y a su vez, el calentador hace que el agua del interior tenga la temperatura marcada. Con ello, se consigue que el borboteador, mantenga la temperatura que deseamos, que es la del interior del recipiente. Temperatura que sabemos mediante el higrómetro inalámbrico.



Figura 2.73: Testo, la parte superior es la receptora de datos y la inferior es la que se coloca en el interior del recipiente de forma inalámbrica.



Figura 2.74: El Testo 435 aporta datos de Humedad (%) y Temperatura (° C) del interior del recipiente.



Figura 2.75: Así quedaría el testeo a la hora de coger datos, aprovechando que posee un imán.



Figura 2.76: Programa informático donde pasamos los datos apuntados en la libreta.

Con estas modificaciones realizadas, se consiguen datos más fiables y seguros. Que aportándolos al programa informático (Excel 2013) e incluyendo nuevas incógnitas, hacemos que las gráficas sean más fiables y con datos que nos servirán posteriormente para el modelo cinético.

2.3.3 PROCESO FINAL

El proceso para realizar los ensayos sigue siendo el mismo, aunque el instrumento de medición haya sufrido unas variaciones, sin embargo a partir de este momento realizaré dos tipos de ensayo:

- I. Por un lado he realizado 3 ensayos de cada una de las probetas escogidas, siguiendo un mapa de experiencias y realizando un total de 54 ensayos, distribuidos según la siguiente tabla:

Tipo	Nº probetas	Ensayos	Total
Pino Silvestre	8	3	24
Lauan	8	3	24
Lauan Prisma	2	3	6
<i>Tabla 2.10: Número total de ensayos</i>			Total
			54

Pino Silvestre	Lauan	Lauan Prisma
PS-1-1	LA-1	LA-1P
PS-1-5	LA-5	LA-37P
PS-1-6	LA-6	
PS-1-7	LA-7	
PS-1-11	LA-13	
PS-1-19	LA-22	
PS-1-25	LA-30	
PS-1-26	LA-37	

Tabla 2.11: Probetas escogidas de Pino Silvestre y Lauan.

- II. Por otro lado, he escogido una probeta de Pino Silvestre y otra de Lauan (totalmente secas en estufa), y las he introducido en una cámara, con una temperatura de 20° C constantes y una humedad del 100%. Para ello, he necesitado un recipiente hermético, con una rejilla en el fondo (altura=3 cm). El recipiente se ha llenado de agua 2 cm, y sobre la rejilla he colocado las dos probetas. Posteriormente, se cierra el recipiente y se introduce en la cámara. Realizar este ensayo cogiendo datos durante 22 días, para ver la evolución a gran escala de ambos tipos de madera, y analizar la adsorción de humedad en cada una de ellas.

3.4.1 Esquema final a utilizar:

Después de tantas modificaciones, este es el esquema final del procedimiento de ensayo:

- Se ha introducido probetas en estufa (a 70° C) hasta llegar a peso constante.
- Introducir la parte inalámbrica del higrómetro en el interior del recipiente, encender la balanza y cerrar el recipiente herméticamente.
- Encender la bomba y el calentador de agua.
- Retirar tres probetas e introducirlas en el desecador, durante 2 horas.
- Pasadas las 2 horas, verificando que el higrómetro marca una humedad interna máxima (alrededor de un 96%), se procede a introducir en el interior del recipiente una de las probetas, inmediatamente se cierra la tapa del recipiente y se enciende el cronómetro. A la vez, observamos que la temperatura del calentador es la misma que la que marca el higrómetro en el interior del recipiente.
- Comenzamos obtener datos, por cada subida de 0,1 gramos lo anotamos en la libreta, obteniendo unos 14 puntos, es decir, una subida de 1,4 gramos en cada una de las probetas.
- Posteriormente estos datos de la libreta, donde se coge, el tiempo, la temperatura, la humedad y el incremento del peso. Se pasan a la hoja de cálculo (Excel 2013), donde se añaden nuevas columnas con más información que expresaré posteriormente.

Este procedimiento se ha realizado con todas las probetas escogidas inicialmente. Se necesita precisión para ir haciendo varias cosas a la vez y no perder el tiempo, ya que son muchos ensayos, mucho tiempo, y se debe coordinar muy bien.

Para garantizar una buena coordinación se ha elaborado un mapa de experiencias, anotando todos los ensayos, los días realizados, las horas, el peso...etc. Después del procedimiento descrito, y la realización de cada uno de los ensayos, pasamos a la parte informática, donde se recogen todos los datos de cada uno de los ensayos. Secado en estufa a 70°C, para llegar a peso constante, dando:

TABLA DE DIMENSIONES Y CALCULO PRISMAS						Peso después de 2 semanas en estufa a 70° C	
Nombre	A (cm)	B (cm)	C (cm)	Superficie (cm ²)	Peso inicial (gramos)	Peso final (gramos)	% de agua
LA-1	4,50	7,70	8,40	274,26	190,2	173,1	8,99
LA-37	4,00	7,70	8,30	255,82	172,5	157,2	8,87
PROBETAS CÚBICAS						Peso después de 2 semanas en estufa a 70° C	
PINO SILVESTRE							
Nombre	A (cm)	B (cm)	C (cm)	Superficie (cm ²)	Peso inicial (gramos)	Peso final (gramos)	% de agua
PS-1-1	8,40	7,40	8,40	389,76	255,30	237,30	7,05
PS-1-5	7,40	8,40	8,50	392,92	256,20	236,30	7,77
PS-1-6	7,50	8,40	8,80	405,84	262,30	242,30	7,62
PS-1-7	7,40	8,30	8,30	383,46	264,30	244,50	7,49
PS-1-11	7,50	8,40	8,40	393,12	240,00	221,80	7,58
PS-1-19	7,50	8,30	8,30	386,78	268,40	246,30	8,23
PS-1-25	7,50	8,40	8,40	393,12	278,10	255,60	8,09
PS-1-26	7,40	8,40	8,30	386,60	229,60	212,20	7,58
LAUAN						Peso después de 2 semanas en estufa a 70° C	
Nombre	A (cm)	B (cm)	C (cm)	Superficie (cm ²)	Peso inicial (gramos)	Peso final (gramos)	% de agua
LA-1	8,00	8,60	8,00	403,20	366,10	335,30	8,41
LA-5	8,00	8,40	8,40	409,92	338,80	310,00	8,50
LA-6	7,90	8,50	8,50	413,10	312,80	286,70	8,34
LA-7	8,10	8,40	8,30	409,98	326,50	299,10	8,39
LA-13	7,90	8,50	8,50	413,10	328,50	301,10	8,34
LA-22	8,10	8,40	8,60	419,88	354,40	324,70	8,38
LA-30	8,00	8,50	8,40	413,20	337,20	309,20	8,30
LA-37	8,00	8,50	8,40	413,20	373,70	342,10	8,46

Tabla 2.12: Tablas con pesos iniciales, pesos después de dos semanas a 70° C y el % de agua perdida de cada probeta. Pino silvestre y Lauan en formato cúbico y las probetas Lauan en forma de prisma (100°C). Superficie = 2·(AB + BC + CA).

Mapa elaborado con todas las experiencias:

TABLA DE PROBETAS PRISMAS							
Nombre	1	2	3	4	1	2	3
LA-1	M13/05 16:00	J15/05 10:30	M27/05 16:00	X04/06 12:30	V13/06 10:45 173,8	L23/06 12:00 173,7	X02/07 11:00 173,9
LA-37	M13/05 18:00	X14/05 17:30	V16/05 10:15	03/06 12:00	V13/06 13:00 157,8	M24/06 10:30 157,9	M01/07 12:30 158,0

Tabla 2.13: Dos probetas Lauan en forma de prisma.

TABLA PROBETAS CÚBICAS PS+LA							Descripción tabla:
Nombre	1	2	3	1	2	3	
PS-1-1	L26/05 10:15	J29/05 12:00	M03/06 16:00	X04/06 16:00 237,7	X18/06 11:00 237,6	M01/07 18:45 237,3	<p>Los ensayos con fondo azul son de experiencias realizadas sin las últimas modificaciones; es decir, sin bomba, sin calentador de agua, ni borboteador. Ensayos que no hemos tenido en cuenta, tan solo para ver que con las modificaciones, se ha mejorado en el control de los datos. Por tanto, los ensayos en fondo naranja, si son los realizados con el instrumento de medición final. En el cuadro se aprecia el día de realización del ensayo, la hora exacta del inicio y el peso del inicio del ensayo.</p>
PS-1-5				M17/06 17:00 236,3	X02/07 16:10 236,3	M15/07 11:00 236,3	
PS-1-6				M17/06 10:50 242,5	J03/07 11:15 242,6	M15/07 18:00 242,3	
PS-1-7		X28/05 10:00	M03/06 18:00	J12/06 18:00 244,7	X18/06 13:00 244,6	J03/07 18:45 244,5	
PS-1-11				M17/06 12:30 221,8	J03/07 12:45 221,9	X16/07 10:30 221,8	
PS-1-19				M17/06 18:45 246,6	J03/07 17:15 246,6	X16/07 12:30 246,3	
PS-1-25				J12/06 12:30 255,7	V04/07 12:20 255,8	J17/07 11:00 255,6	
PS-1-26	L19/05 10:00	X28/05 10:45	X04/06 11:15	L16/06 10:30 213,3	M08/07 11:20 213,4	V18/07 10:15 213,2	
LA-1				M24/06 17:30 335,3	X08/07 11:00 335,6	V18/07 13:00 335,3	
LA-5				M24/06 12:30 310,3	X08/07 13:00 310,5	L21/07 11:15 310,0	
LA-6				X25/06 17:00 287,0	J10/07 10:20 286,7	M22/07 11:00 286,8	
LA-7				J26/06 12:45 299,5	J10/07 12:15 299,2	M22/07 13:15 299,1	
LA-13				J26/06 16:45 301,5	J10/07 15:30 301,1	X23/07 13:10 301,1	
LA-22		V16/05 12:15 324,0	L26/05 11:30 325,0	J12/06 16:15 324,7	M24/06 16:00 324,6	L30/06 11:30 324,7	
LA-30				V27/06 10:45 309,8	V11/07 11:00 309,2	J24/07 12:30 309,2	
LA-37				V27/06 12:50 342,3	L14/07 10:00 342,2	J24/07 10:30 342,1	

Tabla 2.14: Esquema de todos los ensayos realizados, tanto de Pino Silvestre como las probetas de Lauan.

2.4 ESTUDIOS PROGRAMADOS

2.4.1 PRIMER ESTUDIO: ADSORCIÓN DE HUMEDAD A CORTO PLAZO.

Con el esquema final, anteriormente descrito, se realizan todos los ensayos necesarios, en nuestro caso, se ha realizado 3 ensayos por cada probeta, para tener varios resultados y poder dar veracidad a los ensayos. Es decir, se han realizado un total de 54 experiencias (Anexo I), con la metodología obtenida al final.

Una vez he recogido todos los datos de los ensayos en la libreta, introduzco estos datos en el programa informático (Excel), en forma de tabla. Mediante cálculos, obtenemos más datos y posteriormente los representamos en forma de gráfica para interpretar los resultados y poder obtener unas conclusiones.

Pino Silvestre	Lauan	
PS-1-5	LA-1	LA-37P

Tabla 2.15: Tabla de probetas de Pino Silvestre y de Lauan escogidas para su posterior explicación del ensayo en cuestión

2.4.2 SEGUNDO ESTUDIO: ADSORCIÓN DE HUMEDAD EN 22 DÍAS.

Una vez se ha terminado el estudio individual de todas las muestras; es decir, 3 ensayos por cada muestra, se ha comentado la posibilidad de añadir otro estudio pensando más a largo plazo, para ver el comportamiento tanto del Pino Silvestre como del Lauan. En este caso, se ha procedido de la siguiente manera:

- En primer lugar, se escogen dos muestras de las ya utilizadas, una de Pino Silvestre y otra de Lauan. Se ha decidido escoger las ya estudiadas en el otro ensayo, para aprovechar el periodo de secado de la pieza. Una vez escogidas se dejan a peso constante en la estufa, a temperatura de 70° C, como en el anterior ensayo.
- Una vez llegadas las muestras a peso constante (aproximadamente 4-5 días) se introducen en el desecador durante dos horas.
- Paralelamente se prepara un recipiente de plástico hermético, se introduce en el interior una rejilla de un grosor aproximado 3cm. Posteriormente se llena de agua hasta que cubra alrededor de 2cm de la rejilla. Todo esto es para conseguir una humedad del 100% aproximadamente.
- Para este proceso se cuenta con una cámara de grandes dimensiones que nos proporciona una temperatura constante de 20° C.
- Una vez preparada el recipiente en el interior de la cámara, se procede a retirar las dos muestras del desecador (para este ensayo se ha escogido las muestras PS-1-1 y LA-22), para posteriormente introducirlas inmediatamente dentro del recipiente cerrado herméticamente, a su vez esta caja se introduce en la cámara. Para verificar que la humedad era del 100% en el interior de la cámara,

se introdujo en el interior el higrómetro inalámbrico y en apenas unos minutos se consiguió el 98% de humedad, porcentajes muy fiables.

- Después se procede a sacar las muestras al principio una vez al día o dos para ir sacando puntos, durante 22 días. Con el mismo procedimiento que en los anteriores ensayos.
- Se saca la muestra de la cámara, se pesa y se vuelve a introducir en la cámara.

Al principio hay que ser constante e intentar coger lo máximos puntos posibles, ya que normalmente al comienzo de la absorción la velocidad es rápida. Luego conforme pasa el tiempo, cada vez va tardando más, hasta que la muestra se satura completamente y deja de adsorber, llegando a ver como no se produce ningún incremento de peso.

1. Evolución fotográfica del ensayo



Figura 2.77: Probeta escogida para el ensayo PS-1-1.



Figura 2.78: Probeta escogida para el ensayo LA-22.



Figura 2.79: Caja de plástico con rejilla en el fondo y 2cm de agua.



Figura 2.80: Caja de plástico cerrada.



Figura 2.81: Cámara grande para realizar el ensayo.



Figura 2.82: Caja de plástico introducida en el interior de la cámara.



Figura 2.83: Marcador de temperatura de la cámara 20° C.



Figura 2.84: Aquí podemos observar la muestra PS-1-1 después de adsorber humedad durante 22 días.



Figura 2.85: Aquí podemos observar la muestra LA-22 después de adsorber humedad durante 22 días.

Como se aprecia en las últimas imágenes, las muestras al absorber humedad sufren cambios en su volumen, así como en la superficie, muy representativos.

Con la obtención de datos, procedemos a introducirlos en la siguiente tabla:

EVOLUCIÓN MUESTRAS A 22 días - T ^a = 20° C (Cte.) - H = 98%									
Fecha (dd/mm)	Hora (horas)	ΔHora (horas)	√t (horas)	PS-1-1; Pi = 268,8; Hi = 11,83%			LA-22; Pi = 354,4; Hi = 11,80%		
				Peso (gramos)	ΔP (gramos)	ΔH (%)	Peso (gramos)	ΔP (gramos)	ΔH (%)

Tabla 2.16: Ejemplo de recogida de datos en Excel.

RESULTADO Y DISCUSIÓN

3.1 ESTUDIOS PROGRAMADOS

3.1.1 Primer estudio: Adsorción de humedad en 2 horas.

Inicialmente proponemos algunos ejemplos, con la finalidad de interpretar los resultados obtenidos en los distintos ensayos realizados. Como se han realizado 54 ensayos (Anejo I), se ha decidido concretar y estudiar algunos casos, que posteriormente analizaremos. Aquí la explicación de algunas experiencias realizadas, con sus tablas, sus gráficas y las discusiones.

EXPERIENCIAS:

I. Experiencia Pino Silvestre: PS-1-5

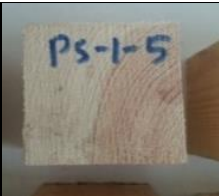
Fecha: 17/06/2014 Inicio: 17h Fin: 18:10h		Experiencia PS-1-5A							
Nº	t (seg.)	HR (%)	T (°C)	\sqrt{t} (seg.)	$t^{3/2}$ (seg.)	P (gr.)	ΔP (gr.)	$\ln \Delta P$	$\Delta P / \text{SupA}$ (gr./cm ²)
1	0	92,0	27,0	0	0	236,30	0,00		0
2	58	87,2	27,0	7,616	21,017	236,40	0,06	-2,81	0,0002
3	218	82,6	27,2	14,765	56,734	236,50	0,12	-2,12	0,0003
4	365	78,5	27,3	19,105	83,506	236,60	0,18	-1,71	0,0005
5	646	75,8	27,3	25,417	128,137	236,70	0,24	-1,42	0,0006
6	832	74,9	27,4	28,844	154,915	236,80	0,30	-1,20	0,0008
7	1062	74,6	27,4	32,588	186,034	236,90	0,36	-1,02	0,0009
8	1313	74,5	27,5	36,235	218,122	237,00	0,42	-0,87	0,0011
9	1656	74,3	27,6	40,694	259,594	237,10	0,48	-0,73	0,0012
10	2039	74,5	27,5	45,155	303,433	237,20	0,54	-0,61	0,0014
11	2404	75,2	27,4	49,031	343,321	237,30	0,60	-0,51	0,0015
12	2702	76,0	27,3	51,981	374,769	237,40	0,66	-0,41	0,0017
13	3097	76,3	27,2	55,651	415,151	237,50	0,72	-0,33	0,0018
14	3583	77,0	27,2	59,858	463,111	237,60	0,78	-0,25	0,0020

Tabla 3.1: Datos recogidos directamente del ensayo, anotados en la libreta, pasados a un documento Excel y posteriormente cálculo de otras incógnitas, de la probeta de Pino Silvestre PS-1-5.

LEYENDA TABLA:

PS-1-5A:	la A quiere decir que es el primer ensayo de este tipo de madera. En el caso de ser el segundo pondría B, así sucesivamente.
Nº,	es el número, por llevar un orden; t , el tiempo en segundos.
HR,	Humedad Relativa obtenida del testeo.
T,	Temperatura interior del recipiente, también obtenida con el testeo.
vt, t^{1,5},	Incógnitas para modelizar la fórmula final.
P; ΔP,	Peso de la probeta; Incremento Peso dividido entre la Superficie Específica (Supe = S / Masa).
lnΔP,	Logaritmo Neperiano de incremento de peso.
ΔP/SupA,	División que sirve para modelizar los datos experimentales.

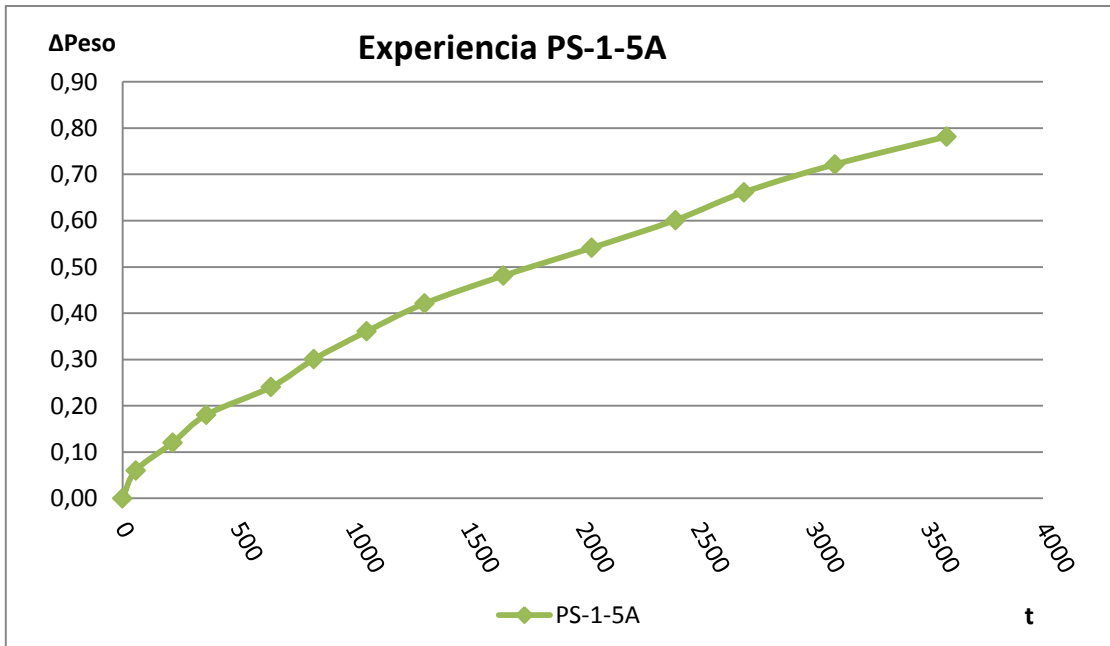
	A (cm)	B (cm)	C (cm)	Superficie (cm ²)	Masa (gramos)	Supe= S/M (cm ² /gramos)
PS-1-5	7,40	8,40	8,50	392,92	236,30	1,66

Tabla 3.2: Dimensiones, superficie específica, masa y superficie aparente de la probeta de Pino Silvestre PS-1-5.

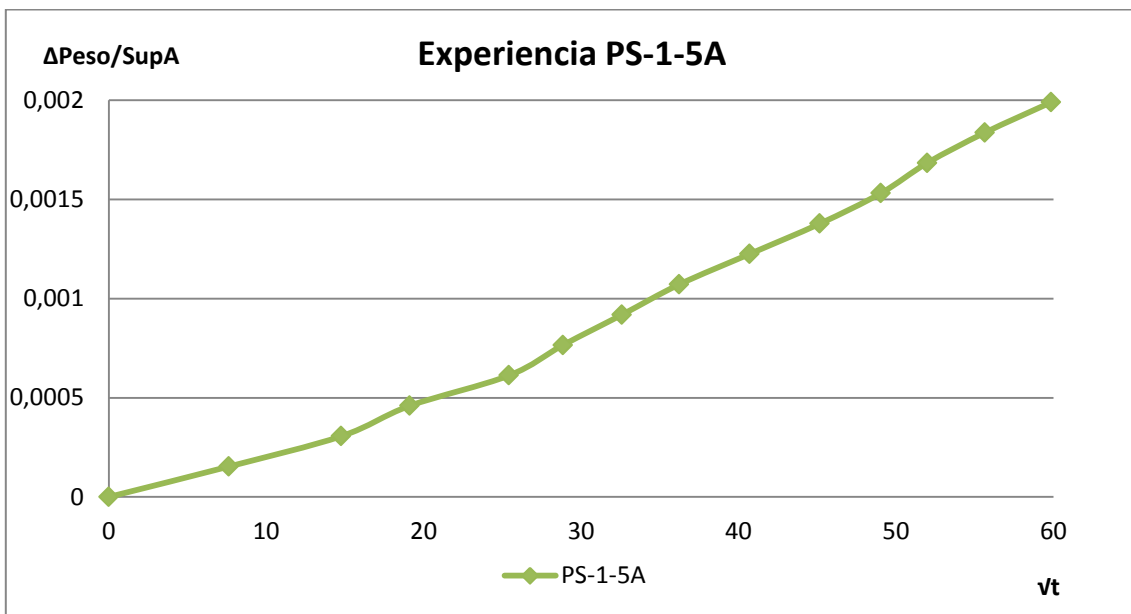
El Experimento consiste en realizar un estudio de la velocidad a la que coge humedad la pieza estudiada, realizar el estudio con un cronómetro y durante dos horas más o menos.

En esta tabla, se anotan los tres lados de la probeta, de dónde se saca la superficie en cm² total, a su vez, se anota el peso, y con ambos datos se saca la Superficie Específica, que nos vendrá bien para completar los datos. El incremento de peso, se divide por la Superficie Específica, para que sea directamente proporcional a la superficie con la que la madera absorbe la humedad, ya que en el Pino Silvestre y en el Lauan, como en casi todas, existen dos caras que son las que más absorben, otras dos que absorben poco y otras dos que no absorben casi nada. Entonces, dependiendo de cómo se corte la pieza, la absorción será más rápida, más lenta, etc. En el tercer ejemplo, que luego explicaré se podrá apreciar la importancia de las caras.

En la tabla podemos apreciar como la probeta va cogiendo humedad a una velocidad significativa. Se produce una variación importante sobre la Humedad Relativa, ya que la HR está en máximo porcentaje, pero cuando comenzamos a realizar el estudio al abrir el recipiente, se produce un escape de humedad al exterior, de ahí que la humedad sufra un bajón inicial, que posteriormente asciende. Para modelizar la fórmula se obviaré los primeros datos de cada ensayo, porque no son concluyentes, ya que como se observa en las gráficas, en cuanto la humedad vuelve a ascender, se produce un crecimiento del peso, acorde con lo normal.



Gráfica 3.1: Incremento de Peso con respecto al tiempo, datos recogidos directamente de la tabla indicada con anterioridad. Experiencia con Pino Silvestre denominada PS-1-5A. Dónde A, equivale al primer ensayo realizado de la probeta.



Gráfica 3.2: Incremento de Peso partido Superficie Aparente de la probeta, con respecto a la raíz del tiempo, datos recogidos directamente de la tabla indicada con anterioridad. Experiencia con Pino Silvestre denominada PS-1-5A. Dónde A, equivale al primer ensayo realizado de la probeta.

En la primera gráfica (Gráfico 3.1) se puede apreciar, que el aumento de peso con respecto al tiempo, sigue más o menos una línea recta esperada. No son datos concluyentes, porque en estos ensayos solo se sufre un incremento de peso de 1,4 gramos, de ahí que la segunda parte de los ensayos, sea un ensayo a largo plazo (22 días) dónde ahí sí que se observarán datos más concluyentes, de cada una de los tipos de madera. El incremento de peso con respecto al tiempo, es en un tiempo corto, de aproximadamente un máximo de dos horas en todos los ensayos realizados. Estos

ensayos se han realizado, para obtener datos significativos, con los que poder elaborar un modelo cinético.

En la segunda gráfica (Gráfica 3.2) se realiza el incremento de peso con respecto a la raíz de t , para comprobar ciertos comportamientos de la madera, y como he ido reiterando con anterioridad, para ver si sigue un patrón, con el que poder obtener un modelo cinético con la que poder estudiar la adsorción de humedad en futuras investigaciones. Todos los datos obtenidos, (tablas, gráficas...) son para analizar y estudiar la forma de obtener un modelo cinético final.

II. Experiencia Lauan: LA-1

En primer lugar, tenemos la tabla de recogida de datos de la libreta:


Fecha: 18/07/2014 Inicio: 13h40min Fin: 15h		Experiencia LA-1C							
Nº	t (segundos)	HR (%)	T (°C)	\sqrt{t} (seg.)	$t^{3/2}$ (seg.)	P (gramos)	ΔP (gramos)	$\ln \Delta P$	$\Delta P / \text{SupA}$ (gramos/cm ²)
1	0	91,2	26,7	0,000	0,000	335,30	0,00		0,0000
2	118	83,1	26,7	10,863	35,802	335,40	0,08	-2,49	0,0002
3	302	74,0	26,8	17,378	72,444	335,50	0,17	-1,79	0,0004
4	501	71,3	26,9	22,383	105,896	335,60	0,25	-1,39	0,0006
5	774	70,8	26,9	27,821	146,742	335,70	0,33	-1,10	0,0008
6	1109	71,4	26,9	33,302	192,176	335,80	0,42	-0,88	0,0010
7	1478	72,2	26,9	38,445	238,372	335,90	0,50	-0,70	0,0012
8	1811	72,9	26,9	42,556	277,612	336,00	0,58	-0,54	0,0014
9	2200	73,4	26,9	46,904	321,231	336,10	0,67	-0,41	0,0016
10	2635	74,5	26,9	51,332	367,778	336,20	0,75	-0,29	0,0019
11	3107	75,7	26,9	55,740	416,156	336,30	0,83	-0,18	0,0021
12	3601	76,9	26,9	60,008	464,855	336,40	0,91	-0,09	0,0023
13	4225	78,1	26,9	65,000	524,047	336,50	1,00	0,00	0,0025
14	4838	79	26,9	69,556	580,095	336,60	1,08	0,08	0,0027

Tabla 3.3: Datos recogidos directamente del ensayo, anotados en la libreta, pasados a un documento Excel y posteriormente cálculo de otras incógnitas, de la probeta de Lauan LA-1.

	A (cm)	B (cm)	C (cm)	SupA (cm ²)	Masa (gramos)	Supe= S/M (cm ² /gramos)
LA-1	8,00	8,60	8,00	403,20	335,30	1,20

Tabla 3.4: Dimensiones, superficie específica, masa y superficie aparente de la probeta de Lauan LA-1.

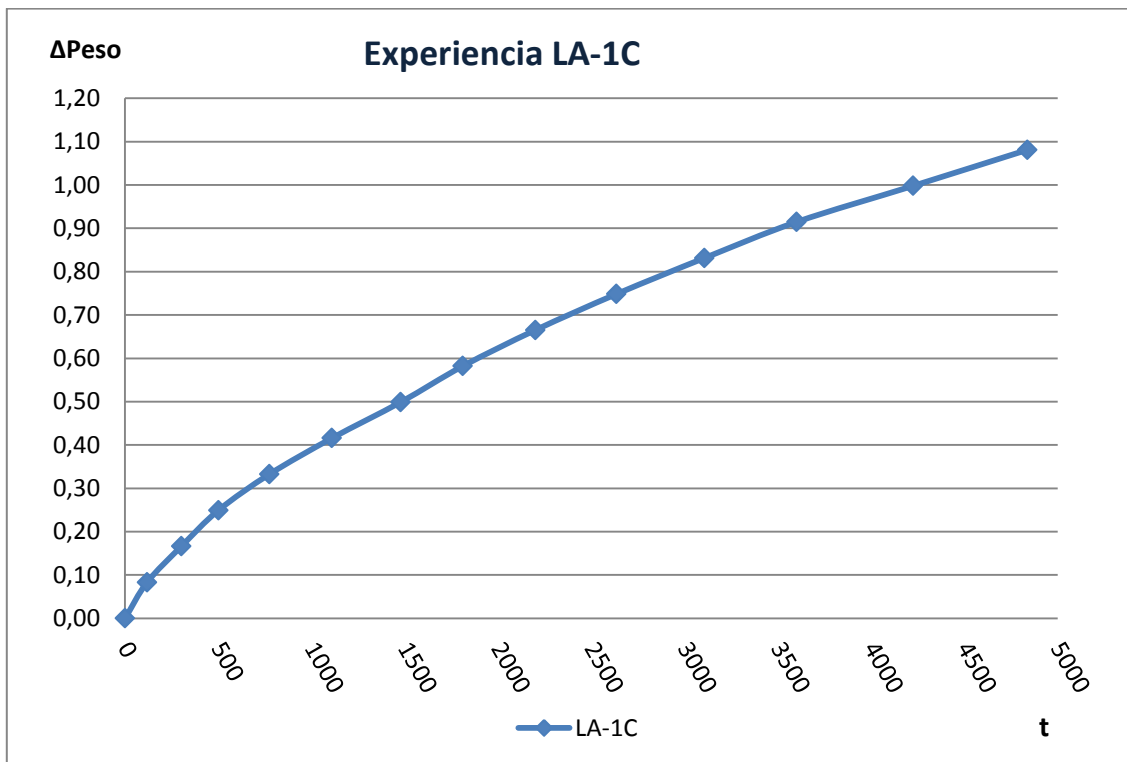
En este caso podemos observar como para el mismo incremento de peso, este tipo de madera (de origen tropical) necesita mucho más tiempo que lo que ha necesitado el Pino Silvestre. Esto se debe, a que el Lauan es una madera mucho más densa que el

Pino Silvestre, se puede apreciar directamente con las pesadas iniciales de todas las probetas. Dónde si realizamos una comparación rápida entre ambas maderas con relación a un mismo volumen, se aprecia claramente como el Pino Silvestre puede llegar a pesar 100 gramos menos que el Lauan. Veamos un ejemplo:

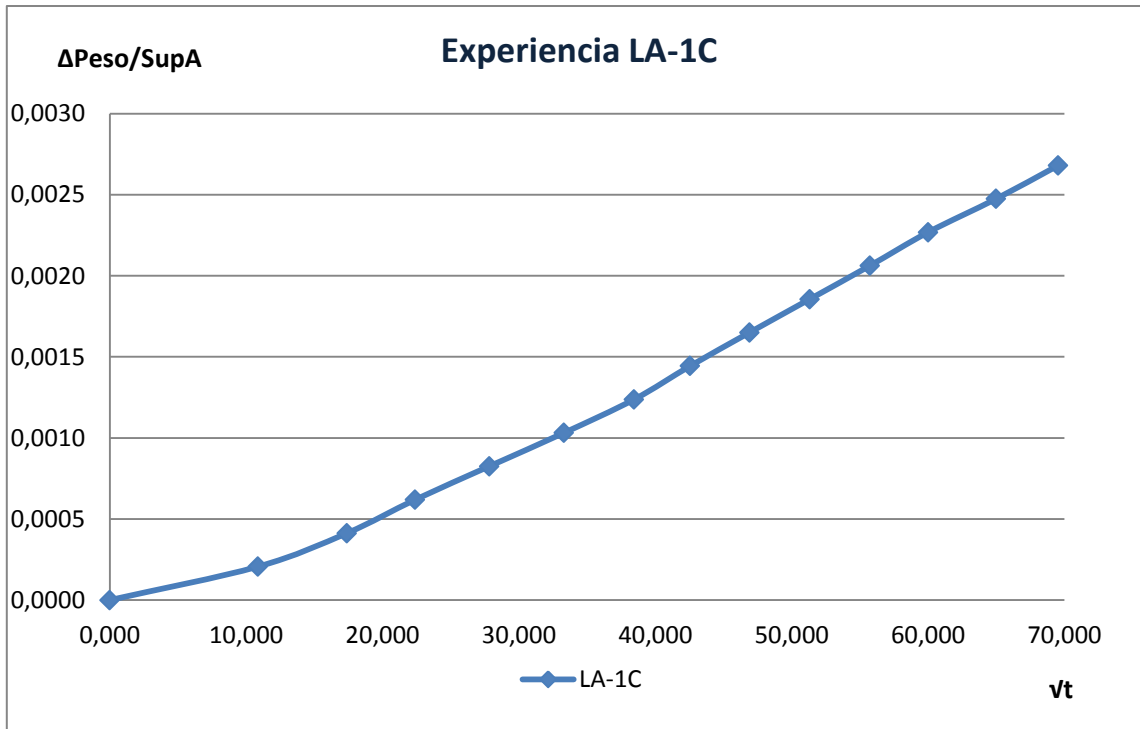
	Volumen	Peso
Lauan LA-1	403,20 cm ²	366,10 gramos
Pino Silvestre PS-1-6	405,84 cm ²	262,30 gramos

Tabla 3.5: Relación Volumen/Peso entre dos probetas. Lauan LA-1 y Pino Silvestre PS-1-6, para diferenciar densidades.

Como se puede apreciar en la tabla, ambas maderas con un volumen prácticamente muy parecido (he escogido las probetas más cercanas con respecto al volumen), la diferencia de peso es de casi 100 gramos. De ahí que en un periodo corto de tiempo, a la madera de tipo Lauan le cueste mucho absorber humedad. También hay que tener en cuenta que el Pino Silvestre las dos caras que más absorben son muy porosas, además de que suele tener nudos y estos tienen más capacidad de absorción que si no tienen, como es el caso del Lauan.



Gráfica 3.3: Incremento de Peso con respecto al tiempo, datos recogidos directamente de la tabla indicada con anterioridad. Experiencia con Lauan denominada LA-1C. Dónde C, equivale al tercer ensayo realizado de la probeta.



Gráfica 3.4: Incremento de Peso partido Superficie Aparente de la probeta, con respecto a la raíz del tiempo, datos recogidos directamente de la tabla indicada con anterioridad. Experiencia con Lauan denominada LA-1C. Dónde C, equivale al tercer ensayo realizado de la probeta.

Durante el periodo de ensayos, fuimos viendo como casi todas las probetas de Lauan sufrían un mismo comportamiento, en el que, a todas les costaba en los inicios del ensayo adsorber humedad. Se llegó a la conclusión, ya descrita con anterioridad, en la cual se veía que el Lauan era una madera mucho más densa y con menos poros superficiales que el Pino Silvestre.

III. Experiencia Lauan: LA-37 Prisma

Estas dos probetas se podían haber desechado, pero al final se ha llegado a la conclusión que los resultados podían ser beneficiosos, para todos los ensayos, tanto para aportar más datos importantes para el modelo cinético, como para averiguar y saber más acerca del comportamiento del Lauan, ya que al ser una madera tropical y de poco uso aquí en España, cuantas más pruebas distintas se le haga, mejores y mayor volumen de resultados obtendremos. Con la finalidad de saber más sobre el Lauan en su totalidad. Seguimos el mismo procedimiento anterior.


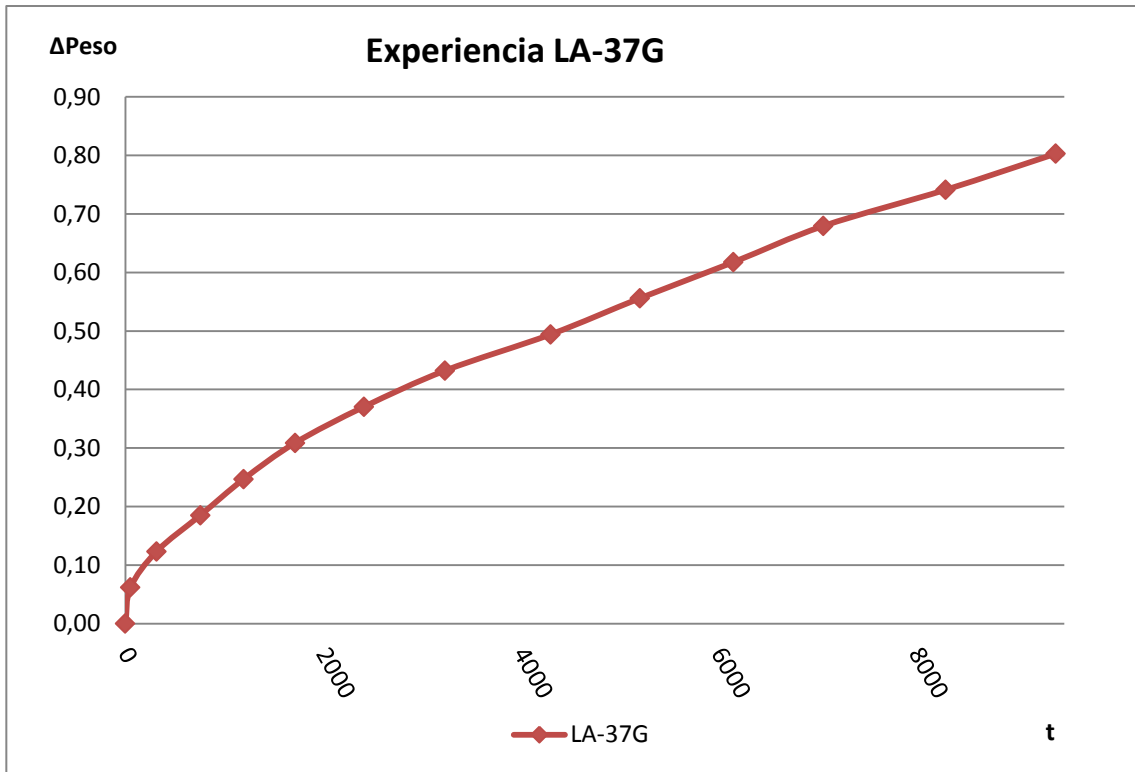
Fecha: 01/07/2014 Inicio: 11h Fin: 13h10min		Experiencia LA-37G							
Nº	t (segundos)	HR (%)	T (°C)	\sqrt{t} (seg.)	$t^{3/2}$ (seg.)	P (gramos)	ΔP (gramos)	$\ln \Delta P$	$\Delta P / \text{SupA}$ (gr./cm ²)
1	0	87,0	26,0	0	0	158,00	0,00		0
2	51	84,1	26,1	7,141	19,084	158,10	0,06	-2,78	0,0002
3	316	80,0	26,2	17,776	74,949	158,20	0,12	-2,09	0,0005
4	759	78,6	26,4	27,550	144,604	158,30	0,19	-1,69	0,0007
5	1197	79,5	26,6	34,598	203,503	158,40	0,25	-1,40	0,0010
6	1717	80,8	26,7	41,437	266,734	158,50	0,31	-1,18	0,0012
7	2415	81,9	26,7	49,143	344,499	158,60	0,37	-0,99	0,0014
8	3235	83,7	26,7	56,877	428,949	158,70	0,43	-0,84	0,0017
9	4302	83,8	26,6	65,590	531,194	158,80	0,49	-0,71	0,0019
10	5205	85,3	26,6	72,146	612,795	158,90	0,56	-0,59	0,0022
11	6153	85,8	26,8	78,441	694,729	159,00	0,62	-0,48	0,0024
12	7063	86,4	26,9	84,042	770,445	159,10	0,68	-0,39	0,0027
13	8299	87,1	26,8	91,099	869,499	159,20	0,74	-0,30	0,0029
14	9415	88,9	26,8	97,031	955,796	159,30	0,80	-0,22	0,0031

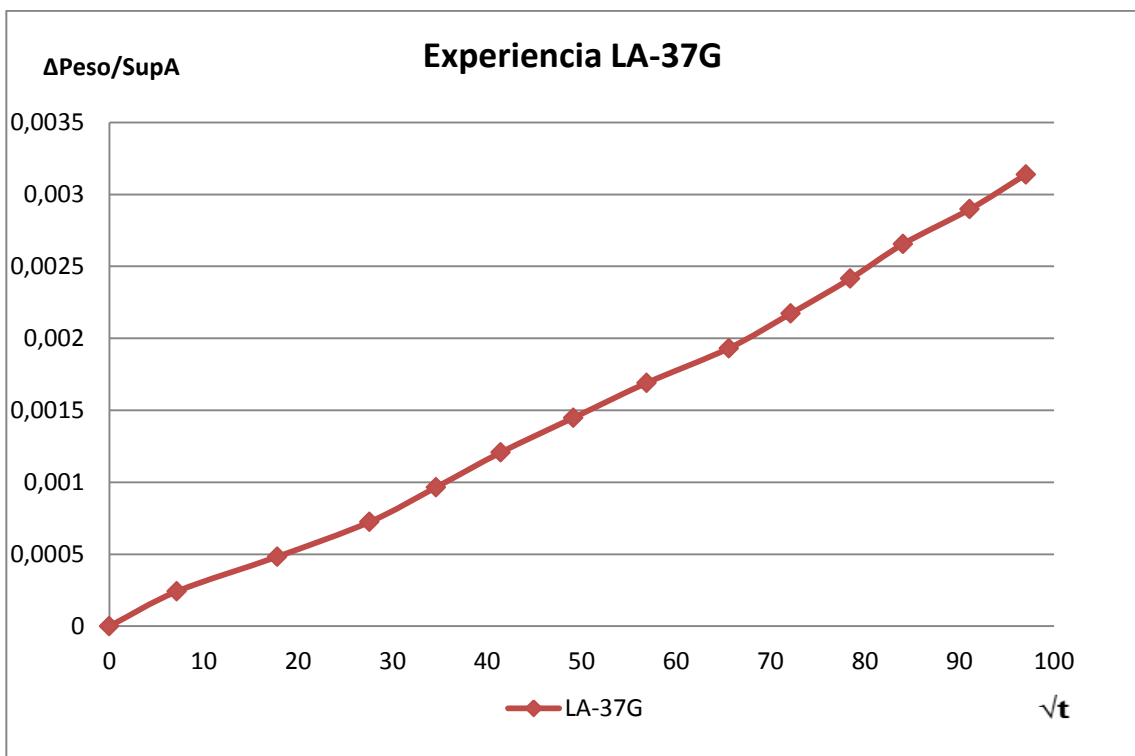
Tabla 3.6: Datos recogidos directamente del ensayo, anotados en la libreta, pasados a un documento Excel y posteriormente cálculo de otras incógnitas, de la probeta de Lauan LA-37G.

Como se puede apreciar en este caso, el corte de la probeta es muy importante, ya que en este caso, las caras que más absorben en LA-37, están reducidas a la mitad con respecto al Lauan expresado con anterioridad (LA-1). Y si ya el anterior, con respecto al Pino Silvestre, le costaba adsorber humedad. En este caso, le cuesta todavía más, ya que al tener reducida a la mitad la cara con la que más se absorbe, la probeta le cuesta muchísimo recoger humedad. En el Lauan anterior (LA-1) en aproximadamente una hora tenías un incremento del peso del 1,2 gramos, sin embargo en esta probeta, en una hora apenas se ha conseguido un incremento del peso de 0,85 gramos. De ahí, que se ha decidido dejar las dos probetas cortadas en forma de prisma (LA-1P y LA-37P), para obtener más datos acerca del tipo de madera que es el Lauan. Con la finalidad, de saber más sobre el comportamiento de cara a la absorción de humedad, así como para obtener datos importantes para el modelado de la fórmula.

En las gráficas se puede observar con más claridad, la cantidad de tiempo que se necesita para que la probeta llegue a un incremento de 1,4 gramos.



Gráfica 3.5: Incremento de Peso con respecto al tiempo, datos recogidos directamente de la tabla indicada con anterioridad. Experiencia con Lauan denominada LA-37G, donde A, equivale al primer ensayo realizado de la probeta.



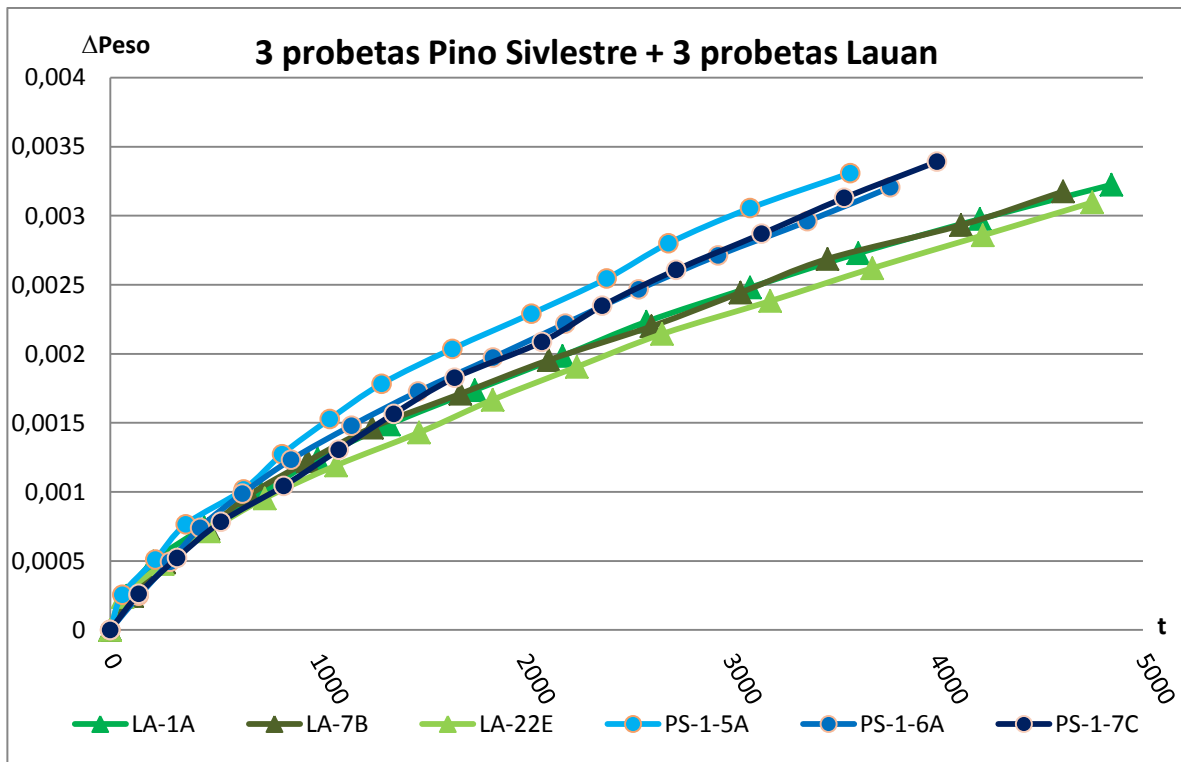
Gráfica 3.6: Incremento de Peso partido Superficie Aparente de la probeta, con respecto a la raíz del tiempo, datos recogidos directamente de la tabla indicada con anterioridad. Experiencia con Lauan denominada LA-37G. Dónde G, equivale al séptimo ensayo realizado de la probeta.

IV. Comparativa de Pino Silvestre frente a Lauan.

Exposición gráfica de la comparativa de tres ensayos de Pino Silvestre y tres ensayos de Lauan. Los datos están todos en los Anejos, aquí he decidido excluirlos porque creo que es más importante ver gráficamente las distintas evoluciones e interpretar los resultados. En la tabla las probetas que vamos a comparar, con la comparación de dos gráficas, como anteriormente he ido exponiendo: la primera, la relación entre el incremento de peso con el tiempo; la segunda, la relación del incremento de peso con respecto a la raíz de tiempo.

Pino Silvestre	Lauan
PS-1-5A	LA-1A
PS-1-6A	LA-7B
PS-1-7C	LA-22E

Tabla 3.7: Probetas escogidas para representar y realizar una comparación entre todas ellas.



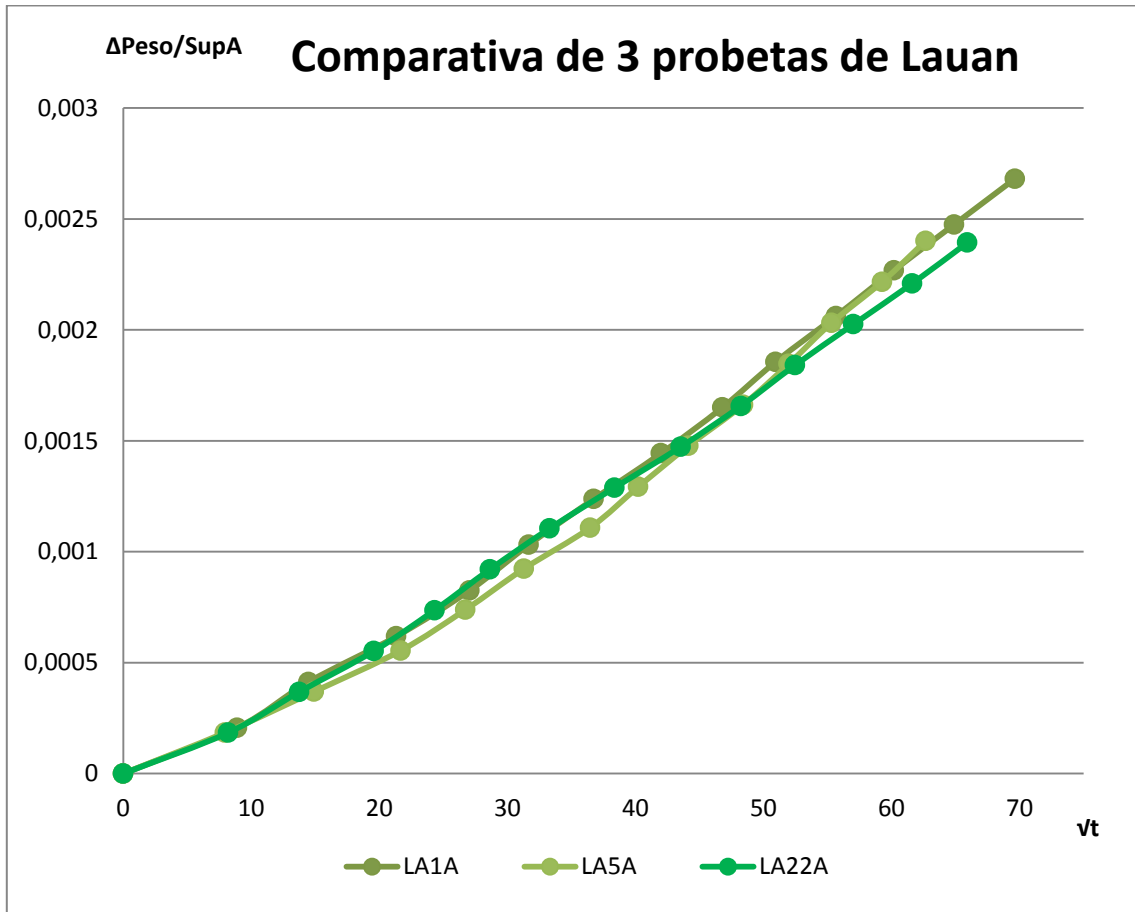
Gráfica 3.7: Representación gráfica de tres probetas de Pino Silvestre (PS-1-5A, PS-1-6A; PS-1-7C) y tres probetas de Lauan (LA-1A; LA-7B; LA-22E). Incremento de Peso con respecto al tiempo (segundos), datos recogidos directamente de las tablas indicadas en los Anexos.

En la siguiente gráfica podemos observar el comportamiento que sufren varias probetas, en este caso 3 de cada.

Como se puede apreciar en la gráfica 3.7, se ha deducido que el Pino Silvestre adsorbe a mayor velocidad humedad que el Lauan. Ya que necesita menos tiempo, para que

sufra un incremento de peso de 1,4 gramos. Todo esto es debido principalmente a la diferencia de porosidad superficial que tienen las probetas de pino silvestre con respecto a las probetas de Lauan, así como la diferencia de densidad entre las probetas.

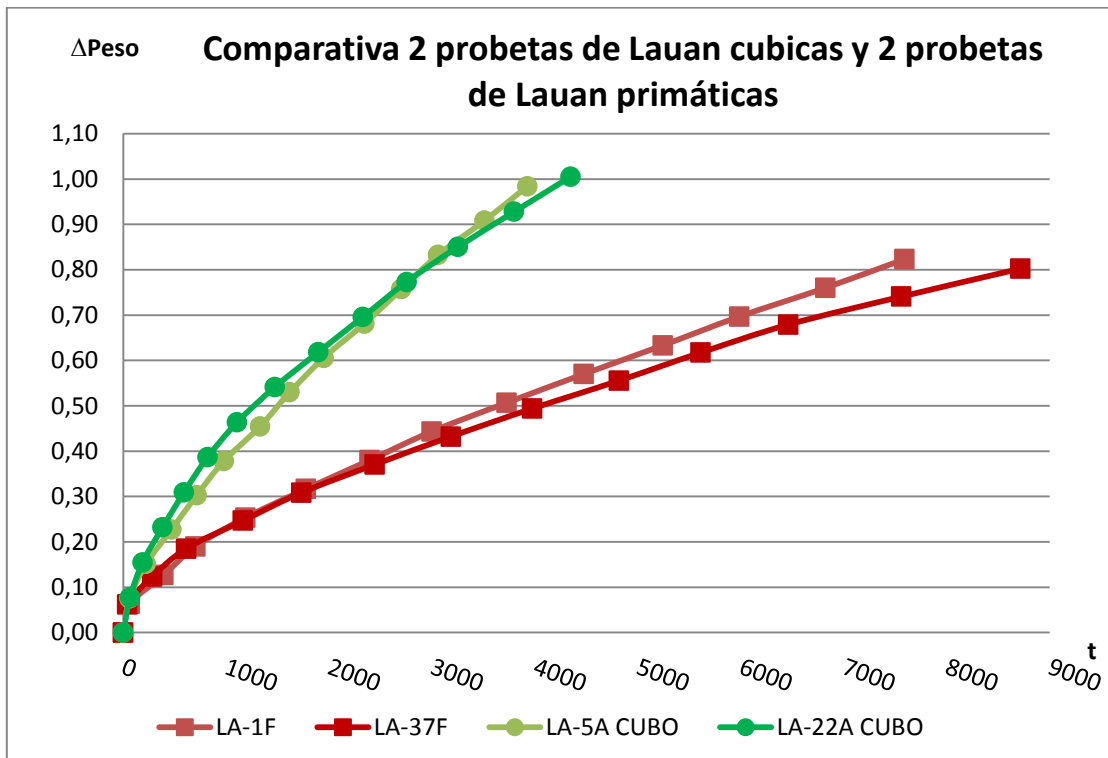
V. Comparativa de tres probetas de Lauan



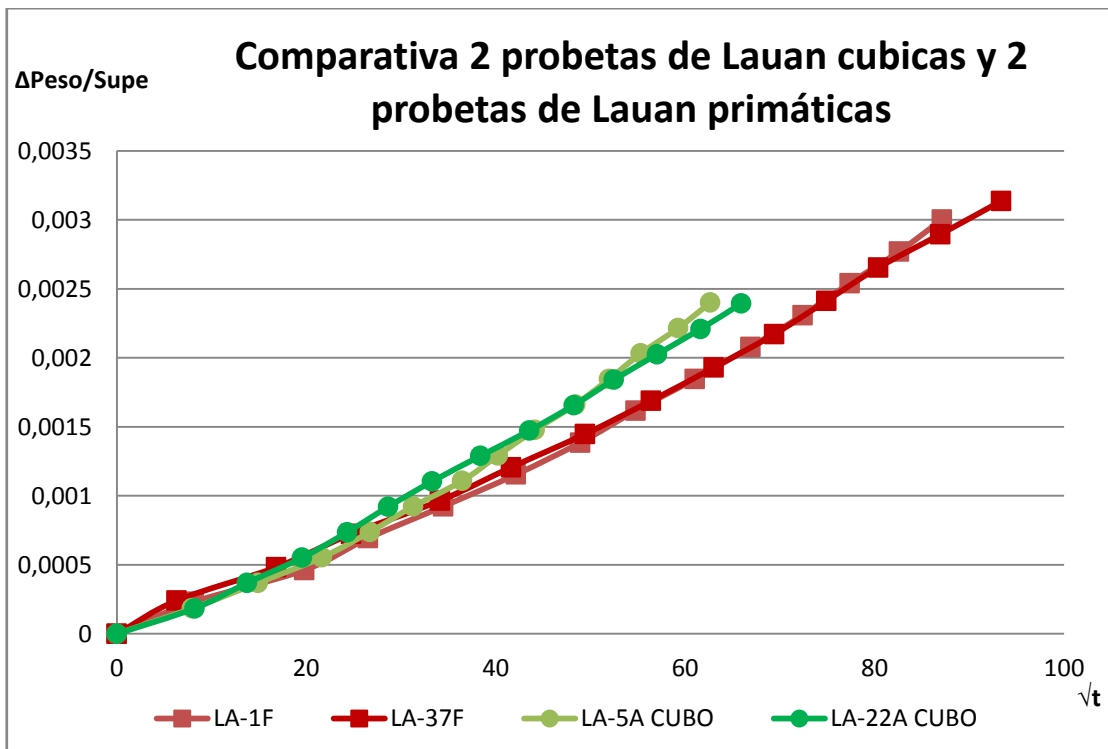
Gráfica 3.8: Comparativa entre tres probetas de Lauan (LA-1A; LA-5A; LA-22A). Incremento de Peso partido Superficie Aparente de la probeta, con respecto a la raíz del tiempo, datos recogidos directamente de las tablas indicadas en los Anexos.

Como podemos apreciar en esta representación (gráfica 3.8), las tres probetas de Lauan guardan una gran similitud. Esto quiere decir que los datos ensayos se han realizado correctamente, ya que las tres probetas siguen un mismo patrón. Los inicios siempre son complicados, por lo explicado con anterioridad, que se produce una pérdida de humedad inicial, pero se puede obviar a la hora de sacar datos concluyentes para el estudio.

VI. Comparativa de Lauan cúbica y Lauan Prismática



Gráfica 3.9: Comparativa entre dos probetas prismáticas de Lauan (LA-1F; LA-37F) y dos probetas cúbicas de Lauan (LA-5A; LA-22A), donde F, es el ensayo sexto de esas probetas. Incremento de Peso con respecto al tiempo, datos recogidos directamente de las tablas indicadas en los Anexos.

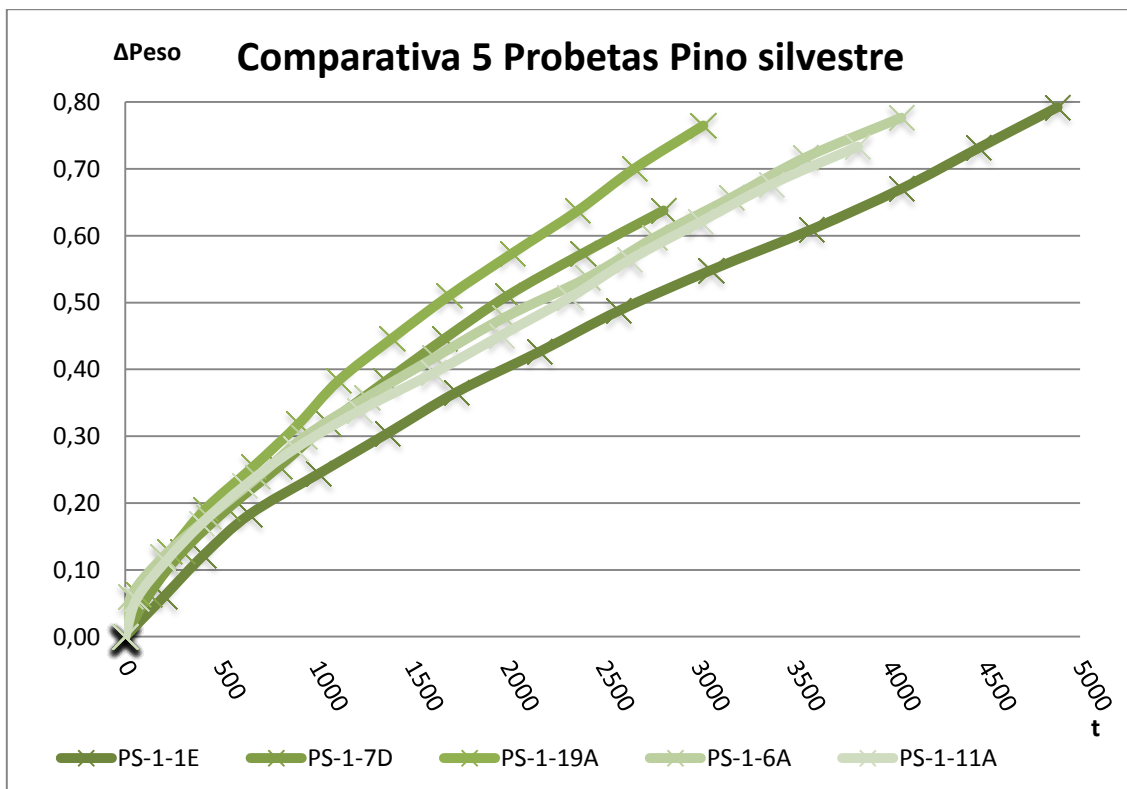


Gráfica 3.10: Comparativa entre dos probetas cúbicas de Lauan (LA-5A; LA-22A) y dos probetas prismáticas de Lauan (LA-1F; LA-37F). Relacionando el incremento de Peso/Superficie Aparente con la raíz del tiempo.

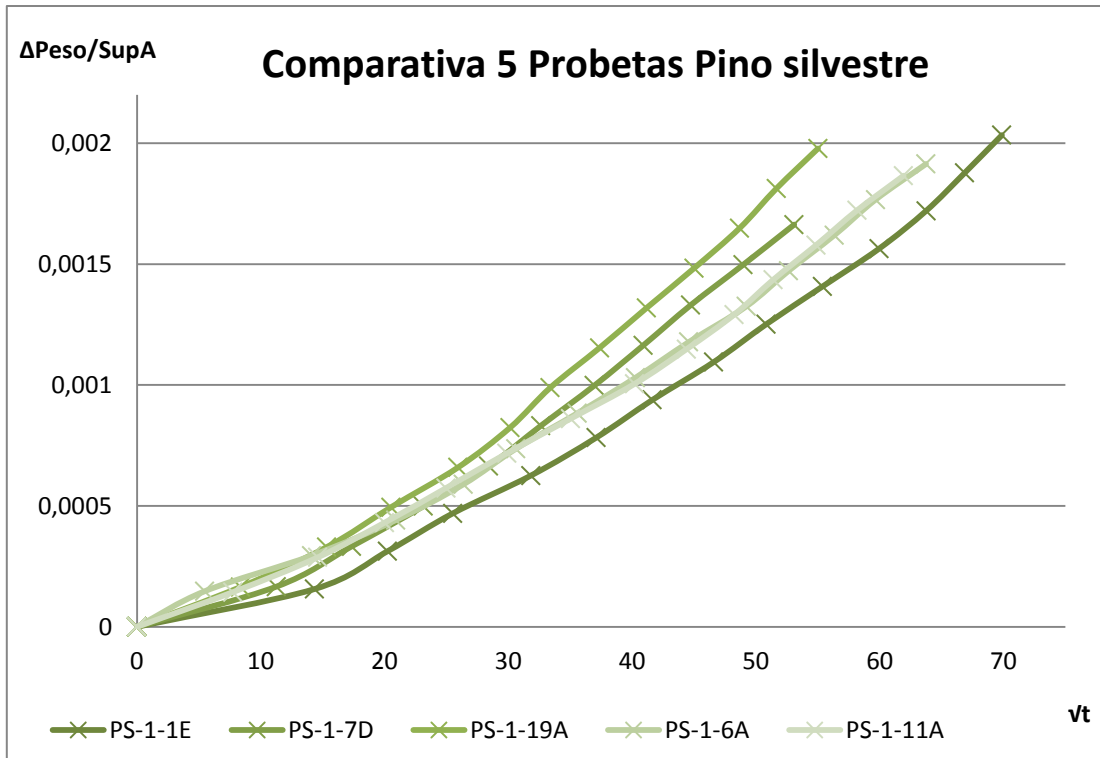
En la primera gráfica (gráfica 3.9), se ve claramente la diferencia importante que hay entre las probetas cúbicas con las probetas prismáticas. Y todo, directamente relacionado, con el tipo de corte que han sufrido las piezas. Ya que el Lauan absorbe muy lentamente por la cara que más absorbe, pero si encima esa cara la reduces a la mitad, pues se producen las curvas representadas anteriormente. Por eso, ha sido tan importante continuar estudiando las piezas prismáticas, ya que nos sirven para ver cómo se comporta el Lauan con distintas dimensiones. Las probetas cúbicas adsorben humedad muy rápidamente, al contrario que las probetas prismáticas.

En la segunda gráfica (gráfica 3.10), observamos que con respecto al incremento de peso, contando con la superficie aparente de cada una, la raíz de t , se mantiene dentro de los parámetros. Y todas las probetas, mantienen un patrón. Estos datos son muy importantes para la obtención del modelo cinético.

VII. Comparativa de 5 probetas de Pino Silvestre



Gráfica 3.11: Comparativa entre cinco probetas de Pino Silvestre (PS-1-1E; PS-1-7D; PS-1-19A; PS-1-6A; PS-1-11A). Relacionando el incremento de Peso con el tiempo.



Gráfica 3.12: Comparativa entre cinco probetas de Pino Silvestre (PS-1-1E; PS-1-7D; PS-1-19A; PS-1-6A; PS-1-11A). Relacionando el incremento de Peso/Superficie Aparente con la raíz del tiempo..

En ambas gráficas (gráfica 3.11 y 3.12) se puede observar la correlación que existe entre todas las probetas. Vamos viendo como los datos obtenidos, siguen un patrón a pesar de que cada probeta es distinta, ya que no son la misma. Esta comparativa sirve, para ver que los ensayos de probetas de pino mantienen una coherencia y salen todos muy parecidos.

3.1.2 Segundo estudio: Adsorción de humedad en 21 días

En primer lugar, siguiendo la metodología final explicada con anterioridad, y habiendo recogido los datos en el programa informático (Excel), pasamos a la interpretación de la tabla, de las gráficas y con la finalidad, de llegar a unas conclusiones. A continuación, la tabla donde se recoge la evolución de cada una de las probetas estudiadas a largo plazo (22 días).

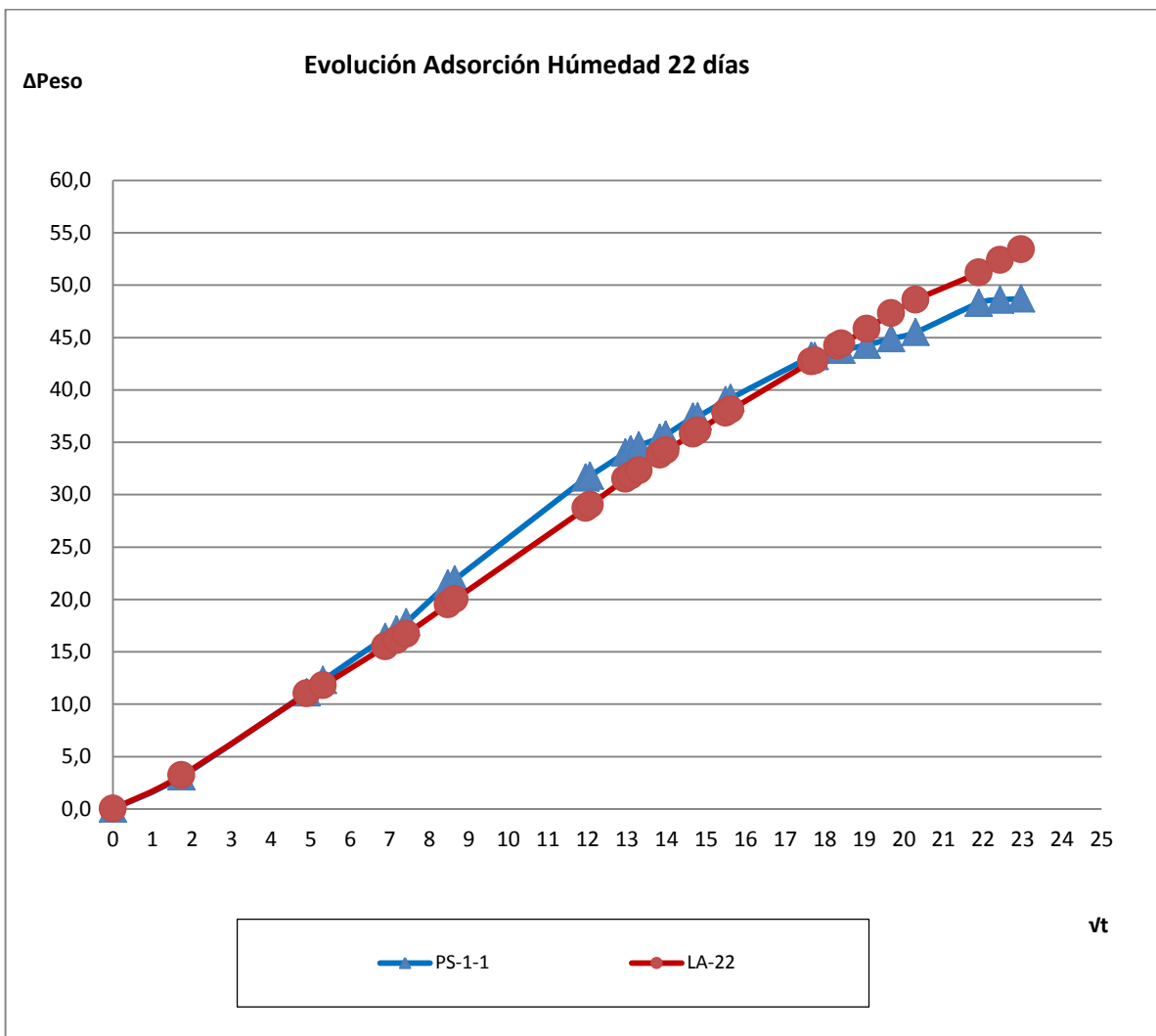
EVOLUCIÓN PROBETAS A 22 DÍAS - Tª = 20° C (CTE.) - H = 98%									
Fecha	Hora	ΔHora	√t	PS-1-1 - Pi = 268,8 - Hi = 11,83%			LA-22 - Pi = 354,4 - Hi = 11,80%		
				Peso	ΔP	ΔH	Peso	ΔP	ΔH
8-7-2014	10:15	0,00	0,0	237,0	0,0	0,0%	323,9	0,0	0,0%
	13:15	3,00	1,7	240,1	3,1	1,3%	327,1	3,2	1,0%
9-7-2014	10:15	24,00	4,9	248,1	11,1	4,7%	334,9	11,0	3,4%
	14:30	28,25	5,3	249,3	12,3	5,2%	335,7	11,8	3,6%
10-7-2014	9:45	47,50	6,9	253,4	16,4	6,9%	339,4	15,5	4,8%
	13:45	51,50	7,2	254,1	17,1	7,2%	340,0	16,1	5,0%
	17:15	55,00	7,4	254,8	17,8	7,5%	340,6	16,7	5,2%
11-7-2014	10:00	71,75	8,5	258,5	21,5	9,1%	343,4	19,5	6,0%
	13:00	74,75	8,6	258,9	21,9	9,2%	343,9	20,0	6,2%
14-7-2014	9:15	143,00	12,0	268,6	31,6	13,3%	352,6	28,7	8,9%
	11:45	145,50	12,1	268,8	31,8	13,4%	352,9	29,0	9,0%
15-7-2014	10:15	168,00	13,0	271,0	34,0	14,3%	355,4	31,5	9,7%
	13:45	171,50	13,1	271,3	34,3	14,5%	355,7	31,8	9,8%
	19:15	177,00	13,3	271,7	34,7	14,6%	356,2	32,3	10,0%
16-7-2014	9:30	191,25	13,8	272,4	35,4	14,9%	357,7	33,8	10,4%
	13:45	195,50	14,0	272,7	35,7	15,1%	358,1	34,2	10,6%
17-7-2014	9:30	215,25	14,7	274,4	37,4	15,8%	359,7	35,8	11,1%
	13:00	218,75	14,8	274,5	37,5	15,8%	360,0	36,1	11,1%
18-7-2014	10:15	240,00	15,5	276,0	39,0	16,5%	361,7	37,8	11,7%
	14:15	244,00	15,6	276,2	39,2	16,5%	362,0	38,1	11,8%
21-7-2014	10:15	312,00	17,7	280,2	43,2	18,2%	366,6	42,7	13,2%
	13:15	315,00	17,7	280,2	43,2	18,2%	366,7	42,8	13,2%
22-7-2014	9:45	335,50	18,3	280,8	43,8	18,5%	368,1	44,2	13,6%
	13:45	339,50	18,4	280,8	43,8	18,5%	368,3	44,4	13,7%
23-7-2014	13:45	363,50	19,1	281,3	44,3	18,7%	369,7	45,8	14,1%
24-7-2014	13:45	387,50	19,7	281,9	44,9	18,9%	371,2	47,3	14,6%
25-7-2014	14:15	412,00	20,3	282,5	45,5	19,2%	372,5	48,6	15,0%
28-7-2014	13:45	479,50	21,9	285,3	48,3	20,4%	375,1	51,2	15,8%
29-7-2014	13:45	503,50	22,4	285,6	48,6	20,5%	376,3	52,4	16,2%
30-7-2014	13:45	527,50	23,0	285,7	48,7	20,5%	377,3	53,4	16,5%

Tabla 3.8: Tabla de recogida de datos del segundo ensayo programado dónde se observa cómo van adquiriendo humedad con respecto al tiempo. Las probetas son una de Pino Silvestre PS-1-1 y una probeta de Lauan LA-22, la evolución se realiza durante 22 días, introduciendo las probetas en una cámara a temperatura constante (20° C) y una humedad del 99% aproximadamente..

LEYENDA TABLA:

- Δ Hora, Incremento del tiempo, en horas partiendo desde una hora inicial igual a 0.
- \sqrt{t} , Raíz del tiempo, expresado en horas.
- Δ H, Incremento de la humedad en porcentaje.

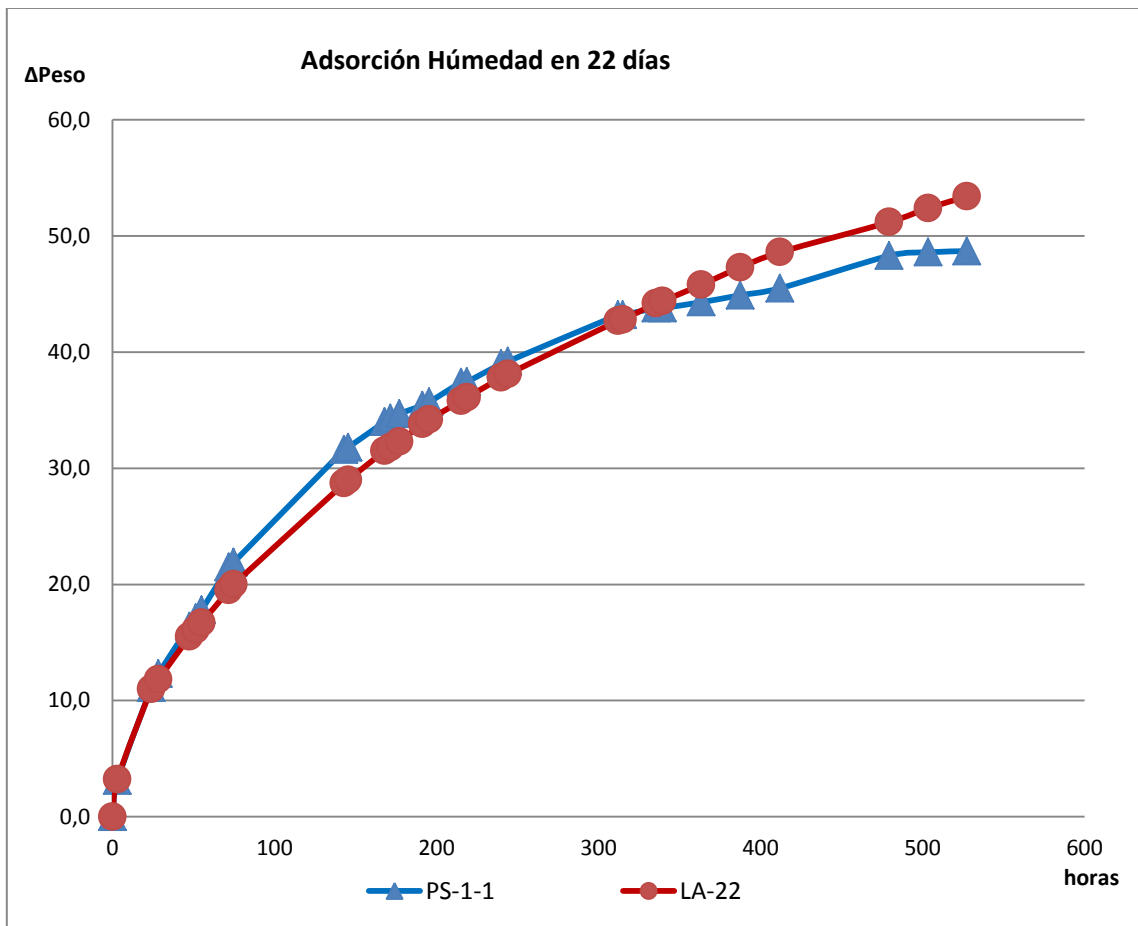
Como se puede observar en las tablas ambas probetas aumentan poco a poco de peso, de forma continuada van adsorbiendo humedad, hasta llegar a adsorber el Pino Silvestre un 20,5% de humedad y el Lauan un 16,5%. En las gráficas, se verá más claramente la evolución de ambas, ya que no es igual.



Gráfica 3.13: Adsorción de humedad por una probeta de Pino Silvestre (PS-1-1) y otra probeta de Lauan (LA-22) en un periodo de 22 días.

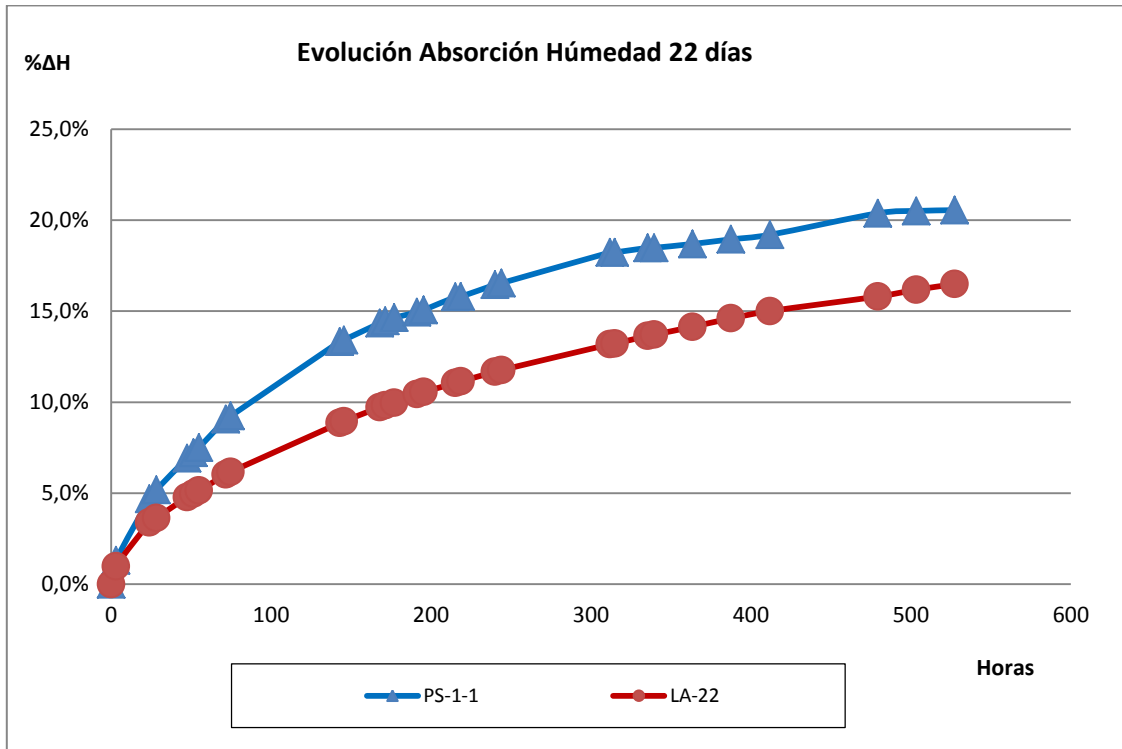
En la gráfica 3.13 observamos como el inicio de ambas probetas es paralelo hasta llegar a un punto en el cual, PS-1-1 empieza a absorber con mayor velocidad con respecto a la raíz de t , que la probeta de Lauan. Pero posteriormente, se aprecia como el Lauan sigue un ritmo constante y el Pino silvestre empieza a estancarse.

La probeta de pino silvestre aumenta a mayor velocidad aunque también frena su evolución mucho antes que el Lauan, para ello intervienen las propiedades de cada una de las maderas. Como el Lauan es más denso y superficialmente sin imperfecciones, le cuesta mucho más absorber humedad que el Pino silvestre. Éste tiene características diferentes, ya que es una madera menos densa y con una superficie porosa y con imperfecciones, de ahí que en los primeros días el Pino silvestre aumente a gran velocidad, al contrario que el Lauan. En la gráfica posterior se puede observar el incremento de peso con respecto a las horas, y se aprecia lo mismo que acabo de explicar.



Gráfica 3.14: Adsorción de humedad por una probeta de Pino Silvestre (PS-1-1) y otra probeta de Lauan (LA-22) en un periodo de 22 días. Incremento de Peso con respecto las horas transcurridas..

En la siguiente gráfica (gráfica 3.15), podemos observar la diferencia de adsorción que tienen ambas probetas. La probeta PS-1-1, adsorbe más humedad que la probeta LA-22, en un mismo periodo de tiempo. Todo ello debido a su capacidad de adsorción, como hemos ido explicando con anterioridad.



Gráfica 3.15 Adsorción de humedad por una probeta de Pino Silvestre (PS-1-1) y otra probeta de Lauan (LA-22) en un periodo de 22 días. Incremento de humedad con respecto a las horas transcurridas.

3.2 MODELIZACIÓN Y AJUSTE DE DATOS EXPERIMENTALES

A partir de unos datos experimentales iniciales, se propone un modelo cinético en función de variables inicialmente conocidas en la madera. Obtendremos dos modelos cinéticos, los cuales probaremos y escogeremos el que más se ajusta a nuestros ensayos.

Ecuación 3.1 y 3.2:

$$V_{\text{ADSORCIÓN}} = \frac{dM_{H_2O}}{dt} = K \cdot \Delta\text{masa} \cdot \sqrt{t}$$

$$\Delta\text{masa} = M_{\text{saturada}} - M_{\text{instante}}$$

Dónde: M_i = Masa en un instante dado
 M_o = Masa seca
 M_s = Masa saturada

➤ PRIMER MODELO CINETICO:

Ecuación 3.3:

$$\frac{dM}{dt} = K \cdot (M_s - M_i) \cdot \sqrt{t} \rightarrow \int \frac{dM}{(M_s - M_i)} = \int K \cdot \sqrt{t} dt$$

$$\text{Cambio de variables:} \begin{cases} z = M_s - M_i \\ dz = -dM \end{cases}$$

$$-\int_{z_o}^z \frac{dz}{z} = \int_{t=0}^t K \cdot \sqrt{t} dt \rightarrow \int_{z_o}^z \frac{dz}{z} = -\int_{t=0}^t K \cdot \sqrt{t} dt$$

$$\rightarrow \text{Ln} \frac{z}{z_o} = -\frac{3}{2} \cdot K \cdot t^{3/2} \rightarrow \text{dónde: } -\frac{3}{2} \cdot K = K'$$

$$\text{Ln} \frac{M_s - M_i}{M_s - M_o} = -K' \cdot t^{3/2} \rightarrow \text{Ln} \frac{M_s - M_i}{M_s - M_o} = e^{-K' \cdot t^{3/2}} \rightarrow$$

$$\rightarrow M_s - M_i = (M_s - M_o) \cdot e^{-K' \cdot t^{3/2}},$$

Dónde K y K' son constantes del tipo de madera.

Quedando el siguiente modelo cinético:

Ecuación 3.4:

$$M_i = M_s - (M_s - M_o) \cdot e^{-K' \cdot t^{3/2}}$$

➤ SEGUNDO MODELO CINÉTICO:

Ley de Fick: Variación de masa con respecto al tiempo, es directamente proporcional a la diferencia de masa saturada con respecto a la masa en un instante determinado dividido por la raíz del tiempo [29][30].

Ecuación 3.5:

$$\frac{dM}{dt} = K \cdot (M_s - M_i) \cdot \frac{1}{\sqrt{t}} \rightarrow \frac{dM}{(M_s - M_i)} = \frac{K}{\sqrt{t}} dt$$

$$\rightarrow \ln \frac{M_s - M_i}{M_s - M_o} = \int K \cdot t^{-1/2} dt \rightarrow \frac{M_s - M_i}{M_s - M_o} = e^{-K' \cdot t^{1/2}}$$

$$M_i = M_s - (M_s - M_o) \cdot e^{-K' \cdot t^{1/2}}$$

Por tanto, hemos obtenido dos modelos cinéticos, de los cuales se ha procedido a elegir el que mejor se ajusta a las representaciones de los distintos ensayos. Ambos modelos son:

$$M_i = M_s - (M_s - M_o) \cdot e^{-K' \cdot t^{3/2}}$$

$$M_i = M_s - (M_s - M_o) \cdot e^{-K' \cdot t^{1/2}}$$

Una vez hemos obtenido ambos modelos cinéticos, con algunas pruebas se ha llegado a la conclusión de que el modelo que más se ajusta a nuestros ensayos es:

Ecuación 3.6:

$$M_i = M_s - (M_s - M_o) \cdot e^{-K' \cdot t^{1/2}}$$

En este modelo cinético aparecen varias incógnitas: M_i (Masa en un instante dado), M_s (Masa saturada), M_o (Masa seca), t (tiempo) y K (Constante característica que depende del tipo de madera). Siguiendo la siguiente imagen, se ha procedido a realizar un cálculo con un programa informático (*solver, Microsoft Word*), con el fin de hallar el valor de K de cada tipo de madera.

EJEMPLO DE CALCULO PARA AJUSTAR MODELO CINÉTICO Y AVERIGUAR EL VALOR DE "K"

PS-1-6C			
t	P	Mi	De
0	242,60	242,60	0,00000
45	242,70	242,73	0,00086
178	242,80	242,86	0,00322
332	242,90	242,95	0,00252
567	243,00	243,06	0,00327
840	243,10	243,16	0,00313
1155	243,20	243,25	0,00262
1501	243,30	243,34	0,00174
1868	243,40	243,43	0,00071
2295	243,50	243,52	0,00024
2675	243,60	243,59	0,00016
3129	243,70	243,67	0,00108
3655	243,80	243,75	0,00227
4134	243,90	243,82	0,00569
Error cuadrático medio			0,02750

Mo=	242,60	gramos
Ms=	290,6	gramos
K=	4,02E-04	s ^(-1/2)

Ecuación 3.7:

$$M_i(\text{gr.}) = M_s - (M_s - M_o) \cdot e^{-K' \cdot t^{1/2}}$$

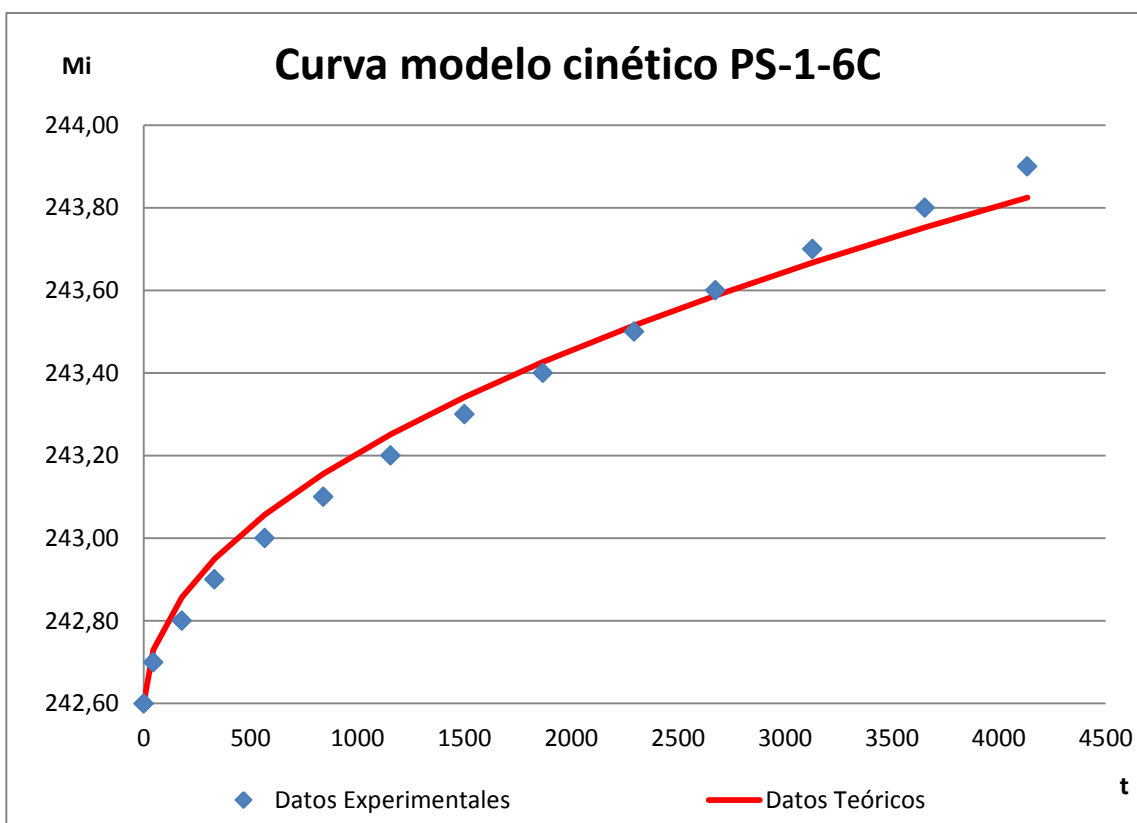
Ecuación 3.8:

$$D_e = (M_i - M_o)^2 = (242,73 - 242,70)^2 = 0,00086 \text{ gr.}$$

LEYENDA TABLA		Uds.
Mo=	Masa seca	gramos
Mi=	Masa instante determinado	gramos
Ms=	Masa saturada	gramos
t=	tiempo	segundos
K=	Cte tipo de madera	segundos ⁽⁻¹⁾
De =	Desviación estándar	gramos

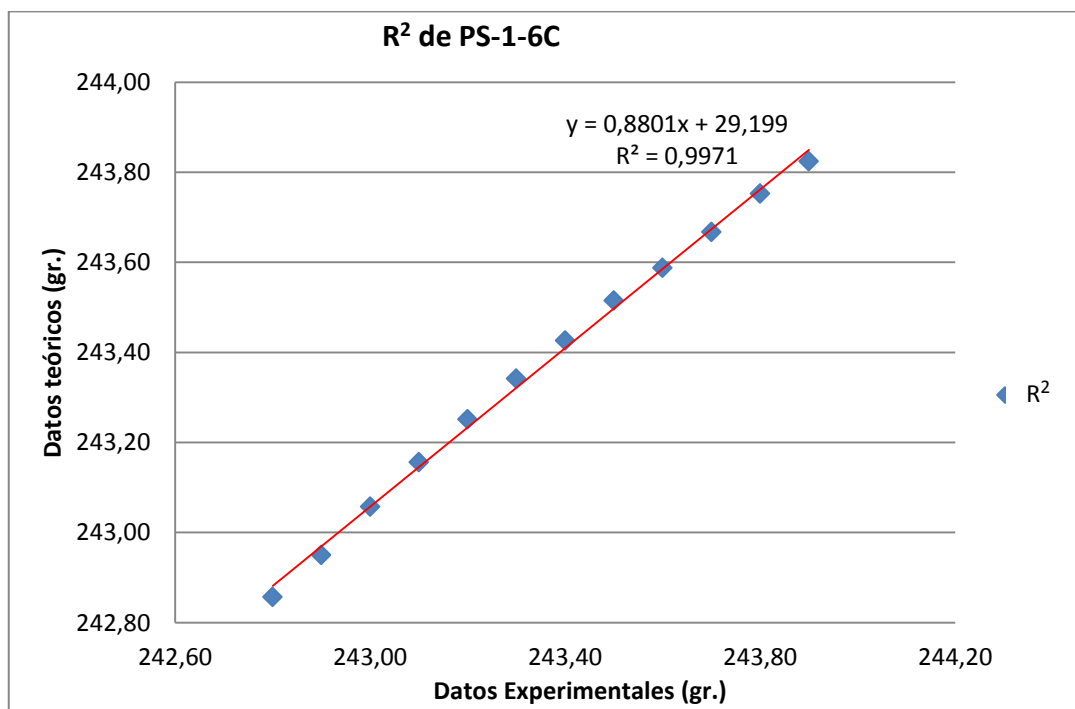
Tabla 3.9: Tablas, datos y modelo cinético que se ajustan a nuestros ensayos. Ejemplo Pino Silvestre (PS-1-6C).

Con los cálculos realizados con anterioridad, donde conocemos M_o , M_s , t , averiguamos el valor de K para ese ensayo, a continuación se realiza una representación gráfica, por un lado los datos experimentales, y por otro, los datos de experimentación, donde podemos observar que ambas curvas se ajustan bastante.



Gráfica 3.16: Representación del incremento de peso frente al tiempo, de los datos experimentales y los datos teóricos.

A continuación realizamos una representación gráfica, donde se observa R^2 y la línea de tendencia, con el propósito de verificar que la K obtenida es la que más se ajusta, y que, por tanto, el modelo cinético es también el que más se ajusta a nuestros ensayos.



Gráfica 3.17: Representación gráfica datos experimentales frente a datos teóricos, dando lugar a unos puntos que se ajustan a una línea de tendencia y un R^2 .

Finalmente, realizamos los mismos cálculos y representaciones realizadas con anterioridad, con cada uno de los ensayos que he realizado durante el estudio, dando lugar a los siguientes datos de K, y con un ejemplo de cálculo:

Tipo	K	Error K ²		Tipo	K	Error K ²	
LA-1C	3,32E-04	2,36E-10		PS-1-1E	3,55E-04	8,56E-10	
LA-5C	3,59E-04	1,35E-10		PS-1-5C	3,84E-04	6,25E-14	
LA-6C	3,49E-04	2,64E-12		PS-1-6C	4,02E-04	3,15E-10	
LA-7C	3,41E-04	4,06E-11		PS-1-7C	3,86E-04	3,06E-12	
LA-13C	3,54E-04	4,39E-11		PS-1-11C	3,80E-04	1,81E-11	
LA-22C	3,59E-04	1,35E-10		PS-1-19C	3,97E-04	1,63E-10	
LA-30C	3,61E-04	1,86E-10		PS-1-25C	3,77E-04	5,26E-11	
LA-37C	3,24E-04	5,46E-10		PS-1-26C	3,93E-04	7,66E-11	
Promedio K (LA) =	3,47E-04	1,38E-05	Error promedio K	Promedio K (PS) =	3,84E-04	1,46E-05	Error promedio K
K (LA) =	(3,5 +/- 0,1) · 10 ⁻⁴		segundos ^{-1/2}	K (PS) =	(3,8 +/- 0,2) · 10 ⁻⁴		segundos ^{-1/2}

Tabla 3.10: Cálculo de K y error de K de todas las probetas.

Ecuación 3.9:

$$Error K_{(PS-1-1E)} = (K - Promedio K)^2 = (3,55 \cdot 10^{-4} - 3,84 \cdot 10^{-4})^2 = 8,56 \cdot 10^{-10}$$

Ecuación 3.10:

$$\sigma_{total} = \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{X})^2}{N - 1}} = \sqrt{\frac{\sum (Error K)^2}{8 - 1}} = \sqrt{\frac{1,48 \cdot 10^{-9}}{8 - 1}} = 1,46 \cdot 10^{-4}$$

Las K obtenidas anteriormente tienen una confianza del 95%. Y esta K es un coeficiente de difusión de vapor de agua a Temperatura constante, dependiendo fundamentalmente del tipo de madera. Estas son las K obtenidas para cada tipo de madera:

$$K_{(Lauan)} = (3,5 \pm 0,1) \cdot 10^{-4} \text{segundos}^{-1/2}$$

$$K_{(Pino Silvestre)} = (3,8 \pm 0,2) \cdot 10^{-4} \text{segundos}^{-1/2}$$

CONCLUSIONES

De este estudio de investigación se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- *El primer estudio se ha realizado para evaluar la diferencia de adsorción de humedad que tienen ambos tipos de maderas. Por un lado, están las probetas de Pino silvestre, que tienen una mayor velocidad de adsorción de humedad, que las probetas de Lauan, teniendo en cuenta los mismos incrementos de peso. Todo ello es debido, a la diferencia de densidad entre ambas y la rugosidad de la superficie porosa. Por un lado tenemos el Pino Silvestre que tiene mucha rugosidad en las superficies y es poco denso, por tanto, ayuda a la adsorción de humedad. Y por otro, está el Lauan que tiene las superficies muy lisas, lo que dificulta a la hora de adsorber humedad.*
- *En el segundo estudio, podemos decir que a largo plazo, el Pino silvestre también adsorbe a mayor velocidad, porque tiene unas características superficiales que facilitan la adsorción de humedad, llegamos a la conclusión de que al ser más poroso por la cara que más adsorbe y ser menos denso, tiene muy buena adsorción.*
- *El modelo cinético que se ha obtenido, tiene como finalidad el poder realizar cálculos de adsorción de humedad sin necesidad de actuar directamente sobre las probetas, realizando ensayos, y por tanto con posibilidad de modificar las propiedades de éstas. Con este modelo, se garantiza en la medida de lo posible, no actuar sobre la probeta, lo que significaría un gran avance en este sector.*

De este trabajo de investigación se pueden extraer las siguientes recomendaciones:

- *Se recomienda, en líneas futuras de investigación, completar este estudio con otros tipos de madera, e intentar certificar que es un método de ensayo tan válido como cualquier otro no destructivo.*
- *Un estudio posterior al presente trabajo debería mejorar la instrumentación, incluyendo en la metodología otros aparatos que certifiquen una humedad del 100% durante todo el proceso de ensayo.*
- *Si incluimos este modelo en futuras investigaciones y estudios sobre la madera, podremos realizar cálculos in situ sin necesidad de realizar los respectivos ensayos de las probetas, dando lugar a un mejor estudio, ya que no implicaríamos el uso directo de la probeta para su investigación.*

AGRADECIMIENTOS

Me gustaría agradecer a Javier Benlloch la oportunidad que me ha brindado al realizar este estudio, que a la postre ha sido muy interesante. Este trabajo no ha sido posible sin la ayuda y consejos, tanto de Juan Soto, como la inestimable ayuda de Jose Manuel Gandía, ya que se han pasado muchas horas en el laboratorio, ayudándome en lo que era necesario. Sin vuestra ayuda seguramente no habría sido posible.

Con este proyecto termina una etapa en mi vida, quiero darle las gracias también a la aportación de Agustín Díaz, pero sobre todo a mi novia, que sin su apoyo esto no se hubiera conseguido. Quiero dedicárselo a mis padres y a mi hermano.

BIBLIOGRAFÍA

1. LIBROS

[6] Peraza Sánchez, J.; Menéndez Pidal de Navascués, I.; Velasco Rivas, J.M.; Sanz Pérez, E.; Peraza Sánchez, F.; Núñez, D.; Cortizo Cambra, J.; Mancebo Piqueras, J.A. **Guía de la madera (II). Construcción y estructuras.** Madrid: AITIM D.L. 2014.

[7] Arriaga, F; Peraza, F; Esteban, M; Bobadilla, I; García, F. (2002). **Intervención en estructuras de madera.** AITIM.

[8] Remacha, A. (2004). **Tecnología del secado de la madera aserrada.** Publicaciones de la E.U.I.T. Forestal.

[10] Vignote, S; Martínez, I. (2006). **Tecnología de la madera.** Mundi-Prensa.

[16] Acuña Rello, L. (2012). **La madera como material. Conceptos básicos. Técnicas de diagnóstico no destructivo en estructuras de madera.**

[27] Arriaga, F; **Estructuras de madera: Análisis de normativa, materiales y tipologías.** Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y Corcho Madrid: AITIM 1986.

[28] Arriaga, F; Íñiguez, G; Esteban, M; Bobadilla, I. (2009). **Proposal of a Methodology for the Assessment of existing Timber Structures in Spain.** Proceedings of the 16 th International Symposium on Nondestructive Testing and Evaluation of Wood. In: Beijing, China, October 12-14, 2009. 145-151.

Remacha, A; Otero, L. (1999). **Especies maderables del mundo.** Publicaciones de la E.U.I.T. Forestal.

2. ARTÍCULOS

[1] Gómez Ihmaidan, E.; Ramírez Monardez, M. (2006). **Análisis y estudio del contenido de humedad final de la madera.**

[5] Encinas, O.; Briceño, I. (2010). **Efecto del contenido de humedad en la madera.**

[12] Carballo-Collar, J.; Hermoso-Prieto, E.; Díez-Barra, R. (2009). **Ensayos no destructivos sobre madera estructural. Una revisión de 30 años en España.**

[13] Calderón Arias, L.; Bobadilla, I. (2012). **Estudio sobre la influencia del contenido de humedad de la madera en ensayos no destructivos para Pinus nigra Arn, Pinus radiata D.Don. y Pinus sylvestris L.** Universidad Politecnica de Madrid. E.U.I.T. Forestal.

- [14] Basterra, L.A; Acuña, L; Casado, M; Ramón-Cueto, G; López, G. (2009). **Diagnóstico y análisis de estructuras de madera mediante técnicas no destructivas: aplicación a la Plaza Mayor de Chinchón (Madrid).**
- [15] Palaia, L. (2014). **Empleo del Penetrómetro para madera para el diagnóstico de la madera en servicio en edificios antiguos.**
- [17] Basterra, A.; Casado, M.; Acuña, L.; Pinazo, O. (2006) **Techniques of pseudo-Non Destructive Testing on structural Wood, by extraction of screws.** ReCoPaR, nº 2, june 2006. p 37-59.
- [18] Casado, M.; Acuña, L.; Vecilla, D.; Basterra, A.; Pando V., Relea, E. (2007). **Determinación de la capacidad resistente de madera estructural de pinus sylvestris mediante PLG.**
- [19] Rodríguez Liñán, C.; Rubio de Hita, P. (1995). **Evaluación del estado de la madera en obras de rehabilitación mediante técnicas de ultrasonidos y obtención de parámetros resistentes.**
- [20] Rodríguez Abad, I.; Martínez Sala, R.; Capuz Lladró, R.; Díez Barra, R.; García García, F. (2011). **Estudio de la variación del contenido de humedad en el Pinus pinaster Ait por medio de la técnica no destructiva del Georradar.**
- [21] Rodríguez Abad, I.; García García, F.; Capuz Lladró, R. (2009). **Evaluación de la técnica no destructiva del Georradar para la inspección, diagnóstico y análisis resistente de la madera.**

3. NORMATIVA

- [22] **UNE - EN 13183 – 1:2004.** Contenido de humedad de una pieza de madera aserrada. Parte 1: Determinación por el método de secado en estufa.
- [23] **UNE - EN 1382:2004.** Estructuras de madera. Métodos de ensayo. Resistencia al arranque de los elementos de fijación de la madera.
- [24] **UNE - EN 13183 – 2:2004.** Contenido de humedad de una pieza de madera aserrada. Parte 2: Estimación por el método de la resistencia eléctrica.
- [25] **UNE - EN 13183 – 3:2006.** Contenido de humedad de una pieza de madera aserrada. Parte 3: Estimación por el método capacitivo.
- [26] **UNE - EN 336:2003.** Madera estructural. Coníferas y chopo. Dimensiones y tolerancias.

4. PÁGINAS WEB CONSULTADAS

[2] <http://www.amedidacarpinteria.com/> (2014)

[3] http://www.baike.com/wiki/%E6%9F%B3%E5%AE%89%E6%9C%A8_Biblioteca_interactiva_Lauan

[4] <http://www.aitim.es/> (2013)

[9] <http://www.infomadera.net/> (2011)

[11] <http://www.gunt.de/> (2012)

[29] <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/transporte/difusion/difusion.htm>

[30] <http://www.ugr.es/~ajerez/proyecto/t3-7.htm>

<http://www.upm.es/institucional> (2012)

<http://korean.alibaba.com/product-free/red-lauan-wood-logs-120772941.html> (2014)

<http://es.wikipedia.org> (2011)

<http://www.sylvatest.com/> (2011)

<http://www.scirus.com/> (2011)


NOTA: Todas las fotografías, gráficas y tablas que aparecen en el texto sin referenciar, son aportadas por el autor del trabajo.

ANEXO I. TABLA DE ENSAYOS

Fecha: 04/06/2014

Experiencia PS-1-1D

PS-1-1D	A	B	C	Sup	Masa	Sup= S/M
	8,40	7,40	8,40	389,76	237,70	1,64

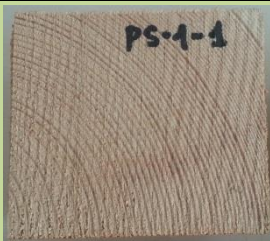


Nº	t	HR	Tº int	\sqrt{t}	$t^{1,5}$	P	ΔP	$\ln \Delta P$	$\Delta P / \text{SupA}^*$
1	0	76,0	26,5	0,000	0,000	237,70	0,00		0
2	11	74,0	26,5	3,317	6,040	237,80	0,06	-2,80	0,00015
3	49	72,2	26,5	7,000	18,520	237,90	0,12	-2,10	0,00031
4	110	70,0	26,5	10,488	33,966	238,00	0,18	-1,70	0,00046
5	153	69,8	26,5	12,369	43,503	238,10	0,24	-1,41	0,00062
6	249	69,5	26,6	15,780	62,683	238,20	0,30	-1,19	0,00078
7	406	69,1	26,6	20,149	90,447	238,30	0,37	-1,01	0,00093
8	513	68,9	26,7	22,650	107,792	238,40	0,43	-0,85	0,00109
9	774	68,6	26,7	27,821	146,742	238,50	0,49	-0,72	0,00125
10	1172	68,8	26,7	34,234	200,307	238,60	0,55	-0,60	0,00140
11	1535	69,2	26,8	39,179	245,234	238,70	0,61	-0,49	0,00156
12	2200	69,6	27,1	46,904	321,231	238,80	0,67	-0,40	0,00172
13	2651	70,2	27,2	51,488	369,451	238,90	0,73	-0,31	0,00187
14	3145	70,8	27,3	56,080	419,967	239,00	0,79	-0,23	0,00203

Fecha: 18/06/2014

Experiencia PS-1-1E

PS-1-1E	A	B	C	Sup	Masa	Sup= S/M
	8,40	7,40	8,40	389,76	237,60	1,64




Nº	t	HR	Tº int	\sqrt{t}	$t^{1,5}$	P	ΔP	$\ln \Delta P$	$\Delta P / \text{SupA}^*$
1	0	83,0	26,0	0,000	0,000	237,60	0,00		0
2	206	73,7	26,0	14,353	54,375	237,70	0,06	-2,80	0,00015
3	410	70,8	26,0	20,248	91,115	237,80	0,12	-2,10	0,00031
4	651	70,1	26,0	25,515	128,880	237,90	0,18	-1,70	0,00046
5	1013	70,5	26,0	31,828	179,559	238,00	0,24	-1,41	0,00062
6	1376	71,3	26,0	37,094	225,925	238,10	0,30	-1,19	0,00078
7	1734	72,4	26,0	41,641	268,712	238,20	0,37	-1,01	0,00093
8	2171	74,0	26,0	46,594	318,050	238,30	0,43	-0,85	0,00109
9	2584	74,5	26,0	50,833	362,426	238,40	0,49	-0,72	0,00125
10	3068	75,3	26,0	55,390	412,232	238,50	0,55	-0,60	0,00140
11	3595	76,2	26,0	59,958	464,274	238,60	0,61	-0,49	0,00156
12	4065	77,1	26,0	63,757	509,091	238,70	0,67	-0,40	0,00172
13	4470	77,7	26,0	66,858	546,677	238,80	0,73	-0,31	0,00187
14	4882	78	26,0	69,871	584,048	238,90	0,79	-0,23	0,00203

Fecha: 01/07/2014

Experiencia PS-1-1F

PS-1-1F	A	B	C	Sup	Masa	Sup= S/M
	8,40	7,40	8,40	389,76	237,30	1,64

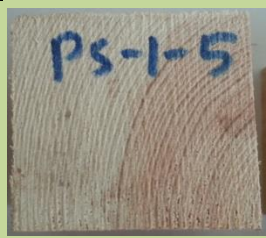


Nº	t	HR	Tº int	√t	t ^{1,5}	P	ΔP	lnΔP	ΔP/SupA*
1	0	83,0	27,5	0,000	0,000	237,30	0,00		0,00000
2	165	72,1	27,6	12,845	46,038	237,40	0,06	-2,80	0,00016
3	335	69,9	27,7	18,303	78,304	237,50	0,12	-2,11	0,00031
4	574	68,6	27,7	23,958	117,269	237,60	0,18	-1,70	0,00047
5	825	69,4	27,7	28,723	153,936	237,70	0,24	-1,41	0,00062
6	1197	70,3	27,7	34,598	203,503	237,80	0,30	-1,19	0,00078
7	1581	71,2	27,8	39,762	250,726	237,90	0,37	-1,01	0,00094
8	1977	71,8	27,8	44,463	296,487	238,00	0,43	-0,85	0,00109
9	2382	72,5	27,8	48,806	340,962	238,10	0,49	-0,72	0,00125
10	2817	73,2	27,8	53,075	386,670	238,20	0,55	-0,60	0,00141
11	3291	74,2	27,8	57,367	434,506	238,30	0,61	-0,50	0,00156
12	3735	75,1	27,7	61,115	477,769	238,40	0,67	-0,40	0,00172
13	4227	75,8	27,7	65,015	524,233	238,50	0,73	-0,31	0,00187
14	4785	76,5	27,7	69,174	575,323	238,60	0,79	-0,23	0,00203

Fecha: 17/06/2014

Experiencia PS-1-5A

PS-1-5A	A	B	C	Sup	Masa	Sup= S/M
	7,40	8,40	8,50	392,92	236,30	1,66




Nº	t	HR	Tº int	√t	t ^{1,5}	P	ΔP	lnΔP	ΔP/SupA*
1	0	92,0	27,0	0,000	0,000	236,30	0,00		0,00000
2	58	87,2	27,0	7,616	21,017	236,40	0,06	-2,81	0,00015
3	218	82,6	27,2	14,765	56,734	236,50	0,12	-2,12	0,00031
4	365	78,5	27,3	19,105	83,506	236,60	0,18	-1,71	0,00046
5	646	75,8	27,3	25,417	128,137	236,70	0,24	-1,42	0,00061
6	832	74,9	27,4	28,844	154,915	236,80	0,30	-1,20	0,00077
7	1062	74,6	27,4	32,588	186,034	236,90	0,36	-1,02	0,00092
8	1313	74,5	27,5	36,235	218,122	237,00	0,42	-0,87	0,00107
9	1656	74,3	27,6	40,694	259,594	237,10	0,48	-0,73	0,00122
10	2039	74,5	27,5	45,155	303,433	237,20	0,54	-0,61	0,00138
11	2404	75,2	27,4	49,031	343,321	237,30	0,60	-0,51	0,00153
12	2702	76,0	27,3	51,981	374,769	237,40	0,66	-0,41	0,00168
13	3097	76,3	27,2	55,651	415,151	237,50	0,72	-0,33	0,00184
14	3583	76,8	27,2	59,858	463,111	237,60	0,78	-0,25	0,00199

Fecha: 02/07/2014

Experiencia PS-1-5B

PS-1-5B	A	B	C	Sup	Masa	Sup= S/M
	7,40	8,40	8,50	392,92	236,30	1,66

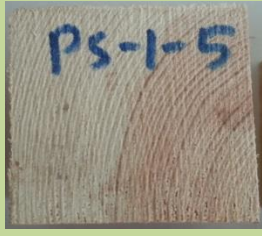


Nº	t	HR	Tº int	√t	t ^{1,5}	P	ΔP	lnΔP	ΔP/SupA*
1	0	87,1	27,6	0,000	0,000	236,30	0,00		0,00000
2	132	80,7	27,8	11,489	38,943	236,40	0,06	-2,81	0,00015
3	267	76,3	27,8	16,340	66,052	236,50	0,12	-2,12	0,00031
4	435	72,8	27,8	20,857	95,250	236,60	0,18	-1,71	0,00046
5	677	72,0	27,8	26,019	132,722	236,70	0,24	-1,42	0,00061
6	924	71,7	27,7	30,397	167,592	236,80	0,30	-1,20	0,00077
7	1219	71,8	27,7	34,914	206,302	236,90	0,36	-1,02	0,00092
8	1582	72,4	27,5	39,774	250,845	237,00	0,42	-0,87	0,00107
9	1902	73,1	27,3	43,612	288,010	237,10	0,48	-0,73	0,00122
10	2241	73,8	27,2	47,339	325,710	237,20	0,54	-0,61	0,00138
11	2637	74,2	27,0	51,352	367,987	237,30	0,60	-0,51	0,00153
12	3137	74,7	26,9	56,009	419,166	237,40	0,66	-0,41	0,00168
13	3606	75,0	26,9	60,050	465,339	237,50	0,72	-0,33	0,00184
14	4102	75,8	26,8	64,047	512,562	237,60	0,78	-0,25	0,00199

Fecha: 15/07/2014

Experiencia PS-1-5C

PS-1-5C	A	B	C	Sup	Masa	Sup= S/M
	7,40	8,40	8,50	392,92	236,30	1,66

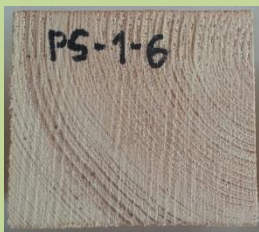


Nº	t	HR	Tº int	√t	t ^{1,5}	P	ΔP	lnΔP	ΔP/SupA*
1	0	91,0	26,5	0,000	0,000	236,30	0,00		0,00000
2	80	83,0	26,6	8,944	26,750	236,40	0,06	-2,81	0,00015
3	218	76,1	26,0	14,765	56,734	236,50	0,12	-2,12	0,00031
4	400	73,0	26,7	20,000	89,443	236,60	0,18	-1,71	0,00046
5	711	70,5	26,7	26,665	137,690	236,70	0,24	-1,42	0,00061
6	1048	70,0	26,8	32,373	184,192	236,80	0,30	-1,20	0,00077
7	1425	70,2	26,8	37,749	231,932	236,90	0,36	-1,02	0,00092
8	1787	70,9	26,8	42,273	274,849	237,00	0,42	-0,87	0,00107
9	2142	71,5	26,8	46,282	314,858	237,10	0,48	-0,73	0,00122
10	2533	72,6	26,8	50,329	357,048	237,20	0,54	-0,61	0,00138
11	2935	73,7	26,8	54,176	398,755	237,30	0,60	-0,51	0,00153
12	3302	74,0	26,8	57,463	435,595	237,40	0,66	-0,41	0,00168
13	3689	74,7	26,8	60,737	473,349	237,50	0,72	-0,33	0,00184
14	4056	75,6	26,8	63,687	508,245	237,60	0,78	-0,25	0,00199

Fecha: 17/06/2014

Experiencia PS-1-6A

PS-1-6A	A	B	C	Sup	Masa	Sup= S/M
	7,50	8,40	8,80	405,84	242,50	1,67




Nº	t	HR	Tº int	√t	t ^{1,5}	P	ΔP	lnΔP	ΔP/SupA*
1	0	83,0	25,4	0,000	0,000	242,50	0,00		0,00000
2	30	81,0	25,4	5,477	12,819	242,60	0,06	-2,82	0,00015
3	199	76,7	25,5	14,107	52,983	242,70	0,12	-2,12	0,00029
4	438	71,6	25,6	20,928	95,743	242,80	0,18	-1,72	0,00044
5	695	69,1	25,7	26,363	135,359	242,90	0,24	-1,43	0,00059
6	937	68,9	25,7	30,610	169,358	243,00	0,30	-1,21	0,00074
7	1266	69,8	25,8	35,581	212,239	243,10	0,36	-1,03	0,00088
8	1623	70,1	25,8	40,286	255,705	243,20	0,42	-0,87	0,00103
9	1988	70,4	25,9	44,587	297,723	243,30	0,48	-0,74	0,00118
10	2423	71,1	25,9	49,224	345,354	243,40	0,54	-0,62	0,00133
11	2772	72,0	26,0	52,650	382,028	243,50	0,60	-0,51	0,00147
12	3174	73,3	26,0	56,338	422,868	243,60	0,66	-0,42	0,00162
13	3561	73,8	26,1	59,674	460,977	243,70	0,72	-0,33	0,00177
14	4063	74,4	26,1	63,742	508,903	243,80	0,78	-0,25	0,00191

Fecha: 03/07/2014

Experiencia PS-1-6B

PS-1-6B	A	B	C	Sup	Masa	Sup= S/M
	7,50	8,40	8,80	405,84	242,60	1,67



Nº	t	HR	Tº int	√t	t ^{1,5}	P	ΔP	lnΔP	ΔP/SupA*
1	0	92,2	27,0	0,000	0,000	242,60	0,00		0,00000
2	45	89,1	27,0	6,708	17,374	242,70	0,06	-2,82	0,00015
3	178	80,2	27,0	13,342	48,732	242,80	0,12	-2,12	0,00029
4	332	75,8	27,0	18,221	77,777	242,90	0,18	-1,72	0,00044
5	567	72,3	26,9	23,812	116,195	243,00	0,24	-1,43	0,00059
6	840	70,8	26,8	28,983	156,030	243,10	0,30	-1,21	0,00074
7	1155	70,6	26,7	33,985	198,124	243,20	0,36	-1,03	0,00088
8	1501	71,0	26,6	38,743	241,149	243,30	0,42	-0,87	0,00103
9	1868	71,7	26,4	43,220	284,140	243,40	0,48	-0,74	0,00118
10	2295	72,1	26,2	47,906	331,579	243,50	0,54	-0,62	0,00133
11	2675	72,4	26,2	51,720	371,957	243,60	0,60	-0,51	0,00147
12	3129	73,1	26,1	55,937	418,364	243,70	0,66	-0,42	0,00162
13	3655	73,5	26,0	60,457	470,073	243,80	0,72	-0,33	0,00177
14	4134	74,5	26,0	64,296	515,558	243,90	0,78	-0,25	0,00191

Fecha: 15/07/2014

PS-1-6

Experiencia PS-1-6C

PS-1-6C	A	B	C	Sup	Masa	Sup= S/M
	7,50	8,40	8,80	405,84	242,30	1,67

Nº	t	HR	Tº int	√t	t ^{1,5}	P	ΔP	lnΔP	ΔP/SupA*
1	0	95,0	27,3	0,000	0,000	242,30	0,00		0,00000
2	138	83,5	27,3	11,747	40,263	242,40	0,06	-2,82	0,00015
3	289	79,2	27,4	17,000	70,093	242,50	0,12	-2,13	0,00029
4	435	75,5	27,5	20,857	95,250	242,60	0,18	-1,72	0,00044
5	639	73,2	27,6	25,278	127,094	242,70	0,24	-1,43	0,00059
6	875	71,8	27,6	29,580	160,881	242,80	0,30	-1,21	0,00074
7	1168	71,0	27,6	34,176	199,794	242,90	0,36	-1,03	0,00088
8	1490	71,4	27,6	38,601	239,822	243,00	0,42	-0,87	0,00103
9	1853	71,8	27,7	43,046	282,427	243,10	0,48	-0,74	0,00118
10	2204	72,4	27,7	46,947	321,669	243,20	0,54	-0,62	0,00132
11	2558	73,0	27,7	50,577	359,688	243,30	0,60	-0,52	0,00147
12	2942	73,7	27,7	54,240	399,468	243,40	0,66	-0,42	0,00162
13	3375	74,9	27,7	58,095	442,798	243,50	0,72	-0,33	0,00177
14	3777	76,2	27,7	61,457	481,793	243,60	0,78	-0,25	0,00191

Fecha: 12/06/2014

PS-1-7

Experiencia PS-1-7C

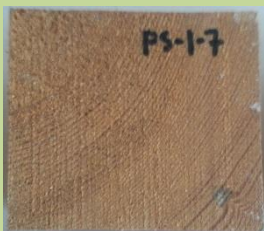
PS-1-7C	A	B	C	Sup	Masa	Sup= S/M
	7,40	8,30	8,30	383,46	244,70	1,57

Nº	t	HR	Tº int	√t	t ^{1,5}	P	ΔP	lnΔP	ΔP/SupA*
1	0	70,0	29,6	0,000	0,000	244,70	0,00		0,00000
2	138	67,8	29,7	11,747	40,263	244,80	0,06	-2,75	0,00017
3	324	67,1	29,7	18,000	76,368	244,90	0,13	-2,06	0,00033
4	536	66,8	29,8	23,152	111,397	245,00	0,19	-1,65	0,00050
5	840	67,1	29,8	28,983	156,030	245,10	0,26	-1,37	0,00067
6	1106	68,3	29,8	33,257	191,786	245,20	0,32	-1,14	0,00083
7	1372	69,3	29,8	37,041	225,432	245,30	0,38	-0,96	0,00100
8	1667	70,5	29,8	40,829	260,887	245,40	0,45	-0,81	0,00116
9	2090	71,7	29,9	45,717	309,108	245,50	0,51	-0,67	0,00133
10	2382	72,7	29,9	48,806	340,962	245,60	0,57	-0,55	0,00150
11	2740	73,4	30,0	52,345	378,715	245,70	0,64	-0,45	0,00166
12	3154	74,4	30,0	56,160	420,868	245,80	0,70	-0,35	0,00183
13	3554	75,2	30,0	59,615	460,297	245,90	0,77	-0,27	0,00200
14	4002	75,8	30	63,261	503,162	246,00	0,83	-0,19	0,00216

Fecha: 15/07/2014

Experiencia PS-1-7D

PS-1-7D	A	B	C	Sup	Masa	Sup= S/M
	7,40	8,30	8,30	383,46	244,60	1,57

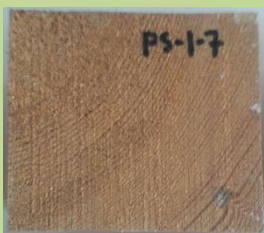


Nº	t	HR	Tº int	√t	t ^{1,5}	P	ΔP	lnΔP	ΔP/SupA*
1	0	84,0	26,5	0,000	0,000	244,60	0,00		0,00000
2	127	81,2	26,6	11,269	37,831	244,70	0,06	-2,75	0,00017
3	301	77,3	26,7	17,349	72,264	244,80	0,13	-2,06	0,00033
4	536	74,5	26,8	23,152	111,397	244,90	0,19	-1,65	0,00050
5	808	72,6	26,8	28,425	151,551	245,00	0,26	-1,37	0,00067
6	1065	72,5	26,9	32,634	186,428	245,10	0,32	-1,14	0,00083
7	1366	72,7	27,0	36,959	224,692	245,20	0,38	-0,96	0,00100
8	1674	73,3	27,0	40,915	261,708	245,30	0,45	-0,81	0,00116
9	2002	73,9	27,0	44,744	299,294	245,40	0,51	-0,67	0,00133
10	2398	74,6	27,1	48,969	342,679	245,50	0,57	-0,55	0,00150
11	2819	75,7	27,2	53,094	386,876	245,60	0,64	-0,45	0,00166
12	3266	73,7	27,3	57,149	432,028	245,70	0,70	-0,35	0,00183
13	3583	74,9	27,3	59,858	463,111	245,80	0,77	-0,27	0,00200
14	4135	76,2	27,3	64,304	515,652	245,90	0,83	-0,19	0,00216

Fecha: 03/07/2014

Experiencia PS-1-7E


PS-1-7E	A	B	C	Sup	Masa	Sup= S/M
	7,40	8,30	8,30	383,46	244,50	1,57



Nº	t	HR	Tº int	√t	t ^{1,5}	P	ΔP	lnΔP	ΔP/SupA*
1	0	92,0	25,7	0,000	0,000	244,50	0,00		0,00000
2	19	90,0	25,7	4,359	9,100	244,60	0,06	-2,75	0,00017
3	213	80,1	25,8	14,595	55,755	244,70	0,13	-2,06	0,00033
4	405	75,3	25,9	20,125	90,280	244,80	0,19	-1,65	0,00050
5	652	73,5	25,9	25,534	129,029	244,90	0,26	-1,37	0,00067
6	941	73,1	26,0	30,676	169,900	245,00	0,32	-1,14	0,00083
7	1296	73,7	26,1	36,000	216,000	245,10	0,38	-0,96	0,00100
8	1666	74,6	26,1	40,817	260,769	245,20	0,45	-0,81	0,00116
9	2049	71,8	26,1	45,266	304,549	245,30	0,51	-0,67	0,00133
10	2511	72,4	26,2	50,110	354,719	245,40	0,57	-0,56	0,00150
11	2903	73,0	26,2	53,879	395,490	245,50	0,64	-0,45	0,00166
12	3309	73,7	26,3	57,524	436,287	245,60	0,70	-0,35	0,00183
13	3715	74,9	26,3	60,951	475,849	245,70	0,77	-0,27	0,00200
14	4112	76,2	26,2	64,125	513,499	245,80	0,83	-0,19	0,00216

Fecha: 17/06/2014

Experiencia PS-1-11A




PS-1-11A	A	B	C	Sup	Masa	Sup=S/M
	7,50	8,40	8,40	393,12	221,80	1,77

Nº	t	HR	Tº int	√t	t ^{1,5}	P	ΔP	lnΔP	ΔP/SupA*
1	0	83,0	26,1	0,000	0,000	221,80	0,00		0,00000
2	60	79,3	26,1	7,746	21,558	221,90	0,06	-2,87	0,00014
3	213	73,8	26,2	14,595	55,755	222,00	0,11	-2,18	0,00029
4	400	70,6	26,3	20,000	89,443	222,10	0,17	-1,78	0,00043
5	624	96,2	26,4	24,980	124,850	222,20	0,23	-1,49	0,00057
6	893	68,4	26,5	29,883	163,357	222,30	0,28	-1,27	0,00072
7	1228	68,7	26,5	35,043	207,443	222,40	0,34	-1,08	0,00086
8	1616	69,7	26,6	40,200	254,877	222,50	0,39	-0,93	0,00100
9	1971	70,1	26,6	44,396	295,811	222,60	0,45	-0,80	0,00115
10	2329	70,8	26,6	48,260	335,256	222,70	0,51	-0,68	0,00129
11	2642	72,0	26,6	51,400	368,510	222,80	0,56	-0,57	0,00144
12	3011	72,5	26,7	54,873	406,474	222,90	0,62	-0,48	0,00158
13	3384	73,3	26,7	58,172	443,683	223,00	0,68	-0,39	0,00172
14	3836	74,0	26,8	61,935	487,426	223,10	0,73	-0,31	0,00187

Fecha: 17/06/2014

Experiencia PS-1-11B




PS-1-11B	A	B	C	Sup	Masa	Sup=S/M
	7,50	8,40	8,40	393,12	221,90	1,77

Nº	t	HR	Tº int	√t	t ^{1,5}	P	ΔP	lnΔP	ΔP/SupA*
1	0	86,0	25,9	0,000	0,000	221,90	0,00		0,00000
2	131	77,7	25,9	11,446	38,722	222,00	0,06	-2,87	0,00014
3	297	73,2	25,9	17,234	71,543	222,10	0,11	-2,18	0,00029
4	550	70,3	26,0	23,452	113,572	222,20	0,17	-1,78	0,00043
5	841	69,3	26,0	29,000	156,170	222,30	0,23	-1,49	0,00057
6	1161	69,7	26,1	34,073	198,895	222,40	0,28	-1,27	0,00072
7	1499	71,2	26,3	38,717	240,908	222,50	0,34	-1,08	0,00086
8	1805	72,3	26,4	42,485	276,922	222,60	0,40	-0,93	0,00101
9	2182	73,4	26,5	46,712	319,257	222,70	0,45	-0,80	0,00115
10	2596	74,5	26,6	50,951	363,688	222,80	0,51	-0,68	0,00129
11	3000	75,1	26,7	54,772	405,360	222,90	0,56	-0,57	0,00144
12	3423	76,4	26,8	58,506	447,513	223,00	0,62	-0,48	0,00158
13	3861	76,9	26,8	62,137	489,807	223,10	0,68	-0,39	0,00172
14	4232	78,1	26,9	65,054	524,698	223,20	0,73	-0,31	0,00187

Fecha: 16/07/2014

Experiencia PS-1-11C

PS-1-11C	A	B	C	Sup	Masa	Sup= S/M
	7,50	8,40	8,40	393,12	221,80	1,77




Nº	t	HR	Tº int	√t	t ^{1,5}	P	ΔP	lnΔP	ΔP/SupA*
1	0	92,1	26,7	0,000	0,000	221,80	0,00		0,00000
2	136	78,1	26,7	11,662	39,825	221,90	0,06	-2,87	0,00014
3	299	73,3	26,7	17,292	71,904	222,00	0,11	-2,18	0,00029
4	527	71,0	26,8	22,956	109,991	222,10	0,17	-1,78	0,00043
5	788	68,9	26,9	28,071	148,729	222,20	0,23	-1,49	0,00057
6	1063	69,1	27,0	32,604	186,166	222,30	0,28	-1,27	0,00072
7	1396	69,6	27,0	37,363	228,383	222,40	0,34	-1,08	0,00086
8	1748	70,5	27,0	41,809	270,337	222,50	0,39	-0,93	0,00100
9	2092	70,9	27,0	45,738	309,329	222,60	0,45	-0,80	0,00115
10	2443	71,3	27,0	49,427	347,490	222,70	0,51	-0,68	0,00129
11	2881	72,1	27,0	53,675	393,240	222,80	0,56	-0,57	0,00144
12	3313	73,2	27,0	57,559	436,683	222,90	0,62	-0,48	0,00158
13	3782	73,8	27,0	61,498	482,271	223,00	0,68	-0,39	0,00172
14	4249	74,8	27,1	65,184	526,278	223,10	0,73	-0,31	0,00187

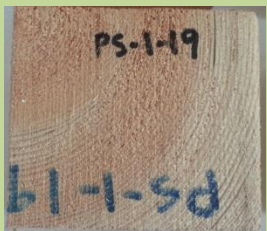
Fecha: 17/06/2014

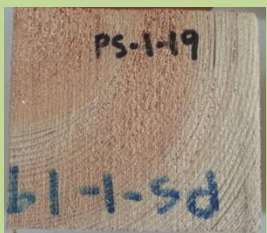
Experiencia PS-1-19A

PS-1-19A	A	B	C	Sup	Masa	Sup= S/M
	7,50	8,30	8,30	386,78	246,60	1,57



Nº	t	HR	Tº int	√t	t ^{1,5}	P	ΔP	lnΔP	ΔP/SupA*
1	0	84,0	27,6	0,000	0,000	246,60	0,00		0,00000
2	70	77,6	27,4	8,367	24,200	246,70	0,06	-2,75	0,00016
3	235	71,6	27,6	15,330	60,021	246,80	0,13	-2,06	0,00033
4	421	70,9	27,7	20,518	92,942	246,90	0,19	-1,65	0,00049
5	673	69,4	27,8	25,942	132,133	247,00	0,26	-1,37	0,00066
6	909	68,5	27,8	30,150	165,548	247,10	0,32	-1,14	0,00082
7	1115	68,4	27,9	33,392	192,955	247,20	0,38	-0,96	0,00099
8	1397	69,2	28,0	37,376	228,506	247,30	0,45	-0,81	0,00115
9	1695	70,3	28,1	41,170	264,166	247,40	0,51	-0,67	0,00132
10	2027	71,2	28,1	45,022	302,093	247,50	0,57	-0,56	0,00148
11	2370	72,4	28,2	48,683	339,673	247,60	0,64	-0,45	0,00165
12	2670	73,2	28,2	51,672	371,436	247,70	0,70	-0,35	0,00181
13	3027	74,0	28,2	55,018	408,093	247,80	0,77	-0,27	0,00198
14	3523	74,7	28,2	59,355	457,282	247,90	0,83	-0,19	0,00214


Fecha: 03/07/2014									
Experiencia PS-1-19B									
PS-1-19B	A	B	C	Sup	Masa	Sup= S/M			
	7,50	8,30	8,30	386,78	246,60	1,57			
Nº	t	HR	Tº int	√t	t ^{1,5}	P	ΔP	lnΔP	ΔP/SupA*
1	0	91,0	25,5	0,000	0,000	246,60	0,00		0,00000
2	112	82,4	25,5	10,583	34,428	246,70	0,06	-2,75	0,00016
3	238	76,1	25,6	15,427	60,594	246,80	0,13	-2,06	0,00033
4	402	71,2	25,6	20,050	89,778	246,90	0,19	-1,65	0,00049
5	615	69,0	25,7	24,799	123,497	247,00	0,26	-1,37	0,00066
6	958	69,1	25,7	30,952	172,196	247,10	0,32	-1,14	0,00082
7	1332	69,5	25,8	36,497	220,485	247,20	0,38	-0,96	0,00099
8	1643	70,3	25,8	40,534	258,064	247,30	0,45	-0,81	0,00115
9	1999	71,0	25,8	44,710	298,958	247,40	0,51	-0,67	0,00132
10	2316	71,5	25,8	48,125	333,852	247,50	0,57	-0,56	0,00148
11	2711	72,4	25,8	52,067	375,705	247,60	0,64	-0,45	0,00165
12	3096	73,6	25,8	55,642	415,050	247,70	0,70	-0,35	0,00181
13	3494	74,3	25,9	59,110	454,456	247,80	0,77	-0,27	0,00198
14	3869	75,2	25,9	62,201	490,568	247,90	0,83	-0,19	0,00214

Fecha: 16/07/2014									
Experiencia PS-1-19C									
PS-1-19C	A	B	C	Sup	Masa	Sup= S/M			
	7,50	8,30	8,30	386,78	246,30	1,57			
Nº	t	HR	Tº int	√t	t ^{1,5}	P	ΔP	lnΔP	ΔP/SupA*
1	0	90,4	26,7	0,000	0,000	246,30	0,00		0,00000
2	99	80,1	26,7	9,950	31,385	246,40	0,06	-2,75	0,00016
3	232	75,2	26,8	15,232	59,445	246,50	0,13	-2,06	0,00033
4	407	72,1	26,9	20,174	90,614	246,60	0,19	-1,66	0,00049
5	623	69,1	27,0	24,960	124,700	246,70	0,25	-1,37	0,00066
6	861	68,7	27,1	29,343	158,947	246,80	0,32	-1,14	0,00082
7	1113	68,5	27,1	33,362	192,695	246,90	0,38	-0,96	0,00099
8	1519	69,3	27,2	38,974	243,315	247,00	0,45	-0,81	0,00115
9	1897	69,8	27,2	43,555	287,442	247,10	0,51	-0,67	0,00132
10	2262	70,3	27,2	47,560	327,997	247,20	0,57	-0,56	0,00148
11	2698	70,8	27,3	51,942	374,353	247,30	0,64	-0,45	0,00165
12	2995	71,4	27,3	54,727	404,853	247,40	0,70	-0,36	0,00181
13	3315	72,0	27,3	57,576	436,880	247,50	0,76	-0,27	0,00198
14	3745	72,6	27,4	61,196	478,728	247,60	0,83	-0,19	0,00214

Fecha: 12/06/2014

Experiencia PS-1-25A

PS-1-25A	A	B	C	Sup	Masa	Sup= S/M
	7,50	8,40	8,40	393,12	255,70	1,54




Nº	t	HR	Tº int	√t	t ^{1,5}	P	ΔP	lnΔP	ΔP/SupA*
1	0	73,0	27,4	0,000	0,000	255,70	0,00		0,00000
2	98	71,1	27,4	9,899	31,147	255,80	0,07	-2,73	0,00017
3	255	68,5	2,6	15,969	63,812	255,90	0,13	-2,04	0,00033
4	440	66,6	27,6	20,976	96,070	256,00	0,20	-1,63	0,00050
5	669	66,1	27,7	25,865	131,544	256,10	0,26	-1,35	0,00066
6	970	66,6	27,7	31,145	173,812	256,20	0,33	-1,12	0,00083
7	1275	67,5	27,7	35,707	213,370	256,30	0,39	-0,94	0,00099
8	1600	68,4	27,7	40,000	252,982	256,40	0,46	-0,79	0,00116
9	2016	69,8	27,8	44,900	300,862	256,50	0,52	-0,65	0,00132
10	2438	70,6	27,8	49,376	346,957	256,60	0,59	-0,54	0,00149
11	2858	71,4	27,8	53,460	390,883	256,70	0,65	-0,43	0,00165
12	3290	72,1	27,9	57,359	434,407	256,80	0,72	-0,33	0,00182
13	3672	72,6	27,9	60,597	471,712	256,90	0,78	-0,25	0,00199
14	4043	73	27,9	63,585	507,023	257,00	0,85	-0,17	0,00215

Fecha: 04/07/2014

Experiencia PS-1-25B

PS-1-25B	A	B	C	Sup	Masa	Sup= S/M
	7,50	8,40	8,40	393,12	255,80	1,54




Nº	t	HR	Tº int	√t	t ^{1,5}	P	ΔP	lnΔP	ΔP/SupA*
1	0	95,0	24,6	0,000	0,000	255,80	0,00		0,00000
2	88	94,2	24,6	9,381	28,732	255,90	0,07	-2,73	0,00017
3	201	85,2	24,6	14,177	53,382	256,00	0,13	-2,04	0,00033
4	351	77,2	24,8	18,735	81,092	256,10	0,20	-1,63	0,00050
5	538	74,7	24,8	23,195	111,709	256,20	0,26	-1,35	0,00066
6	804	73,1	25,0	28,355	150,988	256,30	0,33	-1,12	0,00083
7	1079	72,8	25,0	32,848	188,263	256,40	0,39	-0,94	0,00099
8	1391	73,4	25,0	37,296	227,769	256,50	0,46	-0,79	0,00116
9	1801	74,3	25,1	42,438	276,462	256,60	0,52	-0,65	0,00132
10	2215	75,0	25,2	47,064	322,872	256,70	0,59	-0,54	0,00149
11	2592	75,5	25,3	50,912	363,267	256,80	0,65	-0,43	0,00166
12	2963	76,1	25,3	54,433	401,605	256,90	0,72	-0,33	0,00182
13	3332	76,5	25,4	57,723	438,560	257,00	0,78	-0,25	0,00199
14	3714	77,0	25,5	60,943	475,753	257,10	0,85	-0,17	0,00215

Fecha: 17/07/2014

Experiencia PS-1-25C

PS-1-25C	A	B	C	Sup	Masa	Sup= S/M
	7,50	8,40	8,40	393,12	255,60	1,54




Nº	t	HR	Tº int	√t	t ^{1,5}	P	ΔP	lnΔP	ΔP/SupA*
1	0	92,1	26,1	0,000	0,000	255,60	0,00		0,00000
2	180	79,8	26,2	13,416	49,142	255,70	0,07	-2,73	0,00017
3	359	74,5	26,3	18,947	82,475	255,80	0,13	-2,04	0,00033
4	572	72,2	26,4	23,917	116,963	255,90	0,20	-1,63	0,00050
5	833	70,9	26,5	28,862	155,054	256,00	0,26	-1,35	0,00066
6	1118	69,5	26,5	33,437	193,344	256,10	0,33	-1,12	0,00083
7	1413	69,4	26,5	37,590	230,466	256,20	0,39	-0,94	0,00099
8	1749	69,9	26,5	41,821	270,453	256,30	0,46	-0,79	0,00116
9	2107	70,7	26,6	45,902	310,991	256,40	0,52	-0,65	0,00132
10	2471	71,4	26,6	49,709	350,473	256,50	0,59	-0,54	0,00149
11	2904	72,0	26,6	53,889	395,592	256,60	0,65	-0,43	0,00165
12	3332	72,4	26,6	57,723	438,560	256,70	0,72	-0,34	0,00182
13	3801	73,2	26,6	61,652	484,087	256,80	0,78	-0,25	0,00198
14	4303	74,0	26,6	65,597	531,286	256,90	0,85	-0,17	0,00215

Fecha: 16/06/2014

Experiencia PS-1-26D

PS-1-26D	A	B	C	Sup	Masa	Sup= S/M
	7,40	8,40	8,30	386,60	213,30	1,81




Nº	t	HR	Tº int	√t	t ^{1,5}	P	ΔP	lnΔP	ΔP/SupA*
1	0	73,0	26,9	0,000	0,000	213,30	0,00		0,00000
2	143	69,5	27,0	11,958	41,353	213,40	0,06	-2,90	0,00014
3	342	67,3	27,1	18,493	79,528	213,50	0,11	-2,20	0,00029
4	585	66,6	27,2	24,187	118,951	213,60	0,17	-1,80	0,00043
5	997	67,7	27,3	31,575	177,428	213,70	0,22	-1,51	0,00057
6	1335	68,4	27,3	36,538	220,857	213,80	0,28	-1,29	0,00071
7	1701	69,5	27,3	41,243	264,867	213,90	0,33	-1,11	0,00086
8	2212	70,8	27,3	47,032	322,544	214,00	0,39	-0,95	0,00100
9	2639	72,1	27,3	51,371	368,196	214,10	0,44	-0,82	0,00114
10	3064	73,0	27,4	55,353	411,829	214,20	0,50	-0,70	0,00128
11	3575	74,0	27,3	59,791	462,335	214,30	0,55	-0,59	0,00143
12	4150	74,8	27,4	64,420	517,054	214,40	0,61	-0,50	0,00157
13	4732	76,2	27,5	68,790	570,537	214,50	0,66	-0,41	0,00171
14	5450	76,9	27,5	73,824	634,304	214,60	0,72	-0,33	0,00186

Fecha: 08/07/2014

Experiencia PS-1-26E

PS-1-26E	A	B	C	Sup	Masa	Sup= S/M
	7,40	8,40	8,30	386,60	213,40	1,81




Nº	t	HR	Tº int	√t	t ^{1,5}	P	ΔP	lnΔP	ΔP/SupA*
1	0	89,0	27,6	0,000	0,000	213,40	0,00		0,00000
2	101	85,0	27,6	10,050	31,860	213,50	0,06	-2,90	0,00014
3	288	79,7	27,7	16,971	69,911	213,60	0,11	-2,20	0,00029
4	501	76,8	27,8	22,383	105,896	213,70	0,17	-1,80	0,00043
5	812	74,5	27,8	28,496	152,113	213,80	0,22	-1,51	0,00057
6	1133	73,6	27,7	33,660	195,287	213,90	0,28	-1,29	0,00071
7	1441	73,3	27,6	37,961	233,883	214,00	0,33	-1,11	0,00086
8	1746	72,9	27,5	41,785	270,105	214,10	0,39	-0,95	0,00100
9	2102	73,5	27,3	45,848	310,438	214,20	0,44	-0,82	0,00114
10	2575	74,0	27,2	50,744	361,479	214,30	0,50	-0,70	0,00129
11	3032	74,5	27,0	55,064	408,599	214,40	0,55	-0,59	0,00143
12	3421	75,1	26,9	58,489	447,316	214,50	0,61	-0,50	0,00157
13	3932	75,8	26,7	62,706	496,547	214,60	0,66	-0,41	0,00171
14	4459	76,4	26,6	66,776	545,668	214,70	0,72	-0,33	0,00186

Fecha: 17/07/2014

Experiencia PS-1-26F

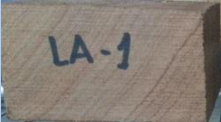
PS-1-26F	A	B	C	Sup	Masa	Sup= S/M
	7,40	8,40	8,30	386,60	212,20	1,82



Nº	t	HR	Tº int	√t	t ^{1,5}	P	ΔP	lnΔP	ΔP/SupA*
1	0	91,3	26,3	0,000	0,000	213,20	0,00		0,00000
2	41	86,1	26,3	6,403	16,203	213,30	0,05	-2,90	0,00014
3	213	76,2	26,3	14,595	55,755	213,40	0,11	-2,21	0,00028
4	409	73,4	26,4	20,224	90,948	213,50	0,16	-1,80	0,00043
5	658	70,5	26,5	25,652	129,918	213,60	0,22	-1,52	0,00057
6	962	70,1	26,6	31,016	172,735	213,70	0,27	-1,29	0,00071
7	1287	70,5	26,7	35,875	214,874	213,80	0,33	-1,11	0,00085
8	1631	71,7	26,8	40,386	256,650	213,90	0,38	-0,96	0,00099
9	2055	72,5	26,9	45,332	305,217	214,00	0,44	-0,82	0,00114
10	2428	73,7	27,0	49,275	345,889	214,10	0,49	-0,71	0,00128
11	2815	74,2	27,0	53,057	386,464	214,20	0,55	-0,60	0,00142
12	3219	74,9	27,0	56,736	427,357	214,30	0,60	-0,50	0,00156
13	3605	75,6	27,0	60,042	465,242	214,40	0,66	-0,42	0,00170
14	3986	76,2	27,1	63,135	501,652	214,50	0,71	-0,34	0,00185

Fecha: 13/06/2014

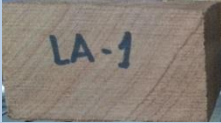
Experiencia LA-1E PRISMA



LA-1E	A	B	C	Sup	Masa	Sup= S/M										
	4,50	7,70	8,40	274,26	173,80	1,58	Nº	t	HR	Tº int	√t	t ^{1,5}	P	ΔP	lnΔP	ΔP/SupA*
1	0	79,0	26,7	0,000	0,000	173,80	0,00									0,00000
2	182	76,8	26,9	13,491	49,551	173,90	0,06	-2,76								0,00023
3	618	75,7	27,1	24,860	123,949	174,00	0,13	-2,07								0,00046
4	1002	76,8	27,2	31,654	178,095	174,10	0,19	-1,66								0,00069
5	1599	78,6	27,2	39,987	252,864	174,20	0,25	-1,37								0,00092
6	2163	80,7	27,3	46,508	317,170	174,30	0,32	-1,15								0,00116
7	2805	82,4	27,4	52,962	385,434	174,40	0,38	-0,97								0,00139
8	3615	84,7	27,6	60,125	466,210	174,50	0,44	-0,81								0,00162
9	4325	85,2	27,7	65,765	533,322	174,60	0,51	-0,68								0,00185
10	5105	86,4	27,7	71,449	603,944	174,70	0,57	-0,56								0,00208
11	5912	73,4	26,5	76,890	674,219	174,80	0,63	-0,46								0,00231
12	6803	74,0	26,5	82,480	749,075	174,90	0,70	-0,36								0,00254
13	7808	75,1	26,5	88,363	830,625	175,00	0,76	-0,27								0,00277
14	8898	76,1	26,6	94,329	916,156	175,10	0,82	-0,19								0,00300

Fecha: 23/06/2014

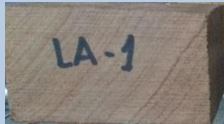
Experiencia LA-1F PRISMA



LA-1F	A	B	C	Sup	Masa	Sup= S/M										
	4,50	7,70	8,40	274,26	173,70	1,58	Nº	t	HR	Tº int	√t	t ^{1,5}	P	ΔP	lnΔP	ΔP/SupA*
1	0	84,1	24,8	0,000	0,000	173,70	0,00									0,00000
2	66	80,4	24,8	8,124	23,156	173,80	0,06	-2,76								0,00023
3	392	75,8	25,2	19,799	88,098	173,90	0,13	-2,07								0,00046
4	703	76,7	25,5	26,514	136,526	174,00	0,19	-1,66								0,00069
5	1187	78,9	25,8	34,453	202,226	174,10	0,25	-1,37								0,00092
6	1775	81,4	26,1	42,131	273,463	174,20	0,32	-1,15								0,00115
7	2393	82,5	26,3	48,918	342,142	174,30	0,38	-0,97								0,00139
8	2998	84,1	26,5	54,754	405,157	174,40	0,44	-0,81								0,00162
9	3724	85,6	26,7	61,025	476,713	174,50	0,51	-0,68								0,00185
10	4474	86,7	26,9	66,888	547,044	174,60	0,57	-0,56								0,00208
11	5242	87,6	27,0	72,402	616,060	174,70	0,63	-0,46								0,00231
12	5985	88,5	27,2	77,363	680,453	174,80	0,70	-0,36								0,00254
13	6820	89,0	27,3	82,583	750,479	174,90	0,76	-0,27								0,00277
14	7590	89,6	27,3	87,121	813,170	175,00	0,82	-0,19								0,00300

Fecha: 02/07/2014

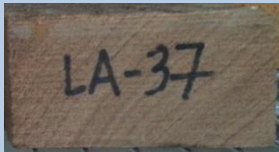
Experiencia LA-1G PRISMA



LA-1G	A	B	C	Sup	Masa	Sup= S/M				
	4,50	7,70	8,40	274,26	173,90	1,58				
Nº	t	HR	Tº int	√t	t ^{1,5}	P	ΔP	lnΔP	ΔP/SupA*	
1	0	84,0	26,9	0,000	0,000	173,90	0,00		0,00000	
2	219	81,4	27,0	14,799	56,929	174,00	0,06	-2,76	0,00023	
3	411	78,3	27,1	20,273	91,281	174,10	0,13	-2,07	0,00046	
4	827	77,7	27,2	28,758	154,216	174,20	0,19	-1,66	0,00069	
5	1432	78,5	27,3	37,842	232,786	174,30	0,25	-1,37	0,00092	
6	2032	79,2	27,3	45,078	302,651	174,40	0,32	-1,15	0,00116	
7	2592	80,9	27,2	50,912	363,267	174,50	0,38	-0,97	0,00139	
8	3205	82,2	27,3	56,613	425,962	174,60	0,44	-0,81	0,00162	
9	4034	83,8	27,4	63,514	506,176	174,70	0,51	-0,68	0,00185	
10	4888	85,0	27,5	69,914	584,586	174,80	0,57	-0,56	0,00208	
11	5749	85,8	27,5	75,822	660,228	174,90	0,63	-0,46	0,00231	
12	6602	86,5	27,5	81,253	732,414	175,00	0,70	-0,36	0,00254	
13	7808	87,7	27,6	88,363	830,625	175,10	0,76	-0,27	0,00277	
14	8898	89,0	27,6	94,329	916,156	175,20	0,82	-0,19	0,00301	

Fecha: 13/06/2014

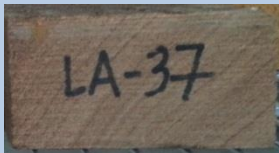
Experiencia LA-37E PRISMA



LA-37E	A	B	C	Sup	Masa	Sup= S/M				
	4,00	7,70	8,30	255,82	157,80	1,62				
Nº	t	HR	Tº int	√t	t ^{1,5}	P	ΔP	lnΔP	ΔP/SupA*	
1	0	84,0	27,5	0,000	0,000	157,80	0,00		0,00000	
2	97	82,1	27,7	9,849	30,909	157,90	0,06	-2,79	0,00024	
3	344	79,8	27,7	18,547	79,876	158,00	0,12	-2,09	0,00048	
4	650	78,8	27,8	25,495	128,732	158,10	0,19	-1,69	0,00072	
5	1216	79,9	27,9	34,871	205,921	158,20	0,25	-1,40	0,00096	
6	1785	81,0	27,9	42,249	274,618	158,30	0,31	-1,18	0,00121	
7	2354	82,1	28,0	48,518	337,952	158,40	0,37	-0,99	0,00145	
8	3206	84,0	28,1	56,622	426,062	158,50	0,43	-0,84	0,00169	
9	4090	85,1	28,2	63,953	511,437	158,60	0,49	-0,71	0,00193	
10	5150	86,4	27,7	71,764	607,933	158,70	0,56	-0,59	0,00217	
11	6060	73,4	26,5	77,846	686,838	158,80	0,62	-0,48	0,00241	
12	6723	74,0	26,5	81,994	742,459	158,90	0,68	-0,39	0,00265	
13	7789	75,1	26,5	88,255	829,108	159,00	0,74	-0,30	0,00289	
14	8511	76,1	26,6	92,255	886,106	159,10	0,80	-0,22	0,00313	

Fecha: 24/06/2014

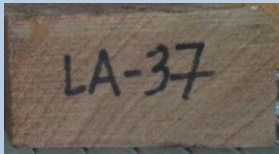
Experiencia LA-37F PRISMA




LA-37F	A	B	C	Sup	Masa	Sup= S/M				
	4,00	7,70	8,30	255,82	157,90	1,62				
Nº	t	HR	Tº int	√t	t ^{1,5}	P	ΔP	lnΔP	ΔP/SupA*	
1	0	84,0	25,9	0,000	0,000	157,90	0,00		0,00000	
2	40	83,0	25,8	6,325	15,905	158,00	0,06	-2,79	0,00024	
3	283	82,8	26,0	16,823	68,999	158,10	0,12	-2,09	0,00048	
4	612	81,0	26,1	24,739	123,045	158,20	0,19	-1,69	0,00072	
5	1164	81,9	26,3	34,117	199,280	158,30	0,25	-1,40	0,00097	
6	1732	82,5	26,4	41,617	268,479	158,40	0,31	-1,18	0,00121	
7	2442	83,9	26,5	49,417	347,384	158,50	0,37	-0,99	0,00145	
8	3182	85,3	26,5	56,409	423,667	158,60	0,43	-0,84	0,00169	
9	3972	86,6	26,6	63,024	500,330	158,70	0,49	-0,71	0,00193	
10	4816	87,1	26,8	69,397	578,116	158,80	0,56	-0,59	0,00217	
11	5610	87,6	27,0	74,900	648,220	158,90	0,62	-0,48	0,00241	
12	6460	89,2	27,2	80,374	720,567	159,00	0,68	-0,39	0,00265	
13	7558	89,2	27,3	86,937	810,597	159,10	0,74	-0,30	0,00290	
14	8716	89,3	27,0	93,360	902,065	159,20	0,80	-0,22	0,00314	


Fecha: 01/07/2014


Experiencia LA-37G PRISMA





LA-37G	A	B	C	Sup	Masa	Sup= S/M				
	4,00	7,70	8,30	255,82	158,00	1,62				
Nº	t	HR	Tº int	√t	t ^{1,5}	P	ΔP	lnΔP	ΔP/SupA*	
1	0	87,0	26,0	0,000	0,000	158,00	0,00		0,00000	
2	51	84,1	26,1	7,141	19,084	158,10	0,06	-2,78	0,00024	
3	316	80,0	26,2	17,776	74,949	158,20	0,12	-2,09	0,00048	
4	759	78,6	26,4	27,550	144,604	158,30	0,19	-1,69	0,00072	
5	1197	79,5	26,6	34,598	203,503	158,40	0,25	-1,40	0,00097	
6	1717	80,8	26,7	41,437	266,734	158,50	0,31	-1,18	0,00121	
7	2415	81,9	26,7	49,143	344,499	158,60	0,37	-0,99	0,00145	
8	3235	83,7	26,7	56,877	428,949	158,70	0,43	-0,84	0,00169	
9	4302	83,8	26,6	65,590	531,194	158,80	0,49	-0,71	0,00193	
10	5205	85,3	26,6	72,146	612,795	158,90	0,56	-0,59	0,00217	
11	6153	85,8	26,8	78,441	694,729	159,00	0,62	-0,48	0,00241	
12	7063	86,4	26,9	84,042	770,445	159,10	0,68	-0,39	0,00266	
13	8299	87,1	26,8	91,099	869,499	159,20	0,74	-0,30	0,00290	
14	9415	88,9	26,8	97,031	955,796	159,30	0,80	-0,22	0,00314	


Fecha: 24/06/2014													
Experiencia LA-1A													
LA-1A	A	B	C	Sup	Masa	Sup= S/M							
	8,00	8,60	8,00	403,20	335,30	1,20							
Nº	t	HR	Tº int	√t	t ^{1,5}	P	ΔP	lnΔP	ΔP/SupA*				
1	0	83,0	25,4	0,000	0,000	335,30	0,00		0,00000				
2	79	81,1	25,3	8,888	26,498	335,40	0,08	-2,49	0,00021				
3	209	74,9	25,4	14,457	54,968	335,50	0,17	-1,79	0,00041				
4	455	72,8	25,6	21,331	98,516	335,60	0,25	-1,39	0,00062				
5	731	70,7	25,6	27,037	140,585	335,70	0,33	-1,10	0,00082				
6	1003	68,9	25,6	31,670	178,228	335,80	0,42	-0,88	0,00103				
7	1350	71,5	25,6	36,742	222,715	335,90	0,50	-0,70	0,00124				
8	1764	72,8	25,6	42,000	272,191	336,00	0,58	-0,54	0,00144				
9	2189	74,2	25,6	46,787	320,025	336,10	0,67	-0,41	0,00165				
10	2596	75,5	25,8	50,951	363,688	336,20	0,75	-0,29	0,00186				
11	3098	76,9	25,9	55,660	415,251	336,30	0,83	-0,18	0,00206				
12	3622	78,5	26,1	60,183	466,887	336,40	0,91	-0,09	0,00227				
13	4211	79,4	26,2	64,892	522,744	336,50	1,00	0,00	0,00247				
14	4848	80,2	26,3	69,628	580,994	336,60	1,08	0,08	0,00268				


Fecha: 09/07/2014													
Experiencia LA-1B													
LA-1B	A	B	C	Sup	Masa	Sup= S/M							
	8,00	8,60	8,00	403,20	335,60	1,20							
Nº	t	HR	Tº int	√t	t ^{1,5}	P	ΔP	lnΔP	ΔP/SupA*				
1	0	91,1	25,7	0,000	0,000	335,60	0,00		0,00000				
2	145	78,2	25,7	12,042	41,786	335,70	0,08	-2,49	0,00021				
3	332	73,4	25,8	18,221	77,777	335,80	0,17	-1,79	0,00041				
4	584	72,5	25,9	24,166	118,798	335,90	0,25	-1,39	0,00062				
5	921	71,6	26,0	30,348	167,184	336,00	0,33	-1,10	0,00083				
6	1326	70,1	26,1	36,414	219,739	336,10	0,42	-0,88	0,00103				
7	1733	70,9	26,1	41,629	268,596	336,20	0,50	-0,69	0,00124				
8	2142	72,8	26,2	46,282	314,858	336,30	0,58	-0,54	0,00145				
9	2536	74,8	26,2	50,359	357,365	336,40	0,67	-0,41	0,00165				
10	3107	76,2	26,2	55,740	416,156	336,50	0,75	-0,29	0,00186				
11	3622	77,4	26,2	60,183	466,887	336,60	0,83	-0,18	0,00206				
12	4211	78,8	26,2	64,892	522,744	336,70	0,92	-0,09	0,00227				
13	4848	79,3	26,2	69,628	580,994	336,80	1,00	0,00	0,00248				
14	5402	80,2	26,3	73,498	630,109	336,90	1,08	0,08	0,00268				


Fecha: 18/07/2014										
Experiencia LA-1C										
LA-1C	A	B	C	Sup	Masa	Sup= S/M				
	8,00	8,60	8,00	403,20	335,30	1,20				
Nº	t	HR	Tº int	√t	t ^{1,5}	P	ΔP	lnΔP	ΔP/SupA*	
1	0	91,2	26,7	0,000	0,000	335,30	0,00		0,00000	
2	118	83,1	26,7	10,863	35,802	335,40	0,08	-2,49	0,00021	
3	302	74,0	26,8	17,378	72,444	335,50	0,17	-1,79	0,00041	
4	501	71,3	26,9	22,383	105,896	335,60	0,25	-1,39	0,00062	
5	774	70,8	26,9	27,821	146,742	335,70	0,33	-1,10	0,00082	
6	1109	71,4	26,9	33,302	192,176	335,80	0,42	-0,88	0,00103	
7	1478	72,2	26,9	38,445	238,372	335,90	0,50	-0,70	0,00124	
8	1811	72,9	26,9	42,556	277,612	336,00	0,58	-0,54	0,00144	
9	2200	73,4	26,9	46,904	321,231	336,10	0,67	-0,41	0,00165	
10	2635	74,5	26,9	51,332	367,778	336,20	0,75	-0,29	0,00186	
11	3107	75,7	26,9	55,740	416,156	336,30	0,83	-0,18	0,00206	
12	3601	76,9	26,9	60,008	464,855	336,40	0,91	-0,09	0,00227	
13	4225	78,1	26,9	65,000	524,047	336,50	1,00	0,00	0,00247	
14	4838	79	26,9	69,556	580,095	336,60	1,08	0,08	0,00268	

Fecha: 24/06/2014										
Experiencia LA-5A										
LA-5A	A	B	C	Sup	Masa	Sup= S/M				
	8,00	8,40	8,40	409,92	310,30	1,32				
Nº	t	HR	Tº int	√t	t ^{1,5}	P	ΔP	lnΔP	ΔP/SupA*	
1	0	83,0	25,7	0,000	0,000	310,30	0,00		0,00000	
2	63	81,0	25,7	7,937	22,362	310,40	0,08	-2,58	0,00018	
3	222	76,2	25,7	14,900	57,513	310,50	0,15	-1,89	0,00037	
4	469	72,2	25,8	21,656	100,781	310,60	0,23	-1,48	0,00055	
5	714	71,0	25,9	26,721	138,125	310,70	0,30	-1,19	0,00074	
6	979	70,4	26,0	31,289	175,020	310,80	0,38	-0,97	0,00092	
7	1329	70,3	26,0	36,455	220,112	310,90	0,45	-0,79	0,00111	
8	1618	71,3	26,0	40,224	255,114	311,00	0,53	-0,64	0,00129	
9	1948	72,4	26,1	44,136	293,219	311,10	0,61	-0,50	0,00148	
10	2343	72,8	26,1	48,405	336,767	311,20	0,68	-0,38	0,00166	
11	2701	73,7	26,1	51,971	374,665	311,30	0,76	-0,28	0,00185	
12	3059	74,9	26,2	55,308	411,325	311,40	0,83	-0,18	0,00203	
13	3511	75,6	26,1	59,254	456,114	311,50	0,91	-0,10	0,00222	
14	3926	76,4	26,2	62,658	495,978	311,60	0,98	-0,02	0,00240	

Fecha: 09/07/2014										
Experiencia LA-5B										
LA-5B	A	B	C	Sup	Masa	Sup= S/M				
	8,00	8,40	8,40	409,92	310,50	1,32				
Nº	t	HR	Tº int	√t	t ^{1,5}	P	ΔP	lnΔP	ΔP/SupA*	
1	0	90,0	26,0	0,000	0,000	310,50	0,00		0,00000	
2	65	85,0	25,9	8,062	22,892	310,60	0,08	-2,58	0,00018	
3	251	77,2	26,0	15,843	63,060	310,70	0,15	-1,89	0,00037	
4	442	73,1	26,1	21,024	96,398	310,80	0,23	-1,48	0,00055	
5	631	70,6	26,1	25,120	125,899	310,90	0,30	-1,19	0,00074	
6	891	70,0	26,2	29,850	163,083	311,00	0,38	-0,97	0,00092	
7	1223	70,4	26,2	34,971	206,809	311,10	0,45	-0,79	0,00111	
8	1539	71,1	26,3	39,230	245,713	311,20	0,53	-0,63	0,00129	
9	1887	72,4	26,5	43,440	286,305	311,30	0,61	-0,50	0,00148	
10	2259	73,6	26,7	47,529	327,670	311,40	0,68	-0,38	0,00166	
11	2608	74,7	26,9	51,069	364,948	311,50	0,76	-0,28	0,00185	
12	3055	76,4	27,1	55,272	410,921	311,60	0,83	-0,18	0,00203	
13	3417	77,6	27,2	58,455	446,924	311,70	0,91	-0,10	0,00222	
14	3825	78,8	27,3	61,847	486,378	311,80	0,98	-0,02	0,00240	


Fecha: 21/07/2014										
Experiencia LA-5C										
LA-5C	A	B	C	Sup	Masa	Sup= S/M				
	8,00	8,40	8,40	409,92	310,00	1,32				
Nº	t	HR	Tº int	√t	t ^{1,5}	P	ΔP	lnΔP	ΔP/SupA*	
1	0	91,2	27,3	0,000	0,000	310,00	0,00		0,00000	
2	95	78,5	27,3	9,747	30,429	310,10	0,08	-2,58	0,00018	
3	252	71,2	27,4	15,875	63,249	310,20	0,15	-1,89	0,00037	
4	454	67,1	27,5	21,307	98,354	310,30	0,23	-1,48	0,00055	
5	669	65,9	27,5	25,865	131,544	310,40	0,30	-1,20	0,00074	
6	884	65,6	27,5	29,732	162,121	310,50	0,38	-0,97	0,00092	
7	1183	65,7	27,6	34,395	201,715	310,60	0,45	-0,79	0,00111	
8	1513	66,7	27,6	38,897	242,594	310,70	0,53	-0,64	0,00129	
9	1861	67,1	27,6	43,139	283,341	310,80	0,60	-0,50	0,00148	
10	2252	68,0	27,6	47,455	326,909	310,90	0,68	-0,38	0,00166	
11	2636	69,0	27,6	51,342	367,882	311,00	0,76	-0,28	0,00184	
12	3004	69,8	27,6	54,809	405,765	311,10	0,83	-0,18	0,00203	
13	3433	70,9	27,6	58,592	448,493	311,20	0,91	-0,10	0,00221	
14	3847	72,1	27,7	62,024	488,474	311,30	0,98	-0,02	0,00240	

Fecha: 25/06/2014														
Experiencia LA-6A														
LA-6A	A	B	C	Sup	Masa	Sup=S/M								
	7,90	8,50	8,50	413,10	287,00	1,44								
Nº	t	HR	Tº int	√t	t ^{1,5}	P	ΔP	lnΔP	ΔP/SupA*					
1	0	92,0	26,0	0,000	0,000	287,00	0,00		0,00000					
2	49	88,0	25,7	7,000	18,520	287,10	0,07	-2,67	0,00017					
3	162	85,0	25,7	12,728	45,408	287,20	0,14	-1,97	0,00034					
4	345	78,2	26,0	18,574	80,051	287,30	0,21	-1,57	0,00050					
5	518	75,5	26,2	22,760	108,579	287,40	0,28	-1,28	0,00067					
6	717	73,8	26,3	26,777	138,560	287,50	0,35	-1,06	0,00084					
7	1019	72,9	26,3	31,922	180,356	287,60	0,42	-0,88	0,00101					
8	1291	73,3	26,3	35,930	215,375	287,70	0,49	-0,72	0,00118					
9	1588	73,8	26,3	39,850	251,558	287,80	0,56	-0,59	0,00135					
10	2022	74,6	26,4	44,967	301,534	287,90	0,63	-0,47	0,00151					
11	2410	74,8	26,4	49,092	343,964	288,00	0,69	-0,36	0,00168					
12	2822	75,2	26,4	53,122	387,184	288,10	0,76	-0,27	0,00185					
13	3232	75,8	26,4	56,851	428,651	288,20	0,83	-0,18	0,00202					
14	3685	76,3	26,4	60,704	472,964	288,30	0,90	-0,10	0,00219					

Fecha: 10/07/2014														
Experiencia LA-6B														
LA-6B	A	B	C	Sup	Masa	Sup=S/M								
	7,90	8,50	8,50	413,10	286,70	1,44								
Nº	t	HR	Tº int	√t	t ^{1,5}	P	ΔP	lnΔP	ΔP/SupA*					
1	0	92,0	26,7	0,000	0,000	286,70	0,00		0,00000					
2	118	79,1	26,8	10,863	35,802	286,80	0,07	-2,67	0,00017					
3	273	73,9	26,9	16,523	67,162	286,90	0,14	-1,97	0,00034					
4	476	71,8	27,0	21,817	101,907	287,00	0,21	-1,57	0,00050					
5	773	70,5	27,1	27,803	146,600	287,10	0,28	-1,28	0,00067					
6	1051	71,0	27,1	32,419	184,587	287,20	0,35	-1,06	0,00084					
7	1395	71,4	27,2	37,350	228,260	287,30	0,42	-0,88	0,00101					
8	1722	72,5	27,2	41,497	267,316	287,40	0,49	-0,72	0,00118					
9	2098	73,2	27,3	45,804	309,995	287,50	0,56	-0,59	0,00134					
10	2496	74,1	27,4	49,960	353,129	287,60	0,62	-0,47	0,00151					
11	2899	75,2	27,4	53,842	395,081	287,70	0,69	-0,37	0,00168					
12	3309	75,9	27,5	57,524	436,287	287,80	0,76	-0,27	0,00185					
13	3713	76,8	27,5	60,934	475,657	287,90	0,83	-0,18	0,00202					
14	4111	77,7	27,5	64,117	513,406	288,00	0,90	-0,10	0,00218					

Fecha: 21/07/2014


Experiencia LA-6C



LA-6C	A	B	C	Sup	Masa	Sup=S/M				
	7,90	8,50	8,50	413,10	286,80	1,44				
Nº	t	HR	Tº int	√t	t ^{1,5}	P	ΔP	lnΔP	ΔP/SupA*	
1	0	91,1	26,6	0,000	0,000	286,80	0,00		0,00000	
2	118	78,3	26,6	10,863	35,802	286,90	0,07	-2,67	0,00017	
3	251	70,9	26,7	15,843	63,060	287,00	0,14	-1,97	0,00034	
4	445	69,2	26,7	21,095	96,888	287,10	0,21	-1,57	0,00050	
5	683	67,3	26,7	26,134	133,603	287,20	0,28	-1,28	0,00067	
6	994	67,0	26,8	31,528	177,027	287,30	0,35	-1,06	0,00084	
7	1299	67,8	26,8	36,042	216,375	287,40	0,42	-0,88	0,00101	
8	1619	69,1	26,9	40,237	255,232	287,50	0,49	-0,72	0,00118	
9	2029	70,0	26,9	45,044	302,316	287,60	0,56	-0,59	0,00134	
10	2421	71,1	27,0	49,204	345,141	287,70	0,62	-0,47	0,00151	
11	2867	72,0	27,1	53,544	391,806	287,80	0,69	-0,36	0,00168	
12	3301	73,3	27,2	57,454	435,496	287,90	0,76	-0,27	0,00185	
13	3829	74,2	27,3	61,879	486,759	288,00	0,83	-0,18	0,00202	
14	4341	75,3	27,4	65,886	534,801	288,10	0,90	-0,10	0,00218	

Fecha: 26/06/2014


Experiencia LA-7A



LA-7A	A	B	C	Sup	Masa	Sup=S/M				
	8,10	8,40	8,30	409,98	299,50	1,37				
Nº	t	HR	Tº int	√t	t ^{1,5}	P	ΔP	lnΔP	ΔP/SupA*	
1	0	88,0	26,0	0,000	0,000	299,50	0,00		0,00000	
2	32	84	26,1	5,657	13,454	299,60	0,07	-2,62	0,00018	
3	134	78,5	26,1	11,576	39,385	299,70	0,15	-1,92	0,00036	
4	335	73,2	26,2	18,303	78,304	299,80	0,22	-1,52	0,00053	
5	548	70,4	26,3	23,409	113,262	299,90	0,29	-1,23	0,00071	
6	804	69,8	26,3	28,355	150,988	300,00	0,37	-1,01	0,00089	
7	1123	70,2	26,5	33,511	193,992	300,10	0,44	-0,82	0,00107	
8	1458	71,0	26,5	38,184	235,949	300,20	0,51	-0,67	0,00125	
9	1828	72,2	26,5	42,755	279,565	300,30	0,58	-0,54	0,00143	
10	2316	73,7	26,5	48,125	333,852	300,40	0,66	-0,42	0,00160	
11	2807	74,5	26,5	52,981	385,640	300,50	0,73	-0,31	0,00178	
12	3242	75,1	26,6	56,939	429,645	300,60	0,80	-0,22	0,00196	
13	3713	75,0	26,6	60,934	475,657	300,70	0,88	-0,13	0,00214	
14	4122	76,8	26,6	64,203	514,436	300,80	0,95	-0,05	0,00232	

Fecha: 10/07/2014


Experiencia LA-7B




LA-7B	A	B	C	Sup	Masa	Sup=S/M				
	8,10	8,40	8,30	409,98	299,20	1,37				
Nº	t	HR	Tº int	√t	t ^{1,5}	P	ΔP	lnΔP	ΔP/SupA*	
1	0	93,0	268,0	0,000	0,000	299,20	0,00		0,00000	
2	107	81,4	26,9	10,344	33,269	299,30	0,07	-2,62	0,00018	
3	261	76,2	26,9	16,155	64,935	299,40	0,15	-1,92	0,00036	
4	475	72,1	27,0	21,794	101,747	299,50	0,22	-1,52	0,00053	
5	673	70,7	27,0	25,942	132,133	299,60	0,29	-1,23	0,00071	
6	956	71,0	27,0	30,919	171,927	299,70	0,36	-1,01	0,00089	
7	1268	71,8	27,0	35,609	212,490	299,80	0,44	-0,83	0,00107	
8	1695	72,9	27,0	41,170	264,166	299,90	0,51	-0,67	0,00125	
9	2122	73,9	27,0	46,065	312,650	300,00	0,58	-0,54	0,00142	
10	2621	74,8	27,0	51,196	366,311	300,10	0,66	-0,42	0,00160	
11	3051	75,5	27,0	55,236	410,517	300,20	0,73	-0,31	0,00178	
12	3472	76,2	27,0	58,924	452,309	300,30	0,80	-0,22	0,00196	
13	4119	77,4	27,0	64,179	514,155	300,40	0,88	-0,13	0,00214	
14	4614	78,4	27	67,926	559,833	300,50	0,95	-0,05	0,00231	


Fecha: 22/07/2014


Experiencia LA-7C




LA-7C	A	B	C	Sup	Masa	Sup=S/M				
	8,10	8,40	8,30	409,98	299,10	1,37				
Nº	t	HR	Tº int	√t	t ^{1,5}	P	ΔP	lnΔP	ΔP/SupA*	
1	0	91,0	26,8	0,000	0,000	299,10	0,00		0,00000	
2	99	80,1	26,8	9,950	31,385	299,20	0,07	-2,62	0,00018	
3	238	75,2	26,9	15,427	60,594	299,30	0,15	-1,92	0,00036	
4	488	70,1	27,0	22,091	103,828	299,40	0,22	-1,52	0,00053	
5	769	69,6	27,1	27,731	146,031	299,50	0,29	-1,23	0,00071	
6	1055	69,3	27,1	32,481	185,114	299,60	0,36	-1,01	0,00089	
7	1387	69,8	27,1	37,242	227,278	299,70	0,44	-0,83	0,00107	
8	1712	70,5	27,1	41,376	266,151	299,80	0,51	-0,67	0,00125	
9	2114	71,6	27,1	45,978	311,766	299,90	0,58	-0,54	0,00142	
10	2502	72,4	27,1	50,020	353,766	300,00	0,66	-0,42	0,00160	
11	2889	73,2	27,1	53,749	394,058	300,10	0,73	-0,32	0,00178	
12	3255	74,1	27,1	57,053	430,936	300,20	0,80	-0,22	0,00196	
13	3629	75,0	27,0	60,241	467,563	300,30	0,88	-0,13	0,00214	
14	4035	76,2	27	63,522	506,271	300,40	0,95	-0,05	0,00231	

Fecha: 26/06/2014										
Experiencia LA-13A										
LA-13A	A	B	C	Sup	Masa	Sup=S/M				
	7,90	8,50	8,50	413,10	301,50	1,37				
Nº	t	HR	Tº int	√t	t ^{1,5}	P	ΔP	lnΔP	ΔP/SupA*	
1	0	92,0	25,7	0,000	0,000	301,50	0,00		0,00000	
2	79	83,1	25,7	8,888	26,498	301,60	0,07	-2,62	0,00018	
3	209	74,7	25,9	14,457	54,968	301,70	0,15	-1,92	0,00035	
4	358	72,0	26,0	18,921	82,302	301,80	0,22	-1,52	0,00053	
5	580	70,7	26,1	24,083	118,187	301,90	0,29	-1,23	0,00071	
6	827	70,6	26,1	28,758	154,216	302,00	0,36	-1,01	0,00088	
7	1094	72,1	26,1	33,076	190,223	302,10	0,44	-0,83	0,00106	
8	1507	72,2	25,9	38,820	241,872	302,20	0,51	-0,67	0,00124	
9	1912	72,8	25,8	43,726	289,145	302,30	0,58	-0,54	0,00141	
10	2301	73,7	25,8	47,969	332,229	302,40	0,66	-0,42	0,00159	
11	2799	74,8	25,8	52,906	384,815	302,50	0,73	-0,31	0,00177	
12	3260	75,0	25,8	57,096	431,433	302,60	0,80	-0,22	0,00194	
13	3699	75,3	25,8	60,819	474,311	302,70	0,88	-0,13	0,00212	
14	4328	76,9	25,8	65,788	533,600	302,80	0,95	-0,05	0,00230	

Fecha: 10/07/2014										
Experiencia LA-13B										
LA-13B	A	B	C	Sup	Masa	Sup=S/M				
	7,90	8,50	8,50	413,10	301,10	1,37				
Nº	t	HR	Tº int	√t	t ^{1,5}	P	ΔP	lnΔP	ΔP/SupA*	
1	0	95,0	27,3	0,000	0,000	301,10	0,00		0,00000	
2	123	83,1	27,3	11,091	36,934	301,20	0,07	-2,62	0,00018	
3	343	76,8	27,7	18,520	79,702	301,30	0,15	-1,93	0,00035	
4	578	74,0	27,8	24,042	117,882	301,40	0,22	-1,52	0,00053	
5	829	72,9	27,9	28,792	154,496	301,50	0,29	-1,23	0,00071	
6	1126	73,3	28,0	33,556	194,381	301,60	0,36	-1,01	0,00088	
7	1496	74,5	28,0	38,678	240,546	301,70	0,44	-0,83	0,00106	
8	1824	75,4	28,1	42,708	279,106	301,80	0,51	-0,67	0,00124	
9	2282	76,8	28,0	47,770	330,169	301,90	0,58	-0,54	0,00141	
10	2817	77,9	28,0	53,075	386,670	302,00	0,66	-0,42	0,00159	
11	3338	79,0	27,9	57,775	439,152	302,10	0,73	-0,32	0,00176	
12	3878	80,1	27,8	62,274	491,423	302,20	0,80	-0,22	0,00194	
13	4468	81,5	27,7	66,843	546,493	302,30	0,87	-0,13	0,00212	
14	5033	82,5	27,7	70,944	597,544	302,40	0,95	-0,05	0,00229	


Fecha: 23/07/2014													
Experiencia LA-13C													
LA-13C	A	B	C	Sup	Masa	Sup= S/M							
	7,90	8,50	8,50	413,10	301,10	1,37							
Nº	t	HR	Tº int	√t	t ^{1,5}	P	ΔP	lnΔP	ΔP/SupA*				
1	0	90,1	26,2	0,000	0,000	301,10	0,00		0,00000				
2	35	83,2	26,3	5,916	14,390	301,20	0,07	-2,62	0,00018				
3	136	77,1	26,3	11,662	39,825	301,30	0,15	-1,93	0,00035				
4	349	71,2	26,4	18,682	80,746	301,40	0,22	-1,52	0,00053				
5	594	69,0	26,4	24,372	120,321	301,50	0,29	-1,23	0,00071				
6	886	68,4	26,4	29,766	162,396	301,60	0,36	-1,01	0,00088				
7	1198	69,2	26,4	34,612	203,630	301,70	0,44	-0,83	0,00106				
8	1536	70,1	26,4	39,192	245,354	301,80	0,51	-0,67	0,00124				
9	1977	71,3	26,5	44,463	296,487	301,90	0,58	-0,54	0,00141				
10	2432	72,9	26,5	49,315	346,316	302,00	0,66	-0,42	0,00159				
11	2873	73,4	26,5	53,600	392,421	302,10	0,73	-0,32	0,00176				
12	3342	74,0	26,5	57,810	439,547	302,20	0,80	-0,22	0,00194				
13	3855	75,1	26,5	62,089	489,236	302,30	0,87	-0,13	0,00212				
14	4411	76,1	26,6	66,415	541,256	302,40	0,95	-0,05	0,00229				

Fecha: 12/06/2014													
Experiencia LA-22C													
LA-22C	A	B	C	Sup	Masa	Sup= S/M							
	8,10	8,40	8,60	419,88	324,70	1,29							
Nº	t	HR	Tº int	√t	t ^{1,5}	P	ΔP	lnΔP	ΔP/SupA*				
1	0	71,0	28,4	0,000	0,000	324,70	0,00		0,00000				
2	138	68,8	28,5	11,747	40,263	324,80	0,08	-2,56	0,00018				
3	315	66,8	28,5	17,748	74,771	324,90	0,15	-1,87	0,00037				
4	573	66,3	28,5	23,937	117,116	325,00	0,23	-1,46	0,00055				
5	815	67,2	28,6	28,548	152,535	325,10	0,31	-1,17	0,00074				
6	1081	68,6	28,6	32,879	188,525	325,20	0,39	-0,95	0,00092				
7	1327	70,8	28,7	36,428	219,864	325,30	0,46	-0,77	0,00111				
8	1635	71,7	28,7	40,435	257,121	325,40	0,54	-0,61	0,00129				
9	1947	73,4	28,8	44,125	293,106	325,50	0,62	-0,48	0,00147				
10	2278	74,9	28,9	47,728	329,735	325,60	0,70	-0,36	0,00166				
11	2679	76,0	28,9	51,759	372,374	325,70	0,77	-0,26	0,00184				
12	3200	76,8	29,0	56,569	425,464	325,80	0,85	-0,16	0,00203				
13	3735	78,2	29,2	61,115	477,769	325,90	0,93	-0,07	0,00221				
14	4252	78,7	29,2	65,207	526,556	326,00	1,01	0,01	0,00239				

Fecha: 24/06/2014

Experiencia LA-22D


LA-22D	A	B	C	Sup	Masa	Sup= S/M					
	8,10	8,40	8,60	419,88	324,60	1,29					
Nº	t	HR	Tº int	√t	t ^{1,5}	P	ΔP	lnΔP	ΔP/SupA*		
1	0	85,0	26,0	0,000	0,000	324,60	0,00		0,00000		
2	67	83,0	26,0	8,185	23,418	324,70	0,08	-2,56	0,00018		
3	189	79,4	26,3	13,748	50,974	324,80	0,15	-1,87	0,00037		
4	383	74,4	26,6	19,570	86,576	324,90	0,23	-1,46	0,00055		
5	591	72,9	26,7	24,310	119,865	325,00	0,31	-1,17	0,00074		
6	820	7,3	26,8	28,636	153,236	325,10	0,39	-0,95	0,00092		
7	1108	72,6	26,8	33,287	192,046	325,20	0,46	-0,77	0,00110		
8	1472	73,1	26,9	38,367	237,646	325,30	0,54	-0,61	0,00129		
9	1896	73,8	26,7	43,543	287,329	325,40	0,62	-0,48	0,00147		
10	2327	74,6	26,6	48,239	335,040	325,50	0,70	-0,36	0,00166		
11	2753	75,2	26,4	52,469	380,062	325,60	0,77	-0,26	0,00184		
12	3252	76,0	26,2	57,026	430,639	325,70	0,85	-0,16	0,00203		
13	3797	77,7	25,8	61,620	483,705	325,80	0,93	-0,08	0,00221		
14	4346	78,1	25,7	65,924	535,263	325,90	1,01	0,00	0,00239		





Fecha: 30/06/2014

Experiencia LA-22E

LA-22E	A	B	C	Sup	Masa	Sup= S/M					
	8,10	8,40	8,60	419,88	324,70	1,29					
Nº	t	HR	Tº int	√t	t ^{1,5}	P	ΔP	lnΔP	ΔP/SupA*		
1	0	83,0	26,7	0,000	0,000	324,70	0,00		0,00000		
2	60	79,0	26,8	7,746	21,558	324,80	0,08	-2,56	0,00018		
3	253	68,1	26,9	15,906	63,437	324,90	0,15	-1,87	0,00037		
4	477	67,8	27,1	21,840	102,068	325,00	0,23	-1,46	0,00055		
5	748	68,0	27,1	27,350	143,030	325,10	0,31	-1,17	0,00074		
6	1093	68,8	27,2	33,061	190,093	325,20	0,39	-0,95	0,00092		
7	1495	69,4	27,2	38,665	240,426	325,30	0,46	-0,77	0,00111		
8	1852	70,7	27,2	43,035	282,313	325,40	0,54	-0,61	0,00129		
9	2259	72,4	27,2	47,529	327,670	325,50	0,62	-0,48	0,00147		
10	2672	73,9	27,3	51,691	371,644	325,60	0,70	-0,36	0,00166		
11	3195	74,7	27,3	56,524	424,965	325,70	0,77	-0,26	0,00184		
12	3690	76,0	27,4	60,745	473,445	325,80	0,85	-0,16	0,00203		
13	4225	76,5	27,3	65,000	524,047	325,90	0,93	-0,07	0,00221		
14	4755	77	27,4	68,957	572,615	326,00	1,01	0,01	0,00239		




Fecha: 27/07/2014														
Experiencia LA-30A														
LA-30A	A	B	C	Sup	Masa	Sup= S/M								
	8,00	8,50	8,40	413,20	309,80	1,33								
Nº	t	HR	Tº int	√t	t ^{1,5}	P	ΔP	lnΔP	ΔP/SupA*					
1	0	86,1	25,4	0,000	0,000	309,80	0,00		0,00000					
2	92	75,9	25,5	9,592	29,706	309,90	0,07	-2,59	0,00018					
3	220	71,2	25,5	14,832	57,124	310,00	0,15	-1,90	0,00036					
4	452	68,0	25,6	21,260	98,029	310,10	0,22	-1,49	0,00054					
5	686	67,0	25,6	26,192	134,043	310,20	0,30	-1,20	0,00073					
6	1030	68,0	25,6	32,094	181,814	310,30	0,37	-0,98	0,00091					
7	1422	70,1	25,6	37,709	231,566	310,40	0,45	-0,80	0,00109					
8	1785	71,4	25,6	42,249	274,618	310,50	0,52	-0,64	0,00127					
9	2158	72,8	25,6	46,454	316,620	310,60	0,60	-0,51	0,00145					
10	2530	74,1	25,6	50,299	356,731	310,70	0,67	-0,39	0,00163					
11	2905	75,0	25,5	53,898	395,694	310,80	0,75	-0,29	0,00181					
12	3292	75,8	25,5	57,376	434,605	310,90	0,82	-0,19	0,00200					
13	3675	76,7	25,5	60,622	472,001	311,00	0,90	-0,11	0,00218					
14	4162	78,1	25,5	64,514	518,175	311,10	0,97	-0,03	0,00236					

Fecha: 11/07/2014														
Experiencia LA-30B														
LA-30B	A	B	C	Sup	Masa	Sup= S/M								
	8,00	8,50	8,40	413,20	309,20	1,34								
Nº	t	HR	Tº int	√t	t ^{1,5}	P	ΔP	lnΔP	ΔP/SupA*					
1	0	93,1	25,5	0,000	0,000	309,20	0,00		0,00000					
2	25	90,0	25,5	5,000	11,180	309,30	0,07	-2,59	0,00018					
3	191	77,1	25,6	13,820	51,378	309,40	0,15	-1,90	0,00036					
4	406	72,5	25,7	20,149	90,447	309,50	0,22	-1,49	0,00054					
5	649	70,1	25,8	25,475	128,583	309,60	0,30	-1,21	0,00072					
6	958	70,3	25,8	30,952	172,196	309,70	0,37	-0,98	0,00091					
7	1293	71,5	25,9	35,958	215,625	309,80	0,45	-0,80	0,00109					
8	1682	72,4	25,9	41,012	262,645	309,90	0,52	-0,65	0,00127					
9	2059	73,2	25,9	45,376	305,663	310,00	0,60	-0,51	0,00145					
10	2533	74,3	25,8	50,329	357,048	310,10	0,67	-0,40	0,00163					
11	2992	75,2	25,8	54,699	404,549	310,20	0,75	-0,29	0,00181					
12	3424	76,5	25,8	58,515	447,611	310,30	0,82	-0,19	0,00199					
13	4044	77,9	25,8	63,592	507,117	310,40	0,90	-0,11	0,00217					
14	4631	79,1	25,8	68,051	561,379	310,50	0,97	-0,03	0,00235					

Fecha: 23/07/2014


Experiencia LA-30C




LA-30C	A	B	C	Sup	Masa	Sup= S/M				
	8,00	8,50	8,40	413,20	309,20	1,34				
Nº	t	HR	Tº int	√t	t ^{1,5}	P	ΔP	lnΔP	ΔP/SupA*	
1	0	91,0	25,6	0,000	0,000	309,20	0,00		0,00000	
2	20	89,7	25,6	4,472	9,457	309,30	0,07	-2,59	0,00018	
3	104	82,0	25,7	10,198	32,567	309,40	0,15	-1,90	0,00036	
4	286	76,4	25,8	16,912	69,546	309,50	0,22	-1,49	0,00054	
5	593	73,2	26,0	24,352	120,169	309,60	0,30	-1,21	0,00072	
6	857	70,7	26,2	29,275	158,393	309,70	0,37	-0,98	0,00091	
7	1165	70,9	26,5	34,132	199,409	309,80	0,45	-0,80	0,00109	
8	1496	71,2	26,6	38,678	240,546	309,90	0,52	-0,65	0,00127	
9	1871	72,0	26,8	43,255	284,482	310,00	0,60	-0,51	0,00145	
10	2278	72,8	26,9	47,728	329,735	310,10	0,67	-0,40	0,00163	
11	2732	74,2	26,9	52,269	377,886	310,20	0,75	-0,29	0,00181	
12	3242	75,2	26,9	56,939	429,645	310,30	0,82	-0,19	0,00199	
13	3784	76,1	26,8	61,514	482,462	310,40	0,90	-0,11	0,00217	
14	4319	76,8	26,7	65,719	532,767	310,50	0,97	-0,03	0,00235	


Fecha: 27/06/2014

Experiencia LA-37A



LA-37A	A	B	C	Sup	Masa	Sup= S/M				
	8,00	8,50	8,40	413,20	342,30	1,21				
Nº	t	HR	Tº int	√t	t ^{1,5}	P	ΔP	lnΔP	ΔP/SupA*	
1	0	92,1	25,5	0,000	0,000	342,30	0,00		0,00000	
2	118	79,9	25,5	10,863	35,802	342,40	0,08	-2,49	0,00020	
3	272	74,2	25,5	16,492	66,977	342,50	0,17	-1,80	0,00040	
4	507	72,1	25,7	22,517	106,845	342,60	0,25	-1,39	0,00060	
5	695	71,2	25,9	26,363	135,359	342,70	0,33	-1,10	0,00080	
6	1014	71,8	26,2	31,843	179,692	342,80	0,41	-0,88	0,00100	
7	1422	73,8	26,6	37,709	231,566	342,90	0,50	-0,70	0,00120	
8	1777	75,6	26,8	42,154	273,694	343,00	0,58	-0,54	0,00140	
9	2128	77,2	27,0	46,130	313,313	343,10	0,66	-0,41	0,00160	
10	2535	78,3	27,2	50,349	357,259	343,20	0,75	-0,29	0,00180	
11	2888	79,2	27,3	53,740	393,956	343,30	0,83	-0,19	0,00200	
12	3272	79,5	27,5	57,201	432,623	343,40	0,91	-0,09	0,00221	
13	3718	79,9	27,7	60,975	476,137	343,50	0,99	-0,01	0,00241	
14	4132	80,3	27,7	64,281	515,371	343,60	1,08	0,07	0,00261	

Fecha: 14/07/2014														
Experiencia LA-37B														
LA-37B	A	B	C	Sup	Masa	Sup= S/M								
	8,00	8,50	8,40	413,20	342,20	1,21								
Nº	t	HR	Tº int	√t	t ^{1,5}	P	ΔP	lnΔP	ΔP/SupA*					
1	0	94,0	26,0	0,000	0,000	342,20	0,00		0,00000					
2	122	82,1	26,1	11,045	36,709	342,30	0,08	-2,49	0,00020					
3	276	73,0	26,2	16,613	67,715	342,40	0,17	-1,80	0,00040					
4	502	71,3	26,2	22,405	106,054	342,50	0,25	-1,39	0,00060					
5	788	69,2	26,2	28,071	148,729	342,60	0,33	-1,10	0,00080					
6	1134	68,9	26,2	33,675	195,416	342,70	0,41	-0,88	0,00100					
7	1472	70,2	26,2	38,367	237,646	342,80	0,50	-0,70	0,00120					
8	1934	71,1	26,2	43,977	291,637	342,90	0,58	-0,55	0,00140					
9	2411	72,6	26,2	49,102	344,071	343,00	0,66	-0,41	0,00160					
10	2892	73,8	26,2	53,777	394,365	343,10	0,75	-0,29	0,00180					
11	3383	74,7	26,2	58,164	443,585	343,20	0,83	-0,19	0,00200					
12	3822	75,8	26,2	61,822	486,091	343,30	0,91	-0,09	0,00220					
13	4426	77,1	26,2	66,528	542,636	343,40	0,99	-0,01	0,00241					
14	4962	79,2	26,2	70,441	591,211	343,50	1,08	0,07	0,00261					

Fecha: 25/07/2014														
Experiencia LA-37C														
LA-37C	A	B	C	Sup	Masa	Sup= S/M								
	8,00	8,50	8,40	413,20	342,10	1,21								
Nº	t	HR	Tº int	√t	t ^{1,5}	P	ΔP	lnΔP	ΔP/SupA*					
1	0	91,2	26,6	0,000	0,000	342,10	0,00		0,00000					
2	164	78,3	26,6	12,806	45,828	342,20	0,08	-2,49	0,00020					
3	343	73,1	26,6	18,520	79,702	342,30	0,17	-1,80	0,00040					
4	622	70,5	26,6	24,940	124,550	342,40	0,25	-1,39	0,00060					
5	905	69,1	26,6	30,083	165,001	342,50	0,33	-1,11	0,00080					
6	1249	69,3	26,7	35,341	210,098	342,60	0,41	-0,88	0,00100					
7	1595	69,9	26,8	39,937	252,389	342,70	0,50	-0,70	0,00120					
8	2040	71,2	26,9	45,166	303,545	342,80	0,58	-0,55	0,00140					
9	2483	72,6	26,9	49,830	351,749	342,90	0,66	-0,41	0,00160					
10	2934	73,5	26,9	54,166	398,653	343,00	0,75	-0,29	0,00180					
11	3475	74,6	27,0	58,949	452,602	343,10	0,83	-0,19	0,00200					
12	3995	79,5	27,5	63,206	502,502	343,20	0,91	-0,09	0,00220					
13	4553	79,9	27,7	67,476	554,272	343,30	0,99	-0,01	0,00240					
14	5203	80,3	27,7	72,132	612,619	343,40	1,08	0,07	0,00260					