

**CARACTERÍSTICAS FÍSICO-MECÁNICAS  
DEL PINO INSIGNIS Y SU INFLUENCIA CON  
LA EDAD Y EL CRECIMIENTO**

Santiago Vignote Peña

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

1984

## A G R A D E C I M I E N T O S

En primer lugar, he de agradecer al Director de Tesis, Don Cesar Peraza Oramas, Catedrático de Tecnología de la Madera, quien sabiendo la importancia del tema, sugirió este estudio para la realización de la tesis doctoral y la ha dirigido, resolviendo todos los problemas que durante su desarrollo han ido surgiendo.

Asímismo, he de agradecer la ayuda prestada por todo el personal de la Cátedra de Tecnología de la Madera, así como la de la Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y Corcho, con especial mención a los Ingenieros de Montes: Don Fernando Peraza Sánchez, Don Roque Pérez-Agua López y Don Federico Peláez, quienes han colaborado en los ensayos de probetas de madera, y a Don Salvador Fernández Capitán, quien, además de colaborar desinteresadamente en la parte de la mecanografía, ha sido autor de las fotografías expuestas.

Asímismo, he de agradecer los consejos prácticos de Don Antonio Gutierrez Oliva, del Departamento de Maderas del I N I A, de Don Antonio Prieto, de la Cátedra de Ordenación y a Don Ramón Elena del Departamento de Ecología del I N I A.

Por último, he de agradecer a la Comisión Asesora de Investigación Científica y Técnica, la ayuda económica prestada, así como a Serfocona, Diputación de Alava y a las Empresas Lana Cooperativa S. Coop. y Maderas Lequeitio, S.A., quienes han prestado la madera y material necesario para la realización del proyecto.

# I N D I C E

	<u>Páginas</u>
AGRADECIMIENTOS .....	1
1. CARACTERISTICAS DE LAS MASES DE PINO INSIGNIS EN ES- PAÑA .....	5
1.1. Introducción.....	5
1.2. Evolución de las repoblaciones .....	7
1.3. Características del área de implantación y dasométricas..	12
1.4. Características de la producción.....	22
1.5. Existencias y diferencias entre la posibilidad de corta y su aprovechamiento.....	30
1.6. Resumen y Conclusiones.....	32
2. CARACTERISTICAS DE LA MADERA .....	34
2.1. Características morfológicas del árbol .....	34
2.2. Características de las trozas .....	35
2.3. Características anatómicas .....	36
2.4. Características químicas .....	40
2.5. Características físico-mecánicas .....	41
2.6. Características tecnológicas .....	45
3. TENSIONES BASICAS DE LA MADERA.....	58
3.1. Concepto .....	58
3.2. Tensiones básicas .....	62
3.3. Tensiones de trabajo .....	65

	Páginas
4. APLICACION DE LA MADERA EN FUNCION DE SUS CARACTERISTICAS .....	69
4.1. La elaboración de pastas y sus perspectivas.....	69
4.2. Los tableros y sus perspectivas .....	72
4.3. La madera de sierra y sus perspectivas .....	76
4.4. Otras aplicaciones .....	85
4.5. Conclusiones .....	86
5. CARACTERISTICAS FISICO-MECANICAS DEL PINUS RADIATA D. DON (PINO INSIGNIS) Y SU INFLUENCIA CON LA EDAD Y EL CRECIMIENTO.....	88
5.1. Desarrollo de los trabajos .....	88
5.2. Características físico-mecánicas .....	95
5.3. Análisis de los resultados y conclusiones.....	97
5.4. Propuestas de clasificación de la madera aserrada para construcción .....	106
RESUMEN .....	109
SUMMARY .....	111
RESUME .....	113
BIBLIOGRAFIA CONSULTADA .....	115



## INDICE DE ANEXOS

	<u>Páginas</u>
I - CARACTERISTICAS DE LA MUESTRAS .....	117
II - RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE LAS DIFERENTES PROBE- TAS A LA HUMEDAD NORMAL.....	125
III - VARIACION DE LAS CARACTERISTICAS MECANICAS CON - LA EDAD .....	227
IV - RELACION ENTRE LAS CARACTERISTICAS DE LAS MUESTRAS Y LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS.....	235
V - CLASIFICACION DE LA MADERA ASERRADA SEGUN NORMA UNE 56.527-72 .....	239
VI - NORMAS UNE.....	245
VII - REPORTAJE FOTOGRAFICO .....	280

## 1.- CARACTERISTICAS DE LAS MASAS DE PINO INSIGNIS EN ESPAÑA.

### 1.1. INTRODUCCION.

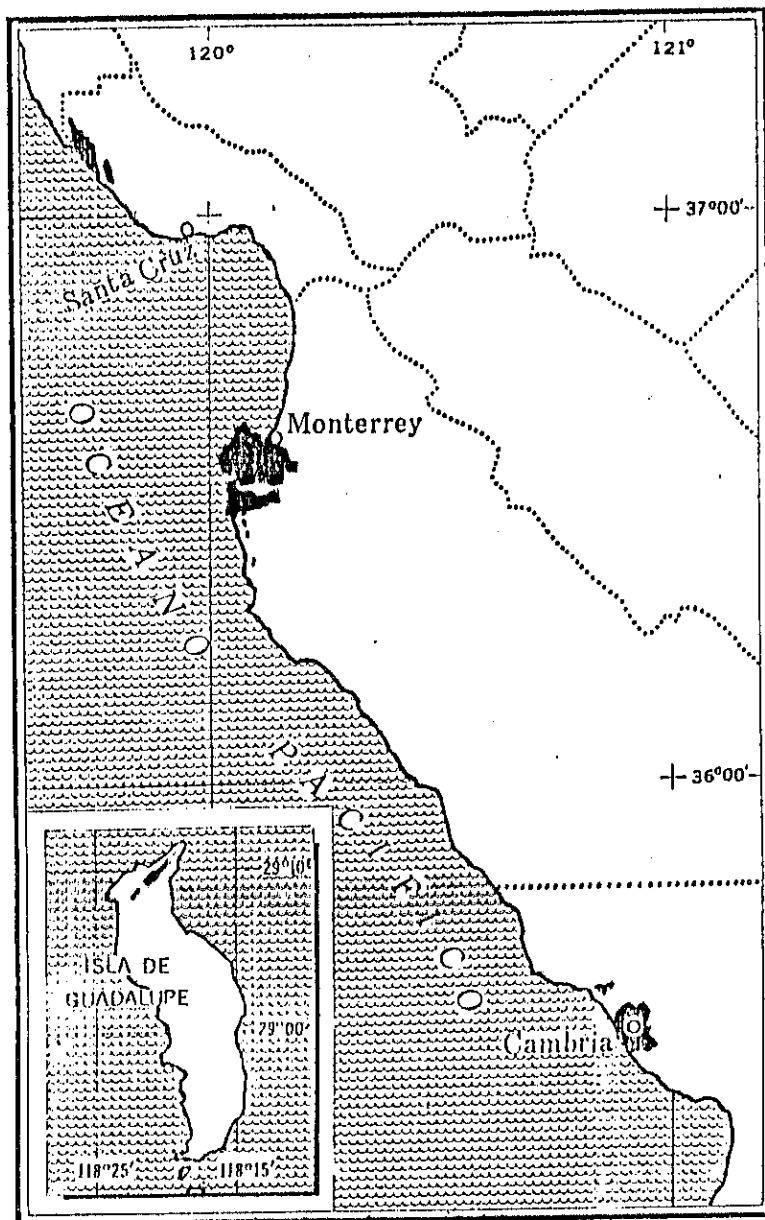
El *Pinus radiata* D. Don, vulgarmente llamado pino insignis o de Monterrey, es un pino cuya área natural se reduce a menos de 4.000 Ha. de la costa californiana, con tres pequeños núcleos en Swanton, Cambria y Monterrey, además de las islas de Santa Rosa, Santa Cruz y Guadalupe (véase mapa nº 1).

Actualmente se le ha introducido artificialmente en el Suroeste de Europa, Nueva Zelanda, Chile, Sudáfrica y Suroeste de Australia, superado la superficie repoblada el millón de Ha.

En España se ha introducido en toda la Cornisa Cantábrica, con especial incidencia en el País Vasco, donde se concentran las dos terceras partes de todas las masas de pino insignis.

El pino insignis fué introducido por primera vez en España, a mediados del siglo XIX por el ilustre dendrólogo D. Carlos Adan de Yarza, que logro reunir en su parque de Zubieta, inmediato a la villa de Lequeitio, multitud de especies exóticas, sobre todo coníferas. Su hijo, D. Mario Adan de Yarza, viendo la perfecta adaptación y rápido crecimiento de alguna de éstas especies, repobló algunos montes con estas coníferas. Al cabo de unas décadas se pudo confirmar el éxito de éstas especies y sobre todo, del pino insignis, iniciando con ello el camino de su extensión. En menos de tres cuartos de siglo, la extensión de esta especie alcanzaba el cuarto de millón de Ha.

M A P A N O - 1 -



AREA NATURAL DEL PINO INSIGNE

(según W.B. Critchfield y E. L. Little, Jr.)

## 1.2. EVOLUCION DE LAS REPOBLACIONES.

La aparición del pino insignis como especie dominante en el paisaje forestal de la Cornisa Cantábrica es el resultado de una coyuntura crítica, en la que por una parte las especies autóctonas prácticamente desaparecen y por otra parte aumenta rápidamente la demanda de madera.

Las especies tradicionales de relevancia forestal de la Cornisa Cantábrica son fundamentalmente los robles, hayas y castaños y en menor medida fresnos, encinas y nogales. La regresión y progresiva desaparición de éstas especies arbóreas es el resultado de un excesivo aprovechamiento, cuyos inicios habría que situarlos en el siglo XVI creciendo progresivamente hasta principios de nuestro siglo.

En el siglo XVI la política del Imperio Español y la colonización de América, impulsaron a un crecimiento de la construcción naval y en menor medida de la industria siderúrgica que si bien tuvo sus efectos en toda la península, fué de particular relieve en el Norte, por ubicarse en ésta zona la industria. Todo ello hace suponer que las talas intensivas, necesarias para éstas industrias, rompió el equilibrio entre la producción y el aprovechamiento de los montes provocando un importante retroceso en su masa forestal (1).

Si bien en el siglo XVII esta demanda sufre un retroceso, en el siglo XVIII vuelve a aumentar, principalmente con destino a la industria siderúrgica y a la construcción. Además en éste siglo, se produce un aumento notable de la superficie agrícola (2) a base de roturaciones en el monte.

El retroceso de la superficie forestal se verá acentuado en el último tercio del siglo XVIII y durante el siglo XIX como consecuencia de un proceso de desamortización de montes comunales, que ya en manos de particulares, en un afán de obtener rápidamente beneficios, diezmaron la superficie forestal. El proceso desamortizador empezó como consecuencia de la guerra de Independencia y guerras Carlistas, que empeñaron el erario público de numerosos municipios de las provincias Vascas, no teniendo

(1) Como así lo demuestran las normas de protección de los montes que siguieron a éstas cortas (F. de Sagarmínaga D. de Areitio "El gobierno y régimen foral del Señorío de Vizcaya". Bilbao 1934, vol. III, pág. 253 y vol. V pág. 101.

(2) Extractos de la Real Sociedad Bascongada. año 1977, pág. 19

más salida que la de venta de propiedades municipales. Después, el proceso desamortizador fué consecuencia de la política general de España.

También contribuye al retroceso de la superficie forestal durante el siglo XIX, el aumento de la demanda de madera para la construcción, manteniéndose todavía hasta finales de siglo una gran demanda para la industria del hierro y el acero. Aumento de la superficie agrícola, aumento del pastoreo y un aprovechamiento muy importante de hojas de árboles, helechos etc.

Durante finales del siglo XIX y principios del XX se suceden las plagas sobre el castaño, el roble y en menor medida de la encina, que arrasaron los vestigios de arbolado que aún existía. Es de hacer notar, que si bien no se tienen datos que cuantifiquen la regresión forestal habida, si existen opiniones de ilustres forestales, como es el caso de D. Mariano Adan de Yarza que en la Casa de Juntas de Guipúzcoa en 1913 (\*) pronunció una conferencia, en la que estimaba que de las 500.000 Ha. de vertiente Cantábrica que tiene el País Vasco y Navarra, 150.000 Ha. se encontraban despobladas y necesitadas de una pronta repoblación.

Frente a éstas perspectivas de oferta de madera, la demanda tuvo un crecimiento vertiginoso a partir de mediados del siglo XIX. Bien es verdad que la madera con destino a la siderurgia, se hizo prácticamente nula y que la madera con destino a la construcción y astilleros fué sustituida en su función estructural por otros materiales, pero la revolución industrial y la sociedad de consumo que ella conlleva, multiplicó la industria naval y la construcción y con ello la demanda de madera. Es todavía más importante la demanda de madera que produjo el desarrollo de la moderna industria de pastas y papel.

Toda esta coyuntura, hizo que no fuese casual el estudio de nuevas especies de perfecta adaptación, rápido crecimiento y turno corto, que tendiese a equilibrar la oferta de madera con la demanda.

---

(\*) Revista "Mecanización y Transformación Forestal" nº 9, pág. 8, año 1983

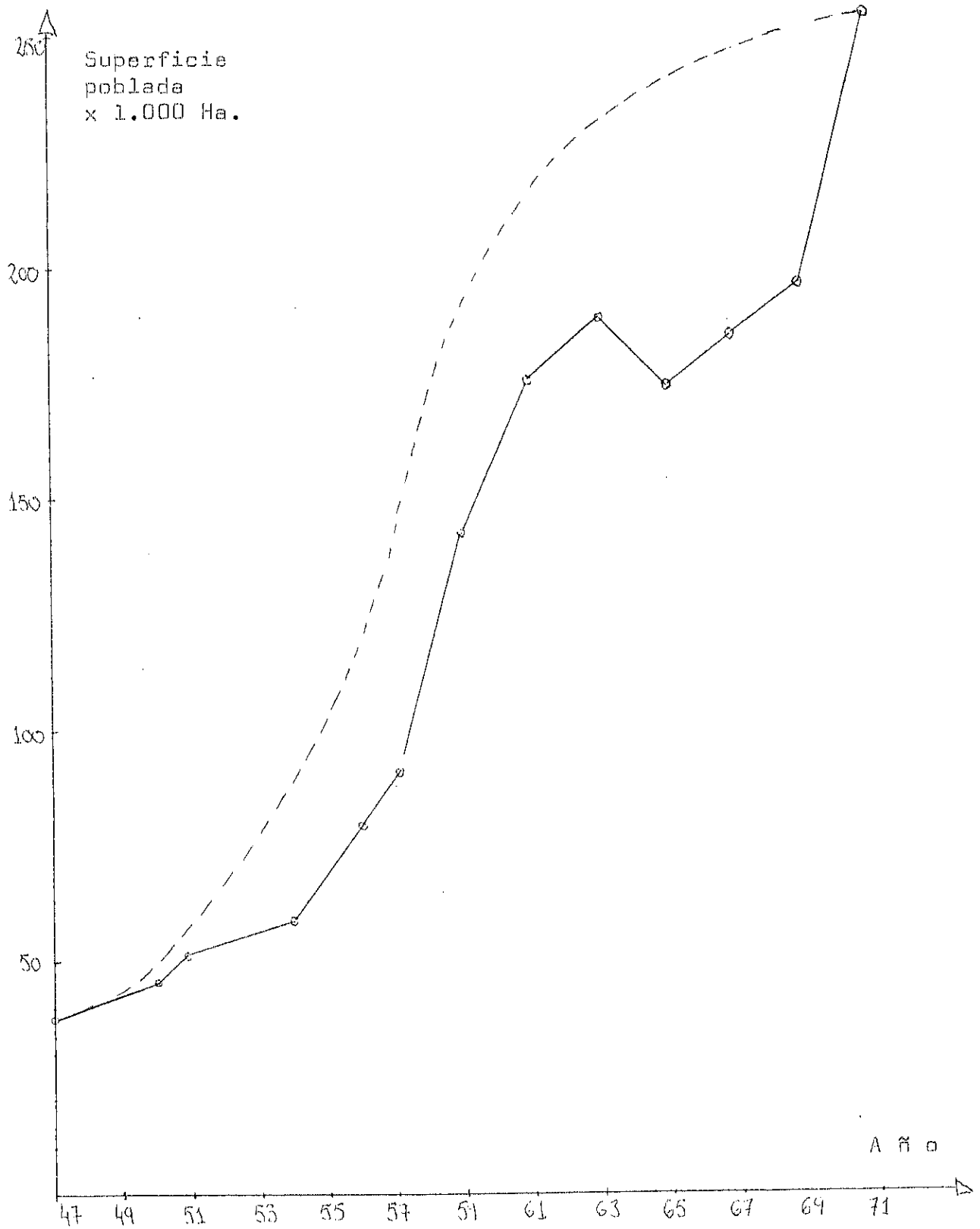
El éxito de las experiencias con pino insignis que tuvo D. Mario Adan de Yarza, fué suficiente aliciente como para que los propios particulares se decidiesen por la implantación de esta especie. En apenas un cuarto de siglo se logro cambiar la fisonomía de todo el Norte de España, con especial incidencia en el área Oceánica de las provincias Vascas, donde el pino insignis ocupa más de la tercera parte de la superficie total y cerca del 60 % de la superficie forestal.

En el cuadro y gráfico nº 1 se detalla la evolución de la superficie ocupada por las repoblaciones de pino insignis desde 1947 hasta 1971, año en que se realizó el Inventario Forestal de España. En el gráfico se puede observar la rápida extensión de este pino, sobre todo en el quinquenio de 1955 a 1960, en el que se repoblaron más de 100.000 Ha. También debe tenerse en cuenta que la diferencia de extensión entre el año del Inventario Forestal Nacional (1971) y el anterior, se debe a una infravaloración de los datos estadísticos hasta ese año, con lo que la evolución real de la extensión del pino insignis se ajustará a la línea de puntos del gráfico. Según ésta posible curva, las repoblaciones en el quinquenio 1955-1960 se acercaron a las 150.000 Ha, lo que representa más de la mitad de la extensión de la superficie total de pino insignis.

Esta cifra tiene su especial importancia en los momentos actuales dado que cumplen en el actual quinquenio la edad del turno normal.

Es importante hacer notar, y así lo ha pretendido éste estudio que el pino insignis ha ocupado en la mayoría de los casos zonas degradadas en donde predominaba el matorral de brezos, argomas o helechos. No han sido importantes, por su extensión - las superficies de haya, robles o castaños que han sido taladas para la implantación - de éste pino.

GRAFICO Nº 1  
EVOLUCION DE LA SUPERFICIE POBLADA DE P. INSIGNIS



CUADRO Nº 1

EVOLUCION DE LA SUPERFICIE DE PINO INSIGNIS EN ESPAÑA

<u>AÑO</u>	<u>EXTENSION en Ha.</u>
1947	37.717
1950	46.667
1951	48.896
1954	57.237
1956	79.296
1957	92.667
1959	139.516
1961	176.290
1963	188.927
1965	173.244
1967	182.650
1969	193.395
1971	263.639

---

Fuente: Estadística Forestal de España. Ministerio de Agricultura.

Anuario Estadística Agraria. Ministerio de Agricultura.

---



### 1.3.- CARACTERISTICAS DEL AREA DE IMPLANTACION Y DASOMETRICAS:

#### 1.3.1.- Situación Geográfica.

En el cuadro nº 2 se detalla por provincias las extensiones de las masas de pino insignis, según el Inventario Forestal Nacional concluído en 1971-72 y 73.

En este cuadro se observa como el pino insignis se extiende fundamentalmente en la Cornisa Cantábrica, con especial relieve en Vizcaya y Guipúzcoa donde se concentran el 60 % del total de las masas de pino insignis.

La distribución de las masas del pino insignis, se esquematiza en el mapa nº 2 (Fuente: Las coníferas españolas en el inventario forestal nacional del Ministerio de Agricultura).

#### 1.3.2.- Distribución por pertenencias.

En el cuadro nº 3 se señala la distribución del área ocupada por el pino insignis según pertenencias.

### CUADRO Nº 3

#### EXTENSION DEL PINO INSIGNIS SEGUN PERTENENCIAS

	Extensión en 1.000 Ha.	% sobre total
Montes del Estado.....	1,9	0,8
Montes consorciados con el Estado.....	59,6	24,5
Montes de Utilidad Pública .....	22,7	9,3
Montes de Régimen Privado .....	159,3	65,4
TOTAL .....	243,5	100 %

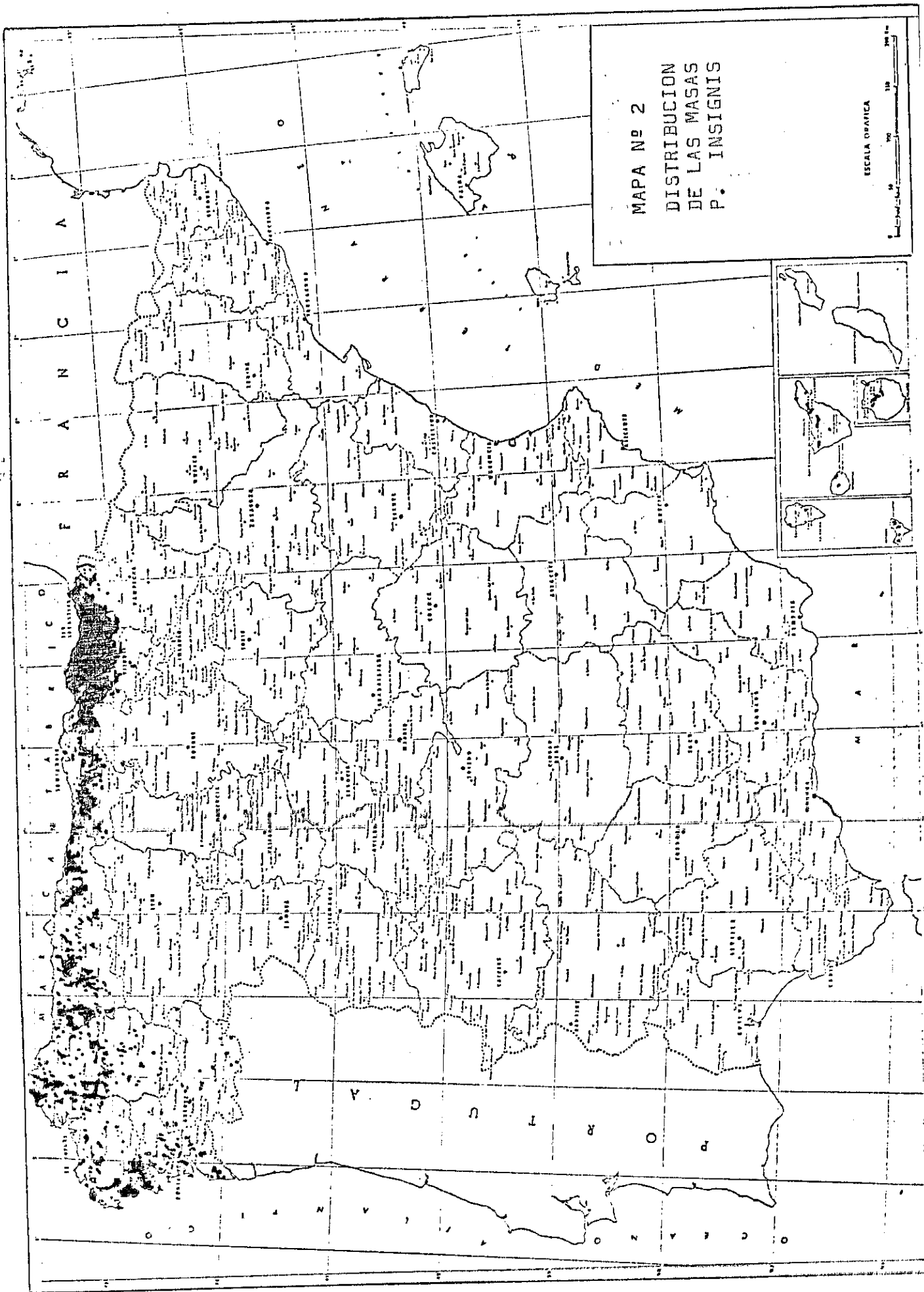
CUADRO Nº 2

EXTENSION DE LAS MASAS DE PINO INSIGNIS POR PROVINCIAS

PROVINCIAS	EXTENSION en Ha.	PA	PR
Alava .	16.550	7	15,3
Coruña.	18.271	8	51
Guipúzcoa.	59.027	24	49,7
Lugo.	10.599	4	0,0
Navarra.	5.794	2	1,9
Oviedo.	26.027	11	7,9
Pontevedra.	3.200	1	1,6
Santa Cruz de Tenerife.	2.424	1	2,9
Santander.	14.962	6	8,6
Vizcaya	86.742	36	68,7
<b>TOTALES .....</b>	<b>243.596</b>	<b>100</b>	

PA : Porcentaje de superficie arbolada con pino insignis, respecto del total nacional.

PR : Porcentaje de superficie arbolada de pino insignis, respecto del total de superficie forestal de esa provincia.



MAPA Nº 2  
 DISTRIBUCION  
 DE LAS MASAS  
 DE LAS MASAS  
 P. INSIGNIS

ESCALA GRAFICA



Se puede observar como el área ocupada por el pino insignis pertenece fundamentalmente a particulares. Además debe hacerse notar la atomización de la propiedad forestal en toda la Cornisa Cantábrica, que se puede cifrar, de acuerdo con los datos estadísticos del Inventario Nacional Forestal en alrededor de 3 Ha.

Esta parcelación del área ocupada por el pino insignis da idea del enorme interés social que tiene ésta especie en la economía de la región. Así mismo, es un dato que refleja la dificultad de poder hacer una política programada, tanto a nivel de repoblación o de silvicultura, como de aprovechamiento de su producción.

### 1.3.3.- Distribución según tipos de montes.

De acuerdo con la publicación "Las coníferas españolas en el Inventario Forestal Nacional", la distribución de las masas de pino insignis según tipos de monte es la siguiente:

#### CUADRO Nº 4

##### EXTENSION DEL PINO INSIGNIS SEGUN TIPOS DE MONTE

	<u>Extensión en Ha.</u>	<u>% sobre total</u>
Monte alto .....	4.375	2
Repoblaciones .....	239.221	98
TOTAL.....	243.596	100

Se puede decir que la práctica totalidad de las masas de pino insignis son repoblaciones.

1.3.4.- Distribución por altitudes.

De los datos del Inventario Forestal Nacional se deduce la siguiente distribución por altitudes.

CUADRO Nº 5

EXTENSION DEL PINO INSIGNIS SEGUN ALTITUDES

<u>Intervalos de Altitud</u>	<u>Extensión en 1000 Ha.</u>	<u>% sobre el</u>
De 0 a 400 m.	146,4	60,1
De 400 a 800 m.	93,4	38,4
De más de 800 m.	3,7	1,5
TOTAL .....	<u>243,5</u>	<u>100,0</u>

Del cuadro se deduce como más del 98 % de la superficie ocupada por el pino insignis se encuentra en cotas por debajo de los 800 m. de altitud.

La altitud es un factor abiótico que influye muy decisivamente en el crecimiento del pino insignis, fundamentalmente por la sensibilidad de ésta especie al frío y a las nevadas(\*) factores que en la Cornisa Cantábrica está muy directamente relacionados con la altitud.

1.3.5.- Distribución según pendientes.

El Inventario Forestal no analiza las masas arbóreas en función de la pendiente, no obstante, según el estudio Ecología de los pinares españoles. IV Pinus Radiata

(\*) Ecología de los Pinares Españoles IV Pinus Radiata D. Don. Ministerio de Agricultura. INIA 1947, pág. 99.

D. Don (\*), la distribución es la siguientes:

CUADRO Nº 6

EXTENSION DEL PINO INSIGNIS SEGUN PENDIENTES

<u>Pendiente</u>	<u>Porcentajes de masas</u>
0 - 19	24,71
20 - 39	42,54
40 - 59	20,11
60 - 79	9,77
80 - 99	2,87

De éste cuadro se deduce la fuerte pendiente que afecta en la mayoría de los casos a las masas de pino insignis. En el señalado estudio ecológico no se encuentra correlación entre crecimiento y pendiente, no obstante, se ha recogido en este estudio los datos de pendiente por la posible influencia que pueda tener sobre la calidad de la madera y sobre todo por la posible producción de madera de reacción.

1.3.6.- Existencias y crecimientos.

De acuerdo con el estudio "Las Coníferas españolas en el Inventario Forestal Nacional" las existencias en 1971 por provincias, regiones, pertenencias, clases y categorías diamétricas y calidad del arbolado, son las especificadas en el Cuadro nº 7.

De éste cuadro se puede apreciar la cuantía de los crecimientos y sobre todo, su importancia en términos unitarios de superficie de donde se deriva el interés económico de la especie.

---

(\*). Ecología de los pinares españoles IV Pinus Radiata D. Don.  
Ministerio de Agricultura. INIA 1947, pág. 47

CUADRO Nº 7

EXISTENCIAS DEL PINO INSIGNIS

Pies mayores

CONCEPTOS	N	V	IV	PA	PR
Totales :	48.131.337	13.731.779	2.440.982	100	4,1
PROVINCIAS					
Alava .....	2.958.797	962.630	173.450	7	17,3
Coruña .....	2.742.376	650.150	141.016	5	3,5
Guipúzcoa .....	10.286.538	2.563.830	515.844	19	48,8
Lugo .....	2.049.855	416.869	65.446	3	4,0
Navarra .....	519.272	84.332	29.998	1	0,4
Orense .....	350.057	71.022	11.713	1	0,8
Oviedo .....	4.930.220	1.342.213	214.232	10	8,8
Las Palmas .....	30.962	6.103	1.185	0	0,9
Pontevedra .....	612.459	175.654	25.775	1	1,3
Santa Cruz de Tenerife .....	761.869	226.581	21.806	2	3,7
Santander .....	1.918.903	442.152	65.320	3	4,9
Vizcaya .....	20.970.029	6.790.243	1.155.197	49	83,0
CLASES DIAMETRICAS					
20 .....	26.726.939	4.515.302	1.020.064	33	6,5
25 .....	12.867.208	3.850.362	713.344	28	5,9
30 .....	5.320.068	2.573.448	400.942	19	4,5
35 .....	2.082.298	1.485.280	192.241	11	3,4
40 .....	764.393	772.404	80.130	6	2,5
45 .....	261.981	331.032	24.763	2	1,6
50 .....	62.529	103.012	5.621	1	0,7
55 .....	28.294	53.446	2.438	0	0,6
60 .....	10.063	23.334	924	0	0,3
65 .....	3.259	10.272	247	0	0,3
70 y superiores .....	4.305	13.887	268	0	0,1
CATEGORIAS DIAMETRICAS					
Delgada (20 a 30) .....	44.914.215	10.939.112	2.134.350	80	5,7
Media (35 a 45) .....	3.108.672	2.588.716	297.134	19	2,7
Gruesa (50 o más) .....	108.450	203.951	9.498	1	0,4
CALIDAD DEL ARBOLADO					
Bueno .....	--	4.935.929	--	36	6,7
Corriente .....	--	8.639.140	--	63	3,9
Defectuoso .....	--	72.099	--	1	0,2
Malo .....	--	7.486	--	0	0,2
Sin asignar .....	--	77.125	--	1	--

Pies menores

Totales :	242.222.566	7.250.028	2.759.725	100	6,0
PROVINCIAS					
Alava .....	16.784.390	579.437	227.868	8	21,1
Coruña .....	22.314.148	502.921	210.168	7	7,4
Guipúzcoa .....	54.859.279	1.594.262	681.801	22	51,3
Lugo .....	22.624.098	349.344	151.438	5	7,1
Navarra .....	7.183.090	198.301	99.077	3	2,2
Orense .....	2.894.356	83.407	25.439	1	2,3
Oviedo .....	21.088.255	558.213	178.931	8	4,7
Las Palmas .....	107.285	2.940	1.804	0	3,8
Pontevedra .....	3.208.506	67.730	25.578	1	7,1
Santa Cruz de Tenerife .....	1.638.095	104.363	17.639	1	7,1
Santander .....	9.877.389	405.312	100.200	6	9,1
Vizcaya .....	79.643.675	2.803.598	1.039.782	39	72,9
CLASES DIAMETRICAS					
5 .....	95.028.957	--	--	--	--
10 .....	94.184.139	2.973.175	1.470.217	41	4,8
15 .....	53.009.470	4.276.853	1.289.508	59	7,2
T O T A L					
(pies mayores + pies menores)	290.353.903	20.981.807	5.200.707		

Referido a unidad de superficie	
N/S	119,1 árboles/ha.
V/S	86,6 m <sup>3</sup> c/c/ha.
IV/S	21,2 m <sup>3</sup> c/c/ha.

Siendo : N : Nº de pies

V : Volúmen maderable en m<sup>3</sup> C/C

IV : Crecimiento anual del volúmen maderable, en m<sup>3</sup> C/C

Estos datos de existencias se refieren al año 1971, las existencias actuales se podrían calcular agregándoles los crecimientos anuales y sustrayéndoles los aprovechamientos en el intervalo habido hasta el presente año.

Dado que en el siguiente capítulo se analizarán éstos aprovechamientos y dada la importancia de éste punto en el análisis de la situación de esta especie forestal, su estudio se realizará en otro capítulo.

### 1.3.7.- Características de producción de las masas.

Si bien existen unas tablas de producción de las masas, según la altura dominante de éstas, se da a continuación la tabla de producción media obtenida del Inventario Forestal Nacional (\*). Sólo se da la tabla de masa regular, por ser esta el tipo dominante en la práctica totalidad de su extensión.

CUADRO Nº 8

TABLA DE PRODUCCION DEL PINO INSIGNIS

t	VALORES DEL PIE MEDIO			MASA PRINCIPAL ANTES DE LA CORTA				MASA EXTRAIDA		MASA PRINCIPAL DESPUES DE LA CORTA				MASA TOTAL	DENSIDAD DE CORTA		CRECIMIENTOS	
	d	h	v	N	G	F	V	N	V	N	G	F	V	V	%	Med.	Cris.	
10	8,8	6,5	20	2.321	14	9,81	46	1.510	26	1.011	6	4,27	20	46	57	4,60	13,9	
15	16,2	10,9	88	1.011	21	12,01	89	427	38	584	12	6,94	51	115	43	7,67	19,9	
20	23,8	14,7	256	584	26	12,62	150	202	52	382	17	8,25	98	214	35	10,70	21,2	
25	31,6	17,9	534	382	30	12,24	204	112	60	270	21	8,65	144	320	29	12,80	21,0	
30	39,5	20,3	923	270	33	11,12	249	69	64	201	25	8,28	185	425	26	14,17	21,0	
35	47,6	22,0	1.435	201	36	9,73	288	46	66	155	28	7,50	222	528	23	15,09	20,6	
40	55,9	22,8	2.079	155	38	8,06	322											

Siendo: t = edad de la masa en años.  
 d = diámetro en cm.  
 h = altura del árbol en m.  
 v = volumen del árbol

N = Número de árboles/Ha.  
 G = área basimétrica en m<sup>2</sup>/Ha.  
 F = área altimétrica en H<sup>2</sup>/Ha.  
 V = volumen de la masa en m<sup>3</sup>/Ha.

(\*). Fuente: "Las Coníferas Españolas en el Inventario Forestal Nacional" 1979. Ed. ICONA.



De acuerdo con esta tabla, el turno de máxima renta en madera sería el punto - de intersección entre la curva de crecimiento medio y la de crecimiento corriente (véase gráfico nº 2).

En la actualidad se está aplicando el turno económico, situado alrededor de los 25 años de edad.

### 1.3.8.- Posibilidades de corta.

Para el año del Inventario Forestal Nacional la posibilidad de corta para el total de las masas sería:

$$P = \frac{V}{T} + \frac{C}{2}$$

Siendo: P = Posibilidad de corta anual.

V = Volumen maderable.

T = Turno.

C = Crecimiento medio.

Para un turno de 25 años la posibilidad sería:

$$P_{25} = \frac{20.981.807 \text{ m}^3}{25} + \frac{12,8 \text{ m}^3/\text{Ha.año} \times 243.596 \text{ Ha.}}{2} = 2.398.000 \text{ m}^3$$

Para un turno de 35 años, la posibilidad sería:

$$P_{35} = \frac{20.981.807 \text{ m}^3}{35} + \frac{15,09 \text{ m}^3/\text{Ha.año} \times 243.596 \text{ Ha.}}{2} = 2.436.000 \text{ m}^3$$

Referido a la unidad de superficie, la posibilidad sería:

$$P_{25} = 9,85 \text{ m}^3/\text{Ha.año.}$$

$$P_{35} = 10,00 \text{ m}^3/\text{Ha.año}$$

CURVAS DE CRECIMIENTO

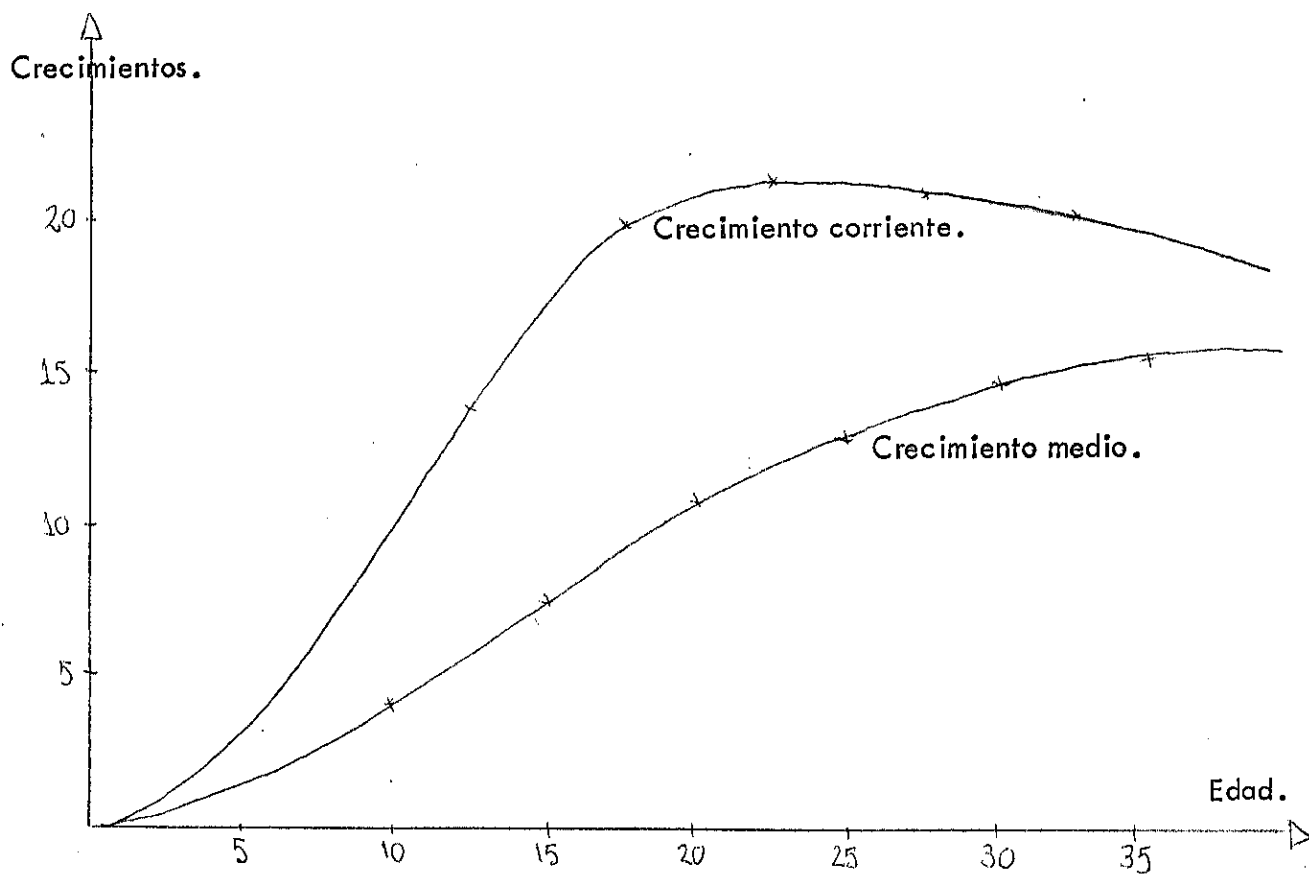


GRAFICO Nº 2

## 1.4.- CARACTERISTICAS DE LA PRODUCCION.

### 1.4.1.- Aprovechamientos de madera.

En éste capítulo se abordará el aprovechamiento de madera en base a las estadísticas del Ministerio de Agricultura y posteriormente, en vista a las limitaciones que tienen las estadísticas, se hará una evaluación global de las cortas de pino insignis en el País Vasco y Navarra en base a datos directos sobre el consumo para 1977, realizado en las empresas forestales. Por último y en función de ambos estudios se analizará la evolución de las cortas de madera.

#### 1.4.1.1.- Cortas de madera según la Estadística del Ministerio de Agricultura.

Los datos de producción son los siguientes:

#### CUADRO Nº 9

#### CORTAS DE PINO INSIGNIS SEGUN ESTADISTICA DEL MINISTERIO DE AGRICULTURA

<u>Años</u>	<u>Cortas x 1000 m<sup>3</sup></u>
1.947	248,4
1.951	180,4
1.955	408,0
1.957	371,4
1.959	202,6
1.961	222,9
1.963	198,9
1.965	365,3
1.966	443,7
1.967	448,6
1.969	634,0
1.970	632,2
1.971	800,0
1.972	869,0
1.973	972,3
1.974	1.400,9
1.975	757,3
1.976	1.034,4
1.977	929,8
1.978	932,0
1.979	924,8
1.980	1.066,5
1.981	908,1

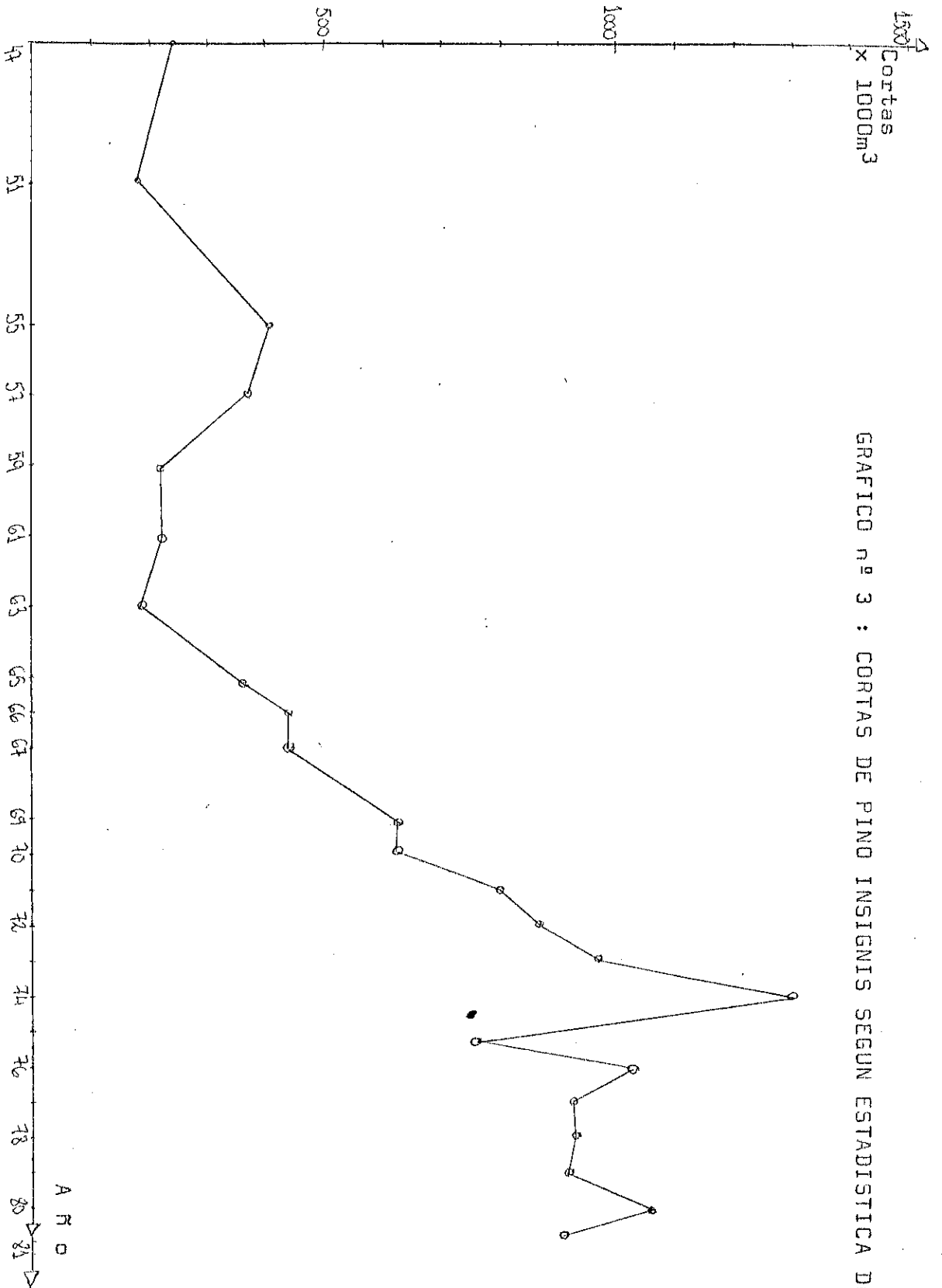


GRAFICO n° 3 : CORTAS DE PINO INSIGNIS SEGUN ESTADISTICA DEL M.A.

Estos datos se expresan en el gráfico nº 3.

De la observación conjunta del cuadro y gráfico se deduce como hasta el año 1963 los volúmenes de corta se mantenían entre los 200 y 300 mil metros cúbicos, experimentando a partir de ése año un crecimiento continuo, fruto de las primeras claras de las repoblaciones iniciadas una década anterior, estabilizándose en alrededor de 900.000 m<sup>3</sup>. En el año 1974, ante las expectativas de escasez surgidas por la crisis económica, las empresas, sobre todo papeleras, hicieron grandes acopios de madera dando como resultado un elevado volumen de corta en ése año, para después en los años siguientes, debidos a los fuertes stocks y al mercado en recesión, bajar el consumo de madera, estabilizándose definitivamente en los 900.000 m<sup>3</sup>.

De todas las formas los datos expuestos anteriormente no ofrecen fiabilidad en sus valores absolutos, ya que por diversas razones, se encuentran considerablemente infravalorados. Por el contrario si ofrecen visas de fiabilidad todo, en lo que se refiere a la evolución de los datos y a consideraciones enunciadas, por mantenerse la infravaloración.

#### 1.4.1.2.- Cortas de madera, datos de consumo de la industria forestal.

Según el "Estudio Ecológico de las Repoblaciones de Coníferas Exóticas en el País Vasco" (\*) el consumo de madera realizado por la industria forestal durante 1978 fué de 1.544.000 m<sup>3</sup> c/c, de acuerdo con el cuadro nº 10.

En ese mismo año, los datos del Anuario Estadístico Agrario fijan, para el País Vasco y Navarra un aprovechamiento de 766.000 m<sup>3</sup> c/c, lo que supone una infravaloración del 101,6 % en los datos suministrados por ICONA y la Dirección General de Producción Agraria.

---

(\*) . Tomo III, pág. 1396 y siguientes.

CUADRO Nº 10

CONSUMO DE MADERA DE PINO INSIGNIS SEGUN TIPO DE INDUSTRIA.

Industria de pasta procedimiento mecánico .....	552,000	m <sup>3</sup> c/c.
Industria de pasta procedimiento químico .....	529.000	"
Fibra sintética .....	29.000	"
Industria de tableros de partículas .....	100.000	"
Puntales para minas .....	14.000	"
Industria del aserrado.....	320.000	"
TOTAL.....	1.544.000	m <sup>3</sup> c/c.

Como puede apreciarse, esta cifra coincide en mejor medida con las posibilidades de cortas analizadas en el capítulo anterior, si bien en general está todavía por debajo, lo que supone que en cierta medida se está produciendo una capitalización del monte de pino insignis. Esta opinión es asimismo compartida en todos los estudios últimos, realizados a ésta especie (\*), como por los forestales de la zona.

A nivel unicamente indicativo, para posteriormente poder dar una idea de las existencias actuales, se va a suponer que los datos de infravaloración de las cortas anuales dadas por el Ministerio de Agricultura, se van a mantener, tanto para el resto de las provincias, como para todos los años, con lo que se obtendrían los siguientes valores:

---

(\*) - Estudio Umbra.

Estudio ecológico económico de las repoblaciones de coníferas exóticas en el País Vasco.

CUADRO Nº 11

CORTAS ANUALES DE PINO INSIGNIS

<u>Años</u>	<u>Cortas según A<sub>3</sub>E.A. x 1000 m</u>	<u>Cortas según valoración directa x 1000 m</u>
1.971	800,0	1.612,9
1.972	869,0	1.752,0
1.973	972,3	1.960,3
1.974	1.400,9	2.824,4
1.975	757,3	1.526,8
1.976	1.034,4	2.085,5
1.977	929,8	1.874,6
1.978	932,0	1.879,0
1.979	924,8	1.864,5
1.980	1.066,5	2.150,2
1.981	908,1	1.830,8

A.E.A. = Anuario de Estadística Agraria.

1.4.2.- Valor de la producción.

Según los datos del Anuario Estadístico Agrario, la evolución del precio de la dera desde 1974, es el siguiente:

CUADRO Nº 12

VALOR DE LA MADERA DE PINO INSIGNIS

<u>Año</u>	<u>Valor en pie pts/m<sup>3</sup> c/c.</u>	<u>Valor en cargadero pts/m<sup>3</sup> c/c.</u>
1.974	1.562	1.886
1.975	1.065	1.518
1.976	1.104	1.540
1.977	1.214	1.735
1.978	1.231	1.768
1.979	1.261	1.733
1.980	1.288	1.269
1.981	1.269	1.907

En el cuadro nº 12 se aprecia como el precio de la madera prácticamente se ha sostenido en el último decenio, con oscilaciones entre año y año, pero sin que exista una tendencia clara de alteración.

El precio en el cuadro se refiere al precio medio, sin embargo es importante resaltar la diferencia del precio en pie de la madera según el destino. Así, para 1977, la madera con destino a la industria de desintegración se pagaba alrededor de las 700,-ptas. el estéreo s/c (975 ptas. m<sup>3</sup> c/c) mientras que la madera para sierra oscilaba alrededor de 2.000,-ptas./m<sup>3</sup> (\*).

Según opiniones contrastadas directamente con el sector forestal implicado, éstos precios prácticamente no se han visto modificados en los últimos años.

#### 1.4.3.- Características de la explotación y su análisis.

Como consecuencia de la estructura atomizada de la propiedad forestal, la explotación se suele realizar de forma muy disgregada, sin coordinación, en parcelas de apenas Ha. Esto lleva consigo, los siguientes inconvenientes:

- Dificultad de tener una infraestructura viaria en condiciones. Esto es una realidad, según el Anuario de Estadística Agraria de 1981, la situación de las vías de saca es la siguiente: (Cuadro nº 13).

#### CUADRO Nº 13

##### VIAS DE SACA EN Km, DURANTE 1981 Y SU RELACION CON LA SUPERFICIE FORESTAL.

<u>Provincias</u>	<u>Vías de saca en Km.</u>	<u>Superficie forestal en Ha.</u>	<u>Metros de vía de saca Superficie forestal en Ha.</u>
Vizcaya	1.645	126.000	13,1
Guipúzcoa	2.134	119.000	17,9
Oviedo	5.247	363.000	14,5
La Coruña	1.265	356.000	3,6

(\*) .Estudio Ecológico y Económico de las repoblaciones de Coníferas Exóticas en el País Vasco, pág. 1.401



Teniendo en cuenta, el porcentaje de superficie que ocupa el pino insignis en éstas provincias, resulta una densidad media de vías de saca de 13,8 m/Ha.

Si bien esta cifra puede estar infravalorada, sobre todo en el caso de La Coruña, si da idea de la insuficiencia viaria de éstas provincias. Debe tenerse en cuenta que en la actualidad se están barajando cifras de densidades viarias para montes productores de 35 a 60 m/Ha., según lo accidentado del terreno.

La consecuencia de una falta de red viaria lleva consigo el aumento de costes del desembosque, debido de una mayor distancia entre el punto del apeo y la playa de carga.

- Dificultad de mecanización de las operaciones de apeo y saca, debido al pequeño tamaño de los aprovechamientos.
- Dificultad de comercialización como consecuencia de la dispersión de la oferta. Esto obliga a la existencia de intermediarios, yasean rematantes o personal fijo de las empresas forestales, que faciliten el intercambio entre el propietario forestal y el empresario.

Todo ello lleva consigo unos excesivos gastos de explotación (vease cuadro nº 12) que suponen prácticamente el 50 % del valor de la madera en pie. Estos gastos se han ido incrementando año a año como consecuencia del aumento del coste de la mano de obra, de la energía y de la maquinaria, restando valor a la madera en pie, dado que de alguna forma los costos de la madera en los patios de apilado vienen influidos por los mercados internacionales.

Con todo ello, se quiere resaltar la importancia que tendría sobre el valor de la producción del monte, la mejora de las explotaciones.

1.4.4.- Destino de la madera de pino insignis.

Extendiendo los valores dados en el cuadro nº 10 al resto de las provincias de la Cornisa Cantábrica, resultaría el siguiente destino de la madera.

CUADRO Nº 14

DESTINO DE LA MADERA DE PINO INSIGNIS DURANTE 1.978

	<u>m<sup>3</sup> c/c</u>	<u>% sobre total</u>
Industria de pasta procedimiento químico.	644.500	34,3
Industria de pasta procedimiento mecánico .	672.600	35,8
Industria de pasta fibras sintéticas.	31.900	1,7
Industria de tableros de partículas	122.100	6,5
Puntales para minas.	16.900	0,9
Industria del aserrado.	389.000	20,8
TOTAL.....	<u>1.878.900</u>	<u>100</u>

Como puede apreciarse, el 70 % de la madera de pino insignis se destina a la industria de pasta, mercado tradicional de ésta madera, mientras que solo el 20 % se destina al aserrado, para el aprovechamiento íntegro de sus cualidades físico mecánicas.

### 1.5.- EXISTENCIAS Y DIFERENCIAS ENTRE LA POSIBILIDAD DE CORTA Y SU APROVECHAMIENTO.

Como ya se decía anteriormente, los datos de existencias dados hasta ahora se refieren a los datos del año que se realizó el Inventario Forestal en dicha provincia. Las existencias actuales son bien diferentes, dato el tiempo transcurrido desde entonces. Su cálculo, teóricamente se podría realizar sumando año a año los crecimientos, tanto de las masas actuales, como de las nuevas repoblaciones y sustrayendoles los aprovechamientos tanto económicos como los debidos a catástrofes (riadas, incendios, etc..)

Dado el alto valor del error con que se hicieron los datos del Inventario Nacional, y sobre todo lo imperfecto de los datos de corta, sería impropcedente querer calcular con exactitud las existencias actuales, bastando un cálculo aproximado que sirva para reflejar el estado actual de las masas de pino insignis.

Así, suponiendo que los datos calculados en el apartado anterior se refieran al año 1.971, que la posibilidad de ese año se refiera a la denominada  $P_{25}$  y que a efectos de cálculo de la existencia actual, esta se mantenga constante, las existencias en 1.981 serían:

$$E_{81} = E_{71} + 10 \times P_{25} - A$$

Siendo: E = existencias.

P = posibilidad.

A = aprovechamientos.

$$E_{81} = 20.981.807 + 10 \times 2.389.000 - 21.361.000 = 23.600.000 \text{ m}^3 \text{ c/c.}$$

Ello indica, que las existencias actuales son aproximadamente un 10 % superiores a las señaladas en el Inventario Forestal Nacional.

De acuerdo con ésto, la posibilidad actual sería:

$$P_{25} = 2.500.000 \text{ m}^3/\text{año}.$$

Suponiendo una media de los aprovechamientos actuales de  $2.000.000 \text{ m}^3/\text{año}$  resulta una diferencia entre la oferta de madera y la demanda de medio millón de  $\text{m}^3$  (20 % de la producción de madera).

## 1.6.- RESUMEN Y CONCLUSIONES.

El desequilibrio existente en España, a principios de siglo, entre una escasa oferta, debilitada por un abuso secular de los aprovechamientos y gran demanda fundamentada en el abastecimiento de las industrias de pasta, impulsó a que se repoblase un cuarto de millón de hectareas de pino insignis, que con su rápido crecimiento y turno corto, satisfizo en pocos años esa demanda, sobre todo a lo que se refiere a pasta de fibra larga.

La crisis económica y la escasa adaptación que siempre tienen las especies forestales a las fluctuaciones de la demanda ha hecho que en la actualidad se haya invertido el desequilibrio existente a principios de siglo, dándose un exceso de oferta de madera de alrededor del 20 % de la producción de madera. Este exceso de madera lleva consigo las siguientes consecuencias:

- Capitalización a corto y medio plazo del monte, con progresivo aumento de la posibilidad, frente a una demanda estacionaria. Esta capitalización supondrá un aumento sobre todo, de la madera con destino a sierra.
- Disminución en términos reales del valor de la madera.
- Abandono selvícola de los montes. La alta de valor económico de los montes propiciará la falta de inversiones en el mismo, tanto en lo que se refiere a infraestructura, como en labores culturales (poda, etc..)
- Cambio de destino de los montes, o por lo menos cambio de especie, como consecuencia de la falta de rentabilidad.

Para evitar en lo posible todas éstas consecuencias de indudable repercusión en la economía agraria de la Cornisa Cantábrica se deberían tomar las siguientes medidas:



- Diversificación de los destinos de la madera de pino insignis, sobre todo en lo que se refiere a madera de sierra.
- Agrupación de la propiedad forestal en comarcas forestales industriales para la ordenación integral de la zona de mayor vigencia actualmente, por desarrollo de la xilenergética. Sin lugar a dudas facilitará económicamente la creación y cuidados del monte, infraestructura y sobre todo su comercialización al concentrar la oferta y regularizar su aprovechamiento.

## 2. CARACTERISTICAS DE LA MADERA

### 2.1. Características morfológicas del árbol.

El pino insignis es un árbol elevado que puede llegar fácilmente a los 30 m., si bien su altura media se puede cifrar en unos 20 m. Su porte es regular, piramidal en la juventud y finalmente ensanchado, globoso o truncado.

El tronco es recto, bastante cónico, coeficiente mórfico a los 25 años de edad alrededor de 0,45, aumentando con la menor calidad de la masa, no teniendo relación el coeficiente mórfico con la densidad de la masa. (\*).

Ramas verticiladas en forma de brazos de candelabro, horizontales o erecto, patentes en el arranque, vertical y ascendente en sus extremos, cortas en relación a los entrenudos, dando al árbol un aspecto característico. El número de brotes anuales suele ser de dos, si bien en ocasiones pueden ser más. Las ramas son bastantes persistentes aún con falta de luz, por lo que para su eliminación no basta con buscar una máxima espesura, sino que es necesario realizar las podas artificialmente. Si bien con la espesura no se eliminan las ramas, esta si tiene influencia en su desarrollo y, por tanto, en el tamaño de los nudos de la madera.

La distancia entre ramas oscila bastante según las condiciones del terreno, no obstante se puede establecer una media de alrededor de medio metro. Esta distancia puede modificarse, con la espesura de la masa en alrededor de un 20 %. (\*\*), siendo a mayor espesura, mayor el entrenudo.

---

(\*). Tratamiento del Pinus insignis. Ed. I F I E 1944, pág. 39.

(\*\*). Tratamiento del Pinus insignis. Ed. I F I E 1944, pág. 41.

## 2.2. Características de las trozas.

Las trozas poseen una buena conformación general, son derechas y medianamente cilíndricas, con el único defecto específico de la abundancia de nudos, según lo señalado en el apartado anterior.

La sección transversal es muy regular y circular, con el corazón bastante centrado.

La corteza pardo rojiza gruesa, prematuramente agrietada, rugosa, al final color pardo oscuro.

Porcentaje de corteza en volumen 15 % aproximadamente.

La madera de albura tiene un color blanco amarillento, que se oscurece relativamente rápido con la luz. El duramen, de poco a mediano diferenciado, tiene color pardo amarillento a pardo marrón.

El peso específico de las trozas varía bastante con la época de apeo, oscilando entre 1.075 Kgr/m<sup>3</sup>. en el mes de julio y 936 Kg/m<sup>3</sup>. en el mes de marzo. El peso de las trozas baja rápidamente por la acción de su secado al aire libre; así por ejemplo en meses el peso de las trozas pasa a ser de 700 Kg/m<sup>3</sup>.

La durabilidad de las trozas es bastante pequeña, afectándolas rápidamente los hongos cromógenos, causantes del azulado, primero en sus caras más externas para después en corto espacio de tiempo, extenderse al resto de la troza.



## 2.3. CARACTERÍSTICAS ANATOMICAS.

### 2.3.1. Características macroscópicas.

Madera con crecimiento de los anillos anuales bien diferenciados, delimitándose por una franja estrecha de madera de verano más oscura.

Anillos de anchura bastante irregular, exageradamente anchos sobre todo en los primeros años, pudiendo alcanzar los 15 mm., para con la edad irse haciendo más regulares y estrechos, oscilando alrededor de los 2 a 6 cm. de anchura.

En el diagrama se representa la anchura de los anillos en las muestras, observándose la curva de distribución media.

Grano medio a fino. Fibra recta.

Es esponjosa, de ligera a mediana de peso, medianamente dura y muy poco resinosa.

### 2.3.2. Características microscópicas. (Véase figura nº 1).

Traqueidas:

De sección poligonal. Punteaduras areoladas en las paredes radiales en una sola línea, diámetro tangencial medio de  $35 \mu$ , variando entre las  $20 \mu$  y las  $40 \mu$ , longitud media  $3,06 \text{ mm.}$ , variando entre  $4,24$  y  $1,25 \text{ mm.}$  Relación entre longitud, anchura  $87,5$ . No presenta punteaduras en las paredes tangenciales de las traqueidas de otoño.

#### Radios leñosos:

Uniseriados y fusiformes. Los primeros de 4-10 células por término medio, y los valores extremos encontrados son de una célula con 30  $\mu$  y de 23 células con 420  $\mu$ ; son heterogéneos con traqueidas radiales, con marcada tendencia marginal. Las punteaduras del campo de cruce de las células del parénquima radial con las traqueidas verticales son de forma lenticular o escasamente ovaladas. Pinoideas con reborde muy grueso.

Por lo general tienen dos por cruce y pueden presentarse, aunque raramente, cinco. Mayor número por alineación, tres; generalmente existe una alineación horizontal pero no es raro el encontrar dos. Las traqueidas radiales están muy poco dentadas y disseminadas. Canales resiníferos horizontales presentes, característicos del general pino, alojados en el interior de algunos radios.

#### Canales resiníferos verticales:

Los canales, en número variable de 0-4 por  $\text{mm}^2$ ., tienen diámetros de 100-200  $\mu$

DIAGRAMA ESPESOR DE LOS ANILLOS - EDAD

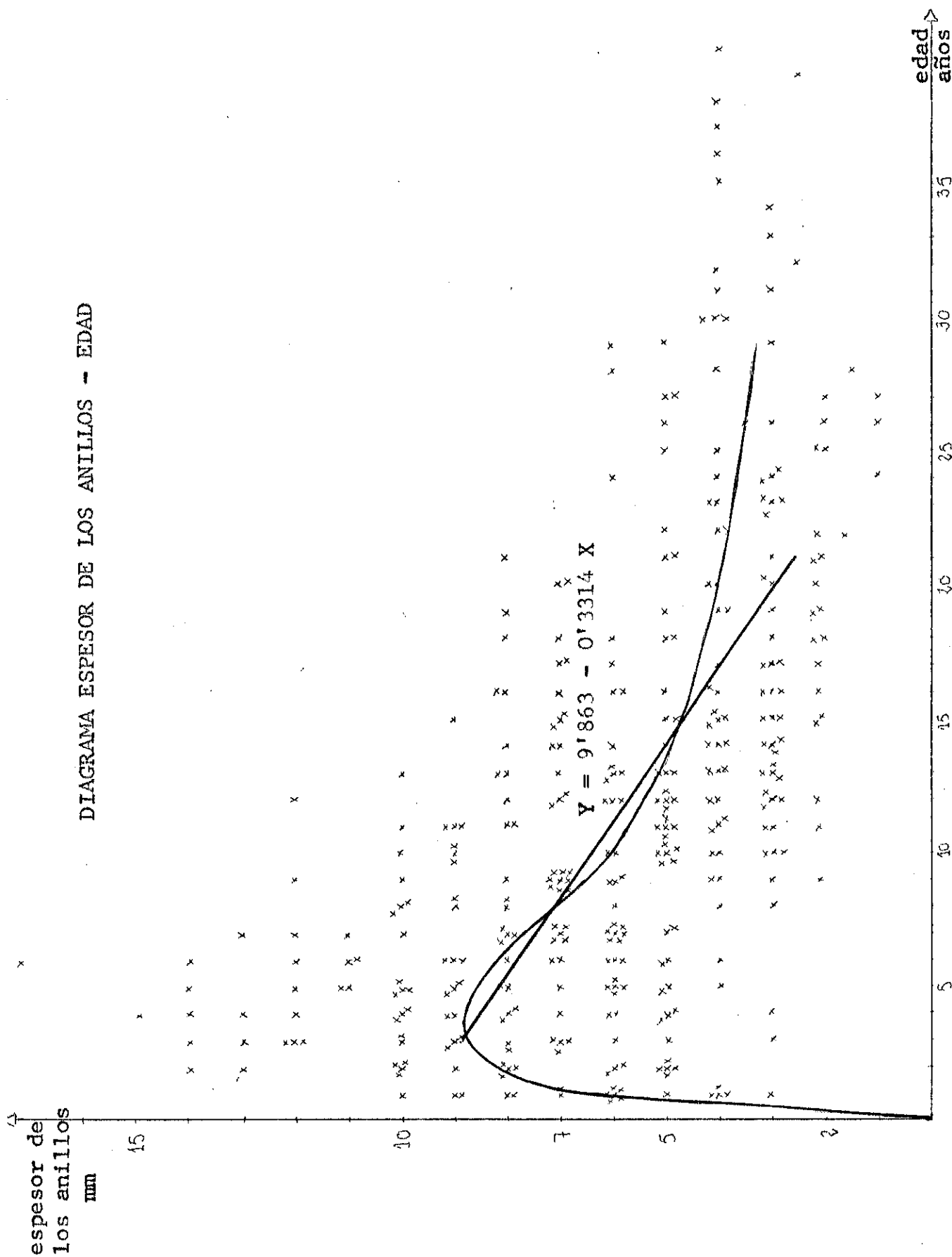
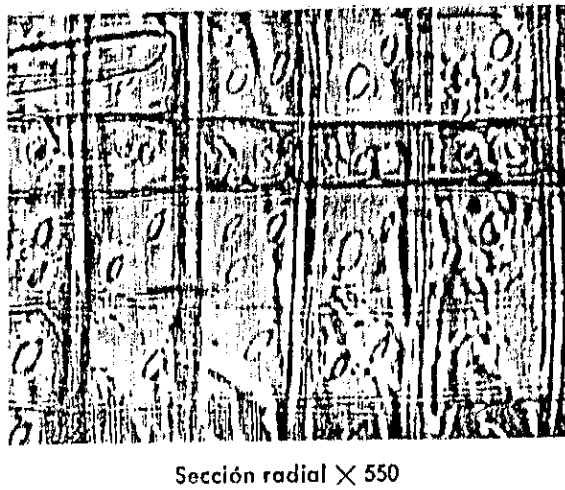
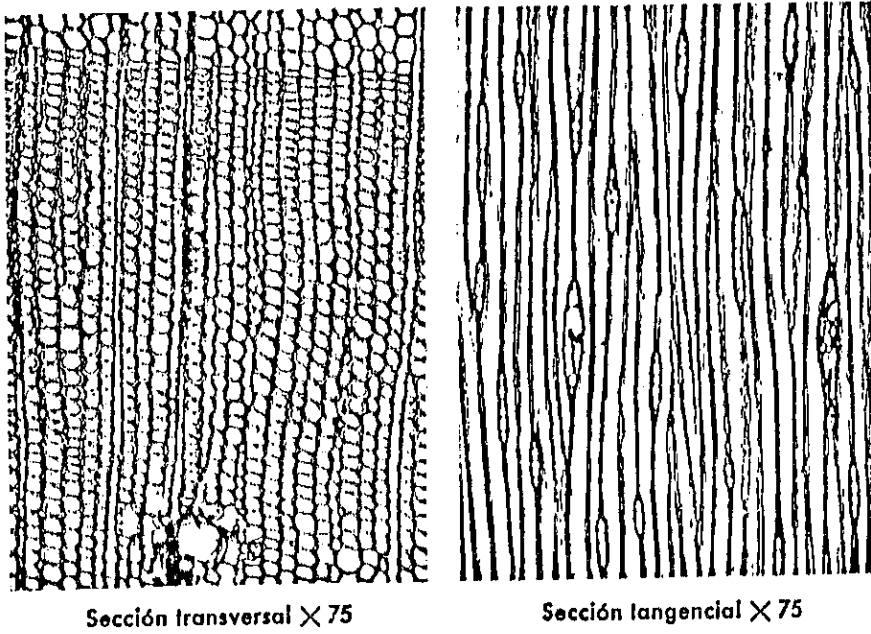


FIGURA N.º. 1: Aspecto microscópico de la madera.



#### 2.4. Características químicas.

La característica más notable de la madera de pino insignis es el bajo porcentaje de contenido de resinas, que oscila entre 0,25 y 3 %, siendo su valor medio 1,18 %.

También es destacable el contenido en celulosa, que oscila alrededor del 57,5 %.(\*)

---

(\*). Datos basados en el estudio "Pinus insignis, crecimiento y producción en el Norte de España y aplicación a la elaboración de pastas de celulosa". Ed. I F I E, 1944.

## 2.5. Características físico-mecánicas.

Las características físico-mecánicas de la madera de pino insignis se resumen en los cuadros 14 y 15.

En cuanto a características físicas, cabe destacar su relativa alta densidad, si se la compara con los resultados que hasta ahora se disponían y su dureza, la más alta de los pinos peninsulares.

En cuanto a sus características mecánicas, si bien en valores absolutos de resistencia a la rotura son bajos, su cotas indican la buena disposición de esta madera a los esfuerzos mecánicos; es resiliente, elástica, muy flexible, medianamente tenaz y adherente.

CARACTERISTICAS		MEDIA	DESVIACION ESTANDAR	DESVIACION TIPICA	NUMERO DE ENSAYOS	INTERPRETACION SEGUN LA NORMA
Peso específico anhidro	$P_o$	0,466	0,063	0,0625	138	
Peso específico al 12 %	$P_{12=D}$	0,495	0,064	0,0640	138	Entre ligera y semipesada.
Higroscopicidad.	$H_i$	$2,7 \cdot 10^{-3}$	$1,29 \cdot 10^{-3}$	$1,28 \cdot 10^{-3}$	138	Normal a pequeña.
Punto de saturación de la fibra	P.S.F	34,58	7,93	7,89	91	Normal.
Contracc. total	B	16,53	3,79	3,77	91	Gran contracción.
Volume- trica. unitario	V	0,478	0,145	0,1446	138	Medianamente nerviosa.
Contracción lineal. total	$B_{Tg}$	7,15	2,04	2,04	183	
Tangencial unitario	$V_{Tg}$	0,206	0,058	0,058	183	Normal a pequeña.
b) total	Br	4,77	1,7	1,7	183	
Radial Unitario	$V_r$	0,137	0,049	0,049	183	Normal agrande.
Dureza valor de N	N	3,16	1,64	1,64	132	Semidura.
Tangencial cota de dureza $N/D^2$		13,13	6,81	6,78	132	Alta.
b) valor de N'	N'	4,15	2,495	2,486	132	Dura.
Radial cota de dureza $N'/D^2$		17,80	11,721	11,676	132	Alta.

NOTA: - el peso específico viene expresado en gramos/cm<sup>3</sup>.  
 - las resistencias vienen expresadas en Kg/cm<sup>2</sup>.

CARACTERISTICAS MECANICAS EN EL SENTIDO DE LA FIBRA DE LA MADERA

CARACTERISTICAS	MEDIA	DESVIACION ESTANDAR	DESVIACION TIPICA	NUMERO DE ENSAYOS	INTERPRETACION SEGUN LA NORMA
Compresion axial	$C_{12}$	90,58	90,43	301	Madera de clase mediana.
cota de calidad especifica.	$C_{12}$ $C_e = \frac{C_{12}}{100D}$	1,76	1,76	300	
Tracción paralela a la fibra	H	1,98	1,98	-	
valor al 12%	$\sigma$	199,43	198,81	161	Madera de clase mediana.
Flexión	$\frac{L}{\sigma}$	13,13	13,09	160	Madera de calidad medianamente elastica.
Estática	$\frac{\sigma}{C_f \cdot 100D}$	3,92	3,91	160	Madera de calidad grande.
cota de tenacidad	$C_f = \frac{\sigma}{C}$	0,41	0,41	160	
Módulo de elasticidad	E	27.993,41	27.877,5	121	Medianamente tenaz y muy tenaz.
Flexión	K	0,19	0,19	132	Madera de clase mediana.
Dinámica	$K/D^2$	0,82	0,81	132	Calidad resistente. Madera que puede resistir choques violentos.
Esfuerzo	Z	18,71	18,18	18	
Radial	Z'	29,13	28,35	19	
Tangencial					

NOTA: todas las tensiones vienen expresadas en Kg/cm<sup>2</sup>.



CARACTERISTICAS MECANICAS TRANSVERSALES A LA FIBRA DE LA MADERA

CARACTERISTICAS		MEDIA	DESVIACION ESTANDAR	DESVIACION TIPICA	NUMERO DE ENSAYOS	INTERPRETACION SEGUN LA NORMA
a) Hienda tangencial	R <sub>H</sub>	8,36	2,21	2,20	110	Madera de calidad baja.
b) resistencia unitaria	C <sub>e</sub>	0,17	0,07	0,07	110	Madera muy hendible o laminable. Madera de raja.
cota de laminabilidad.						
b) resistencia unitaria	R' <sub>H</sub>	13,62	5,65	5,62	102	Madera de calidad baja.
cota de laminabilidad.	C' <sub>e</sub>	0,24	0,05	0,05	102	Madera medianamente hendible o laminable.
a) resistencia unitaria	H	17,96	4,74	4,73	152	Madera de calidad baja.
cota de adherencia.	C <sub>a</sub>	0,36	0,097	0,097	152	Madera de mediana adherencia.
b) resistencia unitaria	H'	18,69	5,05	5,03	134	Madera de baja calidad.
cota de adherencia.	C' <sub>a</sub>	0,38	0,1	0,1	134	Madera de mediana adherencia.
Compresión perpendicular a las fibras	C'	64,22	18,53	18,30	40	

NOTA: todas las tensiones vienen expresadas en Kg/cm<sup>2</sup>

## 2.6. Características tecnológicas.

De acuerdo con los datos teóricos dados en las anteriores características, la tecnología del pino insignis es la siguiente:

2.6.1. Lejiación. Como norma general, la madera de pino insignis presenta facilidad a la penetración por las lejías en el proceso de cocción, que le hace ser una especie tecnológicamente muy apta para la realización de este proceso.

Lejiación a lo ácido (pastas al bisulfito). La característica más importante que se exige a la materia prima para la aplicación de éste proceso es la de poseer muy poca resina, ya que esta queda insoluble en la fibra final. Por ello, la madera de pino insignis es una materia prima especialmente indicada para este proceso. (Proceso prácticamente relegado en España).

De acuerdo con el estudio "Pinus insignis, crecimiento y producción en el Norte de España y aplicación a la elaboración de pastas de celulosa" la longitud de rotura del papel obtenido a partir de la pasta es de alrededor de 10.140 m., (de abeto es de 6.340 m.), confirma la especial aptitud de esta especie a éste proceso tecnológico.

Si bien las características de resistencia de esta pasta son muy buenas, su apariencia de blancura deja mucho que desear, como consecuencia de la elevada proporción de nudos. Esto hace que, en gran porcentaje, la calidad de la pasta obtenida sea, principalmente, de segunda.

Lejiación a la base (pastas a la sosa o pastas al sulfato). Las características que exige este proceso tecnológico a la materia prima son, principalmente, las siguientes:

da longitud de fibra larga, alto contenido en celulosa, facilidad de lejiación, facilidad de blanqueo. El pino insignis proporciona un rendimiento normal de la operación, sin dificultades tecnológicas, debidas a su relativa blandura, sus especiales características de longitud de la fibra hace que la pasta tenga unas condiciones mecánicas excepcionales; por último, la blancura de su madera hace que las necesidades de reactivos para su blanqueo sean pequeñas, de hecho es la conífera española que menor consumo de cloro necesita.

2.6.2. Desfibrado. La escasa adherencia de las fibras puesto de relevancia en los resultados de características mecánicas transversales a la fibra (hienda y tracción), hace que la operación de desfibrado se realice facilmente y con un pequeño consumo de energía.

Los tableros resultantes poseen unas características mecánicas elevadas, como consecuencia de la elevada esbeltez de las fibras 87,5 muy superior a la de cualquier otro pino de aprovechamiento en España. En cuanto a sus características superficiales, también son bastante destacables, por su blancura y por su relativa dureza, debida a la propia dureza de la madera.

El papel resultante de la pasta mecánica obtenida, también posee elevadas características mecánicas; sin embargo, pierde calidad en su aspecto, al producirse un moteado con alguna partícula oscura, precedente de los nudos.

Los rendimientos industriales de ésta operación son los siguientes:

Para 1 m<sup>3</sup>. de madera con corteza se obtiene:

- 450 Kg. de pasta mecánica seca.
- 0,475 m<sup>3</sup>. de tablero de fibras duro.
- 0,600 m<sup>3</sup>. de tablero de fibras de media densidad.

2.6.3. Astillado. Para la realización del astillado, juegan dos factores característicos de la madera: la dureza, en la penetración de la cuchilla, y la hienda, en el desgarramiento de la madera por la cuchilla. Al ser la madera de pino insignis medianamente dura y de fácil hienda, su astillado se realizará relativamente fácil, con consumo de energía mediano.

Las características de resistencia de los tableros de partículas de madera de pino insignis dependen fundamentalmente de las características de la propia madera, del tamaño y forma de las partículas y de la cola. En este sentido, los tableros obtenidos con esta madera poseen unas características medianas frente a los demás pinos. No obstante, existen otros factores que intervienen en la calidad del tablero, como es el caso del contenido de resinas de la madera, ya que ésta se interpone entre la partícula y la cola, debilitando su unión. Es por ello por lo que los tableros de partículas de pino insignis poseen una resistencia grande frente a otras maderas.

En cuanto al aspecto del tablero, es también muy bueno, debido a su blancura y a la ausencia de manchas de resina; no obstante, la elevada proporción de nudos produce un moteado de su superficie.

El rendimiento industrial de la fabricación de tableros de partículas con madera de pino insignis es la siguiente:

1 m<sup>3</sup>. de madera c/c. produce 0,65 m<sup>3</sup>. de tablero.

#### 2.6.4. Características del desarrollo.

La elevada proporción de nudos de esta madera, hace que no se aplique para este proceso tecnológico, ya que el resultado sería la obtención de una chapa con abundantes agujeros procedentes de los nudos de madera.

El desarrollo en sí sería fácilmente realizable, e incluso su elevada elasticidad permitiría obtener una chapa continua con relativa facilidad.

#### 2.6.5. Características del aserrado.

El aserrado de los troncos se debe realizar lo más rápidamente posible, dado que su disposición al ataque por los hongos, su relativa facilidad para secarse al aire y su elevada contracción volumétrica, provocarían la aparición de defectos de azulado y fendas.

La mayor o menor facilidad de penetración de las herramientas de corte en la madera viene determinado por su dureza. La relativa alta dureza del pino insignis hace recomendable que para el aserrado se utilicen sierras con ángulo de ataque no muy elevado y el paso muy corto, de forma que disminuyan los esfuerzos sobre los dientes, logrando una mejor calidad en el aserrado y una mayor dureza de las sierras.

A modo indicativo, en el cuadro n.º. 16 se relaciona el ángulo de ataque "a" ángulo de afilado "b" y la profundidad del diente "p" en relación con la anchura de la cinta. (\*).

CUADRO N.º. - 16 -

CARACTERISTICAS DE LAS SIERRAS DE CINTA

<u>Anchura de la cinta (mm).</u>	<u>80 - 100</u>	<u>110</u>	<u>130</u>	<u>150 ó más</u>
a	22º	25º	28º	30º
b	54º	53º	53º	51º
p (mm)	11º	13º	15º	17º

Respecto al paso, no se da una cifra indicativa, porque depende también de la velocidad de avance de la madera y de la velocidad de la cinta, aumentando con la primera y disminuyendo con la segunda.

La homogeneidad de los troncos, tanto en calidades como en dimensiones y forma y la elevada concentración de estos en un espacio relativamente pequeño, permitiría la instalación de líneas de aserrado totalmente automatizadas, de producción y rendimientos muy elevados. No obstante, dicha homogeneidad de los troncos permite que aún las unidades de aserrado más pequeñas puedan automatizarse con pequeña inversión y con notables beneficios en el rendimiento de su producción.

---

(\*) Manual para el afilado y conservación de sierras de cinta y circulares. Ed. AITIM

El rendimiento del aserrado oscila alrededor del 50 % de la madera en rollo con corteza, obteniendo como subproductos, alrededor del 9 % de serrín y el resto residuos sólidos de los cuales, la mitad podrían aprovecharse para tablillas de envase u otro producto de pequeñas dimensiones.

#### 2.6.6. Características del secado de la madera aserrada.

Como ya se indicó anteriormente, la disposición de esta madera al ataque de los hongos cromógenos, su elevada contracción volumétrica y su relativa facilidad por secarse al aire, aconsejan proceder al secado, inmediatamente después del aserrado, ya sea al aire libre o en condiciones de humedad, temperatura y velocidad del aire controladas.

- Secado al aire libre: Se realiza de forma relativamente rápida (\*), no obstante, se recomienda un apilado de forma que se favorezca la buena circulación del aire, pues de lo contrario, la madera corre el riesgo de azularse. En este sentido, las pilas de madera deben presentar las siguientes características:
  - Orientación perpendicular a los vientos dominantes.
  - Situarse sobre un soporte rígido elevado al menos 50 cm. del suelo.
  - Separarse cada piso de madera mediante rastreles de al menos 3,5 cm. de altura y 25 de anchura. Dentro de un mismo piso los rastreles deben de ir distan

---

(\*). Según se pudo constatar con opiniones de varios fabricantes.

ciados 90 cm. como máximo, de forma que no se produzca combamiento de la madera aserrada.

- Proteger la pila de la lluvia y el sol, mediante un tejadillo.

La duración del secado depende de las condiciones climáticas propias del lugar donde se realiza el secado, de la época del año, de la humedad inicial y final de la madera y del espesor de ésta. A nivel simplemente indicativo, madera de 12 a 18 mm. de espesor, necesita alrededor de 2 meses para alcanzar entre el 15 y el 18 % de humedad, cuando el secado se realiza durante los meses de primavera, verano u otoño, mientras que si se inicia a mediados de otoño, invierno, la madera no alcanzará ese grado de humedad hasta la primavera siguiente.

Por debajo del 13 ó 14 % , la madera es prácticamente imposible de secar, debiéndose realizar en condiciones de temperatura y humedad controlada.

-Secado en secaderos tradicionales.(Secado por temperatura).: La elevada contracción volumétrica de ésta madera, así como la abundancia de nudos, aconsejan realizar un secado relativamente cuidadoso para que el gradiente de humedad de la madera no sea excesivamente grande y así evitar las elevadas tensiones causantes de las fendas.

En base a estas consideraciones, las condiciones de humedad y temperatura del secadero deben tener en cuenta lo siguiente:

- La temperatura durante todo el proceso no debe ser excesivamente elevada, aun a costa de una mayor duración del secado.



- La humedad relativa del secadero debe corresponder a una humedad de equilibrio higroscópico, ligeramente inferior a la humedad que en ese momento posea la madera, sobre todo en las últimas fases del secado.

En los cuadros números 17 y 18 se dan las cédulas y tiempos aconsejables para el secado de la madera de pino insignis, en función del espesor, humedad inicial y final de la madera (\*). Como se puede comprobar, la cédula europea es mucho más rigurosa, tanto en temperatura, como en humedad de equilibrio higroscópico, y por tanto de menor duración. La cédula americana es mucho más laboriosa y cuidadosa, para obtener una mejor calidad de la madera.

La rectitud de las fibras de la madera de pino insignis y la relativa igualdad entre los coeficientes de contracción tangencial y radial (relación 1,5) garantizan una ausencia de deformaciones durante el secado.

- Secado por deshumificación o bomba de calor: Este proceso de secado se adapta perfectamente a las características de la madera de pino insignis, ya que, por una parte, el secado se realiza mucho más lentamente que por calor y, por tanto, existen menos riesgos de que se produzcan fendas. Por otra parte, la relativa facilidad de esta madera a perder agua hace que sea posible secar la madera dentro de un tiempo razonable, a valores de condiciones de interior.

Así, madera de 50 mm. de espesor puede pasar del 60 al 10 % de humedad en aproxi-

---

(\*). Según el Princes Rinsborough Laboratory y Forests Products Laboratory, Madison, respectivamente y publicado por AITIM "Manual del Secado de la Madera".

GEDULA EUROPEA DE SECADO, Y TIEMPOS EN HORAS NECESARIAS  
PARA CADA INTERVALO

Fase	Humedad de la madera	Celula de secado para gruesos de hasta 4 cm.		Tiemplos de secado según gruesos (*)						
		Temperatura bulbo seco	Temperatura bulbo humedo	Humedad de equilibrio higrocópicas	1,5	2	2,5	3	3,5	4
1	50 %	71	66	12	3	4,5	6	8	10	11
2	50 - 30 %	76,5	68,5	9,5	6	9	13	16,5	20	24
3	30 - 20 %	82	70,5	7,5	5	8	11	14	17,5	21
4	20 - H final	88	65,5	4,2	8	12	17	21	25,5	30

(\*) . El tiempo en las fases 1 y 4 depende de la humedad inicial y final que se quiera obtener.  
Para dar una idea de los tiempos necesarios se ha supuesto una humedad inicial del 60% y una humedad final del 10 %.

NOTA: No se ha incluido el programa propio para la realización del HOMOGENIZADO Y DEL ACONDICIONADO.

CEDULA AMERICANA DE SECADO, Y TIEMPOS EN HORAS NECESARIAS  
PARA CADA INTERVALO

Fase	Humedad de la madera	Cedula de secado según distintos gruesos						Tiempo de secado según distintos gruesos (*)													
		hasta 5 cm. de grueso			De 6 a 10 cm. de grueso			1,5		2,5		4		5		6,5		8		10	
		Temperatura bulbo seco	Temperatura bulbo húmedo	Humedad equilibrio higroscóp.	Temperatura bulbo seco	Temperatura bulbo húmedo	Humedad equilibrio higroscóp.	Temperatura bulbo seco	Temperatura bulbo húmedo	Humedad equilibrio higroscóp.	Temperatura bulbo seco	Temperatura bulbo húmedo	Humedad equilibrio higroscóp.	Temperatura bulbo seco	Temperatura bulbo húmedo	Humedad equilibrio higroscóp.	Temperatura bulbo seco	Temperatura bulbo húmedo	Humedad equilibrio higroscóp.	Temperatura bulbo seco	Temperatura bulbo húmedo
1	35 %	54,5	49	12	49	47	18,1	49	47	18,1	47	18,1	7	15	30	61	68	88	129		
2	35-30 %	54,5	46,5	9,9	49	47	18,1	49	47	18,1	47	18,1	3	6	12	17	28	36	54		
3	30-25 %	60	49	8,1	54,5	51,5	15,6	54,5	51,5	15,6	51,5	15,6	5	11	23	32	51	66	98		
4	25-20 %	65,5	51,5	6,9	60	55,5	13,2	60	55,5	13,2	55,5	13,2	5	10	21	29	47	61	90		
5	20-15 %	71	54,5	5,9	65,5	57,5	9,7	65,5	57,5	9,7	57,5	9,7	4	9	19	26	43	56	83		
6	15-H final	71	43	5,5	71	43	5,5	71	43	5,5	43	5,5	4	9	19	26	40	52	77		

(\*) . El tiempo en las fases 1 y 4 dependen de la humedad inicial y final que se quiera obtener.  
Para dar una idea global de los tiempos necesarios, se ha supuesto una humedad inicial y final del 60 y 10 % respectivamente.

NOTA: No se ha incluido el programa propio de las operaciones del HOMOGENIZADO Y DEL ACONDICIONADO.

madamente 20 días. Para madera de 35 mm. de espesor, la duración del secado sería de alrededor de 13 días.

Dado que las necesidades de condensación del agua varían considerablemente de la primera fase del secado a la última, conviene que pueda regularse la capacidad de condensación del equipo deshumificador, ya que de lo contrario, podría producirse defectos de azulado o fenómenos de cementación, según si la capacidad de condensación es insuficiente o excesiva, respectivamente.

Por ello, conviene establecer varias fases durante el secado, de forma que al principio actúe toda la capacidad del deshumificador, para después, de forma progresiva, ir perdiendo capacidad de condensación.

La calidad del secado es bastante buena, pues es difícil la aparición de fendas u otros defectos. El único defecto que se puede señalar es la irregularidad de los valores de la humedad final.

#### 2.6.7. Tecnología de la unión.

La relativa dureza de esta madera hace que los clavos, tornillos y clavijas metálicas penetren con cierta dificultad, sobre todo si se compara con la de otros pinos de aprovechamiento en España. Es por ello aconsejable introducirlos después de un pretradrado de diámetro hasta  $3/4$  el diámetro del clavo o tornillo, para así evitar la aparición de fendas.

Si bien no se han realizado ensayos de arranque de tornillos y clavos, del conocimiento de su densidad se pueden sacar los siguientes valores aproximados.

Resistencia al arranque perpendicular a la fibra, en Kg. por mm. de penetración.

- En clavos:  $0,82 \times d$ .

- En tornillos:  $2,39 \times d$ .

siendo  $d$  el diámetro del clavo o tornillo.

La resistencia al arranque paralelo a la fibra es aproximadamente el 67 % de los valores anteriores.

En cuanto a las uniones por encolado, no se conoce antagonismo con ninguna de las colas existentes actualmente, siendo la calidad de la unión en general muy buena. Únicamente en los nudos se ha detectado ciertos problemas en la calidad de la unión que incluso quedan desencolados.

#### 2.6.8. Acabados.

La mayor o menor facilidad del cepillado, regruesado y moldurado depende fundamentalmente de la facilidad de penetración de las cuchillas, esto es de la dureza, y en menor medida de la hienda, por tanto, la madera de pino insignis se elabora en estas máquinas con mediana facilidad.

La calidad del acabado de estas máquinas es bastante buena, no suele aparecer repelo, sin embargo es frecuente la aparición de mordedura de la fibra alrededor de los nudos.

Si la superficie se destina a barnizar, es conveniente realizar un acabado más perfecto de su superficie, mediante su lijado.

El lijado debe empezarse con lija de grano 40, aumentando el grano en esta cantidad hasta la calidad que se desee. También puede operarse con 40, 60, 80 y 120 si se desea mayor calidad. Esta operación se realiza fácilmente, no produciéndose embotamientos, dada la escasez de resina de esta madera.

Las pinturas y barnices se adhieren bien, no existiendo incompatibilidad con los productos actuales. No obstante, dada la gran capacidad de absorción de esta madera, conviene aplicar previo al barnizado y pintado un tapaporos, que limite esta absorción. También conviene incorporar un tinte que dé más estabilidad al color de la madera, cuando esta debe barnizarse.

Estas dos últimas operaciones se pueden reunir en una sola, aplicando una masilla de protección ultravioleta, que a la vez hace de tapaporos. Esta masilla se aplica en una cantidad de alrededor de 40 gr/m<sup>2</sup>., mediante cilindros de contacto.

#### 2.6.9. Tratamiento.

Por una parte, la elevada porosidad de esta madera  $(1 - \frac{P_o}{1,5}) = 0,69$ ; por otra parte, su alto contenido en celulosa (y por tanto el bajo contenido en lignina) y su escaso contenido en resina, hace que esta madera tenga elevada capacidad de absorción siendo relativamente fácil el tratamiento protector, sea cual fuere el sistema de aplicación elegido.

### 3.- TENSIONES BASICAS DE LA MADERA .

#### 3.1.- CONCEPTO.

Para aplicar una pieza de madera en fines estructurales es necesario conocer la tensión de trabajo de esa pieza, definiéndose ésta, por la tensión que puede soportar de forma segura y permanente, sin deformarse más allá de los límites establecidos.

Idealmente ésta tensión se obtendría sometiendo a las piezas estructurales, en sus dimensiones reales, a cargas reales y permanentes. Para llevar a cabo su cálculo, sería necesario realizar los numerosos ensayos que cubran las diferentes condiciones, tanto de las cargas (luces, dimensiones, tipos de carga y aplicación de ésta) como de la madera (defectos, humedad, etc...), que unido a la dificultad propia de los ensayos, hacen que el procedimiento sea virtualmente imposible de realizar.

Las dificultades anteriormente expuestas hacen que el procedimiento para su cálculo se realice a partir del conocimiento de la tensión básica y de los defectos de la madera, comprobando los resultados obtenidos mediante la realización de algunos ensayos en dimensiones estructurales.

La tensión básica es la tensión de trabajo de la pieza ideal libre de defectos. El método utilizado para su cálculo es el seguido por Sunley (1965) del Forest Products - Research Laboratory, Princes Risborough y contenida en la norma "BS Code of practice CP 112" de 1967, basado en los resultados de los ensayos mecánicos sobre probetas de pequeñas dimensiones.

Obtenidos los resultados de los ensayos, la tensión básica se calcula, teniendo en cuenta los siguientes factores:



- Humedad.
- Variabilidad de los resultados obtenidos en los ensayos.
- Carga de larga duración.
- Garantía de que cualquiera que sean las condiciones de trabajo, las cargas no sobrepasan el límite elástico.
- Coeficiente de seguridad.

Humedad: La humedad de la madera, cuando está comprendida entre el estado anhidro y el punto de saturación de las fibras, influye de manera notable en las características físicas y mecánicas de la madera. Así, de acuerdo con los datos reflejados en el Anexo nº III la variación de las características mecánicas con la humedad son las siguientes:

Porcentaje de variación de las características mecánicas por cada grado de humedad:

Flexión .....	1,59 %
Módulo de elasticidad.....	1,49 %
Esfuerzo cortante.....	1,81 a 1,87 %
Compresión axial.....	1,94 %
Compresión perpendicular a la fibra.	1,99 %

Por encima del punto de saturación de las fibras, las características mecánicas permanecen prácticamente constantes. Es por ello por lo que la tensión básica se debe calcular en función de un grado de humedad determinado, modificando el valor obtenido cuando la humedad de la pieza difiera de la humedad del ensayo.

En el presente estudio se analizarán las tensiones básicas para las humedades del 12 % 18% y en estado verde.

Variabilidad de los resultados obtenidos en los ensayos: Las características físico mecánicas varían de forma notable entre individuos de la misma especie, o incluso como se verá posteriormente con la zona del árbol de donde provenga la madera, si es de rama o es del tronco y dentro del tronco si está a mayor o menor altura. Si se realiza un número



adecuado de ensayos, se obtendrá una serie de valores de las tensiones, cuyo diagrama de frecuencias se ajustará aproximadamente a la Campana de Gauss. Para fijar la tensión básica se debe tomar aquella tensión que nos garantice que un alto porcentaje de las piezas de esa madera van a resistir los esfuerzos.

Para el caso de flexión, módulo de elasticidad, tracción paralela a las fibras y esfuerzo cortante, el porcentaje que se aplica es del 99%. Para el caso de compresión perpendicular a la fibra, dado que la rotura no se produce de forma repentina con pérdida de sus cualidades de sustentación, hace que el porcentaje de seguridad que se aplique sea del 97,5 %.

Duración de la carga: La duración de aplicación de la carga influye de manera notable en la magnitud de la carga de rotura de las piezas. Así, si una pieza cargada durante 5 minutos resiste 100 unidades, cargada durante 10 años resistiría solo 60 unidades, o durante 1 segundo, 125 unidades. Dado que los ensayos realizados en el laboratorio se realizan de una forma más bien rápida (alrededor de 3 minutos de duración de la carga) el cálculo de la tensión básica debe hacerse aplicando coeficientes de reducción a los valores obtenidos de los ensayos.

Garantía de que cualquiera que sean las condiciones de trabajo, las cargas no sobre pasen el límite elástico: Dado que los valores obtenidos en los ensayos de probetas se refieren al valor de la carga de rotura, la tensión básica debe obtenerse a partir de la carga correspondiente al límite elástico. Por ello, para su cálculo lo que se hace es aplicar un coeficiente de reducción a los valores obtenidos de los ensayos de las probetas hasta la carga de rotura.

Coeficiente de seguridad: Al igual que otros materiales estructurales, la tensión básica de la madera debe asumir los posibles errores en el diseño de la pieza, en su fabricación etc. Por ello, el procedimiento de cálculo seguido es aplicar un coeficiente reductor a los valores obtenidos en los ensayos de las probetas.

El procedimiento de cálculo seguido en el Código Ingles CP 112 engloba los tres coeficientes reductores debidos a la duración larga de la carga, al límite elástico y al coeficiente de seguridad en uno sólo cuyo valor, según el tipo de carga es el siguiente:

- Flexión, tracción paralela a las fibras y esfuerzo cortante: 2,25.
- Compresión perpendicular a la fibra: 1,20.
- Compresión paralela a las fibras: 1,40.
- Módulo de elasticidad: 1.

En resumen, el cálculo de la tensión básica se realiza a partir de los resultados ( $\bar{\sigma}_i$ ;  $H_i$ ;  $C_i$ ;  $Z_i$ ;  $E_i$ ) de los ensayos sobre probetas de pequeñas dimensiones, libres de defectos, a diferentes humedades aplicando las siguientes fórmulas:

$$\text{Flexión estática } \sigma = \frac{\bar{\sigma} - 2,33 V_{\sigma}}{2,25} \quad ; \text{ siendo } V_{\sigma} = \text{desviación standard}$$

$$\text{Tracción paralela a las fibras } H = \frac{\bar{H} - 2,33 V_h}{2,25}$$

$$\text{Compresión perpendicular a la fibra } C' = \frac{\bar{C}' - 1,96 V_f}{1,2}$$

$$\text{Esfuerzo cortante } Z = \frac{\bar{Z} - 2,33 V_z}{2,25}$$

$$\text{Módulo de elasticidad medio } E = \bar{E}$$

$$\text{Módulo de elasticidad mínimo } E_m = \bar{E} - 2,33 V_E$$

$$\text{Compresión paralela a las fibras } C = \frac{\bar{C} - 2,33 V_f}{1,4}$$

### 3.2. TENSIONES BASICAS.

#### 3.2.1. Tensiones básicas en condiciones de interior. (humedad normal: 12%).

Aplicando las formulas anteriores a los resultados de los ensayos sobre las probetas de pino insignis (cuadros n<sup>os</sup>. 14 y 15), se obtienen los siguientes valores de tensiones básicas:

- Flexión paralela a las fibras .....	170 Kg/cm <sup>2</sup> .
- Tracción paralela a las fibras .....	191 "
- Compresión paralela a las fibras .....	140 "
- Compresión perpendicular a las fibras .....	23 "
- Esfuerzo cortante .....	16 "
- Módulo de elasticidad medio .....	88.000 "
- Módulo de elasticidad mínimo .....	23.000 "

Para la obtención de la tensión básica correspondiente al esfuerzo cortante se ha aplicado como coeficiente reductor, debido a la variabilidad de los resultados, el correspondiente a la  $t$  de Student para los grados de libertad, propios de los ensayos realizados, en dirección radial y tangencial. El valor de la tensión básica final, es el correspondiente al valor mínimo de las dos direcciones consideradas.

#### 3.2.2. Tensiones básicas en condiciones de exterior. (humedad 18 %).

Se han obtenido, a partir de las tensiones básicas, el 12 %, aplicándolas los coeficientes reductores debidos a la humedad, calculados en el Anexo n<sup>o</sup>. 3. (Cuadros núme-

ros 38, 39, 40, 41 y 42).

Los valores que se obtienen son los siguientes:

- Flexión estática paralela a las fibras .....	155 Kg/cm <sup>2</sup> .
- Tracción paralela a las fibras .....	174 "
- Compresión paralela a las fibras .....	123 "
- Compresión perpendicular a las fibras .....	20 "
- Esfuerzo cortante .....	14 "
- Módulo de elasticidad medio .....	80.000 "
- Módulo de elasticidad mínimo .....	21.000 "

### 3.2.3. Tensiones básicas de la madera en verde.

Se han obtenido aplicando a las tensiones básicas el 12 %, los mismos coeficientes reductores que en el caso anterior, suponiendo que la humedad de la madera es de 35 % (humedad en el punto de saturación de la fibra).

Los valores que se obtienen son los siguientes:

- Flexión estática paralela a las fibras .....	110 Kg/cm <sup>2</sup> .
- Tracción paralela a las fibras .....	123 "
- Compresión paralela a las fibras .....	77 "
- Compresión perpendicular a las fibras .....	12 "
- Esfuerzo cortante .....	9 "
- Módulo de elasticidad medio .....	58.000 "
- Módulo de elasticidad mínimo .....	15.000 "

#### 3.2.4. Clasificación.

De acuerdo con los valores de tensiones obtenidos, la madera de pino insignis puede clasificarse, en cuanto a características de resistencia mecánica, en el grupo "G<sub>1</sub>" . (\*).

---

(\*). De acuerdo con la clasificación dada en el libro "Estructuras de madera" por Cesar Peraza Oramas, Ed. Escuela de la Edificación. Págs. 290-291.

### 3.3.- TENSIONES DE TRABAJO.

Como ya se definió anteriormente, la tensión básica es la tensión de trabajo de una pieza libre de defectos. La aplicación de madera libre de defectos, en la construcción es prácticamente imposible, lo normal es que la madera se vea afectada en menor o mayor medida por los mismos.

Los análisis de ensayos de resistencia de maderas, han demostrado que existe una relación entre el tamaño y posición de cualquier defecto y las propiedades de resistencia de la madera.

Estas relaciones constituyen el fundamento de las tablas de valores de los coeficientes de reducción de resistencia en función del tipo y tamaño del defecto y su posición en las piezas.

No es necesario recoger en este trabajo estas tablas, pues es un tema suficientemente estudiado y conocido: no obstante, se van a exponer unas ideas generales sobre la influencia de los defectos en la resistencia de la madera. (\*).

• La inclinación de la fibra reduce la resistencia proporcionalmente a la inclinación.

La resistencia a la flexión o a la tracción no disminuye con una inclinación de 1:40; disminuye muy poco si la inclinación es de 1:20; pero queda reducida a casi la mitad cuando es de 1:8. La resistencia a la compresión paralela a la fibra apenas se reduce con la inclinación de 1:15, y se reduce casi a la mitad con una inclinación de 1:6.

Los valores de la resistencia al esfuerzo cortante y a la compresión perpendicular a la fibra no se alteran por la inclinación de ésta. Con una inclinación

(\*) - Basado en el informe sobre Tercera Conferencia Sobre Tecnología de la Madera. FAO 1954. Ed. Ministerios de Industria y Agricultura.

de la fibra limitada en consideración a la resistencia, el efecto en la rigidez es pequeño. La inclinación de la fibra en elementos constructivos sometidos a flexión — es más crítica en las zonas de mayor carga de tracción o compresión.

- Los nudos en las caras horizontales de las piezas sometidas a flexión o en cualquier cara de un pie derecho o columna, disminuyen la resistencia a la flexión, a la tracción y a la compresión, en la proporción que guarde el tamaño del nudo con la anchura de la cara. Cuando ocupa la porción central de la altura de un elemento sometido a flexión es válida la misma proporción. La resistencia de una pieza sometida a flexión, con un nudo en la arista superior o inferior de una cara vertical, está en proporción del cuadrado de la altura (después de deducida la dimensión del nudo) al cuadrado de la altura total de la pieza. Existe mayor deformación proporcional de la fibra alrededor de los nudos grandes que de los pequeños, de manera que las anteriores reglas de proporcionalidad se conservan sólo para las caras estrechas de 15 cm. (6 pulgadas) o las anchas que no pasen de 30 cm. (12 pulgadas). Por encima de estos valores, el aumento de las dimensiones permisibles del nudo está en proporción con la raíz cuadrada del incremento de la anchura de la cara. Los nudos producen un efecto relativamente inapreciable en la resistencia al esfuerzo cortante y a la compresión perpendicular a la fibra. Se considera que los nudos huecos tienen el mismo efecto en la resistencia que los nudos normales.
- Las acebolladuras, las grietas y las fendas reducen la resistencia al esfuerzo cortante horizontal de una madera sujeta a esfuerzo de flexión. Dado que a la mayor parte de tales elementos se aplican cargas distribuidas, el efecto de la resistencia al esfuerzo cortante se considera únicamente en los extremos de la pieza y en la parte de la sección transversal próxima al eje neutro, donde los esfuerzos de corte horizontales son máximos. En esta zona, la reducción de la resistencia al esfuerzo cortante, en madera húmeda, es función de la relación existente entre la disminución efectiva del área resistente al esfuerzo de corte y del área total horizontal compren-

dida por una distancia equivalente a tres veces la dimensión vertical del madera. Si la madera está seca, la reducción neta de la resistencia al esfuerzo cortante es algo menor, debido al aumento de dicha resistencia en el área restante.

- La gema normalmente admitida tiene poca influencia sobre la resistencia, pero corrientemente se impone un límite para las maderas de construcción por razones de aspecto, de superficie de apoyo o de clavado. Las cavidades de barrenillo o de otro origen se califican según la cantidad de madera destruida, considerando su número y situación. Las bolas de resina influyen poco sobre la resistencia, pero la presencia de un gran número de éstas puede ser indicio de tendencia a la acebolladura.
- La pudrición afecta grandemente la resistencia, no pudiendo, en general, apreciarse a simple vista. No se asignan coeficientes de resistencia al material afectado. Tal defecto no se permite, por lo regular, en las maderas de construcción de calidad superior, aunque a veces se tolera, hasta cierto límite, en las clases inferiores o para usos menos exigentes. Los materiales de densidad muy baja y los que tienen roturas por compresión quedan excluidos de las clases de madera de construcción.

Dado que también la clasificación de la calidad de la madera aserrada se realiza en función del tipo y tamaño del defecto, existe una relación entre la clave de calidad de la madera y el coeficiente reductor de la resistencia.

La norma UNE 56.525-72 "Clasificación de la madera aserrada de coníferas" (Anexo nº 6) asigna a cada clase de calidad un coeficiente reductor de la resistencia. Para el caso del pino insignis, y teniendo en cuenta los porcentajes de calidades obtenidas, los coeficientes reductores son los siguientes:



- Calidad III : Coeficiente de reducción 0,6.
- Calidad IV : Coeficiente de reducción 0,5.
- Calidad VI : A ésta calidad no se le asigna coeficiente reductor, dado que con los defectos propios de su clase no se pueden utilizar las piezas con fines de resistencia.

#### 4.- APLICACION DE LA MADERA EN FUNCION DE SUS CARACTERISTICAS.

##### 4.1.- LA ELABORACION DE PASTAS Y SUS PERSPECTIVAS.

En el apartado 2.7 "Características tecnológicas" se indicaba la perfecta aptitud de esta madera para la elaboración de pastas, tanto por el procedimiento mecánico como por los procedimientos químicos, al bisulfito o al sulfato, resultando un producto de calidad excelente, sobre todo en lo que se refiere a características mecánicas, el mejor de cuantas coníferas se aprovechan en España.

Estas razones son las que impulsaron al desarrollo vertiginoso de sus repoblaciones, siendo hasta hoy día el principal destino de aplicación de su madera (70 %).

No se tienen datos exactos de la evolución del consumo de pino insignis para pastas, no obstante, la evolución de la producción de éstas si puede dar una idea de su consumo.

En el cuadro nº 19 se dá la evolución de la producción de pastas de madera en España en los últimos 20 años, según el Anuario de Estadística Agraria, que si bien, - sus valores absolutos no reflejan la realidad de la producción sí indican la evolución de la misma y sus perspectivas.

Cuadro nº 19

##### EVOLUCION DE LA PRODUCCION DE PASTAS EN ESPAÑA

<u>Años</u>	<u>1964</u>	<u>1967</u>	<u>1970</u>	<u>1973</u>	<u>1975</u>	<u>1976</u>	<u>1977</u>	<u>1978</u>	<u>1979</u>
Pastas mecánicas ( x 1000 Tn)	73	146	159	197	181	184	215	240	186
Pastas químicas ( x 1000 Tn)	176	230	427	583	693	777	883	898	925
Pastas semiquímicas ( x 1000 Tn)	8	10	13	36	45	64	50	30	33
TOTAL	257	386	599	816	1009	1025	1148	1168	1144

La materia prima principal que nutre las fábricas de pastas mecánicas es la madera de pino insignis, por lo que todo lo que se refiere a la producción de pastas de puede hacer extensivo al consumo de madera de ésta especie. En el Cuadro se aprecia, como hasta 1973 la producción crece rápidamente, a un ritmo superior al 10 % anual para después mantenerse prácticamente constante, con ligeras fluctuaciones anuales.

De acuerdo con los datos reflejados en el apartado 1.4.4. el volumen de madera con destino a ésta industria se sitúa alrededor de 675.000 m<sup>3</sup>.

En cuanto a la industria de pastas químicas, el estudio de la evolución del consumo de madera de pino insignis a partir de la producción es mucho más complejo que en el caso anterior, ya que son varias las especies que se utilizan, existiendo variaciones en los porcentajes de utilización de éstas especies. Así, mientras que hace una década, se fabrica al 50 % pasta de fibra corta y pasta de fibra larga, en la actualidad la proporción es del 75 al 85 % de fibra corta, frente al de 25 al 15 % de fibra larga.

La causa principal de esta tendencia estriba en el alto precio de las maderas de coníferas en fábrica, sobre todo si se compara con el resto de Europa y sobre todo con EE.UU y Canadá. Esto hace que se tienda a reducir el porcentaje de utilización de fibra larga en la fabricación de papel y a importar en vez de producir pasta de fibra larga.

Del análisis del cuadro nº 19 se aprecia como la producción de pastas químicas crece prácticamente de forma continuada desde 1964 a un ritmo de cerca del 12 % de incremento anual, si bien, en los últimos años con tendencia a estabilizarse.

El resultado, por una parte de la tendencia de reducción del consumo y por otra del incremento de la producción, parece ser negativa (\*) en cuanto a consumo de

---

(\*). De acuerdo con las opiniones de los industriales.

pino insignis, a no ser que cambien drásticamente los precios de la materia prima, o que suba el valor en pesetas el precio internacional de la pasta de fibra larga.

#### 4.2.- LOS TABLEROS Y SUS PERSPECTIVAS .

##### 4.2.1.- Tableros de fibras .

En el apartado 2.7. "Características tecnológicas" se indicaba la idoneidad de la madera de pino insignis para su aplicación en la elaboración de tableros de fibras, tanto por la facilidad de su proceso tecnológico como por las elevadas características mecánicas y de superficie que se obtiene del tablero .

El consumo de pino insignis con destino a la elaboración de tableros, es hoy día muy pequeño, dado que de las cinco fábricas existentes en España, sólo existe una que se encuentra próxima al área de implantación del pino insignis, consumiendo ésta madera de forma conjunta con otras especies .

La evolución de la producción de tableros de fibras en los últimos años es la siguiente:

En tableros de fibras duros existen 3 instalaciones de la empresa Tafisa que han producido de forma regular en el último decenio alrededor de 145.000 m<sup>3</sup>/año .

En tableros de fibras de densidad media existen 2 instalaciones, una en la provincia de Teruel, que desde 1977-78 lleva produciendo alrededor de 80.000 m<sup>3</sup>/año y la otra en la provincia de La Coruña, que desde 1980-81 produce unos 100.000 m<sup>3</sup>/año .

La tendencia de la producción de tableros es la siguiente:

En tableros de fibras duros, la estabilidad en la producción durante el último decenio parece ser el indicativo de la tendencia de producción. Esta tendencia solo podrá modificarse como consecuencia de un cambio en el crecimiento económico o

como resultado de una ampliación del mercado de sus aplicaciones, hoy día fundamentadas en el mercado del mueble.

El tablero de fibras de densidad media es un producto de reciente aplicación en el mercado europeo (la empresa INTAMASA fué la primera de Europa) con un mercado en fuerte expansión en donde sus posibilidades de aplicación no están todavía satisfechas. Ante éstas tendencias, las perspectivas de utilización de la madera de pino insignis para la fabricación de tableros de fibras son bastantes optimistas, considerándose de suma importancia la realización de un estudio de mayor profundidad que confirme dichas perspectivas.

#### 4.2.2.- Tableros de partículas.

Como ya se analizó anteriormente, la madera de pino insignis es perfectamente apta para su aplicación en la fabricación de tableros de partículas, resultando un producto de gran calidad, tanto en su aspecto como en sus características mecánicas.

El estudio de la evolución de su consumo y perspectivas es un tanto complicado, dado que la mayoría de las empresas se abastecen de varias especies de madera. Solo una empresa, situada en la provincia de Vizcaya (INAMA), se autoabastece únicamente a partir del pino insignis, el resto de las empresas situadas en su área de aprovechamiento, utilizan pino insignis con mezclas, con otras maderas.

En el cuadro nº 20 se detalla la evolución de la capacidad de producción y la producción de tableros de partículas.



Cuadro nº 20

EVOLUCION DE LA PRODUCCION Y CAPACIDAD DE PRODUCCION DE LOS  
TABLEROS DE PARTICULAS

<u>Años</u>	<u>1965</u>	<u>1970</u>	<u>1973</u>	<u>1975</u>	<u>1976</u>	<u>1977</u>	<u>1978</u>	<u>1979</u>	<u>1980</u>	<u>1981</u>	<u>1982</u>
Nº de fábricas	11			28	29	30	32	32	30	26	27
Capacidad de producción (x 1000 m <sup>3</sup> )	200			1880	1950	2050	2150	2150	2020	1800	1700
Producción (x 1000 m <sup>3</sup> )	102	345	898	798	718	1199	1200	1350	1300	1300	1290
<u>Fábricas instaladas en el área de aprovechamiento del pino insignis.</u>											
Nº de fábricas	3			9	9	8	9	9	9	9	9
Capacidad de producción (x 1000 m <sup>3</sup> )	75			750	750	700	800	800	800	800	800
Producción (x 1000 m <sup>3</sup> )						400	450	520	530	600	640
<u>Otras fábricas.</u>											
Nº de fábricas	8			19	20	22	23	23	21	17	14
Capacidad de producción (x 1000m <sup>3</sup> )	125			1.130	1.200	1.350	1.350	1.350	1.220	1.000	900
Producción (x 1000 m <sup>3</sup> )						799	750	830	770	700	650

De las 23 fábricas que funcionaban en 1982, 3 se encuentran prácticamente paradas desde 1981 y 1 se ha cerrado durante 1983, con lo que la situación real de capacidad de producción es la siguiente:

- Número de fábricas dentro del área de aprovechamiento del pino insignis..... 7
- Capacidad de producción..... 675.000 m<sup>3</sup>/año.
- Número de fábricas fuera de área de aprovechamiento del pino insignis..... 12
- Capacidad de producción ..... 765.000 m<sup>3</sup>/año..

Se observa en el cuadro nº 20 como la evolución de la producción hasta el año 1975, fué creciente a un ritmo del 30% anual. Ante éstas perspectivas, se iniciaron nuevas instalaciones, aumentando la capacidad de producción hasta 1978 en ese porcentaje, mientras que, como consecuencia de la crisis económica, la demanda de producto se estabilizó, llegándose a una situación en la que la demanda era de un 65 % de la producción.

Esta situación, obligó a los industriales a trabajar a un ritmo de un 60 % de su capacidad, lo que sin llegar a dudas causó el cierre de numerosas empresas. Este cierre como se puede observar en el cuadro, afectó sobre todo a las empresas situadas fuera del área de aprovechamiento del pino insignis, no por razones propias al pino insignis, sino por una peor situación de la fábrica ante la materia prima y otras causas.

En la actualidad la capacidad de producción está situada alrededor de un 10 % por encima de la demanda y no es de esperar nuevas modificaciones.

La evolución del consumo de pino insignis por ésta industria, suponiendo que en 1978 era de 122.100 m<sup>3</sup> (vease apartado 1.4.4.) será aproximadamente, la estimada en el cuadro nº 21.

#### CUADRO nº 21

##### EVOLUCION DEL CONSUMO DE PINO INSIGNIS POR LA INDUSTRIA DE TABLEROS AGLOMERADOS

<u>Años</u>	<u>1978</u>	<u>1979</u>	<u>1980</u>	<u>1981</u>	<u>1982</u>
Consumo (x 1000 m <sup>3</sup> c/c)	122.100	141.100	143.800	162.800	173.700

Se espera que en un intervalo medio de tiempo, el consumo de pino insignis se estabilizará alrededor de las 175.000 m<sup>3</sup> c/c al año.



#### 4.3.- LA MADERA DE SIERRA Y SUS PERSPECTIVAS.

##### 4.3.1.- Aplicaciones actuales.

Si bien no se dispone de datos indicativos de los porcentajes de utilización de la madera de sierra de pino insignis, si se puede decir que su mayor porcentaje se destina a tabla de encofrar, en menor medida envases y palets y por último en pequeñas cantidades se destina para carpintería, fundamentalmente como bastidor de las puertas planas. De forma un tanto esporádica se aplica en muebles, tanto en sus partes vistas como ocultas.

##### 4.3.2.- Aspecto y calidades de la madera aserrada.

Con el fin de analizar los posibles destinos de la madera aserrada del pino insignis, se ha realizado un estudio de las características de presencia y calidad de la madera aserrada obteniéndose los siguientes resultados:

La madera aserrada de pino insignis, se caracteriza fundamentalmente por la abundancia de nudos, consecuencia de su exuberante ramaje, su fibra es recta, no siendo corriente la presencia de algún otro defecto.

Los nudos se presentan de una forma regularmente espaciada, 50 cm., su tamaño es grande, sobre todo si es sano, abundando también los nudos viciosos y saltadizos.

En el Anexo nº 4 se recoge la clasificación por calidades, según la norma UNE 56.525 (véase Anexo nº 5) de una muestra de 85 tablas, obtenidas en las fábricas de "LANA SDAD.COOP." y "MADERAS LEKEITIO S.A." obteniéndose los siguientes resultados:

CUADRO Nº 22

CALIDADES DE MADERA ASERRADA

Nº de muestras de III	2	porcentaje	2 %
Nº de muestras de IV	45	"	53 %
Nº de muestras de VI	38	"	45 %
TOTAL.....	85	"	100 %

No es de extrañar que en los porcentajes de calidades de madera exista una discontinuidad entre la madera de clase IV y la VI, ya que la única diferencia que presentan las calidades IV y V es el porcentaje de azulado y desviación de la fibra, defectos bastantes inusuales en ésta madera.

4.3.3.-Posibilidades de aplicación de la madera aserrada.

Teniendo en cuenta las calidades y sobre todo, los valores de las características físico mecánicas y de las tensiones básicas los destinos posibles de la madera de pino insignis serán los siguientes:

- Madera estructural: Su característica de madera medianamente nerviosa y sus altos valores obtenidos en las tensiones básicas hacen de ésta madera especialmente indicada para la construcción con fines estructurales, no obstante se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:
  - Si existen riesgos de ataque por agentes xylófagos, tanto hongos como insectos, la madera debe tratarse con productos protectores, acorde con el riesgo a que van a estar expuestos.

- La madera clasificada como de VI calidad no podrá aplicarse a éste destino sin un saneado previo de sus defectos.
- En cualquier caso, y debido a la merma de resistencia que producen los nudos, resulta aconsejable el saneado previo de la madera y su posterior unión mediante juntas dentadas.
- Madera para carpintería: Los valores obtenidos en las cotas de rigidez y flexión hacen de ésta madera propia para carpintería. El único inconveniente que presenta el pino insignis es el de su carácter de medianamente nervioso, que no aconseja su aplicación al caso un tanto infrecuente, en donde existan grandes variaciones de las condiciones de humedad relativa.

Sus notables defectos de aspecto, hacen que el tipo de carpintería al que se puede aplicar, es a la carpintería no vista.

Al igual que en el caso anterior, su aplicación en carpintería deberá tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Si existen riesgos de ataques por agentes xylófagos la madera deberá tratarse preventivamente con productos protectores, acorde con el riesgo a que va a estar expuesta.
- Si existe riesgo de humidificación por agua de una forma intermitente, conviene proteger la madera con productos repelentes al agua.
- La madera de calidad VI no podrá aplicarse a éste destino sin un saneado previo de sus defectos.
- En cualquier caso, los nudos no sanos deben ser sustituidos por piezas de madera.

- Parquet: Este caso particular de carpintería es especialmente indicado para ésta madera, primero por su dureza, una de las más duras de las coníferas aprovechadas en España, segundo porque la exigencia de medida de longitud del parquet es siempre mucho menor a la distancia entre nudos y por tanto, se puede realizar al saneado conjuntamente con dimensionamiento de las tablillas.

Al igual que en los casos anteriores es conveniente tratar la madera con protectores, en función de su utilización.

- Envases de madera y palets: Las características de resistencia a la flexión dinámica de ésta madera y por tanto, su buena disposición a resistir los choques violentos, la hacen muy indicada para éste tipo de aplicación.

Si bien, mecánicamente es una madera muy apropiada para envases y palets, posee los inconvenientes siguientes:

- Densidad relativamente alta, que hace que el envase sea por si mismo pesado.
  - Predisposición a azularse (a no ser que se seque previamente la madera), perdiendo calidad de aspecto, imprescindible para el envasado de ciertos productos.
- Traviesas: Las características que se exigen a una madera para su aplicación en traviesas son las siguientes:
    - Resistencia al esfuerzo cortante perpendicular a las fibras.
    - Dureza.
    - Elasticidad.
    - Resistencia al arranque de tirafondos.
    - Durabilidad.



Como ya se ha visto anteriormente el pino insignis es medianamente duro a duro, medianamente elástico y de mediana resistencia al esfuerzo cortante. No se conoce su resistencia al arranque de tirafondos, pero a juzgar por su densidad, también debe ser mediano. Por último no posee durabilidad natural, pero mediante tratamiento protector se puede hacer muy durable.

En consecuencia, el pino insignis puede aplicarse perfectamente en traviesas.

- Muebles: Las buenas características mecánicas que en general presenta esta madera, su relativa facilidad de mecanizado, encolado y acabado hacen que se pueda aplicar perfectamente en la construcción de muebles.

Presenta como únicos defectos su carácter de medianamente nerviosa, y su aspecto, que hace que sus aplicaciones se restrinjan únicamente a las partes ocultas de muebles que vayan a situarse en condiciones de humedad relativa no muy variables.

#### 4.3.4.- Perspectivas de consumo de madera aserrada.

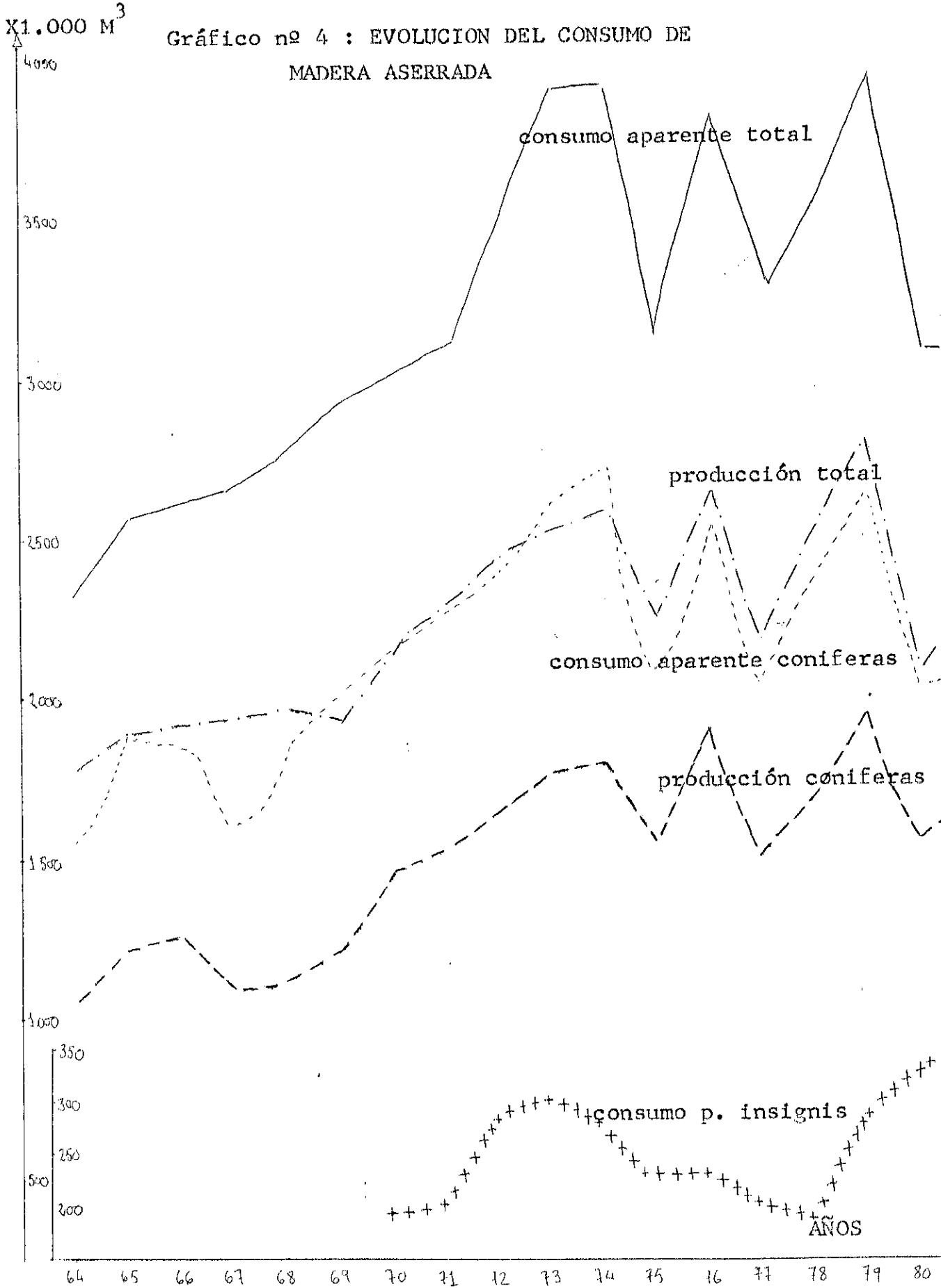
En el cuadro nº 23, se establecen los datos de producción y consumo de madera aserrada en los últimos 20 años, destacándose en ellos lo referente a coníferas y a pino insignis. Todos éstos datos se reflejan en el gráfico nº 4.

En el gráfico se puede observar como el consumo aparente de madera aserrada total crece de forma continuada hasta 1973, para después mantenerse con grandes oscilaciones. Lo mismo se puede decir del consumo aparente de coníferas y de la producción total y de coníferas. No obstante cabe señalar los siguientes aspectos:

- Que el consumo de coníferas en relación con el total crece a medida que es mayor el crecimiento.
- Que la relación entre la producción nacional y el consumo aparente decrece a medida que es mayor el crecimiento.

CONSUMO APARENTE DE MADERA ASERRADA Y CONSUMO DE PINO INSIGNIS PARA SIERRA

Año	1.964	1.965	1.966	1.967	1.968	1.969	1.970	1.971	1.972	1.973	1.974	1.975	1.976	1.977	1.978	1.979	1.980	1.981
Nº de fábricas totales	S.D.	S.D.	S.D.	S.D.	S.D.	S.D.	4.609	4.538	4.652	4.478	4.395	4.203	4.136	4.058	3.735	3.668	3.602	S.D.
Nº de fábricas totales Camisa Cantábrica.	S.D.	S.D.	S.D.	S.D.	S.D.	S.D.	S.D.	S.D.	S.D.	1.287	1.242	1.180	1.173	1.133	1.106	1.002	1.072	S.D.
Producción total x 1000 m <sup>3</sup>	1.778	1.880	1.916	1.934	1.987	1.915	2.153	2.268	2.488	2.553	2.592	2.275	2.618	2.245	2.483	2.838	2.136	2.387
- de coníferas.	1.090	1.232	1.267	1.102	1.163	1.232	1.485	1.589	1.655	1.763	1.787	1.602	1.840	1.540	1.693	1.912	1.602	1.789
Importación total x 1000 m <sup>3</sup>	598	770	759	788	872	1.031	942	949	1.182	1.453	1.421	944	1.347	1.240	1.207	1.340	1.213	956
- de coníferas	524	683	598	607	705	838	748	746	867	922	1.012	621	805	714	698	816	690	508
Exportación total x 1000 m <sup>3</sup>	44	14	18	20	42	33	62	69	82	68	79	76	99	170	109	129	217	209
- de coníferas	34	14	18	18	42	33	41	67	81	68	78	44	90	161	98	124	208	197
Consumo aparente total x 1000 m <sup>3</sup>	2.332	2.636	2.657	2.702	2.817	2.913	3.033	3.148	3.588	3.938	3.937	3.143	3.856	3.315	3.581	4.049	3.132	3.134
- de coníferas	1.580	1.901	1.847	1.691	1.830	2.037	2.192	2.268	2.441	2.617	2.721	2.179	2.555	2.093	2.293	2.604	2.084	2.100
Relación consumo total	0,68	0,72	0,69	0,70	0,65	0,70	0,72	0,72	0,68	0,66	0,69	0,69	0,66	0,63	0,64	0,64	0,67	0,67
Relación Prod. Consumo aparente	0,76	0,71	0,72	0,72	0,71	0,66	0,71	0,72	0,69	0,65	0,66	0,72	0,68	0,68	0,69	0,70	0,68	0,76
Relación Prod. coníferas consum. aparente	0,69	0,65	0,69	0,65	0,64	0,61	0,68	0,7	0,68	0,67	0,66	0,73	0,72	0,74	0,74	0,73	0,77	0,85
Consumo de pino insignis x 1000 m <sup>3</sup> c/c	S.D.	S.D.	S.D.	S.D.	S.D.	S.D.	197	213	300	327	293	255	258	239	203	310	352	S.D.
Valor P. insignis en ptas.	S.D.	S.D.	S.D.	S.D.	S.D.	S.D.	228	258	371	523	801	669	673	669	625	1.002	1.282	S.D.
Valor P. insignis en ptas/m <sup>3</sup>	S.D.	S.D.	S.D.	S.D.	S.D.	S.D.	1.157	1.211	1.237	1.599	2.734	2.624	2.609	2.593	3.079	3.232	3.642	S.D.



Ambos aspectos se interpretan en el sentido de que cuando existen grandes fluctuaciones de la demanda se recurre a importaciones principalmente.

Existe una tendencia clara de crecimiento en el porcentaje de autoabastecimiento de madera aserrada de coníferas. Esta tendencia se interpreta como una mejora en el desarrollo tecnológico que permite una mayor aplicación de las maderas nacionales.

Si se examina la curva de evolución del consumo de pino insignis para sierra se observa como al igual que el consumo aparente, crece hasta 1973 para después retraerse hasta 1978, volviendo a crecer su consumo de forma vertiginosa, hasta el año 1980. No se dispone de una serie estadística, para confirmar esta tendencia de crecimiento, pero por contraste directo con la industria, puede confirmarse éste optimismo.

En cuanto a la tendencia general de consumo de madera aserrada, la ECE/FAO establece una relación entre consumo aparente y Producto Nacional Bruto, observando un descenso de alrededor de un 20 % por década (en 1965 era 42,6 y en 1980 de sólo 26,5). Extrapolando este descenso a 1990 y suponiendo un crecimiento del PNB de entre 3,5 y 5,5 % anual, el consumo aparente de madera aserrada en ese año será de entre 4,3 y 5,2 millones de m<sup>3</sup>, (8,6 y 10,4 millones de m<sup>3</sup>. en rollo) lo que supone un aumento anual del consumo, de entre 2,4 % y 4,1 %.

De acuerdo con Don Joaquín Gonzalo Fernández Tomás en su tesis "Análisis Económico del Consumo Futuro de Madera Aserrada en España (1976)", estableció para ese mismo año un consumo de 10,254 millones de m<sup>3</sup> de madera en rollo para sierra.

Dentro de ésta tendencia general de incremento del consumo aparente, parece ser la madera de coníferas la más beneficiada, dado que se prevee una ampliación del mercado de la madera aserrada en la construcción, sector que en España se encuentra muy por debajo de sus posibilidades, sobre todo si se compara con el resto de Europa.



En resumen, existe por una parte una tendencia general de aumento en el consumo aparente de madera aserrada, sobre todo en lo que se refiere a maderas de coníferas, y por otra parte hay una tendencia de autoabastecimiento de la madera aserrada de coníferas.

Ambas tendencias afectan de una forma muy importante al pino insignis, lo que hacen prever un aumento muy importante de su consumo para madera de sierra, confirmando de esta forma la tendencia ya iniciada en 1978. Por una parte sus excelentes cualidades mecánicas la hacen especialmente indicada para su uso en la construcción, y por otra parte, se presta perfectamente a la mejora de sus cualidades, mediante el saneado de sus nudos, lo que permitirá una mejora de sus aplicaciones en carpintería.

#### 4.4.-OTRAS APLICACIONES.

La madera de pino insignis convenientemente tratada puede aplicarse en postes de líneas eléctricas y telefónicas, pudiendo cumplir tanto la normativa referente a medidas como a defectos (norma UNE 21.003).

En cuanto a medidas las calidades I, II y III definidas por I. Echevarría pueden aplicarse en los tipos I, II, III, IV, V y VI; la calidad IV a los tipos I, II y III, y la calidad V únicamente al tipo I.

En cuanto a calidades, los defectos que podrían limitar su utilización son los nudos, que no pueden ser superiores a 1/4 del diámetro del poste donde estén situados, o superiores a 25 mm. en el caso de que no sean sanos. Así mismo, pueden originarse fendas demasiado profundas si su secado no se realiza cuidadosamente.

Igualmente, convenientemente tratada, la madera de pino insignis puede aplicarse en apeas de minas, postes para cercas, etc.

#### 4.5. CONCLUSIONES

No parecen existir indicios de variación notable, a medio y largo plazo, de la madera de pino insignis con destino a la industria de desintegración, dado que, tanto la industria de celulosa como de tableros aglomerados, parecen estabilizar su consumo de madera. Únicamente se ha detectado una buena predisposición de esta madera para su aplicación en la fabricación de tableros de fibras de densidad media no obstante, debe confirmarse comercialmente ésta posibilidad.

El exceso actual de oferta de esta madera solo podrá ser asumida por la industria de sierra, en donde, en base a sus excelentes características, tanto físico-mecánicas como tecnológicas, cabe sustituir un elevado porcentaje de madera de coníferas de importación, e incluso en aplicación de nuevos mercados, fundamentalmente el de la construcción estructural, en el que, hasta ahora, en España solo existen tímidas tentativas, mientras que en Europa existe un notable desarrollo.

Las perspectivas de mercado de la madera de sierra, se verían fuertemente impulsada, si por algún procedimiento se consiguiese aprovechar, de una forma más eficiente sus cualidades, gravemente afectadas por la abundancia, tamaño y estado de los nudos.

Dado el carácter principalmente tecnológico de este estudio, solo se han hecho referencias (que en todo caso deben ser objeto de análisis más profundo) a soluciones tecnológicas para los problemas derivados de los nudos. En cuanto a soluciones selvícolas, también en este estudio se ha significado la importancia que puede tener

el turno en las características físico-mecánicas, sin considerar la mejora de calidad por disminución de la proporción de nudos como consecuencia de la edad.

Ya existen estudios serios en donde se analizan la influencia de los tratamientos silviculturales (espaciamiento, entresaca y poda) en la distribución, tamaño y estado de los nudos, no obstante estos estudios deberían actualizarse, sobre todo en el plano económico.

Por último, al igual que han realizado otros países, sería de sumo interés, la realización de estudios genéticos de forma a obtener una calidad y volumen de madera más acorde con el destino final de la madera.

## 5. CARACTERÍSTICAS FÍSICO-MECANICAS DEL PINUS RADIATA D. DON (PINO INSIGNIS) Y SU INFLUENCIA CON LA EDAD Y EL CRECIMIENTO .

### 5.1 - DESARROLLO DE LOS TRABAJOS.

#### 5.1.1. Diseño de la muestra.

Si bien el principal objeto del trabajo es la determinación de las características físico-mecánicas de esta madera, también se pretende encontrar alguna correlación que ligue estas características con las de la edad y crecimiento del árbol. Es por esta causa, por lo que la unidad de muestreo fijada a priori en este trabajo es el árbol.

El número de muestras a tomar es el recomendado por la norma UNE 56 528 "Características físico-mecánicas de la madera.Preparación de probetas para ensayos" (Anexo nº 6) que utiliza la siguiente formula

$$n_{\min} = \frac{v^2 t^2}{p^2}$$

siendo

$n_{\min}$  = número mínimo de probetas .

V = coeficiente de variación de la característica considerada

t = mitad de la longitud del intervalo de confianza expresado en múltiplos de la desviación típica.

P = relación entre la desviación típica de la media aritmética y la media aritmética.

Asimismo la norma señala unos valores aproximados de V en función de la característica considerada y un valor de P del 5 %. Dados estos, resultan las siguientes valores del número mínimo de probetas: (\*)

Humedad 3

Peso específico 11

Compresión 19

Flexión estática 24

Contracción volumétrica 27

Dureza 31

Tracción, esfuerzo cortante y módulo de elasticidad 43

Contracción lineal 85

Flexión dinámica 110

Dado que las dos últimas características no se consideran esenciales a los fines del trabajo, se fija como número mínimo de la muestra 43 árboles.

---

(\*) Se fija como valor de t el percentil (intervalo de confianza) del 90 % de acuerdo con el informe de D. Carlos Baso López. Ed. Centro Regional de Enseñanzas, Investigaciones y Experiencias Forestales. 1983

### 5.1.2. Recogida de muestras.

Se tomaron 41 árboles de muestra, elegidos aleatoriamente, procedentes de las provincias de Vizcaya y Alava y situados en las zonas señaladas del Mapa Nº. 3. (Anexo nº. 1).

De cada árbol elegido se tomaron los datos más característicos de su medio abiótico: Altitud, pendiente y orientación. No se tomaron los datos característicos del clima y suelo porque, dado el ámbito geográfico tan reducido de las muestras, estos se consideraron estrechamente ligados a los datos anteriores. El clima depende de la altitud y orientación, mientras que el suelo, fundamentalmente de la pendiente.

Asimismo, se tomaron los datos dasométricos más característicos de los árboles escogidos: Diámetro a la altura del pecho, altura total y altura maderable (punta delgada 8 cm), edad y anchura media de los anillos.

En el Anexo nº 1, se recogen los valores de las características del medio y dasométricas de cada unidad de muestra, así como los mismo valores agrupados en niveles para poderlos comparar con los relativos a las masas de pino insignis. Por último, se recogen las características dasométricas del árbol medio de las muestras, con los mismos fines que el anterior.

Si se comparan las características del medio y dasométricas de la muestra con las de las masas de pino insignis (véase apartado 1.3.) se aprecia la similitud de ambas y, por tanto, confirma la representatividad de la muestra.

### 5.1.3. Preparación de las probetas.

De cada árbol escogido, se tomaron dos trozas de un metro de longitud, cada una; la primera procedente de la base del tronco y la segunda del centro maderable del árbol.

De cada troza se sacaron una o varias probetas radiales, procedentes de las direcciones, norte, sur, este y oeste, obtenidas según el procedimiento operatorio señalado en la norma UNE 56 528 "Características físico-mecánicas de la madera. Preparación de probetas de ensayo". (Véase anexo nº 6).

Las probetas así obtenidas fueron marcadas con el número del árbol al que correspondía, con la letra A ó B, según si procedía de la troza base del árbol o de la central, con la letra indicativa de la dirección a que correspondía y, por último, al número de la probeta sacada en esa dirección.

Las probetas necesarias para la obtención del esfuerzo cortante fueron sacadas sin tener en cuenta más que el número del árbol y el tipo de troza.

Los ensayos principales se realizaron a la humedad "normal" de la madera (12%) para lo cual se acondicionaron, previo a los ensayos, a la humedad del laboratorio. Asimismo, se reservaron algunas probetas para la realización de ensayos al 18% y en "verde" (35%) con el único objeto de sacar el coeficiente de variación de las características mecánicas con la humedad.

Para acondicionar las probetas al 18% de humedad se introdujeron en una cá



mara de acondicionamiento, manteniendo, hasta peso constante, las condiciones de humedad y temperatura siguientes:

Temperatura 25°C - Humedad relativa 85 %.

Para acondicionar las probetas en "verde" se introdujeron durante 24 horas en agua, pasando seguidamente durante una semana a un recipiente hermético.

#### 5.1.4. Ensayos.

Los ensayos se realizaron de acuerdo con los procedimientos señalados en las normas UNE siguientes (Véase Anexo nº 6) de determinación de las características físico-mecánicas:

UNE 56 531 77 - Características físico-mecánicas de la madera. Determinación del peso específico.

UNE 56 532 77 - Características físico-mecánicas de la madera. Determinación de la higroscopicidad.

UNE 56 533 77 - Características físico-mecánicas de la madera. Determinación de las contracciones lineales y volumétrica.

UNE 56 534 77 - Características físico-mecánicas de la madera. Determinación de la dureza.

UNE 56 535 77 - Características físico-mecánicas de la madera. Determinación de la resistencia a la compresión axial.

UNE 56 536 77 - Características físico-mecánicas de la madera. Determinación de la resistencia a la flexión dinámica.

UNE 56 537 77 - Características físico-mecánicas de la madera. Determinación de la resistencia a la flexión estática.

UNE 56 538 77 - Características físico-mecánicas de la madera. Determinación de la resistencia a la tracción perpendicular a las fibras.

UNE 56 539 77 - Características físico-mecánicas de la madera. Determinación de la resistencia a la hienda.

Dado que no existe norma española para la determinación del esfuerzo cortante, se estudió un método de realización del ensayo a partir de la normativa existente en otros países, considerándose como más idónea la norma americana ASTM D 143 - 52 (1952) Testing Small Clear Specimens of Timber, en base a la cual se elaboró el método descrito en el Anexo nº. 6, que es actualmente la base de la propuesta de norma UNE 56 543.

Las probetas utilizadas para la determinación del esfuerzo cortante fueron de 4 x 5 x 5 cm. en lugar de 5 x 5 x 6 cm. que señala la propuesta de norma, debido a que la máquina de carga disponible solo alcanza los 4.000 Kg., cifra que en algún caso pudiera ser rebasada con las probetas normales.

Por idénticas circunstancias, se estudió el método para la determinación de la compresión perpendicular a la fibra, que es actualmente la base de la propuesta de norma UNE 56 544, descrita en el Anexo nº. 6.

Para el cálculo de la tracción paralela a las fibras se utilizaron los valores obtenidos en el ensayo de flexión estática, previendo un desplazamiento de la fibra neutra hacia el borde inferior. (\*).

El valor de la resistencia a la tracción obtenido de esta forma, es en muchos casos más exacto que el que se pueda obtener por la realización del ensayo directo de esta característica, dada la enorme influencia que puede tener sobre el resultado cualquiera presencia de defecto (inclinación de la fibra, nudo, corazón, fendas, etc.). Es, por ello, por lo que muchos autores (Kollman, Tecnología de la madera. Tomo II) o, incluso, normas de cálculo, aconsejan su cálculo a través del resultado obtenido en la resistencia a la flexión estática paralela a las fibras.

---

(\*). Como así se indica en "Cálculo de estructuras de madera" por Ramón Argüelles Alvarez. Ed. A I T I M 1969, página 18.

## 5.2.-CARACTERÍSTICAS FÍSICO-MECANICAS.

### 5.2.1. Características al 12 % de humedad.

En el Anexo nº 2 se detallan los valores alcanzados en los ensayos por cada una de las probetas y para cada característica físico-mecánicas a la humedad aproximada del 12 %.

En los cuadros números 14 y 15 "Características físico-mecánicas" se resumen los valores contenidos en el Anexo nº 2, dando para cada características los siguientes datos:

Media.

Desviación standard.

Desviación típica.

Número de ensayos.

Interpretación del resultado.

En el cuadro nº 43 del Anexo nº 4, se resumen los valores de densidad para cada troza y dirección del árbol.

### 5.2.2. Características al 18 % y en "verde" de la humedad.

Se obtienen a partir de los coeficientes de variación de las características de flexión, módulo de elasticidad, esfuerzo cortante, compresión axial y compresión axial y compresión perpendicular a las fibras.

Estos coeficientes de variación  $u$ , se han obtenido a partir de las ecuaciones de las rectas de regresión que ajustan los valores de las características mecánicas señaladas ensayadas a diferentes grados de humedad.

Obtenido el coeficiente de variación " $u$ " de la característica mecánica  $C$ , el cálculo de esta a la humedad  $H$  se realiza aplicando la formula

$$C_H = C_{12} [1 + (12 - H) u]$$

siendo el valor de  $C_{12}$  : el valor de ésta a la humedad del 12 %.

En los cuadros números 38, 39, 40, 41 y 42 del Anexo III, se especifican los valores de las características mecánicas a diferentes grados de humedad, su recta de regresión y el coeficiente de variación con la humedad.

### 5.3 - ANALISIS DE LOS RESULTADOS Y CONCLUSIONES.

En este apartado se han tratado estadísticamente los resultados, con el fin de analizar los siguientes aspectos:

- Variación del comportamiento mecánico dentro de cada unidad de muestra.
- Variación del comportamiento mecánico de cada unidad de muestra con las características dasocráticas y del medio.
- Variación del comportamiento mecánico de la madera con el número de anillos.

Se ha elegido como característica físico-mecánica: más representativa, la densidad, ya que existe una relación bastante constante entre densidad y resistencia mecánica. (\*).

#### 5.3.1. Variación del comportamiento mecánico dentro de cada unidad de muestra.

##### 5.3.1.1. Influencia de la orientación respecto de los ejes cartesianos.

En el cuadro nº. 43 del Anexo IV, se esquematizan los valores de densidad para cada unidad de muestra, según las diferentes trozas y direcciones.

Analizando la varianza, se obtienen los siguientes resultados:

---

(\*) . Según "Características físico-mecánicas de las maderas españolas" por A.G.O. y F.P.P. - Página 25. Editorial I F I E. 1967.  
Apuntes de clase de Tecnología de la Madera, por Cesar Peraza Oramas.

- Análisis de varianza de las trozas A

<u>F.V.</u>	<u>G.L.</u>	<u>S.C.</u>	<u>C.M.</u>	<u>F</u>
Total	62	16'6131	-	-
Media	1	16'36165	-	-
Factor A	3	0,010387	0,0034623	0,68941
Error	58	0,24106	0,0050221	-

Valor de la F (3, 58, 0,01) tabular ..... 4,16

Lo que demuestra que no existe diferencia entre los resultados obtenidos según distintas direcciones.

- Análisis de varianza de las trozas B

<u>F.V.</u>	<u>G.L.</u>	<u>S.C.</u>	<u>C.M.</u>	<u>F</u>
Total	31	6,5183	-	-
Media	1	6,440545	-	-
Factor A	3	0,007373	0,00245766	0,94
Error	27	0,070382	0,00260674	-

Valor tabular de la F (3, 27, 0,01) ..... 4,60

Lo que confirma el resultado obtenido por la troza A, al resto del árbol.

5.3.1.2. Influencia de la orientación respecto de la de la pendiente.

En el cuadro n<sup>o</sup>. 45 del Anexo IV se han ordenado los resultados según la dirección a favor o en contra de la pendiente, obteniéndose los siguientes resultados del análisis de la varianza.

- Análisis de la varianza en las trozas A

<u>F.V.</u>	<u>G.L.</u>	<u>S.C.</u>	<u>C.M.</u>	<u>F.</u>
Total	22	6,2654	-	-
Media	1	6,1798	-	-
Factor A	1	0	0	0
Error	20	0,0896	0,003428	-

Valor tabular de la  $F(1, 20, 0,01)$  .....

Por lo que no existe diferencia entre resultados obtenidos.

- Análisis de varianza de las trozas B

<u>F.V.</u>	<u>G.L.</u>	<u>S.C.</u>	<u>C.M.</u>	<u>F</u>
Total	10	1,9327		
Media	1	1,90969		
Factor A	1	0,00289	0,00289	1,15
Error	8	0,02012	0,002515	

Valor tabular de la  $F(1, 8, 0,01)$  ..... 11,26

Lo que confirma también el resultado obtenido para la troza A.



5.3.1.3. Influencia de la posición en altura de las probetas.

A partir de los resultados de los ensayos para las trozas A (situadas en la base del fuste) y para las trozas B (situadas en la mitad del fuste maderable) recogidos en el cuadro n.º 43 del Anexo IV, y analizada la varianza, se obtienen los siguientes resultados.

- Análisis de varianza.

<u>F.V.</u>	<u>G.L.</u>	<u>S.C.</u>	<u>C.M.</u>	<u>F.</u>
Total	93	23,1314		
Media	1	22,7329		
Factor A	1	0,06929	0,06929	19,15
Error	91	0,32920	0,00362	

Valor tabular de la F (1, 91, 0,01) ..... 6,95

Al ser mayor la F obtenida en el análisis de varianza que la tabular, supone que los resultados obtenidos para las trozas A. y B. son significativamente diferentes, siendo mayor la densidad, cuanto más próxima esté la madera del fuste del suelo.

5.3.2. Variación del comportamiento mecánico de cada unidad de muestra con las características dasocráticas y del medio.

Dada la significativa diferencia obtenida entre los resultados de la troza A y B. el análisis de este punto se realizará independientemente con los valores de cada troza.

Asimismo, dada la escasez de muestras, los resultados se analizarán para un nivel de significación del 95 %.

Los datos correspondientes a la densidad figuran en el cuadro nº 43 del Anexo nº. IV y los de las características dasocráticas y del medio en el cuadro nº 24 del Anexo nº 1.

#### 5.3.2.1. Influencia de la calidad de la masa sobre la densidad.

Aplicando a los valores de altura y edad de la muestra las tablas de calidad de la masa de Echevarria, se obtienen las calidades representadas en el gráfico nº. 5 del Anexo I. Como se observará en el gráfico, dado que la edad dadas para las muestras, era la correspondiente al número de anillos a la altura normal, se ha realizado una corrección gráfica de esta edad.

Obtenida la clasificación, el análisis de varianza presenta las siguientes características:

<u>F.V.</u>	<u>G.L.</u>	<u>S.C.</u>	<u>C.M.</u>	<u>F.</u>
Total	22	5,69575		
Media	1	5,630768		
Factor A	4	0,012055	0,00301375	0,97
Error	17	0,052927	0,0030035	

Valor tabular de F (4, 17, 0,05) ..... 2,96.

De donde se deduce que la calidad de la masa no influye significativamente sobre la variabilidad de la densidad.

5.3.2.2. Influencia de la edad sobre la densidad.

- Análisis de la varianza de la regresión

Para  $X = \text{Edad en años}; Y = \text{densidad en gr/cm}^3$

$$Y = 0,432 + 0,0035 X$$

<u>F.V.</u>	<u>G.L.</u>	<u>S.C.</u>	<u>F</u>	<u>F<sub>TABULAR</sub></u>
Total	22	5,69575		
Regresion	2	5,64698	1.157,88	(2;20;0,05)= 3,49
$B_1=0$	1	5,37885	2.205,80	(1;20;0,05)=4,35
$B_2=0$	1	0,01621	6,65	
Error	20	0,04877		

$$R^2 = 0,25 \text{ (Coeficiente de determinación)}$$

Comparando los distintos valores de F obtenidos en el Análisis de la Varianza y en las tablas, se deduce la significativa influencia de ambas variables.

Del coeficiente de determinación se deduce que la edad sólo explica el 25 % de la variabilidad de la densidad.

5.3.2.3. Influencia de la cota de altitud de la situación de la muestra sobre la densidad.

- Análisis de la varianza de regresión.

$$Y = 0,483 + \frac{9}{100.000} X$$

<u>F.V.</u>	<u>G.L.</u>	<u>S.C.</u>	<u>F</u>	<u>F<sub>TABULAR</sub></u>
total	22	5,69575		
Regresión	2	5,635299	932,20	(2;20;0,05) = 3,49
B <sub>1</sub> =0	1	5,613079	1.857,06	(1;20;0,05) = 3,49
B <sub>2</sub> =0	1	0,004531	1,50	
Error	20	0,060451		

$$R^2 = 0,07$$

El valor de F obtenido del análisis de la varianza, al ser menor al tabular, indica que no se puede asegurar la correlación entre ambas variables.

5.3.2.4. Influencia de la pendiente del terreno sobre la densidad.

De los valores obtenidos en el apartado 3.2.1., se deduce la escasa significancia de los valores de la pendiente sobre las características de la madera.

### 5.3.2.5. Conclusiones.

Solo se ha encontrado significancia con las características de la madera, la edad del árbol, lo que no quiere decir que no exista influencia de las otras variables sobre la calidad de la madera, sino que con la exigua muestra disponible y la no consideración de otros factores (forma de la copa, vientos dominantes, etc.) han podido ocultar su significancia estadística.

No se estima oportuno, dados los resultados obtenidos, realizar un análisis multivariante.

El hecho de que la edad influya en las características físico-mecánicas es de suma relevancia para el selvicultor, ya que a la hora de fijar el turno económico debe tener en cuenta la apreciación que se produce en la madera, a medida que la edad aumenta.

Asimismo debe tenerse en cuenta que la calidad en cuanto a defectos de la madera, también aumenta con la edad, dado que podado el árbol, ya sea natural o artificialmente, en los primeros años, la madera producida a partir de este hecho, carece como puede suponerse de nudos.

Ambas circunstancias son de suma importancia, que conjugadas, deben hacer variar drásticamente el turno hasta ahora utilizado, tendiéndolo a hacer apreciablemente más largo.

### 3.3. Variación de las características mecánicas con el número de anillos por cm.

La fácil apreciación del número de anillos, sugiere introducirlo en la clasificación

de la madera por calidad, si naturalmente se demuestra, la correlación entre ambos factores.

Analizada la varianza con los datos del cuadro nº 27 del Anexo II, se obtienen los siguientes valores:

siendo Y: densidad normal.

$$\bar{Y} = 0,435 + 0,022 X \quad ; \quad X: \text{número de anillos por cada 2 cm.}$$

F.V.	G.L.	S.C.	F	F <sub>tabular</sub>
Total	153	38,0989		
Regresión	2	37,58993	5576,05	(2, 151, 0,01) = 4,79
B <sub>1</sub> = 0	1	23,84674	7074,79	
B <sub>2</sub> = 0	1	0,1060548	31,46	(1, 151, 0,01) = 6,63
Error	151	0,50897		

$$R^2 = 0,17$$

Si bien, es significativo a 99 %, el exiguo valor, tanto de coeficiente de regresión, como de la pendiente de la recta de regresión, hace poco aconsejable la introducción del número de anillos en la clasificación por calidades de la madera.

#### 5.4. PROPUESTAS DE CLASIFICACION DE LA MADERA ASERRADA PARA CONTRUCION.

La homogeneidad de la calidad de la madera aserrada por una parte, y la escasa relevancia del resto de los defectos e incluso, como el caso del número de anillos, la poca importancia del defecto en la resistencia de la madera, aconsejan particularizar para ésta especie la norma de clasificación de la madera aserrada de construcción, lo que sin lugar a dudas facilitará su comercialización.

El texto de la propuesta es el siguiente:

##### 1.-Objeto.

Esta norma tiene por objeto establecer una clasificación, por resistencia, para la madera aserrada de pino insignis en función de sus defectos, determinados por examen visual.

##### 2.-Clasificación.

La madera de pino insignis para construcción se clasificará en una sola clase, correspondiente a un porcentaje mínimo de resistencia mecánica del 50 %, respecto de la tensión básica.

La madera que no cumpla con los mínimos establecidos, solo se podrán utilizar con funciones de resistencia, después del saneado de la pieza aserrada.

En el cuadro nº 1 se establece los defectos y sus medidas máximas relativas, que admite ésta clase de madera.

Cuadro nº 1

DEFECTOS CONSIDERADOS

Nombre	Características a medir	Medida relativa máxima
Nudo (*)	Dimensión en cara	1/2
	Dimensión en canto	1/3
Fenda	Profundidad	1/2
Acebolladura	-	No se admite
Gemas	-	1/4
Desviación de la fibra	Inclinación en la sección vertical	1/8
Azulado	-	25 %
Pudriciones	-	No se aceptan
Perforaciones de insectos	-	No se aceptan
Madera de reacción	-	No se acepta
Madera colapsada	-	No se acepta

(\*) . El estado de los nudos es sin especificar, pudiendo ser sanos y adherentes o vicio podridos y sueltos.



### 3.- Procedimiento operatorio.

Inspeccionar los nudos que presenten cada tabla, tomando de todos ellos, - para su medida, el más desfavorable, al objeto de clasificación de la presente norma.

En el caso de que las medidas resulten admisibles se comprobará visualmente, que el resto de los defectos se adaptan a la especificado en el cuadro nº 1.

### 4.- Normas para consulta.

UNE 56.510.- Alteraciones de la madera en pie y apeada. Terminología. Definiciones.

UNE 56.520.- Defectos y anomalías de la madera aserrada. Fendas y acebolladuras.

UNE 56.521.- Defectos y anomalías de la madera aserrada. Nudos.

UNE 56.522.- Defectos y anomalías de la madera aserrada. Gema.

UNE 56.523.- Medida de la desviación de las fibras en la madera aserrada.

UNE 56.524.- Medida de los crecimientos en la madera aserrada.

UNE 56.525.- Clasificación de la madera aserrada de construcción.

## RESUMEN

-----

El presente trabajo ha buscado presentar una panorámica general del aprovechamiento del pino insignis en España, para en base a ella, y con las posibilidades de transformación propias de la madera, poder programar un uso industrial que proporcione un máximo valor de la madera.

Para ello se ha dividido el estudio en cinco capítulos:

El primero presenta las características de las masas de pino insignis, su distribución, existencias, posibilidades, cortas y destinos actuales de la madera.

El segundo, es el capítulo principal objeto de ésta tesis, en la que se describe detalladamente las características de la madera, para luego en base a ellas analizar los procesos de transformación tecnológica.

El capítulo tercero se centra en el cálculo de las tensiones básicas de la madera, imprescindibles para poder aplicar de forma racional la madera con fines estructurales.

El capítulo cuarto, analiza cada sector industrial de transformación de la madera, para que junto con los datos obtenidos en los anteriores capítulos, poder establecer las posibilidades de mercado de ésta madera.

El estudio concluye con el capítulo quinto, en donde se describe el procedimiento de trabajo seguido para el establecimiento de las características físico-mecánicas, y se analizan los resultados obtenidos bajo los siguientes aspectos:

- Variabilidad de las características mecánicas, dentro de cada árbol.
- Influencia de las condiciones dasocráticas y del medio sobre las mecánicas.
- Relación entre las características físico-mecánicas y el número de anillos.

Cabe destacar del estudio realizado, los siguientes aspectos:

- Es el primer estudio de características físico-mecánicas con carácter de representabilidad estadística, que se realiza en España.
- Los resultados obtenidos son mucho mejores, desde el punto de vista de su aplicación, que los que se disponían hasta ahora. Como consecuencia se establecen nuevas posibilidades de aplicación de la madera.
- Es el primer estudio que se hace de las tensiones básicas de una madera de aprovechamiento en España.
- Se ha encontrado una correlación aceptable entre la edad del árbol, y las características físico-mecánicas de la madera, lo que sugiere sea tenido en cuenta a la hora de establecer el turno económico de la especie.
- Por último, se propone un criterio de clasificación de la madera aserrada en función de sus defectos.

ooooOoooo

## S U M M A R Y

This work tries to presents a general panoramic to use the pine insignis in Spain and with the possibilities of transforming this wood to be able to program an industrial use which give a more value fo this wood.

We have divided this work in five chapters.

The firts presents the pine insignis characteristic in the forest, its distribucion, stock, possibilities cutting and actual employment of the wood.

The second is the more importa nt objet of this thesis, in wich we describe in detail the characteristic of this wood and then to analyze the process of technologic - transformation.

The third chapter studies the calculus of the basic tensions in the wood, indis- pensable to apply the wood in a racional way with a tructural fines.

The fourth chapter analyze each industrial sector of wood trasnformation and with the data obtained in the preceding chapters be able "to set up" the possibilities - in the wood market.

The work ends with a chapter where is described the process folloned for the sta- blishment of the characteristics phisic mechanic and is analized the results obtained in the following aspects:

- Variability if the mechanic chacacteristics inside each tree .
- Influence of the forestry condition and also influence of medium over the me- chanics characteristics.
- Relation between the phisic-mechanics characteristic and the number of - rings. We could result the following aspects.

- It is the first study of the phisic mechanical characterists with a character of stadistic representative wich is done in Spain.
- The results obtained are best, from the point of wiew in its application, what we had until now. As a consecuance are stablised new possibilities for the application of this wood.
- It is the first study wich is done in Spain about the basic tensions ot the wood to make use of it.
- It is found a aceptable correlation between the age of the tree and the phisic-mechanic characteristics of the wood, and this makes that is ussefull to have this present to fixe the economic turn of the species.
- At last it is proposed a criterion to clasifie the sawwood as its defects are.

00000000

RESUME

Le present travail essaie présenter une panoramique générale de lá utilitaci3n du p.insignis en Espagne pour programmer la transformation industrielle du bois, en tirant - le plus haut rendement.

Le rapport est divisé en cinq chapitres.

Le premier d'entre eux expose les caracteristiques de les mases de p.insignis, sa distribuci3n geografique, existences, posibilidades, coupes des bois, et destinations actuelles.

Le deuxi3me est le chapitre principal du sujet de cette tesis, on décrit les caracteristiques du bois pour analyser les procés de la transformation tecnologique.

Dans le troisi3me on fait le calcul des tensions basiques du bois, indispensables pour le pouvoir appliquer, raisonablement, structuralment.

Le quatri3me fait l'analysis de chaque secteur de transformaci3n industrielle, en établissant les posibilidades du marché.

Le travail conclut en decrivant le procés suivi pour établir les caracteristiques physico-mecaniques en analysant les resultats obtenus pour établir les suivants relations:

- Variation des caracteristiques mecaniques dedans de chaque arbre.
- Influence de les conditions asocraiques et du milieu sur les mecaniques.
- Rapport entre les caracteristiques physicomecaniques et le nombre d'anaus de croissance.

Points á rejaillir:

- C'est le premier étude des caractéristiques phisico-mecániques avec caracté-  
re de représentativité estatistique réalisé en Espagne.
- Les resultats obtenus sont beaucoup mieux, du point de vue d'appication, que  
ces qu'on disposait jusqu'aujourd'hui. C'est pour ca qu'on peut établir nowve-  
lles possibilités d'application du bois.
- C'est la prèmier fois qu'on etudie les tensions basiques d'un bois qui est pro-  
fité dans l'Espagne.
- On a trouvé une corrélation acceptable entra l'âge de l'arbre et les caractéris-  
tiques physico-mecaniques du bois, avec laquelle il faut conter pour établir -  
l'âge d'abattage de l'espèce.
- An fin on propose un critérium de classement du bois scie en fonction des ses  
défauts.

0000 O 0000

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- Tratamiento del Pinus Insignis. Espesuras-Podas-Claros, Ed. IFIE 1943,
- Pinus insignis, crecimiento y producción en el Norte de España y aplicación a la elaboración de pastas de celulosa, Ed. IFIE 1944.
- Ecología de los pinares españoles IV Pinus radiata D. Don. Ed. INIA 1947.
- Textbook of Wood Technology, Vol 1, Ed. McGraw-Hill Book C, Inc 1949.
- Tercera conferencia sobre tecnología de la madera, Ed. Servicio de la Madera 1954.
- Manual de Secado de la Madera, Ed. AITIM 1963.
- Construzioni in Legno, Ed. Hoepli 1964.
- Estudio de las maderas de coníferas españolas y de la zona norte de Marruecos, Ed. IFIE 1964.
- Sechage des Bois, Ed. Dunod 1966.
- Utilización de las leñas de pino como materia prima celulósica, Ed. IFIE 1966.
- Características físico-mecánicas de las maderas españolas., Ed. IFIE 1967.
- The Structural Use of Timber., Ed. F.N. Spon Ltd. 1967.
- Lijado, blanqueo y teñido de la madera. Ed. AITIM 1967.
- Tecnología de la Madera Laminada. Ed. AITIM 1967.
- El aserrado en la fabricación de envases y embalajes, Ed. AITIM 1967.
- British Standard Code of Practice, CP 112 Part. 1 : 1967.
- Manual para el afilado y conservación de sierra de cinta y circulares. Ed. AITIM 1968.
- Cálculo de estructuras de madera. Ed. AITIM 1969.
- Inventario Forestal Nacional: Varias provincias, Ed. ICONA 1971/72
- British Standard Code of Practice, CP 112 Part. 2 : 1971.



- Wood handbook , Ed. U.S. Department of Agriculture Forest Products Laboratory 1979.
- Tecnología de la madera, Vol IV .La madera como materia prima, Ed. AITIM 1976.
- Métodos Estadísticos de Investigación: Introducción al Análisis de la Varianza, Ed. II
- Chile Forestal . Año 3, nº 36 . 1978.
- Las Coníferas Españolas en el Inventario Forestal Nacional . Ed. ICONA 1979.
- Estudio Ecológico y Económico de las Repoblaciones de Coníferas Exóticas en el País Vasco, Ed. S.C.N. Aranzadi 1980.
- Proceso propuesto en la República Federal de Alemania para la determinación de las tensiones admisibles de la madera con el fin de contrastar la idoneidad de empleo de una madera en construcción, tanto bajo forma de madera sólida como de madera lamada .- Por Carlos Baso López . Ed. Centro Regional de Enseñanzas, Investigaciones y experiencias Forestales. 1983
- Estructuras de madera, Ed. Escuela de la Edificación 1983.
- Working Stresses for Structural Softwoods.
- Tensiones básicas. Apuntes de Cátedra de Tecnología de la Madera.
- Basic Information for export of chulean woods, Ed. Conat.
- Anuario Estadístico Agrario, Ed. Ministerio de Agricultura /Diversos años.
- Estadística Forestal de España , Ed. Ministerio de Agricultura/Diversos años.
- Annual Book of ASTM Standards, Volumen nº 04/09: Wood.
- Boletín de Información Técnica AITIM nº 33/1968 y 71/1975
- Revista Mecanización y Transformación Forestal nº 9 /1983.

ANEXO Nº 1

CARACTERISTICAS DE LAS MUESTRAS

I N D I C E

Cuadro nº 24.- Características de cada unidad de muestra.

Cuadro nº 25.- Características de la muestra agrupadas en niveles.

Cuadro nº 26.- Características dasométricas del árbol medio de las muestras.

Mapa nº 3 .- Situación geográfica de las muestras.

Gráfico nº 5.- Calidades de la muestra.

0000 O 0000

Cuadro nº 24 CARACTERISTICAS DE LAS MUESTRAS

Nº de muestra	Caract. del medio			Características dasométricas					
	Altitud	Pendiente	Orientc.	Altura total	Altura maderabl.	Diam c/c	DN s/c	Edad	anillos cm
1	180	25	E	21	16	24	22'2	16	1'44
2	190	32	E	24	21	32	26'5	17	1'3
3	260	22	E	18	14	23	24'0	17	1'41
4	245	31	E	13	10	19	19'8	15	1'51
5	340	10	N	13	10	21			
6	325	28	E	19	17	25			1'14
7	275	13	E	13'5	9	21			
8	535	5	S	25'5	22	44	34'6	29	1'67
9	500	1	S	24	22	40			
10	375	40	S	12	10	25	21'75	13	1'20
11	370	33	N	14'5	11'5	25	21'75	13	1'31
12	285	19	S	15	11	20			
13	385	15	S	14'5	9	19'5	17'15	13	1'72
14	450	10	S	15	11	24	22'75	19	1'67
15	570	3	S	18'5	17	45			
16	375	25	S	21'5	19	34	30'35	15	0'99
17	460	19	O	18	16	35	18'45	16	1'43
18	500	17	E	20'5	18	38			
19	370	12	S	17'5	15	29			
20	80	6	E	15	11	31'5			
21	60	43	E	24'5	20'5	26	24'35	18	1'5
22	60	22	E	19'5	16	26	24'35	15	1'27
23	70	38	E	23	20	27'5			1'68
24	70	35	E	16	13	23			
25	75	25	S	21	18	28	24'15	13	0'92
26	150	42	S	21	18	31			
27	135	36	E	18	15'5	27			2'04
28	110	35	E	23'5	18'5	33	28'0	13	0'93
29	100	36	E	18'5	16	28			
30	90	21	E	15'5	13	20	16'75	11	1'31
31	85	15	E	18	15'5	30	25'75	15	1'17
32	635			26	23'6	57	46'0	45	1'95
33	230	3	E	21'5	19'5	34	24'75	23	1'85
34	230	1	S	20	16'3	21			
35	185	22	N	26	22'5	37			
36	170	33	S	26	22'9	37			
37	175	33	O	23'8	21'3	31	23	29	2'5
38	210	27	O	21	17'3	29	22'4	21	1'88
39	205	13	O	23'6	21'1	38	28'95	22	1'52
40	195	19	S	29	27	47			1'47
41	190	17	S	31'75	28'65	49	36'5	27	1'5

CUADRO Nº 25

DATOS CARACTERISTICOS DE LA MUESTRA AGRUPADOS EN NIVELES

<u>Altitud</u>	<u>frecuencia</u>	<u>porcentaje</u>
De 0 a 400 m.	34	83
De 400 a 800 m.	7	17
Total.....	41	100

<u>Pendiente</u>	<u>frecuencia</u>	<u>porcentaje</u>
De 0 a 19	19	46
De 20 a 39	19	46
De 40 a 59	3	8
Total.....	41	100

<u>Orientación</u>	<u>frecuencia</u>	<u>porcentaje</u>
N	2	5
N-OE	2	5
OE	-	-
S-OE	11	28
S	5	12
S-E	7	18
E	8	20
N-E	5	12
Total.....	40	100

CUADRO Nº 25 (Continuación)

DATOS CARACTERISTICOS DE LA MUESTRA AGRUPADOS EN NIVELES

<u>Diámetro normal</u>	<u>frecuencia</u>	<u>porcentaje</u>
hasta 29	22	54
30 - 39	13	32
40 - 49	5	12
más de 50	1	2
	<hr/>	<hr/>
Total.....	41	100

<u>Altura total</u>	<u>frecuencia</u>	<u>porcentaje</u>
hasta 14,5	6	15
15 - 19,5 m.	14	34
20 - 24,5 m.	15	36
más de 25 m.	6	15
	<hr/>	<hr/>
Total.....	41	100

<u>Número de anillos</u>	<u>frecuencia</u>	<u>porcentaje</u>
Menos de	6	23
15-19	10	39
20-24	5	19
25-29	4	15
més de 30	1	4
	<hr/>	<hr/>
Total.....	26	100

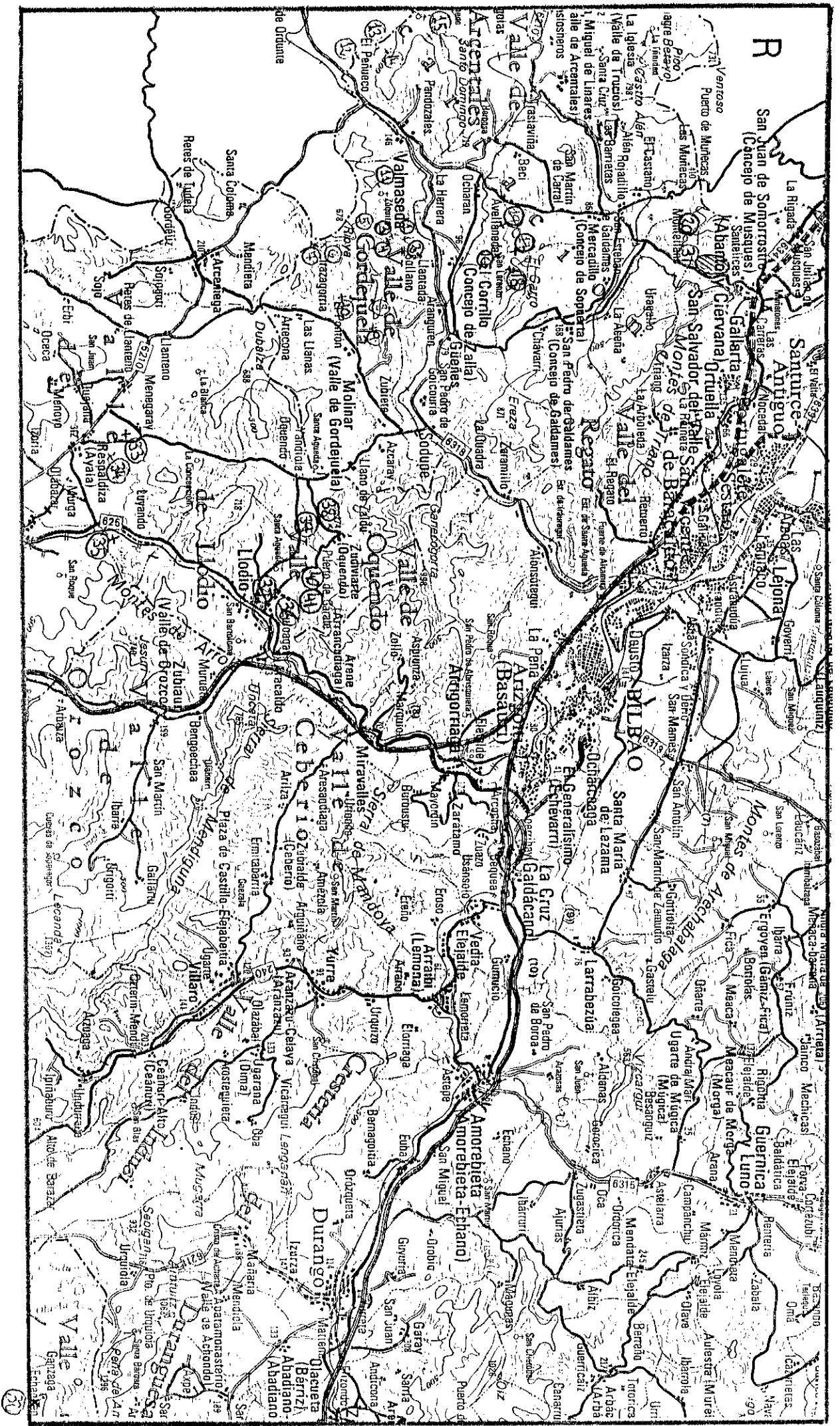
CUADRO Nº 26

CARACTERISTICAS DASOMETRICAS DEL ARBOL MEDIO DE LA MUESTRA

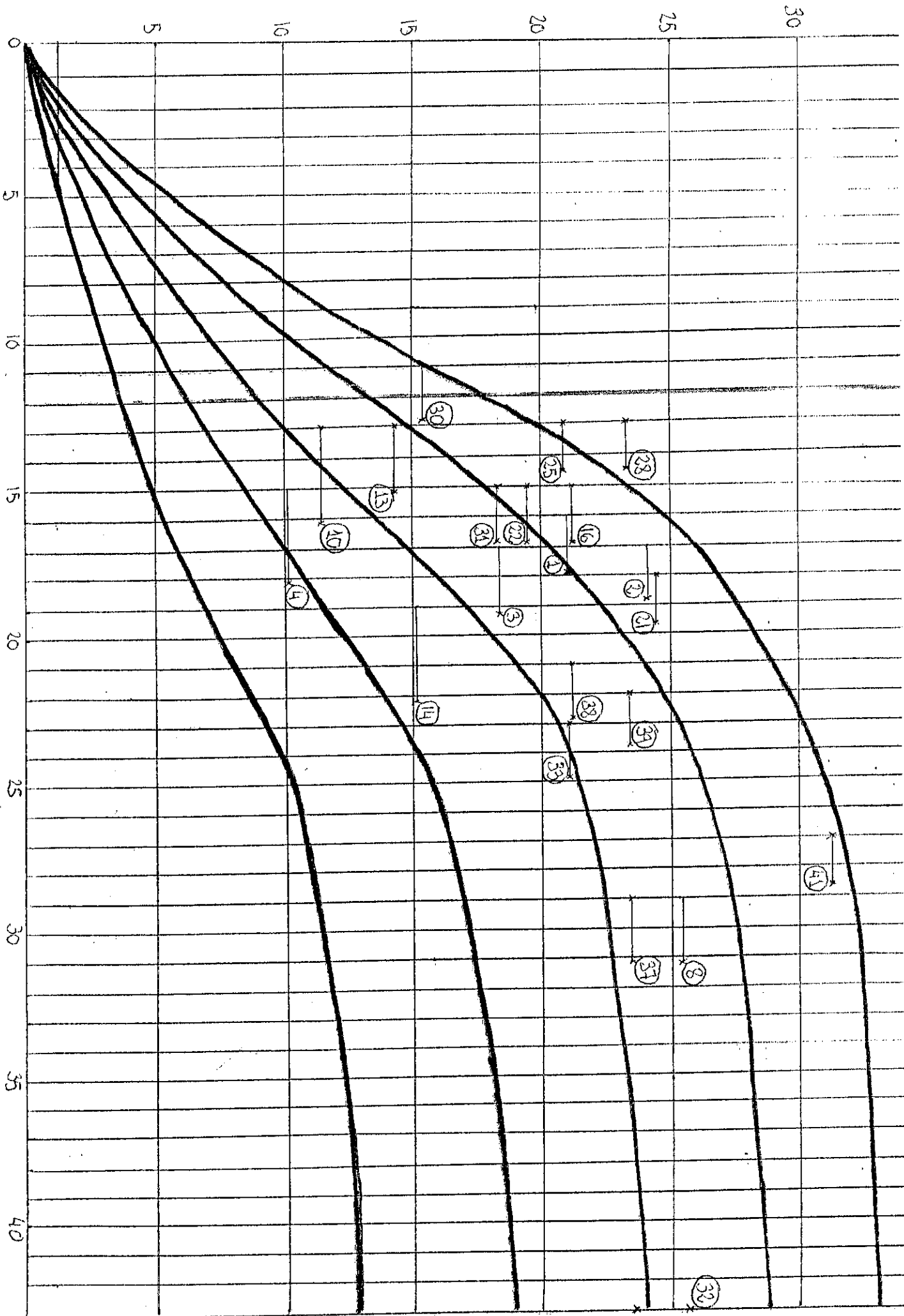
Diámetro normal.....	30,6 cm.
Diámetro normal sin corteza.....	25,6 cm.
Altura total.....	19,3 m.
Altura de fuste .....	16,9 m.
Número de anillos.....	19,4
Anchura media de los anillos ....	1,5

-----

R







ANEXO Nº II

RESULTADO DE LOS ENSAYOS A DIFERENTES PROBETAS  
A LA HUMEDAD NORMAL

INDICE

Cuadro nº 27.- Peso específico, humedad, contracción volumétrica e higroscopicidad.

Cuadro nº 28.- Contracción volumétrica total y punto de saturación de las fibras.

Cuadro nº 29.- Contracción tangencial y radial.

Cuadro nº 30.- Dureza.

Cuadro nº 31.- Compresión axial.

Cuadro nº 32.- Flexión estática y módulo de elasticidad.

Cuadro nº 33.- Flexión dinámica.

Cuadro nº 34.- Hienda.

Cuadro nº 35.- Tracción perpendicular a las fibras.

Cuadro nº 36.- Esfuerzo cortante.

Cuadro nº 37.- Compresión perpendicular a la fibra.

Nº de probeta	Nº de artillos	P <sub>h</sub>	V <sub>h</sub>	V <sub>o</sub>	P <sub>o</sub>	H %	P <sub>h</sub>	P <sub>g</sub>	P <sub>12=D</sub>	B	V	h <sub>i</sub>	R <sub>svh</sub>
IAN1	2	3,1	7,9	7,7	2,9	7,5	0,40	0,38	0,41	3,0	0,4	2,5	0,37
IAN2	3	3,8	7,9	7,6	3,5	9,1	0,48	0,47	0,49	5,2	0,6	2,1	0,44
IAN2	2,5	4,0	7,9	7,6	3,7	8,1	0,50	0,49	0,51	4,2	0,5	2,4	0,47
IAN3	5	3,9	7,9	7,6	3,6	8,3	0,49	0,47	0,50	3,7	0,4	2,8	0,46
IAN4	3	3,3	8,1	7,8	3,1	8,2	0,41	0,39	0,42	4,0	0,5	2,1	0,38
IAS2	3	3,4	8,3	7,9	3,2	6,9	0,41	0,40	0,42	4,2	0,6	1,7	0,38
IAS5	4	3,8	8,2	7,8	3,6	7,2	0,47	0,46	0,48	4,9	0,7	1,6	0,44
IAE2	4	3,9	8,2	7,8	3,6	9,4	0,48	0,46	0,49	4,9	0,5	2,3	0,44
IAO2	5	4,3	8,1	7,7	4,0	8,0	0,53	0,52	0,54	4,8	0,6	2,2	0,49
IBN2	3	3,7	7,8	7,7	3,5	5,1	0,47	0,46	0,49	2,3	0,5	2,6	0,45
IBE1	3	3,4	8,0	7,7	3,2	6,2	0,42	0,42	0,43	3,8	0,6	1,7	0,40
IBE4	2	3,1	8,1	7,8	2,9	8,6	0,39	0,37	0,40	4,0	0,5	2,1	0,36
2ANI	1	3,5	8,0	7,7	3,2	7,7	0,44	0,42	0,45	2,8	0,4	2,8	0,41
2ANI	2	3,4	8,0	7,7	3,2	8,5	0,43	0,41	0,44	4,9	0,5	2,3	0,40
2AN2	2	3,0	8,0	7,6	3,6	8,0	0,49	0,48	0,50	4,9	0,6	1,9	0,45
2AN5	2	3,3	8,2	7,9	3,1	6,5	0,40	0,39	0,41	3,5	0,5	1,9	0,37
2AN7	2,5	3,6	8,0	7,9	3,3	9,1	0,45	0,42	0,46	2,8	0,3	3,2	0,41
2AN8	1	3,1	8,1	7,8	2,9	8,6	0,37	0,37	0,38	3,7	0,4	2,1	0,36
2AN8	1	3,3	8,2	7,8	3,0	9,3	0,41	0,39	0,42	4,0	0,4	2,4	0,37

CUADRO Nº 27 : PESO ESPECIFICO p; HUMEDAD h; CONTRACCION VOLUMETRICA B,v; HIGROSCOPICIDAD h<sub>i</sub>

Nº de probeta anillos	Nº de	P <sub>h</sub>	V <sub>h</sub>	V <sub>o</sub>	P <sub>o</sub>	H %	P <sub>h</sub>	P <sub>g</sub>	∫ <sub>12=D</sub>	B	V	h <sub>i</sub>	R <sub>svh</sub>
2AN8	1	3,1	8,1	7,8	3,0	8,4	0,39	0,38	0,40	4,1	0,5	2,0	0,37
2AS1	1	3,2	8,0	7,8	3,0	7,7	0,40	0,38	0,41	3,2	0,4	2,4	0,37
2AE1	2	3,3	8,1	7,9	3,1	7,1	0,41	0,39	0,42	2,9	0,4	2,5	0,38
2AE1	2	3,4	8,2	7,9	3,2	7,6	0,41	0,40	0,42	3,8	0,5	2,1	0,38
2AE1	2	3,4	8,1	7,7	3,1	9,3	0,42	0,40	0,43	4,4	0,5	2,2	0,39
2AE3	3	4,1	8,2	7,8	3,8	8,5	0,50	0,48	0,51	5,4	0,6	1,8	0,46
2AO2	3,5	3,6	7,7	7,4	3,4	10	0,47	0,46	0,48	4,3	0,4	2,7	0,44
2AO3	2	3,2	7,7	7,4	3,0	6,7	0,42	0,41	0,43	3,5	0,5	2,0	0,39
2BN1	1	2,7	7,9	7,7	2,5	7,8	0,35	0,33	0,36	3,0	0,4	2,2	0,32
2BE2	2	2,7	8,0	7,8	2,5	7,6	0,40	0,32	0,40	2,1	0,2	2,9	0,32
2BE2	1	2,7	8,0	7,7	2,5	7,6	0,34	0,33	0,35	4,4	0,6	1,4	0,31
3AN1	1	3,4	7,9	7,8	3,2	7,8	0,43	0,41	0,44	1,9	0,2	3,3	0,40
3AS1	1	3,2	8,2	7,8	3,0	6,8	0,39	0,38	0,40	4,3	0,6	1,4	0,36
3AE1	2,5	4,3	8,1	7,9	4,0	9,6	0,53	0,51	0,54	3,3	0,3	3,5	0,49
4AN1	1	4,6	7,9	7,6	4,3	8,6	0,59	0,57	0,60	4,4	0,5	3,0	0,54
4AN2	2	3,8	7,8	7,6	3,6	7,5	0,49	0,47	0,50	3,1	0,4	3,0	0,46
4AN2	1	3,8	7,9	7,6	3,5	8,4	0,49	0,47	0,51	4,0	0,5	2,7	0,45
4AN3	2	4,9	8,0	7,8	4,6	6,9	0,61	0,59	0,63	2,8	0,4	3,7	0,57
4AN3	2	4,9	8,0	7,7	4,5	8,9	0,61	0,58	0,62	4,0	0,4	3,4	0,56

Nº de probetas	Nº de arillos	P <sub>h</sub>	V <sub>h</sub>	V <sub>o</sub>	P <sub>o</sub>	H %	P <sub>h</sub>	P <sub>o</sub>	P <sub>g</sub>	f <sub>12=D</sub>	B	V	h <sub>i</sub>	R <sub>svh</sub>
4AS1	3	4,8	8,2	7,9	4,4	9,1	0,57	0,56	0,58	4,7	0,5	2,8	0,53	
4AE1	4	4,5	7,8	7,5	4,2	8,3	0,58	0,56	0,59	4,9	0,6	2,4	0,53	
4AE1	5	4,5	7,8	7,5	4,2	7,4	0,57	0,56	0,58	4,5	0,6	2,2	0,54	
4AO1	1	5,2	7,8	7,6	4,8	8,3	0,66	0,63	0,67	3,4	0,4	4,0	0,61	
6BN2	2,5	3,8	7,9	7,5	3,5	8,6	0,48	0,47	0,49	5,3	0,6	1,8	0,44	
6BN2	1	3,7	8,2	7,8	3,4	7,2	0,45	0,44	0,45	5,8	0,8	0,9	0,42	
6BE2	1	3,0	7,9	7,6	2,7	9,1	0,38	0,36	0,39	3,0	0,3	2,6	0,35	
6BO2	3	4,0	8,0	7,7	3,7	8,7	0,50	0,47	0,51	3,6	0,4	2,9	0,46	
6BO4	3	3,9	8,0	7,6	3,6	9,3	0,49	0,46	0,50	4,2	0,4	2,7	0,45	
6BO4	3	3,9	8,0	7,7	3,6	8,9	0,49	0,47	0,50	4,0	0,4	2,7	0,45	
8AN2	2	3,9	7,5;	7,2	3,7	6,3	0,52	0,51	0,53	4,0	0,6	1,9	0,49	
8AN2	3	4,2	7,6	7,2	3,9	8,3	0,55	0,54	0,56	5,0	0,6	2,2	0,51	
8AN3	1	3,9	7,6	7,3	3,6	8,3	0,51	0,49	0,52	4,1	0,5	2,6	0,47	
8AN6	3	4,1	7,4	7,1	3,7	9,3	0,55	0,53	0,56	4,9	0,5	2,6	0,50	
8AS2	2	4,3	8,2	7,8	4,0	8,0	0,53	0,51	0,54	5,0	0,6	2,0	0,49	
8AS3	2,5	4,3	7,9	7,6	4,0	8,3	0,54	0,52	0,55	4,3	0,5	2,6	0,50	
8AS2	2	4,3	8,2	7,9	3,9	9,0	0,52	0,50	0,52	4,7	0,5	2,5	0,47	
8AS3	3	4,4	8,0	7,6	4,1	7,8	0,55;	0,53	0,56	4,6	0,6	2,3	0,51	
8AS6	3	4,0	7,6;	7,3	3,7	8,4	0,53	0,51	0,54	4,3	0,5	2,5	0,49	

CUADRO Nº 27 : PESO ESPECIFICO p; HUMEDAD h; CONTRACCION VOLUMETRICA B,v; HIGROSCOPICIDAD h<sub>i</sub>

Nº de probetas	Nº de arillos	P <sub>h</sub>	V <sub>h</sub>	V <sub>o</sub>	P <sub>o</sub>	H %	P <sub>h</sub>	P <sub>g</sub>	f <sub>12=D</sub>	B	V	h <sub>i</sub>	R <sub>svh</sub>
8AE2	3	4,1	7,9	7,5	3,7	8,6	0,51	0,49	0,52	4,2	0,5	2,6	0,47
8BN1	3	3,6	7,5	7,2	3,3	7,5	0,48	0,46	0,49	4,2	0,6	2,2	0,45
8BN2	6	4,1	7,7	7,4	3,8	7,9	0,53	0,51	0,54	4,7	0,6	2,2	0,49
8BN3	3	4,3	7,7	7,5	3,9	8,9	0,56	0,53	0,57	3,5	0,4	3,5	0,51
8BS2	2	3,5	8,0	7,7	3,3	8,2	0,44	0,43	0,45	4,2	0,5	2,2	0,41
8BE1	2	3,5	8,1	7,8	3,2	7,7	0,43	0,42	0,44	3,8	0,5	2,2	0,40
8BE2	6	4,3	8,1	7,8	4,0	7,5	0,55	0,51	0,54	3,9	0,5	2,6	0,49
8BE3	5	4,2	8,0	7,7	3,9	8,2	0,52	0,50	0,53	4,5	0,5	2,4	0,48
8BE6	4	4,0	8,2	7,7	3,8	7,1	0,50	0,49	0,50	5,4	0,8	1,2	0,46
8BE6	4	4,0	8,1	7,8	3,7	8,0	0,50	0,48	0,51	3,8	0,5	2,7	0,46
8BO1	1	3,2	8,2	8,0	3,0	7,7	0,39	0,37	0,40	2,9	0,3	2,5	0,36
11AS2	3	3,9	7,6	7,3	3,6	8,3	0,51	0,50	0,52	4,7	0,5	2,3	0,47
11AE2	2	4,2	7,8	7,6;	3,9	8,2	0,53	0,51	0,54	3,7	0,4	3,0	0,49
11AO1	1	3,6	7,7	7,4	3,3	9,1	0,47	0,45	0,48	4,5	0,5	2,4	0,43
11AO2	3	4,1	7,6	7,3	3,8	7,0	0,54	0,52	0,55	3,5	0,5	2,8	0,51
11AO3	2	4,2	7,5	7,2	3,9	8,7	0,57	0,54	0,58	3,5	0,4	3,5	0,52
13AS2	1	4,0	8,1	7,7	3,6	9,6	0,50	0,47	0,52	4,1	0,4	2,9	0,45
14AN2	1	4,0	8,2	7,9	3,8	5,8	0,49	0,48	0,50	3,7	0,6	1,8	0,46
16AE2	2	3,8	7,9	7,6	3,5	7,9	0,48	0,47	0,49	4,6	0,6	2,1	0,45

Nº de probeta artículos	Nº de P <sub>h</sub>	V <sub>h</sub>	V <sub>o</sub>	P <sub>o</sub>	H %	P <sub>h</sub>	P <sub>g</sub>	$\int_{12=D}$	B	V	h <sub>i</sub>	R <sub>svh</sub>
16AE3	1	7,8	7,5	2,8	8,5	0,41	0,38	0,42	3,6	0,5	2,2	0,4
17AS5	4	7,3	7,2	3,3	16,6	0,54	0,47	0,52	1,4	0,1	4,7	0,47
17AS9	2	7,4	7,1	3,2	17,1	0,50	0,45	0,48	4,5	0,3	3,5	0,43
17AE8	3	7,5	7,2	2,9	14,6	0,44	0,40	0,43	4,7	0,3	2,9	0,38
21AN4	3	7,6;	7,4	3,2	20,6	0,50	0,43	0,46	3,2	0,2	3,9	0,41
21AE1	5	7,8	7,5	3,4	14,7	0,50	0,45	0,49	4,3	0,3	3,5	0,44
21AE1	3	7,7	7,2	3,4	14,2	0,50	0,47	0,49	7,2	0,5	2,4	0,44
21AO1	4	7,5	7,2	3,6	13,9	0,55	0,50	0,54	4,2	0,3	3,8	0,48
21AO3	4	7,3	7,1	3,2	13,5	0,49	0,45	0,48	3,5	0,3	3,6	0,43
21AO3	2	7,6	7,1	3,0	16,7	0,46	0,42	0,45	6,6	0,4	2,7	0,40
22AN4	3	7,7	7,2	3,4	8,8	0,48	0,47	0,48	6,5	0,7	1,3	0,44
22AN5	1	7,8	7,4	3,4	7,2	0,47	0,46	0,48	5,1	0,7	1,4	0,44
23BO2	3	7,6	7,2	3,1	14,5	0,47	0,43	0,46	6,7	0,5	2,5	0,41
23BO3	3	7,6	7,2	3,5	14,3	0,53	0,49	0,52	5,7	0,4	3,1	0,46
25AN1	4	7,5	7,0	3,5	14,3	0,53	0,50	0,52	8,0	0,6	2,3	0,46
25AN1	2	7,4	7,3	3,6	13,3	0,55	0,49	0,54	1,0	0,1	10,0	0,49
25AN2	2	7,7	7,1	3,1	14,7	0,45	0,43	0,45	9,6	0,6	1,5	0,39
27BN1	3	7,7	7,4	3,6	14,1	0,53	0,48	0,52	3,6	0,3	3,9	0,46
27BS1	2	7,3	7,2	3,5	15,5	0,56	0,49	0,54			10,0	0,50



CUADRO Nº 27 : PESO ESPECIFICO p; HUMEDAD h; CONTRACCION VOLUMETRICA B,v; HIGROSCOPICIDAD h<sub>i</sub>

Nº de probeta arillos	Nº de arillos	V <sub>h</sub>	V <sub>o</sub>	P <sub>o</sub>	H %	P <sub>h</sub>	P <sub>e</sub>	∫ <sub>12=D</sub>	B	V	h <sub>i</sub>	R <sub>svh</sub>
27BS2	2	3,8	7,8	3,3	15,8	0,49	0,46	0,48	8,6	0,5	2,2	0,42
27BS2	2	3,8	7,8	3,3	14,9	0,49	0,47	0,48	9,3	0,6	1,8	0,43
27BO2	2	3,5	7,6	3,0	15,1	0,46	0,42	0,45	4,4	0,3	3,2	0,40
28AS5	3	4,0	7,8	3,7	8,4	0,52	0,50	0,53	4,7	0,6	2,3	0,42
28AO3	3	4,5	7,9	4,2	7,1	0,57	0,55	0,58	4,2	0,6	2,4	0,53
28BN2	1	3,4	7,4	3,2	7,5	0,47	0,45	0,48	3,7	0,4	2,4	0,44
28BN3	3	3,8	7,5	3,5	8,6	0,51	0,49	0,52	4,2	0,5	2,7	0,47
30AN2	3	3,8	7,3	3,3	14,4	0,52	0,49	0,51	7,3	0,5	2,5	0,45
30AN2	4	4,3	7,3	3,7	15,3	0,60	0,52	0,57	1,9	0,1		0,51
30AN3	2	3,4	7,3	3,0	15,2	0,46	0,41	0,45	1,5	0,1	4,0	0,40
31AO2	2,3	3,3	7,8	2,8	15,8	0,42	0,40	0,41	8,6	0,5	1,9	0,36
32AN2	5	5,1	8,1	4,6	9,1	0,63	0,61	0,63	6,1	0,7	2,1	0,57
32AE2	3	4,8	8,0	4,4	9,6	0,60	0,57	0,61	3,9	0,4	3,6	0,55
32AO3	5	4,2	7,7	3,9	8,2	0,54	0,52	0,55	3,9	0,5	2,9	0,50
32BS6	3	4,5	8,3	4,2	8,3	0,55	0,53	0,56	4,5	0,5	2,6	0,50
32BE6	3	3,7	7,9	3,4	7,5	0,47	0,45	0,48	3,9	0,5	2,3	0,43
32BO1	3,5	4,2	8,1	3,9	8,8	0,52	0,49	0,53	3,1	0,3	3,5	0,48
32BO2	3	4,0	7,9	3,7	8,1	0,51	0,49	0,52	4,2	0,5	2,5	0,47
32BO3	2,5	3,7	8,1	3,4	8,0	0,42	0,41	0,47	1,0	0,5	2,5	0,42





CUADRO Nº 28 : CONTRACCION VOLUMETRICA, B Y PUNTO DE SATURACION DE LAS FIBRAS S

de beta	V <sub>s</sub>	V <sub>e</sub>	B	S	Nº de probeta	V <sub>s</sub>	V <sub>e</sub>	B	S
	9119'9				3AN2	9256'8	7762'1	19'26	40'29
1	8930'1				3AN3	9385'7	8062'3	16'42	34'35
	9252'1	8103'5	14'17	29'64	3AS1	9422'2	7966'6	18'27	38'22
	9640'9	8043'5	19'86	41'55	3AE1	9027'9			
	9303'6	7876'3	18'12	37'91	3AE2	9441'1	8272'1	14'13	29'56
	9811'1	8000'1	22'64	47'36	3A01	9435'6	7880'1	19'74	41'29
	9448'1	7847'6	20'37	42'65	4AN4	9146'7			
	9448'7	8068'3	17'11	35'79	4AS1	9489'9	8102'5	17'12	35'81
	9209'6	8107'4	13'59	28'43	4A01	9140'5			
	9146'1	7882'6	16'03	33'53	4A05	9299'3	8248'4	12'74	26'65
	8693'7	7873'7	10'41	21'78	6B03	9203'4	7956'5	15'67	32'78
	9271'7	7939'9	16'77	35'08	8AN6	8657'7	7346'5	17'85	37'34
1	9042'9	8010'6	12'89	26'96	8AS6	9391'1	8104'2	15'93	33'32
	8916'8	7729'5	15'36	32'13	8A02	9208'5	8044'3	14'47	30'27
	9302'5	8062'2	15'39	32'19	8BN1	9230'2	8414'3	9'70	20'29
	8721'9	8065'5	8'14	17'03	8BS1	9430'6	8033'9	17'38	36'36
	9490'9	8142'9	16'55	34'62	8BS3	9247'1	8072'5	14'55	30'43
	9392'2	7989'1	17'56	36'74	8BS3 <sub>1</sub>	8918'9	7690'6	15'97	33'41
	9324'9	8007'8	16'45	34'41	8BE1	9336'9	8049'6	15'99	33'45

CUADRO Nº 28 : CONTRACCION VOLUMETRICA, B Y PUNTO DE SATURACION DE LAS FIBRAS S

Nº de probeta	V <sub>s</sub>	V <sub>g</sub>	B	S	Nº de probeta	V <sub>s</sub>	V <sub>g</sub>	B	S
8BE6	9533'7	7903'1	20'63	43'15	28AE1	8998'4	7529'5	19'51	40
11AS2	9184'6	8162'8	12'52	26'19	28A01	9609'8	7505'1	28'04	58
11A02	9167'4	7775'8	17'90	37'44	28BN1	8609'3	7764'4	10'88	22
13AN1	9578'7	8136'2	17'73	37'09	28BS1	9261'9	8087'6	14'52	30
13AS1	9110'1	7697'6	18'35	38'39	28BS1 <sub>1</sub>	9168'1	8098'3	13'21	27
14AN1	9371'8	8255'2	13'53	28'30	28BE1	9384'5	7945'4	18'11	37
14A01	8929'5	8224'1	13'88	29'04	32AN4	9000'7	7663'1	17'46	36
16AN1	8983'6	8384'8	7'14	14'94	32AN5	9531'7	7946'4	19'95	41
16AS3	8886'7	7326'1	21'30	44'56	32AE3	9547'5	7848'5	16'09	33
16AE3	9389'9	7835'1	19'84	41'50	32BN1	9490'4	7743'6	22'56	47
16A03	9392'8	8069'8	16'39	34'28	32BS1	9180'1	7958'7	15'35	32
16BN2	9484'9	7965'3	19'08	39'91	32BS6	9138'0	7908'9	15'54	30
18AN2	9486'7	7973'7	18'98	39'71	32B03	9540'8	7921'9	21'97	45
22AN3	9531'9	7897'9	20'69	43'28	33AN1	9218'8	7822'6	17'85	37
22AE2	9372'9	8043'9	16'52	34'56	33AS7	9476'1	8000'7	18'44	38
22A01	9132'5	7800'1	17'08	35'73	33AE2	9170'1	7691'3	19'23	40
22A02	9102'2	7714'4	17'99	37'63	33A02	9562'6	7905'6	20'96	43
28AN3	9299'6	8139'5	14'25	29'81	33BN1	9098'2	7946'4	15'64	32
28AS2	9236'4	7617'5	21'25	44'45	33B03	9342'9	7943'4	17'62	36

CUADRO Nº 28 : CONTRACCION VOLUMETRICA, B Y PUNTO DE SATURACION DE LAS FIBRAS S

de	V <sub>s</sub>	V <sub>e</sub>	B	S	Nº de	V <sub>s</sub>	V <sub>e</sub>	B	S
beta					probeta				
1	9027'6	7567'9	19'29	40'35	41B01	9093'2	8158'3	11'46	23'97
3	9365'5	7908'6	18'42	38'53					
1	9448'2	7663'9	23'28	48'70					
4	9847'9	8246'1	19'43	40'65					
2	9287'2	7895'5	17'63	36'88					
4	9231'2	8053'6	14'62	30'58					
1	9853'2	7867'6	25'24	52'80					
2	8568'4	8002'5	7'07	14'80					
2	8926'6	7822'6	14'11	29'52					
1	9263'5	8104'5	14'30	29'91					
2	8993'3	7999'3	12'43	26'00					
1	9596'9	8015'1	19'74	41'29					
1	9458'6	8195'8	15'41	32'24					
5	9096'1	8033'9	13'22	27'65					
3	9131'4	7898'4	15'66	32'76					
7	8986'9	7850'4	14'48	30'29					
1	8367'6	7907'3	5'82	12'17					
2	9199'8	8152'2	12'84	26'86					
2	9456'3	8180'7	15'59	32'61					

CUADRO Nº 29 : CONTRACCION LINEAL

Nº de probeta	DIMENSIONES				CONTRAC. TGCAL.		CONTRAC. RAC	
	PARA H 30 %		PARA H = 0 %		Total B <sub>tg</sub>	Unitario V <sub>tg</sub>	Total B <sub>r</sub>	Uni v
	Tang. T <sub>gs</sub>	Radial R <sub>s</sub>	Tang. T <sub>go</sub>	Radial R <sub>o</sub>				
1AN3	21,5	20,7	19,7	19,9	9,5	0,28	4,1	0
1AN5	21,6	21,1	20,4	20,4	5,6	0,17	3,5	0
1AS2	21,6	21,5	19,8	20,1	8,8	0,26	6,8	0
1AS5	21,3	20,9	20,4	20,6	4,3	0,13	1,5	0
1AE1	21,6	20,9	19,7	20,0	9,6	0,30	4,3	0
1AO1	21,8	21,1	19,8	19,7	10,8	0,32	7,1	0
1AO2	21,8	21,1	19,7	19,7	10,4	0,31	7,1	0
1AO2 <sub>2</sub>	21,4	21,0	20,1	19,7	6,5	0,19	6,2	0
1BN1	21,6	21,0	19,8	19,8	9,0	0,26	5,5	0
1BN2	21,4	20,7	19,7	19,7	8,3	0,25	5,3	0
1BS1	21,5	20,5	19,7	19,7	8,8	0,26	4,3	0
1BE3	20,9	20,3	19,6	19,7	6,4	0,19	3,1	0
2AN1	21,0	20,2	20,2	19,8	4,1	0,10	1,7	0
2AN2	21,4	20,9	19,4	19,8	10,1	0,30	5,8	0
2AN3	21,5	20,6	19,8	19,6	8,6	0,25	4,9	0
2AN6	21,2	20,8	19,5	19,7	8,3	0,24	5,6	0
2AS1	21,0	20,9	20,0	20,6	5,2	0,15	1,6	0
2AS2	21,4	21,0	20,0	19,8	7,4	0,22	5,9	0
2AO3	20,7	20,3	19,7	19,8	5,0	0,15	2,6	0

CUADRO Nº 29 : CONTRACCION LINEAL

le a	DIMENSIONES				CONTRAC. TGCAL,		CONTRAC. RADIAL	
	PARA H 30 %		PARA H = 0 %		Total	Unitario	Total	Unitario
	Tang. T <sub>gs</sub>	Radial R <sub>s</sub>	Tang. T <sub>go</sub>	Radial R <sub>o</sub>	B <sub>tg</sub>	V <sub>tg</sub>	B <sub>r</sub>	V <sub>r</sub>
	20,5	20,8	20,0	20,0	2,5	0,07	3,7	0,11
2	21,0	20,7	20,1	20,3	4,7	0,14	1,6	0,05
	21,0	20,3	20,0	19,7	5,1	0,15	2,8	0,08
2	20,8	20,3	20,3	20,1	2,6	0,08	1,1	0,03
	21,4	21,0	19,8	20,1	8,1	0,24	4,5	0,13
	21,7	20,9	19,9	19,7	9,3	0,27	6,3	0,19
	21,6	20,7	20,3	20,0	6,3	0,19	3,3	0,10
	21,3	20,7	19,9	19,7	7,3	0,21	5,0	0,15
2	21,2	20,7	20,0	20,1	5,9	0,17	2,8	0,08
	21,7	20,5	19,7	19,4	10,11	0,30	6,1	0,18
	21,2	20,6	19,9	19,9	6,9	0,20	3,8	0,11
1	21,3	20,9	20,0	20,0	6,3	0,19	4,5	0,13
	21,4	20,8	20,3	20,1	5,4	0,16	3,9	0,11
2	21,5	20,9	19,7	19,9	9,1	0,27	4,9	0,14
	21,0	20,8	20,0	20,5	4,9	0,15	1,9	0,06
1	21,3	20,8	19,9	20,2	7,2	0,21	3,0	0,09
	21,0	20,9	20,1	20,3	4,6	0,14	3,1	0,09
	21,6	20,9	20,1	20,1	7,3	0,22	4,1	0,12
2	21,5	20,8	19,6	19,6	9,9	0,30	6,0	0,18



CUADRO Nº 29 : CONTRACCION LINEAL

Nº de probeta	DIMENSIONES				CONTRAC. TGCAL.		CONTRAC. RA	
	PARA H 30 %		PARA H = 0 %		Total B <sub>tg</sub>	Unitario V <sub>tg</sub>	Total B <sub>r</sub>	Un
	Tang. T <sub>gs</sub>	Radial R <sub>s</sub>	Tang. T <sub>go</sub>	Radial R <sub>o</sub>				
4AN1	20,9	20,8	19,6	19,6	6,6	0,19	6,0	
4AS1	21,9	21,3	19,8	20,0	10,2	0,30	6,3	
4A01	21,3	20,9	19,8	20,3	7,5	0,22	2,9	
4A05	21,3	20,9	19,8	20,3	7,5	0,22	2,9	
6BN1	21,2	20,7	20,2	20,0	5,0	0,15	3,3	
6BN1 <sub>2</sub>	21,4	20,6	20,3	19,9	5,0	0,16	3,7	
6BE1	21,7	21,2	20,2	20,3	7,6	0,22	4,1	
6B02	21,3	20,3	20,1	19,8	5,6	0,16	2,8	
6B03	20,8	21,1	19,5	20,0	6,5	0,19	5,7	
8AN2	20,9	20,1	19,4	19,3	7,9	0,23	4,4	
8AN3	20,8	20,1	19,9	19,8	4,4	0,13	1,8	
8AN4	21,3	20,1	19,7	19,8	7,8	0,23	1,7	
8AN3	20,8	20,0	19,5	19,9	6,5	0,19	0,3	
8AN4	21,3	20,1	19,7	19,1	7,9	0,23	4,9	
8AN5	20,7	20,3	19,2	19,4	8,0	0,23	4,5	
8AN6	20,4	20,2	19,7	19,0	8,7	0,26	6,2	
8AS1	21,8	21,3	20,3	20,1	7,5	0,22	5,9	
8AS1 <sub>2</sub>	21,5	21,2	20,1	20,1	7,1	0,21	5,4	
8AS4	21,6	21,1	20,3	20,0	6,3	0,19	5,3	

CUADRO Nº 29 : CONTRACCION LINEAL

de ta	DIMENSIONES				CONTRAC. TGCAL.		CONTRAC. RADIAL	
	PARA H 30 %		PARA H = 0 %		Total	Unitario	Total	Unitario
	Tang. T <sub>gs</sub>	Radial R <sub>s</sub>	Tang. T <sub>go</sub>	Radial R <sub>o</sub>	B <sub>tg</sub>	V <sub>tg</sub>	B <sub>r</sub>	V <sub>r</sub>
5	21'4	21'18	20'0	20'2	6'9	0'20	4'9	0'15
6	21'3	20'4	20'3	19'7	5'9	0'15	3'7	0'11
6 <sub>1</sub>	21'5	21'1	19'6	20'1	9'5	0'28	5'0	0'15
6 <sub>1</sub>	21'3	21'1	19'7	20'1	8'1	0'24	4'4	0'13
2	20'3	20'0	19'2	19'1	5'7	0'17	4'7	0'1
2	21'1	20'5	19'9	19'5	5'9	0'17	5'1	0'2
3	21'6	21'0	20'1	20'0	7'3	0'22	4'9	0'1
1	21'1	20'5	20'3	20'2	3'8	0'11	1'5	0'0
1	20'8	20'8	19'5	20'1	6'3	0'19	3'3	0'1
1 <sub>1</sub>	21'9	20'6	20'2	19'7	7'9	0'2	5'1	0'1
3	20'8	21'1	19'0	19'6	9'1	0'1	7'3	0'2
2 <sub>3</sub>	20'7	20'7	19'5	20'0	6'1	0'2	3'7	0'1
3 <sub>2</sub>	20'6	21'1	19'3	19'7	6'7	0'2	7'5	0'2
1	21'5	20'9	19'9	19'8	8'4	0'2	5'1	0'1
1 <sub>1</sub>	21'2	20'3	20'2	19'7	5'2	0'1	3'1	0'1
2	20'9	20'8	19'7	19'9	5'9	0'2	4'3	0'1
3 <sub>2</sub>	21	21'1	19'8	20'1	5'8	0'2	5'2	0'1
6	21'7	21'0	19'7	19'8	9'7	0'3	5'3	0'2
6 <sub>3</sub>	21'5	20'8	19'9	19'8	8'2	0'2	5'0	0'1

CUADRO Nº 29 : CONTRACCION LINEAL

Nº de probeta	DIMENSIONES				CONTRAC. TGCAL.		CONTRAC. RA	
	PARA H 30 %		PARA H = 0 %		Total B <sub>tg</sub>	Unitario V <sub>tg</sub>	Total B <sub>r</sub>	Ur
	Tang. T <sub>gs</sub>	Radial R <sub>s</sub>	Tang. T <sub>go</sub>	Radial R <sub>o</sub>				
8B01	21'0	20'8	19'8	20'2	5'9	0'2	3'2	0
8B02	21'8	21'3	20'4	20'2	6'6	0'2	5'5	0
11AS2	21'1	20'6	20'4	19'5	3'8	0'1	5'7	0
11AE1	20'8	20'9	19'8	20'1	5'1	0'1	3'9	0
11A02	21'2	20'7	19'6	19'4	7'9	0'2	6'9	0
13AN1	21'6	21'2	19'9	20'1	8'6	0'2	5'5	0
13AN1 <sub>1</sub>	21'6	21'2	20'2	20'3	6'7	0'2	4'7	0
13AS1	20'6	21'2	19'1	20'2	7'7	0'2	4'9	0
14AN1	21'5	20'6	19'9	19'9	8'3	0'2	3'3	0
14A01	20'8	20'6	19'9	20'1	4'8	0'1	2'6	0
16AN1	21'2	21'5	20'3	20'5	4'1	0'1	4'8	0
16AS3	20'6	20'3	18'9	18'8	9'5	0'3	7'8	0
16AE3	21'3	20'4	19'5	19'5	9'1	0'3	4'3	0
16A03	21'2	20'8	19'9	19'8	6'5	0'2	5'3	0
16BN2	21'6	20'9	19'8	19'7	8'9	0'3	5'7	0
17ANS	20'1	20'4	19'4	19'4	3'3	0'1	5'5	0
17AS2	20'6	20'3	19'3	19'5	6'8	0'2	4'3	0
17AS10	20'2	20'4	19'4	18'8	4'2	0'1	8'4	0
17AE8	20'3	20'3	19'4	19'6	4'7	0'1	4'0	0

CUADRO Nº 29 : CONTRACCION LINEAL

de sta	DIMENSIONES				CONTRAC. TGCAL.		CONTRAC. RADIAL	
	PARA H 30 %		PARA H = 0 %		Total	Unitario	Total	Unitario
	Tang. T <sub>gs</sub>	Radial R <sub>s</sub>	Tang. T <sub>go</sub>	Radial R <sub>o</sub>	B <sub>tg</sub>	V <sub>tg</sub>	B <sub>r</sub>	V <sub>r</sub>
N2	21'7	20'7	19'7	19'8	10'2	0'3	6'0	0'2
N4	20'4	20'0	19'1	19'3	6'9	0'2	3'6	0'1
E1	21'0	20'6	19'5	19'9	7'8	0'2	3'7	0'1
E1 <sub>1</sub>	20'6	20'4	19'4	19'8	6'3	0'2	2'9	0'1
01	20'7	20'3	19'3	19'2	7'2	0'2	6'1	0'2
03	20'2	20'4	19'2	19'3	5'6	0'2	5'5	0'2
03 <sub>1</sub>	20'4	20'2	19'9	19'6	2'4	0'1	3'0	0'1
N3	21'4	21'1	19'5	19'7	9'8	0'3	6'9	0'2
N7	20'5	20'7	19'9	20'0	2'9	0'1	3'3	0'1
E2	21'3	20'6	19'9	19'6	6'7	0'2	5'2	0'1
01	21'1	20'3	19'8	19'0	6'8	0'2	6'9	0'2
02	21'1	20'7	19'3	19'4	9'1	0'3	6'3	0'2
E1	20'4	20'0	19'7	18'9	3'5	0'1	5'7	0'2
02	20'8	20'3	19'1	19'3	8'5	0'2	5'4	0'2
03	20'8	19'6	19'1	18'3	8'7	0'2	7'4	0'2
N1	20'6	20'2	18'9	19'3	9'3	0'3	4'9	0'1
N1 <sub>2</sub>	21'0	20'2	19'5	19'4	7'8	0'2	4'3	0'1
N2	20'3	19'8	19'1	19'3	6'6	0'2	2'9	0'1
N1	20'8	20'6	19'3	19'6	7'9	0'2	5'0	0'1

CUADRO Nº 29 : CONTRACCION LINEAL

Nº de probeta	DIMENSIONES				CONTRAC. TGCAL.		CONTRAC. RA	
	PARA H 30 %		PARA H = 0 %		Total B <sub>tg</sub>	Unitaria V <sub>tg</sub>	Total B <sub>r</sub>	Un: V
	Tang. T <sub>gs</sub>	Radial R <sub>s</sub>	Tang. T <sub>go</sub>	Radial R <sub>o</sub>				
27B1	20'5	20'3	19'3	19'6	6'3	0'2	3'6	0
27BS1	20'7	20'4	19'4	19'5	6'8	0'2	4'4	0
27BS2	20'6	19'9	19'5	19'3	5'2	0'1	2'9	0
27B02	20'4	20'1	19'4	19'2	5'2	0'1	4'8	0
28AN3	21'7	21'1	19'9	20'0	8'9	0'3	5'2	0
28AS2	21'3	21'1	19'3	19'6	10'5	0'3	7'6	0
28AS6	21'1	21'0	19'8	20'2	6'9	0'2	4'2	0
28AE1	21'3	20'4	19'6	19'6	8'8	0'2	3'9	0
28AD1	21'7	21'2	19'6	19'9	10'9	0'3	7'0	0
28BN1	20'4	20'3	19'3	19'5	5'9	0'2	3'7	0
28BS1	21'7	20'1	20'0	19'8	8'4	0'2	1'8	0
28BS1 <sub>2</sub>	21'7	20'6	20'0	19'6	8'6	0'2	5'1	0
28BE1	21'7	20'7	19'8	19'7	9'3	0'3	5'1	0
30AN2	21'2	20'4	19'2	19'3	10'3	0'3	6'1	0
30AN2 <sub>1</sub>	20'4	20'3	19'2	19'7	5'9	0'2	3'2	0
30AN3	20'4	20'0	19'0	19'2	7'2	0'2	4'5	0
30AS1	20'1	20'6	18'9	19'6	6'2	0'2	5'2	0
31A02	20'6	20'6	19'5	19'7	5'6	0'2	4'2	0
31AN3	21'2	20'8	19'5	19'8	8'6	0'2	5'4	0

CUADRO Nº 29 : CONTRACCION LINEAL

de sta	DIMENSIONES				CONTRAC. TGCAL.		CONTRAC. RADIAL	
	PARA H 30 %		PARA H = 0 %		Total	Unitario	Total	Unitario
	Tang. T <sub>gs</sub>	Radial R <sub>s</sub>	Tang. T <sub>go</sub>	Radial R <sub>o</sub>	B <sub>tg</sub>	V <sub>tg</sub>	B <sub>r</sub>	V <sub>r</sub>
N4	21'1	20'4	19'6	19'5	7'7	0'2	4'9	0'1
N5	21'8	20'9	19'5	19'6	11'6	0'3	6'9	0'2
E2	22'2	21'3	19'7	19'9	12'3	0'4	7'4	0'2
N1	20'9	20'9	19'6	20'0	6'7	0'2	4'6	0'1
N1 <sub>1</sub>	21'3	21'4	19'2	19'9	11'2	0'3	7'5	0'2
N6	20'5	20'8	19'1	19'9	7'2	0'2	3'9	0'1
S5	21'5	20'4	20'0	19'6	6'9	0'2	4'1	0'1
S6	21'7	20'9	19'6	19'7	10'4	0'3	6'3	0'2
E2	21'0	20'9	19'7	19'9	6'8	0'2	4'7	0'1
O3	21'2	21'0	19'4	19'6	9'2	0'3	7'1	0'2
N1	21'6	20'6	19'6	19'4	10'3	0'3	6'1	0'2
S7	21'6	21'0	19'6	19'9	9'8	0'3	5'4	0'2
E2	21'6	20'5	19'5	19'4	10'7	0'3	5'5	0'2
O2	21'5	20'9	19'5	19'9	10'1	0'3	5'3	0'2
N1	20'9	20'7	19'7	19'9	6'6	0'2	3'6	0'1
O3	21'6	21'1	19'8	20'2	9'1	0'3	4'7	0'1
S1	21'3	20'9	19'5	19'7	9'2	0'3	6'0	0'2
E3	21'3	21'3	19'8	19'8	9'1	0'3	6'6	0'2
O1	21'6	20'9	19'5	19'7	10'7	0'3	6'6	0'2

CUADRO Nº 29 : CONTRACCION LINEAL

Nº de probeta	DIMENSIONES				CONTRAC. TGCAL.		CONTRAC. RA	
	PARA H 30 %		PARA H = 0 %		Total B <sub>tg</sub>	Unitaria V <sub>tg</sub>	Total B <sub>r</sub>	Un
	Tang. T <sub>gs</sub>	Radial R <sub>s</sub>	Tang. T <sub>go</sub>	Radial R <sub>o</sub>				
37A04	21'8	20'3	19'9	19'9	9'8	0'3	6'9	0
37B02	21'5	21'0	19'7	19'9	8'9	0'3	5'9	0
38A1	19'7	20'8	18'8	19'4	4'3	0'1	7'0	0
38E2	20'4	20'2	19'3	19'6	6'1	0'2	3'1	0
38E2 <sub>1</sub>	21'0	20'8	20'4	19'5	4'8	0'1	6'6	0
38B1	20'2	20'1	18'8	19'4	7'5	0'2	1'4	0
38B02	20'7	20'3	19'6	19'5	5'6	0'2	3'9	0
38B04	20'9	20'3	19'2	19'7	9'2	0'3	3'5	0
39AN4	21'3	20'5	19'9	19'8	7'1	0'2	3'6	0
39AS1	21'8	21'3	19'7	19'8	10'5	0'3	7'5	0
39AE2	20'3	20'5	19'4	20'2	4'5	0'1	1'3	0
39A02	21'2	20'6	19'9	19'5	6'7	0'2	5'6	0
39BS1	21'3	20'9	19'8	19'9	7'9	0'2	4'9	0
39BE2	21'4	21'1	19'8	20'1	8'2	0'2	4'5	0
39BE2 <sub>1</sub>	21'1	21'0	19'8	20'5	6'8	0'2	2'5	0
39B04	21'8	21'1	19'9	19'8	9'3	0'3	6'4	0
40S3	20'3	19'9	19'3	19'3	5'2	0'1	3'4	0
40AE4	20'1	20'1	19'0	19'3	5'7	0'2	3'9	0
41AN1	21'8	20'7	20'3	19'8	7'0	0'2	4'2	0





CUADRO Nº 30 : DUREZA

Nº de probetas	Nº de anillas	TANGENCIAL			RADIAL		
		f (mm)	$N = 1/f$	$C_d = N/P^2 h$	f (mm)	$N = 1/d$	$C_d = N/P^2 h$
1AN2		0'35	2'8	11'67	0'41	2'4	10
1AE1		0'44	2'2	9'17	0'54	1'85	7'
1A01		0'32	3'1	12'92	0'21	4'7	19'5
1A02		0'60	1'62	6'75	0'50	2	8'3
1BN1		0'69	1'45	6'04	0'57	1'75	7'2
1BE3		0'54	1'85	7'71	0'41	2'4	10
1BE4		0'85	1'16	4'83	1'04	0'95	3'9
1B02		0'51	1'9	7'5	0'35	2'8	11'6
2AN3		0'35	2'8	11'67	0'25	3'9	16'2
2AN5		0'61	1'62	6'75	0'77	1'29	5
2AN7		0'41	2'4	10	0'32	3'1	12'9
2AE2		0'51	1'9	7'92	0'35	2'8	11'6
2A02		0'47	2'1	8'75	0'25	3'9	16'2
2BN2		1'04	0'95	3'96	0'39	2'6	10'8
2BS1		0'85	1'16	4'83	0'85	1'16	4'8
2BE1		1'04	0'95	3'96	1'08	0'92	3'8
2B01		0'85	1'16	4'83	0'94	1'05	4'3
2B02		0'57	1'75	7'29	0'35	2'8	11'6
3AN2		0'21	4'7	19'58	0'30	3'3	13'7

CUADRO Nº 30 : DUREZA

de	Nº de anillas	TANGENCIAL			RADIAL		
		f (mm)	$N = 1/f$	$C_d = N/P_h^2$	f (mm)	$N = 1/d$	$C_d = N/P_h^2$
03		0'41	2'4	10	0'41	2'4	10
01		0'30	3'3	13'75	0'23	4'3	17'92
02		0'51	1'9	7'92	0'54	1'85	7'71
01		0'47	2'1	8'75	0'25	3'9	16'25
02		0'35	2'8	11'67	0'17	5'9	24'58
02		0'35	2'8	11'67	0'25	3'9	16'25
05		0'19	5'1	21'25	0'08	11'6	48'33
02		0'30	3'3	13'75	0'39	2'6	10'83
05		0'30	3'3	13'75	0'21	4'7	19'58
07		0'54	1'85	7'75	0'35	2'8	11'67
01		0'35	2'8	11'67	0'41	2'4	10
02		0'17	5'9	24'58	0'17	5'9	24'58
01		0'30	3'3	13'75	0'25	3'9	16'25
03		0'30	3'3	13'75	0'21	4'7	19'58
01		0'41	2'4	10	0'30	3'3	13'75
02		0'41	2'4	10	0'30	3'3	13'75
05		0'30	3'3	13'75	0'25	3'9	16'25
03		0'25	3'9	16'25	0'17	5'9	24'58
01	1	1'49	0'67	2'88	1'25	0'8	3'44

CUADRO Nº 30 : DUREZA

Nº de probeta	Nº de arillas	TANGENCIAL			RADIAL		
		f (mm)	$N = 1/f$	$C_d = N/P_h^2$	f (mm)	$N = 1/d$	$C_d = N$
11AS1		0'35	2'8	11'67	0'21	4'7	19'
11AD1		0'35	2'8	11'67	0'25	3'9	16'
11AD3		0'30	3'3	13'75	0'10	9'7	40'
13AD1		0'35	2'8	11'67	0'13	7'5	31'
14AD2		0'35	2'8	11'67	0'10	9'7	40'
16AN2		0'21	4'7	19'58	0'35	2'8	11'
16AS1		0'47	2'1	8'75	0'25	3'9	16'
16AS2		0'61	1'62	6'75	0'47	2'1	8'
16AE1		0'41	2'4	10	0'13	7'5	31'
16AE1 <sub>1</sub>		0'61	1'62	6'75	0'30	3'3	13'
16AE2		0'41	2'4	10	0'54	1'85	7'
16AE3		0'47	2'1	8'75	0'30	3'3	13'
16AD2		0'41	2'4	10	0'43	2'3	9'
16AD3		0'54	1'85	7'71	0'25	3'9	16'
17AN5	5	0'54	1'85	7'97	1'54	1'85	7'
17NS2	2	0'41	2'4	10'34	0'35	2'8	12'
17AS9	2	0'54	1'85	7'97	0'41	2'4	6'
17AS10	2	0'54	1'85	7'97	0'61	1'62	6'
17AE8	2'5	0'41	2'4	10'34	0'41	2'4	6'

CUADRO Nº 30 : DUREZA

de	Nº de arillas	TANGENCIAL			RADIAL		
		f (mm)	$N = 1/f$	$C_d = N/p_h^2$	f (mm)	$N = 1/d$	$C_d = N/p_h^2$
01	4	0'41	2'4	10'34	0'61	1'62	6'98
03	3	0'69	1'45	6'24	0'61	1'62	6'98
03 <sub>1</sub>	2	0'54	1'85	7'97	0'54	1'85	7'97
04		0'21	4'7	19'58	0'21	4'7	19'58
04		0'35	2'8	11'67	0'30	3'3	13'75
06		0'255	3'9	16'25	0'35	2'8	11'67
02		0'35	2'8	11'67	0'30	3'3	13'75
07		0'30	3'3	13'75	0'30	3'3	13'75
08		0'35	2'8	11'67	0'35	2'8	11'67
02		0'35	2'8	11'67	0'13	7'5	31'25
01	3	0'69	1'45	6'24	0'85	1'16	4'99
01	2'5	0'52	1'9	8'18	0'52	1'9	8'18
02	1'5	0'69	1'45	6'24	0'54	1'85	7'97
01		0'13	7'5	31'25	0'11	8'7	36'25
02		0'21	4'7	19'58	0'17	5'9	24'58
03		0'21	4'7	19'58	0'17	5'9	24'58
03		0'21	4'7	19'58	0'25	3'9	16'25
05		0'21	4'7	19'58	0'13	7'5	31'25
02		0'21	4'7	19'58	0'07	13'3	55'42

CUADRO Nº 30 : DUREZA

Nº de probeta	Nº de anillas	TANGENCIAL			RADIAL		
		f (mm)	$N = 1/f$	$C_d = N/P_h^2$	f (mm)	$N = 1/d$	$C_d = N$
28A01		0'21	4'7	19'58	0'13	7'5	31'
28A02		0'25	3'9	16'25	0'21	4'7	19'
28BN2		0'54	1'85	7'71	0'77	1'29	5'
28BN3		0'30	3'3	13'75	0'05	19'1	79'
28BS1		0'51	1'9	7'92	0'54	1'85	7'
28BE1	2	0'69	1'45	6'24	0'61	1'65	6'
28BE2		0'35	2'8	11'67	0'25	3'9	16'
28B02		0'30	3'3	13'75	0'21	4'7	19'
28B03		0'41	2'4	10	0'13	7'5	31'
28B04		0'30	3'3	13'75	0'25	3'9	16'
30AN3	2	0'61	1'62	6'98	0'61	1'62	6'
30B02	1'5	1'04	0'95	4'09	0'85	1'16	4'
31AN3	2	0'41	2'4	6'24	0'47	2'1	9'
31A02	2	0'85	1'16	4'99	0'60	1'45	6'
32AN3		0'21	4'7	19'58	0'13	7'5	31'
32AN5		0'21	4'7	19'58	0'10	9'7	40'
32AE2		0'17	5'9	24'58	0'21	4'7	19'
32AE4		0'17	5'9	24'58	0'19	5'1	21'
32A04		0'30	3'3	13'75	0'21	4'7	19'

CUADRO Nº 30 : DUREZA

de	Nº de arillos	TANGENCIAL			RADIAL		
		f (mm)	$N = 1/f$	$C_d = N/P_h^2$	f (mm)	$N = 1/d$	$C_d = N/P_h^2$
N1		0'35	2'8	11'67	0'21	4'7	19'58
54		0'30	3'3	13'75	0'21	4'7	19'58
55		0'25	3'9	16'25	0'25	3'9	16'25
56		0'30	3'3	13'75	0'21	4'7	19'58
55		0'35	2'8	11'67	0'21	4'7	19'58
02		0'30	3'3	13'75	0'21	4'7	19'58
V1		0'21	4'7	19'58	0'17	5'9	22'58
56		0'30	3'3	13'75	0'13	7'5	31'25
E1		0'21	4'7	19'58	0'10	9'7	40'42
01		0'35	2'8	11'67	0'13	7'5	31'25
3		0'41	2'4	10	0'17	5'9	24'58
V2		0'54	1'85	7'71	0'54	1'85	7'71
V3		0'21	4'7	19'58	0'35	2'8	11'67
52		0'21	4'7	19'58	0'21	4'7	19'58
52		0'17	5'9	24'58	0'13	7'5	31'25
53		0'18	5'4	20'5	0'17	5'9	24'58
01		0'14	6'7	27'92	0'17	5'9	24'58
01		0'30	3'3	13'75	0'35	2'8	11'67
?	3	0'85	1'16	4'99	0'81	1'6	4'99

CUADRO Nº 30 : DUREZA

Nº de probeta	Nº de arillas	TANGENCIAL			RADIAL		
		f (mm)	$N = 1/f$	$C_d = N/P_h^2$	f (mm)	$N = 1/d$	$C_d = N$
39AN4		0'51	1'9	7'92	0'39	2'6	10'
39AS2		0'17	5'9	24'58	0'35	2'8	11'
39AE3		0'39	2'6	10'83	0'19	5'1	21'
39A03		0'31	3'2	13'33	0'23	4'3	17'
39B02		0'46	2'2	9'17	0'35	2'8	11'
41AN1		0'35	2'8	11'67	0'29	3'4	14'
41AN4		0'14	7'1	29'58	0'19	5'1	21'
41AN8		0'21	4'7	19'58	0'13	7'5	31'
41AS2		0'21	4'7	19'58	0'19	5'1	21'
41AS4		0'54	6'7	26'67	0'07	13'3	55'
41AE1		0'14	6'7	27'92	0'19	5'1	21'
41AE5		0'19	5'1	21'25	0'21	4'7	19'
41A04		0'22	4'4	18'33	0'14	6'7	27'
41A05		0'21	4'7	19'58	0'17	5'6	23'
41BN3		0'39	11'8	49'17	0'30	3'3	13'
41BS3		0'30	3'3	13'75	0'13	7'5	31'
41BE3		0'39	2'6	10'83	0'35	2'8	11'
41B02		0'47	2'1	8'75	0'41	2'4	10'

CUADRO Nº 31 : COMPRESION AXIAL C

le	Nº de anillos	Carga P(kg)	C <sub>h</sub>	H %	C <sub>12</sub>	Cota estática	Nº de probet	Nº de anillos	Carga P(kg)	C <sub>h</sub>	H %	C <sub>12</sub>	Cota estática
1	1	1500	375	9,11	332	6,60	1BE1 <sub>2</sub>	3	1717	428,75	9,04	378	7,52
2	2	1425	356,25	10,34	333	6,62	1BE2 <sub>1</sub>	4	1760	440	9,30	392	7,81
1	5	2358	589,5	8,92	517	10,29	1BE2 <sub>2</sub>	3,5	1790	447,5	8,72	389	7,74
2	5	2415	603,75	8,92	530	10,46	1BE3 <sub>1</sub>	3	1680	420	9,39	376	7,49
1	4,5	2335	583,75	8,48	502	9,98	1BE3 <sub>2</sub>	2	1655	413,75	9,19	367	7,31
1	5	2020	505	8,54	435	8,66	1BE4 <sub>1</sub>	2,5	1745	436,25	9,14	386	7,69
2	6	2230	557,5	9,09	493	9,80	1B02 <sub>1</sub>	3	2080	520	8,60	449	8,94
1	2	1643	410,75	8,42	352	7,00	1B02 <sub>2</sub>	4	1865	466,25	8,53	401	7,99
1	5	2270	567,5	9,09	500	9,94	2AN1 <sub>1</sub>	1	1330	332,5	8,69	288	5,74
2	5	2278	569,5	8,18	482	9,60	2AN1 <sub>2</sub>	1	1355	338,75	8,94	297	5,92
1	5	2400	600	8,73	521	10,38	2AN2 <sub>1</sub>	3	2050	512,5	8,59	443	8,81
1	5	2100	525	9,09	464	9,23	2AN2 <sub>2</sub>	3	1978	494,5	9,01	435	8,66
2	5,5	2305	576,25	8,44	494	9,84	2AN3 <sub>2</sub>	3	2015	503,75	8,33	430	8,55
1	4	1870	467,5	8,37	400	7,96	2AN3 <sub>1</sub>	3	2060	515	8,33	439	8,75
1	3	2180	545	8,33	465	9,25	2AN4 <sub>1</sub>	2	1305	326,25	8,14	276	5,49
2	3	2140	535	8,73	465	9,26	2AN4 <sub>2</sub>	2	1235	308,75	8,33	262	5,24
1	3	1530	382,5	9,09	338	6,73	2AN5 <sub>1</sub>	1,5	1400	350	8,04	295	5,86
2	3	1840	460	8,46	395	7,86	2AN6 <sub>1</sub>	1,5	1505	376,25	8,76	327	6,52
2	4	1480	370	7,92	310	6,16	2AN6 <sub>2</sub>	2	1595	398,75	8,58	344	6,85
1	3	1745	436,25	8,65	378	7,52	2AN7 <sub>1</sub>	2	1770	442,5	8,58	382	7,60



CUADRO Nº 31 : COMPRESION AXIAL C

Nº de probeta	Nº de anillos	Carga P(kg)	C <sub>h</sub>	H %	C <sub>12</sub>	Cota estática	Nº de probeta	Nº de anillos	Carga P(kg)	C <sub>h</sub>	H %	C <sub>12</sub>
2AN7 <sub>2</sub>	3	2105	526	9,1	465	9,3	2BS1 <sub>1</sub>	1	1280	320	9,8	292
2AN8 <sub>1</sub>	1	1315	329	8,4	281	6,0	2BE1 <sub>1</sub>	2	1260	315	8,1	266
2AN8 <sub>2</sub>	1	1365	341	9,0	300	6,0	2BE2 <sub>1</sub>	2	1380	345	9,8	315
2AS1 <sub>1</sub>	2	1305	326	8,8	284	5,6	2BE2 <sub>2</sub>	2	1340	335	9,8	307
2AS1 <sub>2</sub>	2	1310	327	8,6	282	5,7	2B01 <sub>1</sub>	3	1380	345	9,4	309
2AS2 <sub>1</sub>	3	1740	435	8,7	377	8,6	2B01 <sub>2</sub>	2	1510	377	8,9	331
2AS2 <sub>2</sub>	3	1685	421	8,6	365	7,3	2AN1 <sub>1</sub>	2	1640	410	9,2	365
2AE1 <sub>1</sub>	2	1230	307	8,7	267	5,3	3AN1 <sub>2</sub>	2	1630	408	9,7	370
2AE1 <sub>2</sub>	2	1190	297	8,4	255	7,1	3AN2 <sub>1</sub>	4	1895	474	8,4	407
2AE3 <sub>1</sub>	3	2165	541	9,0	475	9,5	3AN2 <sub>2</sub>	5	2150	537	8,8	469
2AE3 <sub>2</sub>	3	1165	541	9,1	468	9,5	3AN3 <sub>1</sub>	3	1740	435	9,0	384
2A01 <sub>1</sub>	2	1232	308	9,7	268	5,3	3AS1 <sub>1</sub>	2	1450	362	8,4	311
2A01 <sub>2</sub>	2	1200	300	8,1	253	5,0	3AS2 <sub>1</sub>	3	1780	445	8,8	388
2A02 <sub>1</sub>	5	2230	558	8,6	482	9,6	3AE1 <sub>1</sub>	3	2400	600	9,2	532
2A02 <sub>2</sub>	5	2140	535	8,7	465	9,2	3AE3 <sub>1</sub>	2	1575	394	8,3	337
2A03 <sub>1</sub>	2	1500	375	8,4	321	6,4	3AE2 <sub>1</sub>	2	1600	400	9,3	357
2A03 <sub>2</sub>	2	1470	367	8,2	312	6,2	3A01 <sub>1</sub>	3	1665	416	8,7	361
2B02 <sub>1</sub>	2	1860	465	8,0	391	7,8	4AN1 <sub>1</sub>	3	2120	530	8,8	463
2BN1 <sub>1</sub>	1	1320	330	8,8	288	5,6	4AN2 <sub>1</sub>	2	1605	401	9,0	353
2BN2 <sub>1</sub>	2	1230	308	8,7	266	5,3	4AS1 <sub>1</sub>	5	2110	527	8,8	459

CUADRO Nº 31 : COMPRESION AXIAL C

	Nº de anillos	Carga P (kg)	C <sub>h</sub>	H %	C <sub>12</sub>	Cota estática	Nº de probet	Nº de anillos	Carga P (kg)	C <sub>h</sub>	H %	C <sub>12</sub>	Cota estática
	4	2245	561	8,5	484	9,7	8A01	2	1760	440	8,8	383	7,6
	5	2360	590	8,1	499	9,9	8A02	4	2150	537	9,2	479	9,5
	3	2315	579	8,5	499	9,9	8A03	5	2510	628	8,5	539	10,7
	3	2070	517	7,9	432	8,6	8BN1	2,5	1940	485	8,5	417	8,3
	2	2350	587	8,6	507	10,1	8BN2	6	2450	612	8,8	535	10,7
	2	1415	354	8,4	303	6,0	8BN3	5	2290	573	8,4	490	9,8
	4	2325	581	8,1	491	9,8	8BS1	2	1700	425	9,0	375	7,5
	3	2050	512	8,0	431	8,6	8BS2	1,5	1360	340	9,0	299	6,0
	2	1485	371	8,2	320	6,4	8BE1	2	1620	405	7,8	337	6,7
	3	2150	537	8,8	468	9,3	8BE3	5	2390	597	8,7	519	10,3
	4	1865	466	6,5	364	7,2	8BE6	4	2100	525	8,7	456	9,1
	2	1900	475	8,6	410	8,2	8B01	2	1480	370	8,0	311	6,2
	5	2070	517	8,6	447	8,9	8B02	3	1980	495	8,2	419	8,4
	1	1470	350	10,0	330	-	10AN2	1	1050	262	13,4	277	5,9
	6	2490	622	9,0	547	10,9	10AS1	1	1300	325	13,1	340	7,2
	5	2060	650	9,1	574	11,4	10A01	2	1120	280	14,4	307	6,5
	3	2235	559	9,5	502	10,0	11AN1	2	1400	350	8,6	303	6,0
	2	1860	465	10,3	404	8,1	11AS1	2	1690	422	8,7	368	7,3
	2	1760	440	9,2	390	7,8	11AS2	3	1520	380	9,0	335	6,7
	8	2200	550	9,0	485	9,6	11AE1	2	1400	350	9,1	309	6,2

CUADRO Nº 31 : COMPRESION AXIAL C

Nº de probeta	Nº de anillos	Carga P(kg)	C <sub>h</sub>	H %	C <sub>12</sub>	Cota estática	Nº de probeta	Nº de anillos	Carga P(kg)	C <sub>h</sub>	H %	C <sub>12</sub>
11AE2	3	1590	377	8,8	329	6,5	17AN5	3	1300	325	13,6	345
11A03	3	1690	423	8,8	369	7,3	17AS1 <sub>1</sub>	3	970	243	14,3	265
13AN1	3	1780	445	9,3	398	7,9	17AS1 <sub>2</sub>	2	990	245	14,3	270
13AN2	3	1790	447	9,1	395	7,9	17AS2 <sub>1</sub>	3	905	296	15,0	254
13AS1	3,5	1730	433	8,6	373	7,4	17AS2 <sub>2</sub>	2	1160	290	15,3	328
13AS2	3	1670	418	8,8	364	7,2	17AS9	2	965	241	15,7	277
13A02	2	1410	352	9,3	315	6,3	17AS10	1	1010	253	14,6	279
13A03	3	2000	500	8,8	436	8,7	17AE2	1,5	1070	268	15,8	308
14AN2	2	1810	452	8,6	391	7,8	17AE3	4	1320	330	15,3	374
14AE2	2	1720	430	8,8	375	7,5	17AE7	1	850	212	16,2	248
14A01	2	1450	363	8,4	311	6,8	17AE8	3	1020	255	17,1	307
14A02	2	1230	307	8,0	259	5,2	21AN1	3	1425	356	14,0	385
16AN1	2	1340	335	8,2	283	5,6	21AN2	4	1815	454	10,0	417
16AN2	2	1550	387	8,8	337	6,7	21AN4	3	1280	320	15,1	360
16AS1	3	1430	358	9,1	316	6,3	21AE1	3	1310	328	13,5	347
16AS3	2	2000	500	8,3	427	8,5	21AE3	4	1720	430	13,8	462
16AE2	3	1890	473	8,6	409	8,1	21AE4	4	1390	348	14,2	378
16AE3	1,5	1390	348	8,9	305	6,1	21A01	5	1765	441	13,5	468
16A02	2	2060	515	9,0	453	9,0	21A02	3	1535	384	13,4	405
17AN1	3	765	191	14,4	209	4,4	21A03	3	1320	330	14,9	368

CUADRO Nº 31 : COMPRESION AXIAL C

de	Nº de	Carga	C <sub>h</sub>	H %	C <sub>12</sub>	Cota	Nº de	Nº de	Carga	C <sub>h</sub>	H %	C <sub>12</sub>	Cota
eta	anillos	P(kg)				estática	probet	anillos	P(kg)				estática
31	6	1785	446	13,8	478	10,2	28AS5	2	2155	539	8,0	453	9,0
1	2	2070	515	9,4	464	9,2	28AS6	2	1875	469	7,8	390	7,8
2	4	2270	567	8,4	486	9,7	28AE1	2	1920	480	8,6	414	8,2
1	2	2010	502	8,6	434	8,6	28AE2	2,5	2015	504	8,6	435	8,7
7	3	1685	421	9,0	371	7,4	28A01	2	1980	495	8,5	425	8,5
8	3	1640	410	8,9	359	7,2	28A02	2	1855	464	8,4	398	7,9
1	4	2280	570	8,1	481	9,6	28A04	2	2680	670	8,3	571	11,4
2	2	2010	502	7,7	471	9,4	28BN1	1,5	1460	365	8,3	311	6,2
1	4	1290	322	13,2	337	7,2	28BN2	1,5	1510	377	8,0	317	6,3
3	2	1505	376	13,9	404	8,6	28BN3	2	2020	505	8,3	431	8,6
1	2,5	1565	394	13,4	413	8,8	28BS1	2	1840	457	8,5	393	7,8
2	1	1180	295	13,8	316	6,7	28BS2	2	2440	610	8,4	521	10,4
1	3	1820	455	14,1	493	10,5	28BE1	2	2020	505	8,5	434	8,6
1	3	1835	459	9,5	413	8,8	28B03	1	1815	454	8,3	386	7,7
2	1	1140	285	13,8	305	6,5	28B02	2	2380	595	8,8	519	10,3
2	2	1485	371	13,8	398	8,5	30AN2	2	1250	312	15,0	350	7,4
1	3	2620	655	8,5	562	11,2	31AS2	2	920	230	15,2	259	5,5
2	2,5	2225	556	8,6	480	9,6	31AN3	3	1450	352	14,5	399	8,5
3	2	2050	512	8,4	438	8,7	31A02	3	900	225	14,1	244	5,2
3	4	2610	652	8,2	554	11,0	32AN2	4	2200	550	8,6	475	9,5

CUADRO Nº 31 : COMPRESION AXIAL C

Nº de probeta	Nº de anillos	Carga P(kg)	C <sub>h</sub>	H %	C <sub>12</sub>	Cota estática	Nº de probeta	Nº de anillos	Carga P(kg)	C <sub>h</sub>	H %	C <sub>12</sub>
32AN4	5	2440	510	9,5	459	9,1	32BD3	3	2470	617	8,1	522
32AN7	6,5	2420	605	9,4	543	10,8	33AN1	3	2380	595	8,3	508
32AS1	4	2320	580	8,6	502	10,0	33AN2	4	2120	530	7,8	442
32AS2	4	2730	682	8,5	587	11,7	33AS7	5	2580	645	9,3	576
32AE2	3	2224	556	10,0	512	10,2	33AE1	3	2420	605	7,9	505
32AE3	5	2900	725	8,5	624	12,4	33AE3	3	2540	635	7,0	507
32AE4	4	2970	724	7,4	635	12,6	33AE4	4,5	2220	555	8,2	470
32A02	4	2395	599	8,7	520	10,4	33BN2	2	1690	422	8,2	358
32A04	5	2505	626	8,2	531	10,6	33A01	3	1710	428	8,6	369
32A05	4	1885	471	9,3	420	8,4	33A02	5	2200	550	8,3	469
32BN1	-	2444	611	8,2	519	10,3	33BN1	4	2200	550	8,2	471
32BN4	3	2290	573	8,3	489	9,7	33BE	3	1805	451	7,9	378
32BN8	3	1930	482	8,5	415	8,2	33B02	2	1830	457	8,1	387
32BS4	3	1550	388	8,3	330	6,6	33B03	4,5	2460	615	8,4	525
32BS5	3,5	2420	605	8,1	511	10,2	37AN3	6,5	2560	640	8,6	552
32BE3	3	2025	506	8,0	426	8,5	37AN4	4	2075	519	9,0	457
32BE4	3	1848	460	8,1	391	7,7	37AS1	6,5	2335	584	8,2	494
32BE5	3	1665	416	8,2	353	7,0	37AS2	7	2675	669	8,5	575
32B01	4	1880	470	8,4	403	8,0	37AE2	2	1745	436	8,8	380
32B02	3	1885	471	8,0	395	7,9	37AE3	5	2000	500	8,8	437

CUADRO Nº 31 : COMPRESION AXIAL C

de	Nº de	Carga	C <sub>h</sub>	H %	C <sub>12</sub>	Cota	Nº de	Nº de	Carga	C <sub>h</sub>	H %	C <sub>12</sub>	Cota
eta	anillos	P(kg)				estática	probet	anillos	P(kg)				estática
1	7,5	2830	707	8,5	607	12,1	39AS1	4,5	2410	602	8,6	521	10,4
2	4	1840	460	8,6	398	7,9	39AE1	5	2003	501	8,6	434	8,6
1	2,5	1680	420	7,9	352	7,0	39AE2	2	2375	594	9,4	532	10,6
2	5	1995	499	8,2	424	8,4	39AD2	3	2385	596	8,8	520	10,3
	3	1938	484	8,4	415	8,3	39AD4	2	1785	446	8,6	386	7,7
	5	2195	549	8,7	476	9,5	39BN3	2	1550	387	8,5	334	6,6
2	5	2385	596	8,5	513	10,2	39BS1	3	1520	380	9,0	335	6,7
1	3	1585	396	14,4	435	9,2	39BE1	2,5	2000	500	8,9	438	8,7
2	3	1210	302	14,2	239	5,1	39BE2	3	1680	420	7,9	351	7,0
2	3	965	241	13,4	255	5,4	39B02	3	2120	530	8,4	454	9,0
	3,5	1560	390	13,8	419	8,9	40S3	2	1210	302	14,4	331	7,0
L <sub>1</sub>	3	1180	295	13,6	314	6,7	40E1	1	1050	262	14,6	290	6,2
L <sub>2</sub>	1,5	1245	311	13,6	331	7,0	40E4	2	1315	328	14,2	358	7,6
L <sub>3</sub>	2	1010	252	14,1	274	5,8	41AN1	4	2505	626	8,4	538	10,1
	4	1520	380	13,9	408	8,7	41AN4	3	2510	627	8,2	533	10,6
1	1	1010	252	13,7	270	5,7	41AN8	4	2610	652	8,3	557	11,1
2	2	1120	280	14,1	304	6,4	41BN2	2	1805	451	8,2	383	7,6
	2	1430	357	13,6	381	8,1	41BN3	2	1892	473	8,2	401	8,0
	5	2495	624	8,9	545	10,8	41AS1	3	2660	665	8,6	576	11,5
	3	1820	455	8,6	394	7,8	41AS3	2	2345	586	8,9	514	10,2



CUADRO Nº 32 : FLEXION ESTATICA O Y MODULO DE ELASTICIDAD E

de	Nº de	Carga	flecha	$\sigma_h$	$\sigma_{12}$	Cota	Cota	Cota	P'	l'	módulo
estata	anillas	rotura	rotura			rigidez	flexión	tenac.	(mm)	(mm)	elastíc.
		P(kg)	f(cm)			L/δ <sub>1</sub>	σ <sub>100D</sub>	σ <sub>c</sub>			E
2	2	174	0'7	783	712	34'3	14'3	2'1			
2	3	182	0'6	819	753	40'0	15'0	1'8	25'5	2	110.160
3	5	237	1'1	1069	983	21'8	19'6	1'9			
1	2	176	0'8	792	729	30'0	14'5	1'5			
1	7	312	0'7	1404	1292	34'3	25'7	2'5			
1	3	147	0'45	661	609	53'3	12'1	1'5	21	2	90.720
2	3	204	0'45	919	845	53'3	16'8	1'8			
1	3	173	0'5	778	716	48'0	14'2	2'1			
3	5	164	0'7	738	679	34'3	13'5	1'8			
2	3	206	0'8	927	853	30'0	17'0	1'9	22'5	2'5	77.760
3	3	198	0'6	891	820	40'0	16'3	1'9			
6	2	180	1'0	810	745	24'0	14'8	1'8			
2	3	183	1'2	823	758	20'0	15'1	1'8	25	4	54.000
2	2	156	0'35	700	644	68'6	12'8	1'3	27	2	116.640
2	3	130	0'5	585	538	48'0	10'7	2'0	23	3'5	56.767
1	2	95	0'3	428	393	80'0	7'8	1'4	19	2'5	65.664
1	2	160	0'55	718	660	43'6	13'1	2'5	28	3	80.690
1	2	130	0'5	583	536	48'0	10'7	1'7	24	3	69.120
1	1'5	152	0'75	684	629	32'0	12'5	1'7	16	2'5	56.296



CUADRO Nº 32 : FLEXION ESTATICA O Y MODULO DE ELASTICIDAD E

Nº de probeta	Nº de anillas	Carga rotura P(kg)	flecha rotura f(cm)	$\sigma_h$	$\sigma_{12}$	Cota rigidez L/f	Cota flexión $\sigma^2/100D$	Cota tenac. $\sigma/C$	P' (mm)	l' (mm)	mó. el.
3AN2	3'5	259	0'6	1165	1072	40	21'3	2'3	31	2	13
3AN3	2	163	0'6	733	675	40	13'4	1'8			
3AS1	2	143	0'65	643	592	36'9	11'8	1'9	17	2	7
3AE1	2	219	0'6	985	907	40'0	18'0	1'7	22	2	9
3AE2	3	136	0'5	612	563	48'0	11'2	1'6	22	3	6
3A01	3'5	212	0'8	954	878	30'0	17'5	2'4	22	1'5	12
4AN1	2'5	266	1'1	1197	1101	21'8	21'9	2'4	25	2'5	8
4AS1	4	297	0'7	1336	1230	34'3	24'5	2'7	40	3	11
4A04	2	225	1'05	1012	931	22'9	18'5	1'8	30	4'5	5
4A05	2	281	1'0	1264	1163	24'0	23'1	2'7	30	3	8
6BN2	2'5	174	0'4	783	720	60'0	14'3	1'5			
6BE2	2	102	0'55	459	422	43'6	8'4	1'32			
6B02	2'5	220	0'7	990	911	34'3	18'1	1'9	19'5	2	84
6B03	2	159	1'05	718	660	22'9	13'1	1'6	17'5	2'5	60
8AN6	3	244	1'2	1098	1010	20'0	20'1	2'4	37'5	4'5	72
8AS1	5	146	0'35	657	604	68'6	12'0	1'1			
8AS6	2	243	1'35	1093	1006	17'8	20'0	2'4	28'5	3	82
8AE2	3	180	0'65	810	745	36'9	14'8	1'8	28'5	4	61
8A02	2'5	221	0'85	994	915	28'2	18'2	1'9	46'5	4'5	85

CUADRO Nº 32 : FLEXION ESTATICA O Y MODULO DE ELASTICIDAD E

de	Nº de	Carga	flecha	$\sigma_h$	$\sigma_{12}$	Cota	Cota	Cota	P	l	módulo
ata	anillas	rotura	rotura			rigidez	flexión	tenac.	(mm)	(mm)	elástico
		P(kg)	f(cm)			L/f	$\sigma^2/1000$	$\sigma/c$			E
1	4'5	188	0'4	846	778	60	15'5	1'9			
1	2	148	0'55	666	613	43'6	12'2	1'6			
3 <sub>1</sub>	2	197	0'6	887	816	40	16'2	1'9	20	1'5	115.200
3 <sub>2</sub>	2	212	0'5	954	878	48	17'5	2'1	40	4'5	76.800
1	3	186	0'55	837	770	43'6	15'3	2'3			
6	2	173	0'4	778	716	60	14'2	1'6			
2	3	186	0'45	837	770	53'3	15'3	1'8			
2	1	147	1'15	661	701	20'9	14'9	2'1	11	2	47.520
2	4	206	0'85	927	853	28'2	17	2	18'5	2'3	69.496
1	2	195	1'45	877	807	16'6	16'1	2'0	20	3	57.600
1	3	163	1'4	734	675	17'1	13'4	1'8	19	4	41.040
3	3	232	1'5	1044	960	16	19'1	2'2	26	4	56.160
1	1'5	205	2'0	922	849	12	16'9	2	28'5	4'5	54.720
3	1	146	0'75	657	604	32	12	1'4			
1	2	182	1'1	819	753	21'8	15	2'4	20	2'5	69.120
1	3	228	0'9	1026	944	26'7	18'8	3'3	27'5	2'2	108.000
2	3	238	0'8	1071	985	30	19'6	2'9	36'5	3'3	95.564
3	4	202	0'85	909	836	28'2	16'6	1'8	36	4	77.770
2	2	196	1'0	882	811	24	16'1	2'0	25	2'5	86.400

CUADRO Nº 32 : FLEXION ESTATICA O Y MODULO DE ELASTICIDAD E

Nº de probeta	Nº de anillas	Carga rotura P(kg)	flecha rotura f(cm)	$\sigma_h$	$\sigma_{12}$	Cota rigidez L/f	Cota flexión $\sigma^2/100D$	Cota tenac. $\sigma/c$	P' (mm)	l' (mm)	módulo elástico
16AE3	2	165	1'1	742	683	21'8	13'6	2'2			
16AD1	1	126	0'8	567	522	30	10'4	1'2			
16AD3	1'5	160	0'9	720	662	26'7	13'2	1'6			
17AE2	2	144	1'4	648	687	17'1	14'6	2'0	23	5	39
21AN1	4	214	0'8	963	1020	30	21'7	3	19	1'3	126
21AN4	3	170	1'1	765	811	21'8	17'2	2'4	18	2	77
21AE1	4	188	0'8	846	896	30	19	2'6	33	4	71
21AD2	2	158	0'7	711	753	34'3	16	2'2			
21AD3	5	212	0'95	954	1011	25'3	21'5	3	24'5	1'5	141
22AN1	3	261	0'95	1175	1081	25'3	21'5	2'33	27'5	2'7	88
22AN3	3	211	0'85	952	876	28'2	17'4	2'1	23	2	99
22AN4	3	236	0'75	1062	977	32	19'4	2'3	27'5	2'5	95
22AE2	3	229	0'65	1030	948	36'9	18'9	2'2	36	3	103
22AE8	2	235	0'85	1057	973	28'2	19'4	2'7			
22AD1	2	129	0'8	580	534	30	10'6	1'1	33'5	3	96
22AD2	3	198	0'8	891	820	30	16'3	1'7	31	3	89
23BD3	3	168	0'6	756	801	40	17	2'3	21	2	90
25AN1	3	198	0'8	891	945	30	20'6	2'7	30	4	64
25AN2	2	176	1'4	792	839	17'1	17'8	2'5	17	1'5	97

CUADRO Nº 32 : FLEXION ESTATICA O Y MODULO DE ELASTICIDAD E

de	Nº de	Carga	flecha	$\sigma_h$	$\sigma_{12}$	Cota	Cota	Cota	P'	l'	módulo
ata	anillas	rotura	rotura			rigidez	flexión	tenac.	(mm)	(mm)	elastic.
		P(kg)	f(cm)			L/f	$\sigma^2/100D$	$\sigma/C$			E
21	3	202	0'8	909	963	30'0	20'5	2'8	14	3'3	36.655
1	3	176	0'5	792	839	48	17'8	2'5	28	3	80.640
2	2'5	185	0'7	832	882	34'3	18'7	2'6	15	1'5	86.400
2	2	135	0'7	607	643	34'3	13'7	1'9	24	3'5	59.246
1	3	266	1'0	1197	1101	24	21'9	2'0	33	3'2	89.100
2	2	231	0'9	1039	956	26'7	19	2'8			
3	4	238	2'0	1071	985	12	19'6	2'2	19'5	2	84.240
2	6	256	0'7	1152	1060	34'3	21'1	2'5			
5	2	197	0'6	884	814	40	16'2	1'8	25	2'5	86.400
1	2	200	1'25	900	828	19'2	16'5	2'0	24'5	3'5	60.480
01	2	241	0'8	1085	998	30	19'9	2'3	29	3	83.500
02	1'5	246	0'8	1107	1018	30	20'8	2'6	35	2'7	112.000
04	2	298	1'0	1341	1234	24	24'6	2'2	35	2	151.200
01	2	129	0'7	583	536	34'3	10'7	1'7			
02	3	143	0'8	643	592	30	11'8	1'9			
01	2	152	0'7	684	629	34'3	12'5	1'6			
02	3	253	0'65	1138	1048	36'9	20'8	2'0	32	2	138.240
01	3	230	0'85	1035	952	28'2	19	2'2	24'5	1'7	124.518
02	4	249	0'65	1120	1031	36'9	20'5	2'0	34	2'8	104.914

CUADRO Nº 32 : FLEXION ESTATICA O Y MODULO DE ELASTICIDAD E

Nº de probeta	Nº de anillas	Carga rotura P(kg)	flecha rotura f(cm)	$\sigma_h$	$\sigma_{12}$	Cota rigidez L/f	Cota flexión $\sigma^2/100D$	Cota tenac. $\sigma/c$	P' (mm)	l' (mm)	mó el
28B03	2	161	0'65	725	667	36'9	13'3	1'7	24'5	3'5	60
30AN2	2'5	193	1'2	868	920	20	19'6	2'7	25	3	72
30AS1	4	178	0'5	801	849	48	18	2'5			
31AS2	2	118	1'3	531	563	18'5	12	1'6	15	4	32
32AN4	5	231	0'75	1039	956	32	19	2'1	20	2	86
32AN5	5	244	0'5	1098	1010	48	20'1	1'9	23	1'5	132
32AN8	4	261	0'7	1174	1081	34'3	21	2'6	27	2	116
32AS1	3'5	295	0'95	1327	1221	25'3	24'3	2'4	41	3'5	101
32AE3	4'5	271	0'65	1219	1122	36'9	22'3	1'8	32'5	2'5	112
32A01	4	208	0'75	936	861	32	17'1	2'0	32'5	5	56
32A03	4'5	245	0'95	1102	1014	25'3	20'2	2'4	32	3	92
32BN1	3	264	0'6	1118	1093	40	21'7	2'1	28	2	120
32BS6	4	213	0'7	958	882	34'3	17'6	1'7	29	3'3	75
32BE3	3	203	0'6	913	840	40	16'7	2	28'5	3	82
32B01	4	178	0'5	801	737	48	14'7	1'7	27	3	71
33AN1	3	224	0'55	1008	927	43'6	18'4	1'8	25'5	2	110
33AN2	4'5	253	0'7	1138	1047	34'3	20'8	2'4	23'5	1'8	112
33AS7	4	284	0'8	1278	1176	30	23'4	2'0	24'5	2	105
33AE2	4	270	0'65	1215	1118	36'9	22'2	2'6	23'5	1'5	135

CUADRO Nº 32 : FLEXION ESTATICA O Y MODULO DE ELASTICIDAD E

de	Nº de	Carga	flecha	$\sigma_h$	$\sigma_{12}$	Cota	Cota	Cota	P'	l'	módulo
ata	anillas	rotura	rotura			rigidez	flexión	tenac.	(mm)	(mm)	elast.
		P(kg)	f(cm)			L/f	$\sigma^2/100D$	$\sigma/C$			E
2	4	278	0'75	1251	1151	32	22'9	2'5	19'5	1'3	129.600
1	3	214	0'7	963	886	34'3	20'8	2'4			
5	2	200	0'75	900	828	32	16'5	2	20	1'7	110.647
3	3'5	182	0'4	819	753	60	15	1'4			
4	3	282	1'5	1269	1167	22'9	23'2	2'6	28	2'5	96.768
1	7	304	0'9	1368	1259	26'7	25	2'5	28	2	120.960
5	3	239	1'4	1075	989	17'1	19'7	2'3	25	3	72.000
3	4'5	258	1'45	1161	1068	16'5	21'3	2'4	30	4	64.800
1	7'5	304	0'8	1368	1259	30	25	2'1	58	6	83.540
2	5	240	0'7	1080	994	34'3	19'8	1'9	45	5	77.760
	5	166	0'55	747	792	43'6	16'8	2'3	11	1	95.040
	3	97	0'4	436	463	60	9'8	1'4	13	1	112.320
	1'5	115	1'2	517	548	20	11'6	1'6	18	4	38.880
	1	132	1'5	594	629	22'9	13'4	1'8			
	4	168	0'8	756	802	30	17	2'3	29	3'5	71.589
4	4	171	0'5	769	815	48	17'3	2'4	17	1'5	97.920
2	2	136	0'6	612	648	40	13'8	1'9	7	1	60.480
1	3'5	131	0'7	607	643	34'3	13'7	1'9	21	3	60.480
4	2	221	0'95	994	915	25'3	18'2	2'2	43	6'5	57,157

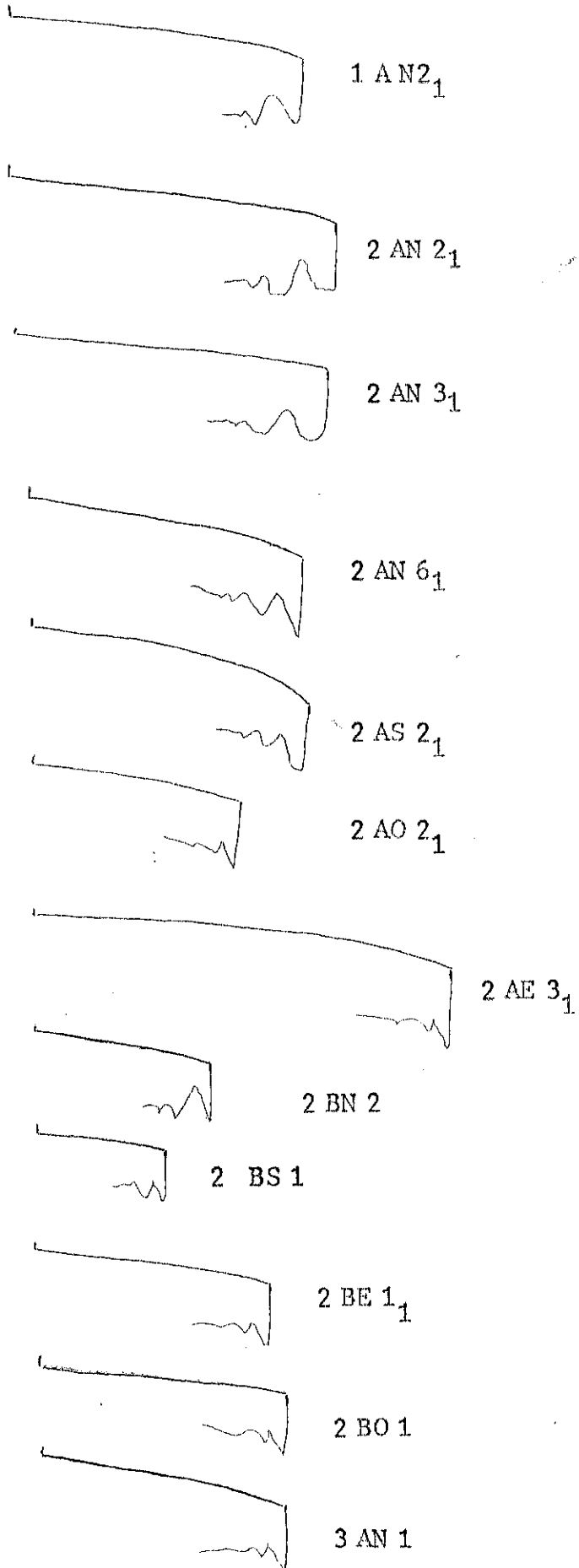
CUADRO Nº 32 : FLEXION ESTATICA O Y MODULO DE ELASTICIDAD E

Nº de probeta	Nº de anillas	Carga rotura P (kg)	flecha rotura f (cm)	$\sigma_h$	$\sigma_{12}$	Cota rigidez L/f	Cota flexión $\sigma^2/100D$	Cota tenac. $\sigma/c$	P' (mm)	l' (mm)	módulo elástico
39AS1	5	262	0'65	1179	1085	36'9	21'6	2'1	60	4	129
39AE2	3	268	0'7	1206	1109	34'3	22'1	2'1	53	3'5	130
39A02	3	272	0'6	1224	1126	40	22'4	2'2	49	3	141
39A04	3'5	247	0'65	1111	1023	36'9	20'3	2'6	46	4	99
39BN3	2	134	0'25	603	555	96	11	1'7			
39BS1	2'5	148		666	613						
39BE2	2	138	0'5	623	573	48	11	1'6	22	2'8	67
39B04	3	171	0'45	769	708	53'3	14'1	1'7	25	2	108
40S3	1	131	0'8	589	625	30	13'3	1'8	22	4	47
40E1	1	127	0'5	571	606	48	12'9	1'8	20	3	57
40E4	2	158	0'85	711	753	28'2	16	2'2	14	2	60
41AN3	3	247	0'6	1111	1023	40	20'3	2'4			
41AN5	3	314	0'6	1413	1300	40	25'9	3'1			
41AS1	3'5	243	0'6	1093	1006	40	20	1'7			
41AS3	3	226	0'75	1019	938	32	18'7	1'8	39'5	3'5	97
41AS5	2'5	268	0'8	1206	1110	30	22'1	2'6	29'6	2'3	110
41AE3	3	286	0'7	1287	1184	34'3	23'6	2'2	39'5	3	113
41AE7	3'5	281	0'8	1267	1165	30	23'2	2'7	29'5	2	127
41A07	3	217	0'6	979	900	40	17'9	2'1	31'5	2	136

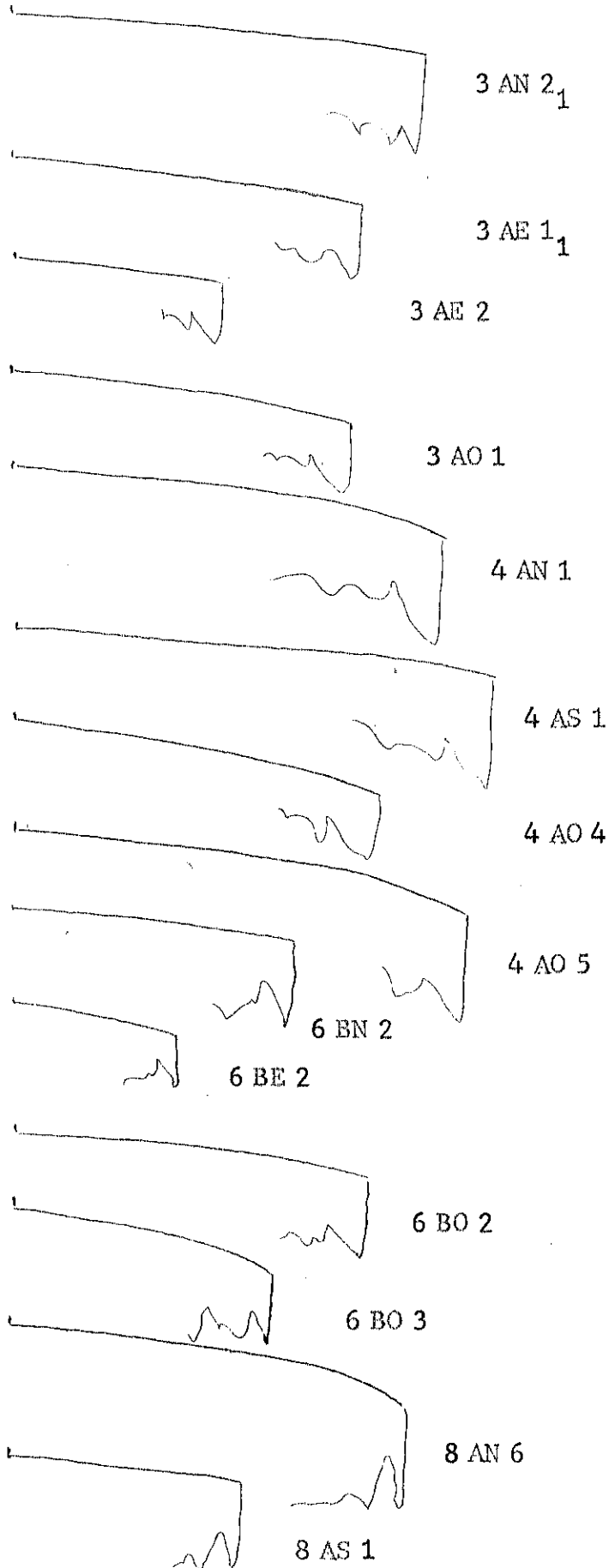




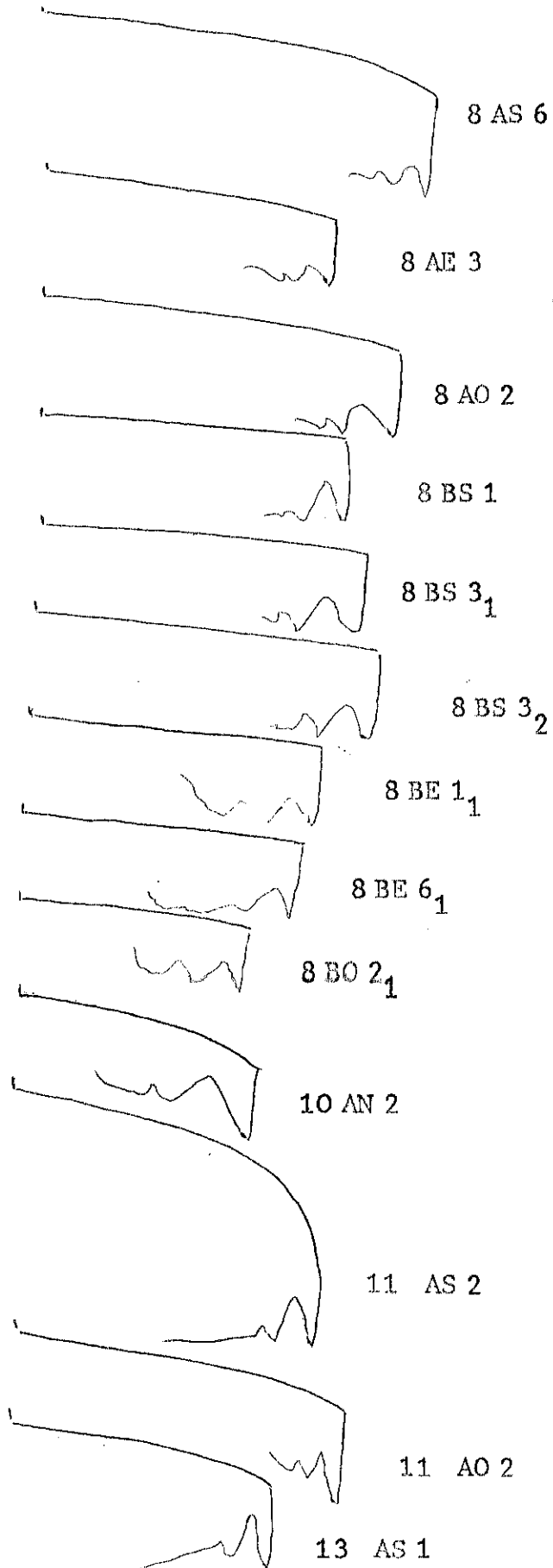
DIAGRAMAS DE RESISTENCIA DEL ENSAYO DE FLEXION ESTATICA



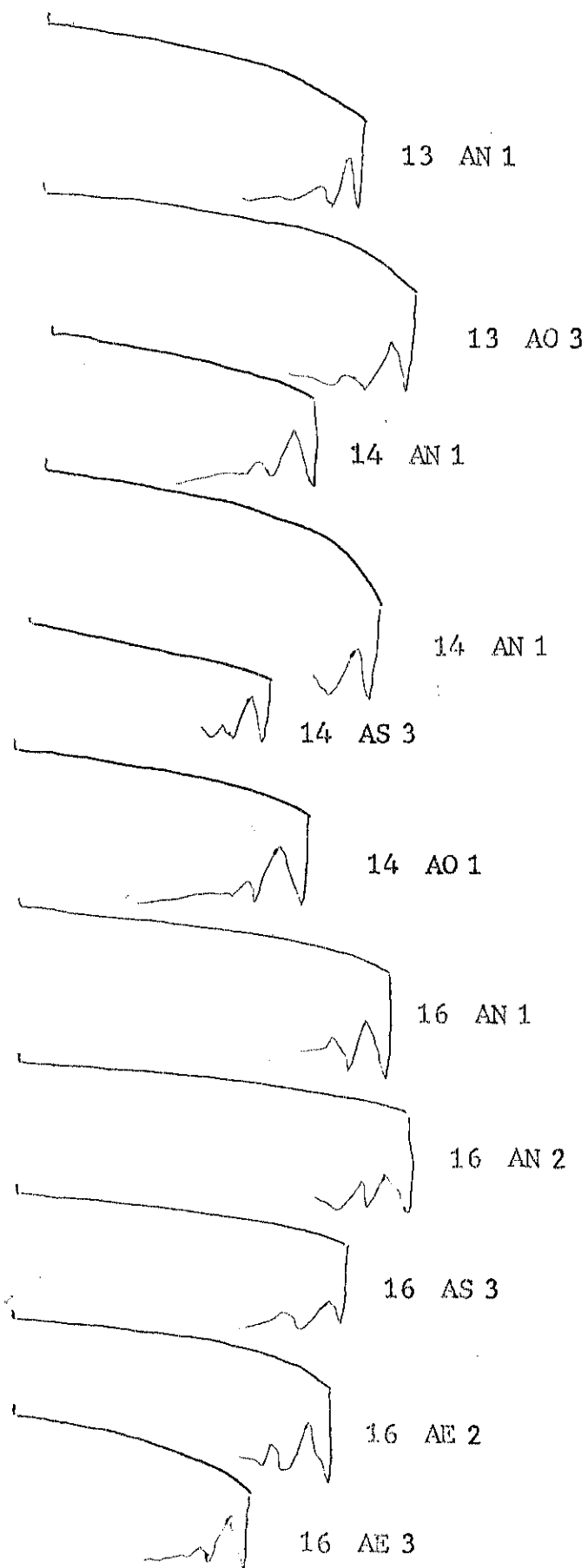
t.



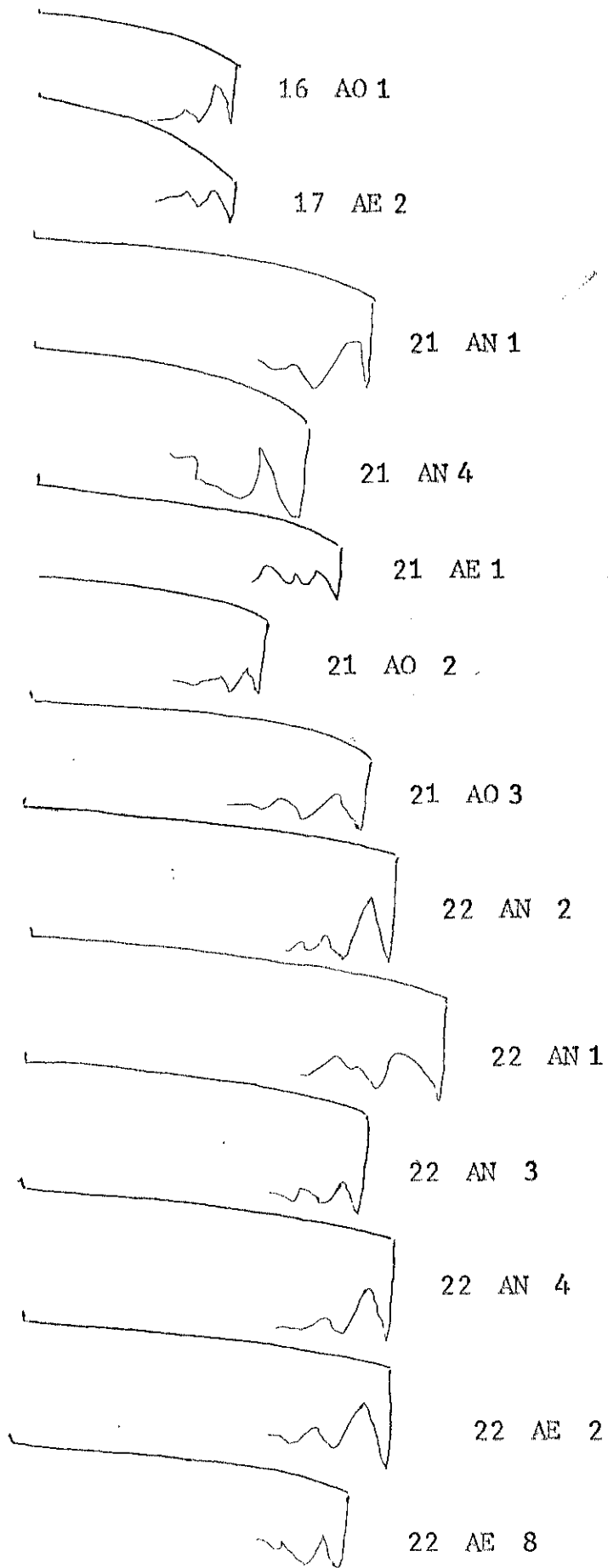
Cont.



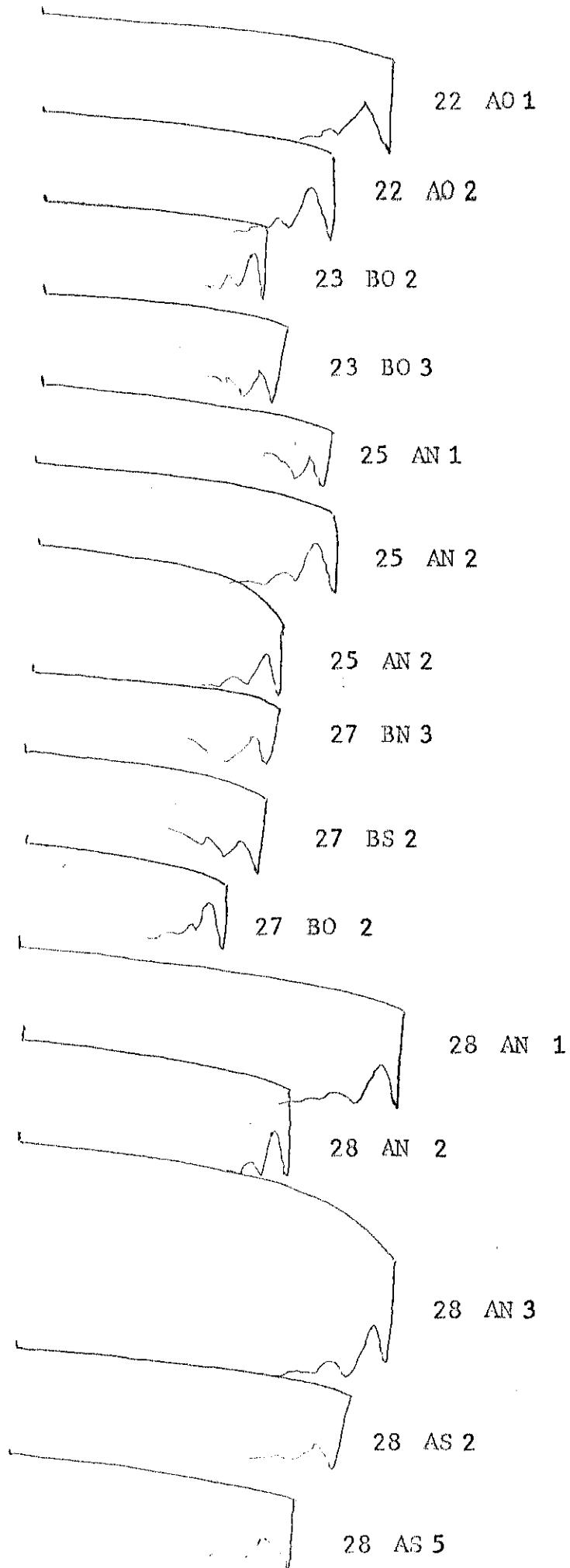
Cont.



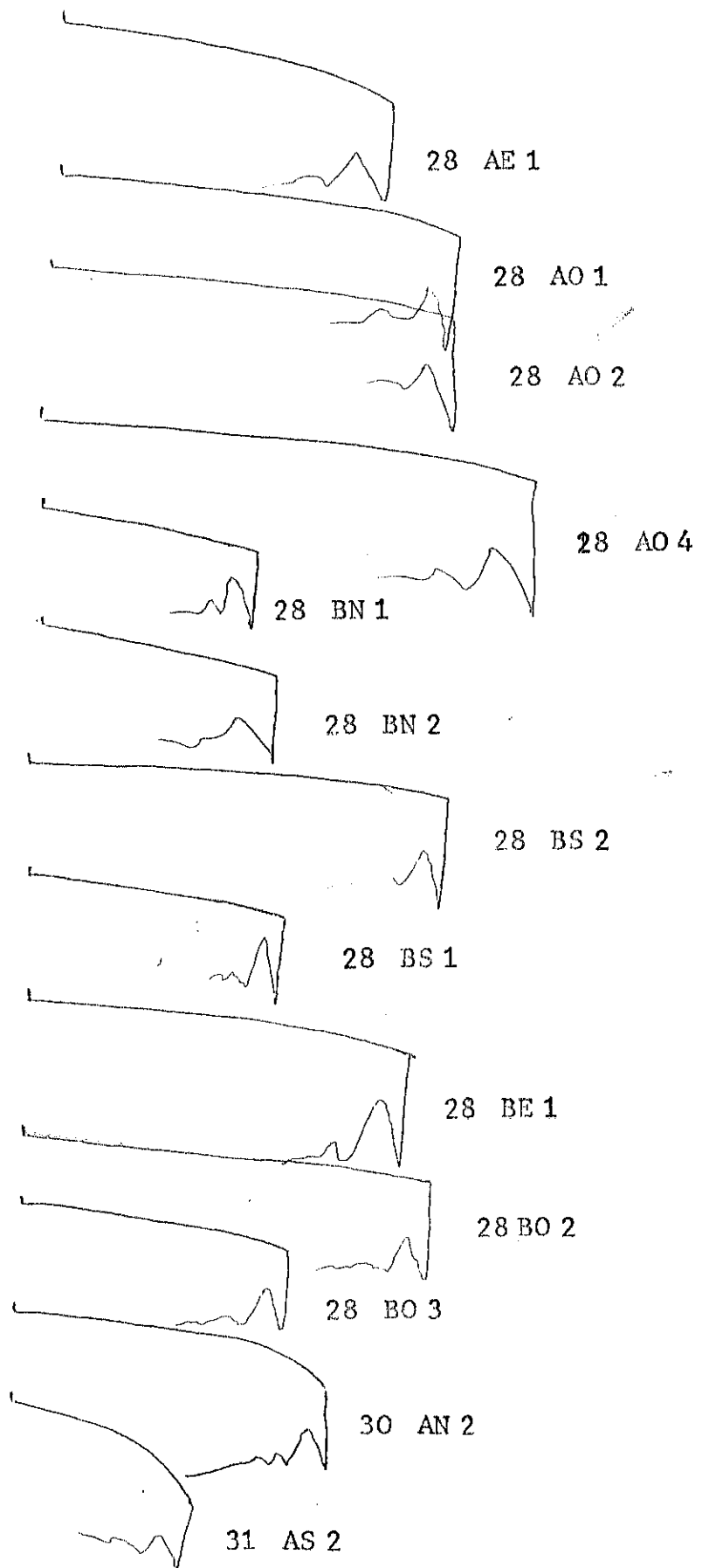
Cont.



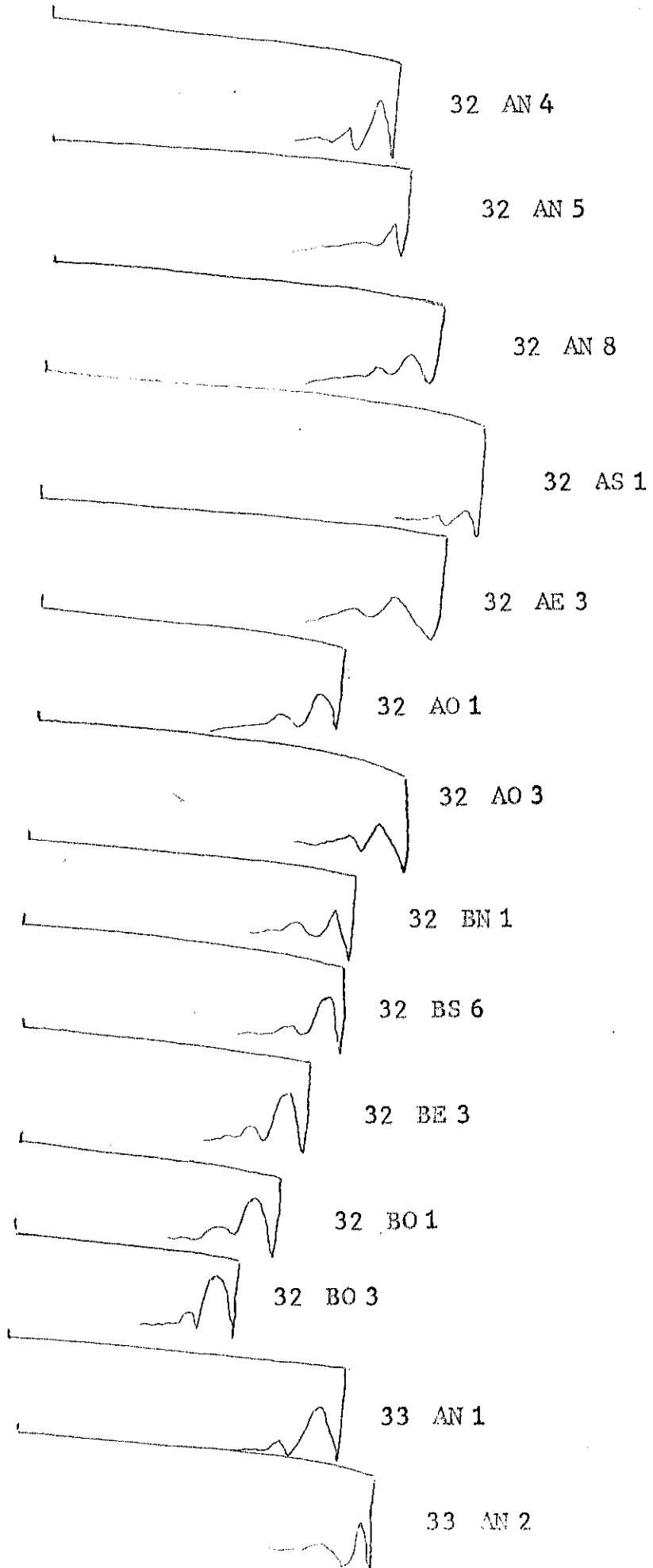
nt.



Cont.

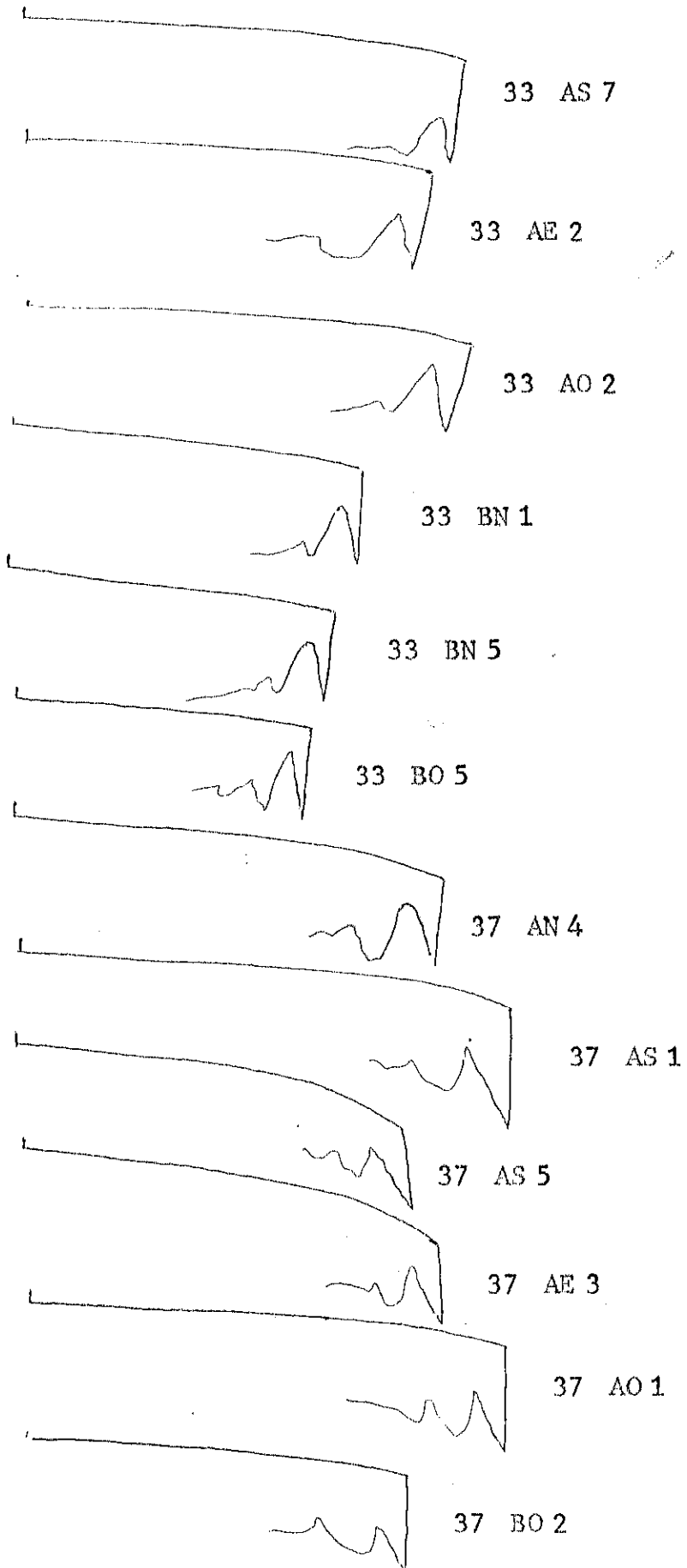


Cont.

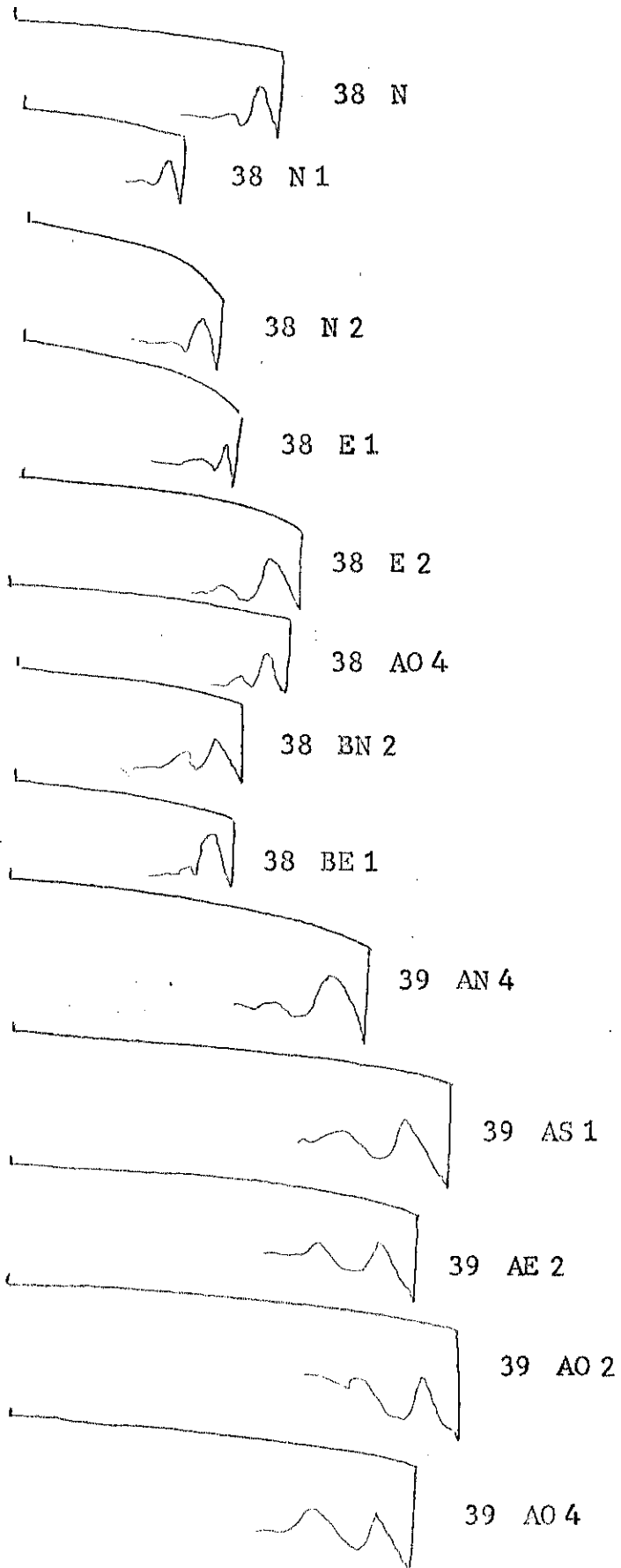




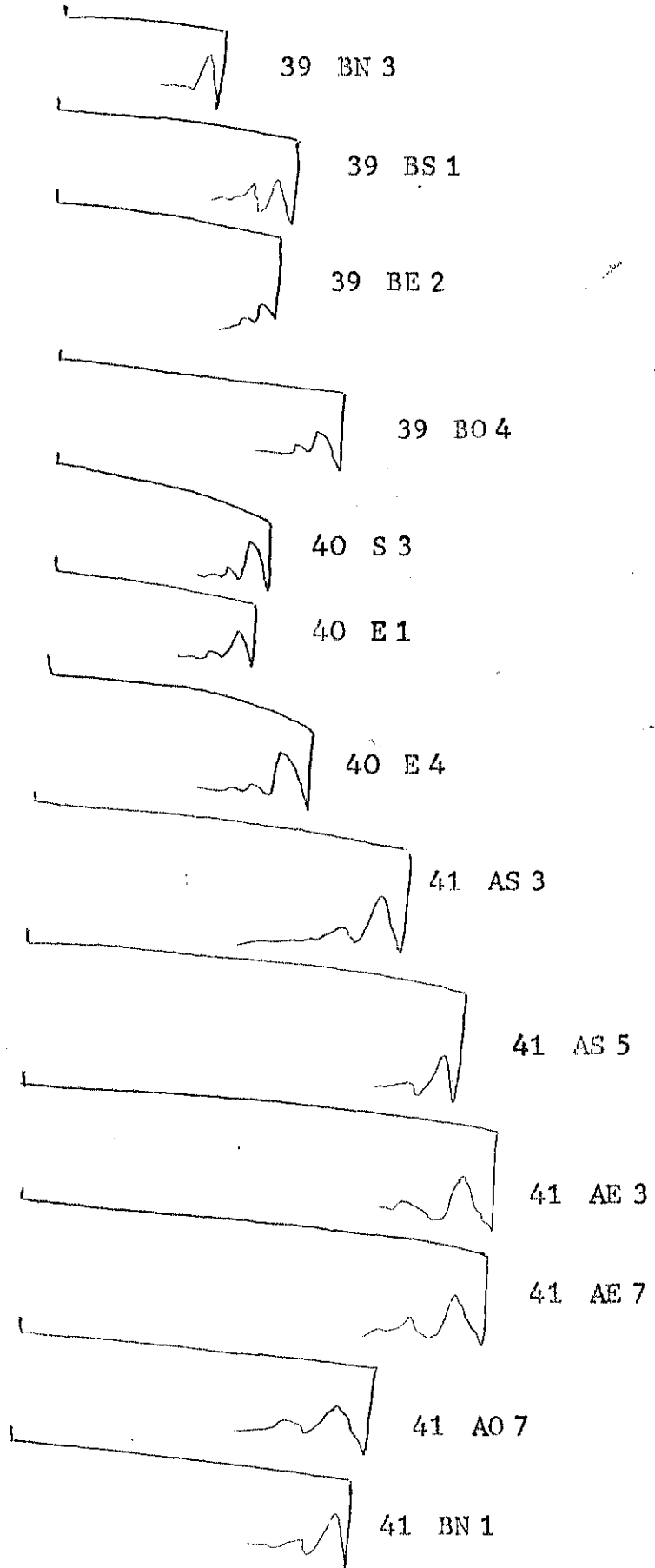
Cont.



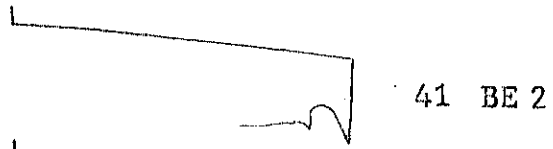
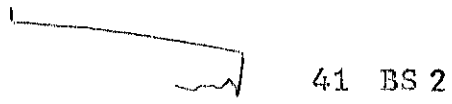
Cont.



Cont.



Cont.



CUADRO N° 33 : FLEXION DINAMICA K

Nº de probeta	Nº de anillas	Trabajo T (kgm)	$K = \frac{T}{S}$	Cota dinám. K/D <sup>2</sup>	Nº de probeta	Nº de anillas	Trabajo T (kgm)	$K = \frac{T}{S}$	Cota dinám. K/D <sup>2</sup>
1AN2	3	1'05	0'26	1'09	3AN3	2	0'55	0'13	0'57
1AE1	2	1'25	0'31	1'30	3AE1	3	1'3	0'32	1'35
1A01	2	1'5	0'37	1'56	3AE2	2	0'8	0'2	0'83
1A02	3	1'05	0'26	1'09	3A01	4	0'7	0'17	0'73
1BN1	2	0'7	0'17	0'73	4AN2	2	1'40	0'35	1'46
1BE3	2	0'9	0'22	0'94	4AS2	3	1'15	0'28	1'20
1BE4	2	0'6	0'15	0'63	4AD5	3	2'5	0'62	2'60
1B02	4	2'0	0'5	2'08	6A02	3	0'65	0'16	0'62
2AN1	1	1'6	0'4	1'67	8AN1	4	1'45	0'36	1'51
2AN3	3	1'2	0'3	1'25	8AN7	3	1'25	0'31	1'30
2AN7	2	1'4	0'35	1'46	8AS2	2	1'5	0'37	1'56
2AE2	3	1'5	0'37	1'56	8AS5	5	1'5	0'37	1'56
2A02	4	1'70	0'42	1'77	8A01	2	0'80	0'2	0'83
2BN2	1	0'30	0'07	0'31	8A03	3	1'9	0'47	1'98
2BS1	1	0'65	0'16	0'68	8BN1	3	0'65	0'61	0'68
2BE2	1	0'65	0'16	0'68	8BS1	2	0'55	0'13	0'58
2B01	1	0'4	0'1	0'42	8BS2	2	0'7	0'17	0'73
2B02	3	0'55	0'13	0'57	8BE3	6	1'30	0'32	1'35

Nº de probeta	Nº de anillas	Trabajo T (kgm)	$K = \frac{T}{S}$	Cota dinám. K/D <sup>2</sup>	Nº de probeta	Nº de anillas	Trabajo T (kgm)	$K = \frac{T}{S}$	Cota dinám. K/D <sup>2</sup>
11AS1	2	2'15	0'53	2'25	21A01	4	1'65	0'41	1'86
11A01	2	2'85	0'71	2'97	21A03	2	1'1	0'27	1'24
11A03	2	1'45	0'36	1'51	21A03	3	1'7	0'42	1'91
13A01	2	2'8	0'7	2'92	22AN01	2	1'70	0'42	1'77
14A02	2	1'0	0'25	1'04	22AN1	3	1'60	0'4	1'67
16AN2	3	1'85	0'46	1'92	22AN4	3	1'05	0'26	1'09
16AS1	2	1'15	0'28	1'20	22AE2	2	1'0	0'25	1'04
16AS2	2	1'05	0'26	1'09	22AE7	3	1'0	0'25	1'04
16AE1	2	1'40	0'35	1'46	22AE8	3	0'85	0'21	0'89
16AE1 <sub>1</sub>	2	1'50	0'37	1'56	22A02	3	1'55	0'38	1'63
16AE2	2	1'30	0'32	1'35	23BE1	3	1'45	0'36	1'63
16AE3	2	1'20	0'3	1'25	27BS1	2'5	1'5	0'37	1'69
16A02	2	1'15	0'28	1'20	27BS2	1'5	1'1	0'27	1'24
16A3	2	0'6	0'15	0'63	28AN1	3	1'5	0'37	1'56
17N2	2	1'2	0'3	1'35	28AN2	2	1'4	0'35	1'46
17AN5	5	1'8	0'45	2'03	28AN3	4	2'85	0'71	2'97
17AS9	2	2'65	0'66	2'99	28AS3	7	3'6	0'9	3'75
17AS10	2	1'8	0'45	2'03	28AS5	3	2'35	0'58	2'45
17AE8	2'5	1'65	0'41	1'86	28AE2	3	2'35	0'58	2'45

CUADRO Nº 33 : FLEXION DINAMICA K

Nº de probeta	Nº de anillas	Trabajo T (kgm)	$K = \frac{T}{S}$	Cota dinám. K/D <sup>2</sup>	Nº de probeta	Nº de anillas	Trabajo T (kgm)	$K = \frac{T}{S}$	Cota dinám. K/D <sup>2</sup>
28A01	2	2'4	0'6	2'5	32BS4	4	1'15	0'28	1'20
28A02	2	1'50	0'37	1'56	32BS5	3	1'25	0'31	1'30
28BN2	2	0'65	0'16	0'68	32BS6	4	1'45	0'36	1'51
28BN3	2	1'40	0'35	1'46	32BE5	3	1'65	0'41	1'72
28BS1	2	1'9	0'47	1'98	32B02	3	0'65	0'16	0'55
28BE1	2	0'8	0'2	0'90	33AN1	3	1'20	0'3	1'25
28BE2	3	1'65	0'41	1'77	33AS6	3	1'35	0'33	1'41
28B02	3	1'30	0'32	1'35	33AE1	3	1'45	0'36	1'51
28B03	2	0'9	0'22	0'94	33A01	5	1'75	0'43	1'78
28B04	3	1'80	0'45	1'88	33BN2	3	0'75	0'18	0'78
30AN3	2	1'40	0'35	1'58	33B03	3	1'5	0'37	1'56
31AN3	2	1'2	0'3	1'31	37AN3	6	2'2	0'55	2'29
31A02	2	3'5	0'87	3'95	37AS2	7	3'55	0'88	3'70
32AN3	5	1'55	0'38	1'60	37AE2	3	2'05	0'73	0'07
32AN5	5	2'5	0'62	2'60	37B01	5	1'70	0'42	1'77
32AE2	4	1'35	0'33	1'41	37B01 <sub>2</sub>	7	3	0'75	3'13
32AE4	6	2'5	0'62	2'60	38S2	3	1'8	0'45	2'03
32A04	6	3'3	0'82	3'44	38B02	1'5	0'9	0'22	1'01

CUADRO Nº 33 : FLEXION DINAMICA K

Nº de probeta	Nº de anillas	Trabajo T (kgm)	$K \frac{T}{S}$	Cota dinám. K/D <sup>2</sup>	Nº de probeta	Nº de anillas	Trabajo T (kgm)	$K = \frac{T}{S}$	Cota dinám. K/D <sup>2</sup>
39A52	5	1'45	0'36	1'51					
39AE3	2	0'8	0'2	0'83					
39A03	2	1'3	0'32	1'35					
39B02	2	0'7	0'17	3'13					
41ANI	2	1'35	0'33	1'41					
41AN4	4	1'60	0'4	1'67					
41AN8	3	3'0	0'75	3'13					
41AS2	2	1'85	0'46	1'93					
41AS4	4	1'80	0'45	1'88					
41AE1	4	4'75	1'18	4'95					
41AE5	4	3'45	0'86	3'59					
41A04	4	2'35	0'58	2'45					
41A05	6	2'70	0'67	2'81					
41BN3	3	1'1	0'27	1'18					
41BS3	3	1'8	0'45	1'88					
41BE3	3	2'05	0'51	2'14					
41B02	2	0'8	0'2	0'83					



CUADRO Nº 34 : HIENDA R

Nº de probeta	TANGENCIAL				RADIAL				C larr
	Nº de anillas	Carga rotura Ptg	R	Cota laminab. Ce	Nº de probeta	Nº de anillas	Carga rotura Pr	R	
1 AO1 <sub>1</sub>	6	19	9,5	19,28	1 AN3 <sub>1</sub>	5	22	11	22,
1 BNI <sub>1</sub>	2	11	5,5	11,16	1 AO2 <sub>1</sub>	2	17	8,5	17,
1 BN3 <sub>1</sub>	5	17	8,5	17,25	1 BN2 <sub>1</sub>		28	14	28,
1 BE1	2	12	6,0	12,18	1 BE4 <sub>1</sub>	2	18	9	18,
1 BE3 <sub>1</sub>	2	8	4,0	8,12	1 BO2 <sub>2</sub>	3	20	10	20,
1 BO2 <sub>1</sub>	5	15	7,5	15,22	2 AN8	2	29	14,5	29,
2 AN1	2	16	8,0	16,24	2 AS2 <sub>1</sub>	2	22	11	22,
2 AN4	2	21	10,5	20,31	2 AE2	3	22	11	22,
2 AS1 <sub>1</sub>	2	19	8,5	17,25	2 AO2 <sub>1</sub>	5	19	9,5	19,
2 AE1 <sub>1</sub>	2	20	10,0	20,30	2 BE1	4	6	3	6,
2 AO1 <sub>1</sub>	2	21	10,5	21,31	3 AE1	3	16	8	16,
2 AO3 <sub>1</sub>	2	20	10,0	20,30	3 AE3	2	25	12,5	25,
3 AN1 <sub>1</sub>	3	14	7,0	14,21	3 AO2	7	18	9	18,
3 AN3 <sub>1</sub>	2	13	6,5	13,19	3 BS5	3	24	12	24,
3 AS1 <sub>1</sub>	1	14	7,0	14,21	4 AN1	3	25	12,5	25,
3 AE2 <sub>1</sub>	2	11	5,5	11,16	4 AE1	3	34	17	34,
4 As1 <sub>1</sub>	5	20	10,0	20,30	6 BN2	2	19	9,5	19,
6 BNI	2	16	8,0	16,24	6 BE2	2	17	8,5	17,
6 BE1	4	14	7,0	14,21	6 BO3	2	19	9,5	19,

CUADRO Nº 34 : HIENDA R

de ta	TANGENCIAL				RADIAL				Cota laminab. Ce
	Nº de anillas	Carga rotura Ptg	R	Cota laminab. Ce	Nº de probeta	Nº de anillas	Carga rotura Pr	R	
1	2	17	8,5	17,25	8 AN3	2	22	11	22,33
3	5	16	8,0	16,24	8 AS3	3	32	16	32,47
	4	20	10,0	20,30	8 AE1	2	23	11,5	23,34
	2	21	10,5	21,31	8 AE2	3	18	9	18,27
	3	16	8,0	16,24	8 AE4	3	26	13	26,39
2	3	17	8,5	17,25	8 AE4 <sub>1</sub>	6	22	11	22,33
	2	16	8,0	16,25	8 AO3	4	26	13	26,34
1	2	20	10,0	20,30	8 BE1	2	28	14	28,41
	2	12	6,0	12,18	8 BE6	3	19	9,5	19,28
	4	16	8,0	16,25	10 AS1		17	8,5	0,18
	3	18	9,0	18,27	11 AN1	2	24	12	24,36
N2	2	18	9,0	18,24	11 AS1	2	24	12	24,36
2	2	20	10,0	20,30	11 AE1	2	25	12,5	25,37
2	3	28	14,0	28,41	11 AO2	2	32	16	32,47
3	2	28	14,0	28,41	13 N1	3	24	12	24,36
N2	3	25	12,5	25,37	13 AS2	2	25	12,5	25,37
2	2	30	15,0	30,44	14 AN2	3	33	16,5	33,49
2	2	18	9,0	18,27	14 AS3	2	23	11,5	23,34
1	2	13	6,5	13,19	16 AS1	3	22	11	22,33

CUADRO Nº 34 : HIENDA R

Nº de probeta	TANGENCIAL				RADIAL				C lam
	Nº de anillas	Carga rotura Ptg	R	Cota laminab. Ce	Nº de probeta	Nº de anillas	Carga rotura Pr	R	
16 AN1	2	16	8	16,24	16 AE3	2	20	10	2
16 AE2	3	15	7,5	15,22	17 AN5		28	14	0,2
16 AO2	2	15	7,5	15,22	17 AS1		26	13	0,2
17 AN2		22	11	0,23	17 AS2		28	14	0,2
17 AE3		18	9	0,19	17 AE2		20	10	0,2
17 AE8		16	8	0,17	21 AS2		18	9	1
21 AN1		14	7	0,15	21 AE3		19	9,5	2
21 AN2		15	7,5	0,16	21 AO2		20	10	2
21 AN4		14	7,0	0,15	22 AN1	3	27	13,5	2
21 AE2		17	7,5	0,16	22 AN4	3	28	14	2
22 AN2	3	16	8,0	16,24	22 AN6	3	27	13,5	2
22 AN5	2	12	6,0	12,18	22 AE7	3	15	7,5	1
22 AE1	2	15	7,5	15,22	22 AO2	2	27	13,5	2
22 AO1	3	14	7	14,21	23 BE1		20	10	2
23 BO3		12	6	0,12	25 AN2		30	15	3
25 AN1		19	9,5	0,20	28 AN2	2	33	16,5	3
27 AO1		24	12	0,25	28 AS2	3	18	9	1
27 BO1		12	6	0,12	28 AS5	3	28	14	2
28 AN1	2	17	7,5	15,22	28 AE1	3	20	10	2

CUADRO Nº 34 : HIENDA R

Nº de probeta	TANGENCIAL				RADIAL				Cota laminar Ce
	Nº de anillas	Carga rotura Ptg	R	Cota laminar Ce	Nº de probeta	Nº de anillas	Carga rotura Pr	R	
AN3	2	12	6	12,18	28 AO1	2	30	15	30,44
AS3	4	16	8	16,24	28 BN1	2	18	9	18,27
AS6	2	16	8	16,24	28 BN3	3	26	13	26,39
AE2	3	14	7	14,21	28 BO1	2	27	13,5	27,40
AO3	3	13	6,5	13,19	30 AN3		22	11	23
AO4	3	22	11	22,33	31 AN3		26	13	27
AN2	2	12	6	12,18	31 AS2		24	12	25
AE2	3	12	6	12,18	32 AN5	4	40	20	40,59
AO4	3	16	8	16,24	32 AE2	4	23	11,5	23,24
AN2		23	11,5	0,24	32 AE4	4	32	16	32,47
AS1		20	10	0,21	32 AO5	4	22	11	22,33
AO2		20	10,0	0,21	32 BN1	3	34	17	34,50
AN5	5	20	10,0	20,30	32 BN2		21	10,5	22
AN7	7	18	9,0	18,27	32 BN7	4	18	9	18,27
AE3	6	10	5,0	10,15	32 BO1	4	20	10	20,3
AO4	6	18	9,0	18,27	32 BO3	4	24	12	24,36
AO6	4	14	7,0	14,21	33 BA3	3	20	10	20,30
AO2	3	15	7,5	15,22	33 AE4	5	24	12	24,36
AS7	5	17	8,5	17,25	37 AN1	7	26	13	26,39

CUADRO Nº 34 : HIENDA R

Nº de probeta	TANGENCIAL				RADIAL				C lam
	Nº de anillas	Carga rotura Ptg	R	Cota laminab. Ce	Nº de probeta	Nº de anillas	Carga rotura Pr	R	
33 AO1	3	20	10,0	20,30	37N3	6	28	14'0	28'
33 BN1	3	12	6,0	12,18	37AS1	8	27	13'5	27'
33 BN2	3	10	5,0	10,15	37AS5	4	34	17'0	34'
33 BN4	3	13	6,5	13,19	37AO2	4	32	16'0	32'
33 BE2	3	12	6,0	12,18	37BE2	6	18	9'0	18'
33 BE6	3	16	8,0	16,24	37BO2	5	20	10'0	20'
33 BO2	3	14	7,0	14,21	38S2		22	11	23'
37 AN4	4	26	13,0	26,39	38BO2		16	8	17'
37 As2	7	26	13,5	27,46	39AN2	6	28	14'0	28'
37 AE2	3	27	13,5	27,40	39AE1	5	24	12'0	24'
37 AO1	9	23	11,5	23,34	39AO1	4	31	15'5	31'
37 BN2	5	14	7,0	14,21	39BS1	2	20	10	20'
37 BS1	3	14	7,0	14,21	39BE1	3	20	10	20'
38 N1		22	11,0	0,23	39BO3	2	23	11'5	23'
38 N2		20	10,0	0,21	40AS3		21	10'5	21'
38 EO2		12	6,0	0,12	40E1		20	10	20'
38 BE		10	5,0	0,10	41A4	4	40	20	40'
39 AN1	4	18	9,0	18,27	41AN1	3	32	16	32'
39 AS1	5	18	9,0	18,25	41AS5	3	26	13	26'



CUADRO Nº 35 : TRACCION PERPENDICULAR A LAS FIBRAS T

Nº de probeta	RADIAL			TANGENCIAL			
	Carga de rotura P.	T	Cota de adherencia Ca.	Nº de probeta	Carga de rotura P.	T	Cota de adherencia Ca.
1 AN1 <sub>1</sub>	50	12,5	0,25	1 AN1 <sub>1</sub>	56	14	0,2
1 AN1 <sub>2</sub>	50	12,5	0,25	1 AN3 <sub>1</sub>	83	20,75	0,4
1 AN3 <sub>2</sub>	79	19,75	0,40	1 AS2 <sub>1</sub>	70	17,5	0,3
1 AO2 <sub>1</sub>	73	18,25	0,37	1 AO1	80	20	0,6
1 BS1	32	8	0,16	1 BN1	56	14	0,2
1 BE3	56	14	0,28	1 BN2	74	18,5	0,3
2 AN3 <sub>1</sub>	90	22,5	0,46	1 BE1 <sub>1</sub>	58	14,5	0,2
2 AN5	60	15	0,30	1 BE1 <sub>1</sub>	64	16	0,3
2 AN7	86	21,5	0,44	1 BE2 <sub>1</sub>	60	15	0,3
2 AS1 <sub>1</sub>	63	15,75	0,32	2 AN2 <sub>1</sub>	88	22	0,4
2 AO1	61	15,25	0,31	2 AN4 <sub>1</sub>	71	17,75	0,3
2 AO3 <sub>1</sub>	58	14,5	0,29	2 AN6	71	17,75	0,3
2 BO1 <sub>1</sub>	44	11	0,22	2 AN8 <sub>1</sub>	62	15,5	0,3
3 AN1 <sub>1</sub>	53	13,25	0,27	2 AE1	60	15	0,3
3 AN3 <sub>1</sub>	42 x	10,5	0,21	2 AE3 <sub>1</sub>	78	19,5	0,4
3 AE1 <sub>1</sub>	92	23	0,47	2 A02 <sub>1</sub>	69	17,25	0,3
3 AE3	54 x	13,5	0,27	2 BN1 <sub>1</sub>	43	19,75	0,2
4 AN1 <sub>1</sub>	73	18,25	0,37	2 BS1 <sub>1</sub>	43	10,75	0,2
4 AN3 <sub>1</sub>	69	17,25	0,35	2 BE1	42	10,5	0,2

CUADRO Nº 35 : TRACCION PERPENDICULAR A LAS FIBRAS T

de eta	RADIAL			Nº de probeta	TANGENCIAL		
	Carga de rotura P	T	Cota de adherencia Ca.		Carga de rotura P	T	Cota de adherencia Ca.
1 <sub>1</sub>	91	22,75	0,46	2 BO2 <sub>2</sub>	52	13	0,26
03 <sub>1</sub>	109	27,25	0,55	3 AN2 <sub>1</sub>	82	20,5	0,42
2 <sub>1</sub>	83	20,75	0,42	3 AS1 <sub>1</sub>	48	12	0,24
1 <sub>1</sub>	76	19	0,39	3 AE2 <sub>1</sub>	62	15,5	0,31
01 <sub>1</sub>	58	14,5	0,29	3 AO1 <sub>1</sub>	62	15,5	0,31
2 <sub>1</sub> (azulado)	72	18	0,37	4 AN2 <sub>1</sub>	70 x	17,5	0,36
4 <sub>1</sub>	81	20,25	0,41	4 AS1 <sub>1</sub>	88	22	0,45
4 <sub>3</sub>	81	20,25	0,41	4 AO2 <sub>1</sub>	74	18,5	0,38
4 <sub>5</sub>	94	23,5	0,48	6 BN1 <sub>1</sub>	52 x	13	0,26
1 <sub>1</sub>	108	27	0,55	6 BE2 <sub>2</sub>	47	11,75	0,24
3 <sub>1</sub>	72	18	0,37	6 BO4 <sub>1</sub>	61	15,25	0,31
1 <sub>1</sub>	60	15	0,30	8 AN2 <sub>1</sub>	73	18,25	0,37
3 <sub>1</sub>	80	20	0,41	8 AN4 <sub>1</sub>	54	13,5	0,27
4	52	13	0,26	8 AN6 <sub>1</sub>	90	22,5	0,46
02 <sub>1</sub>	85	21,25	0,43	8 AS2 <sub>1</sub>	75	18,75	0,38
2 <sub>1</sub>	48	12	0,24	8 AS4 <sub>1</sub>	82	20,5	0,42
01 <sub>1</sub>	42 x	10,5	0,21	8 AE2 <sub>1</sub>	74	18,5	0,38
4 <sub>2</sub>	53	13,25	0,27	8 AE3 <sub>2</sub>	58	14,5	0,29
1	76	19	0,39	8 AO1	65	16,25	0,33



CUADRO Nº 35 : TRACCION PERPENDICULAR A LAS FIBRAS T

Nº de probeta	RADIAL			Nº de probeta	TANGENCIAL		
	Carga de rotura P	T	Cota de adherencia Ca.		Carga de rotura P	T	Cota de adherencia Ca.
11 AE1	72	18	0,37	8 AO3 <sub>1</sub>	64	16	0,25
11 AO1	87	2,75	0,44	8 BN2 <sub>1</sub>	58	14,5	0,22
11 AO3	82	20,5	0,42	8 BE1 <sub>1</sub>	54 x	13,5	0,20
13 AS1	58	14,5	0,29	8 BE6 <sub>1</sub>	58	14,5	0,25
13 AS <sub>2</sub>	84	21	0,43	8 BO2 <sub>1</sub>	65	16,25	0,24
14 AN1 <sub>1</sub>	73	18,25	0,37	11 AN1	55	13,75	0,24
14 AS1	36	9	0,18	11 AS3	68	17	0,25
14 AS3	77	19,25	0,39	11 AE2	97	24,25	0,25
14 AE2	67	16,75	0,34	13 AN1	84	21	0,25
14 AO1	46	11,5	0,23	13 AN2	108	27	0,25
14 AO2	85	21,25	0,43	13 AO1	131	32,75	0,25
16 AN1	76	19	0,39	13 AO2	107	26,75	0,25
16 AS1	63	15,75	0,32	14 AN2	94	23,5	0,25
16 AO1	69	17,25	0,35	14 AS2	62	15,5	0,25
20 BE1	73	18,25	0,37	14 AE1	76	19	0,25
22 AN1	74	18,5	0,38	14 A01	76	19	0,25
22 AN5	87	21,75	0,44	14 A03	73	18,25	0,25
22 AN3	80	20	0,41	16 AN2	89	22,25	0,25
22 AE1	85	21,25	0,43	16 AS2	64	16	0,25

CUADRO Nº 35 : TRACCION PERPENDICULAR A LAS FIBRAS T

Nº de probeta	RADIAL			Nº de probeta	TANGENCIAL		
	Carga de rotura P	T	Cota de adherencia Cd.		Carga de rotura P	T	Cota de adherencia Cd.
7	50	12,5	0,25	16 AS2	64	16	0,32
01	60	15	0,30	16 AE2	80	20	0,41
N1	80	20	0,41	16 AE3	63	15,75	0,32
N3	70	17,5	0,36	22 AN2	99	24,75	0,50
1	138	34,5	0,70	22 AN4	64	16	0,32
2	81	20,25	0,41	22 AN6	50	12,5	0,25
5	87	21,75	0,44	22 AF4	79	19,75	0,40
2	85	21,25	0,43	22 AE6	65	16,25	0,33
02	74	18,5	0,38	22 AO2	62	15,5	0,31
04	127	31,75	0,64	28 AN2	58	14,5	0,29
2	48	12	0,24	28 AS3	80	20	0,41
1	28	7	0,14	28 AS5	95	23,75	0,48
2	76	19	0,39	28 AO1	90	22,5	0,46
4	91	22,75	0,46	28 AO3	106	26,5	0,54
12	109	27,25	0,55	28 BN3	62	15,5	0,31
15	62	15,5	0,31	28 BS2	48	12	0,24
2	59	14,75	0,30	28 BE2	67	16,75	0,34
03	102	25,5	0,52	28 BO1	46	11,5	0,23
6	92	23	0,47	28 BO3	56	14	0,28

CUADRO Nº 35 : TRACCION PERPENDICULAR A LAS FIBRAS T

Nº de probeta	RADIAL			Nº de probeta	TANGENCIAL		
	Carga de rotura P	T	Cota de adherencia Ca.		Carga de rotura P	T	Cota de adherencia Ca.
32 BN4	61	15,25	0,31	32 AN1	96	24	0,2
32 BN7	74	18,5	0,38	32 AN3	80	20	0,4
32 BS6	77	19,25	0,39	32 AN7	96	24	0,4
32 BE4	83	20,75	0,42	32 AS1	94	23,5	0,4
32 BO1	61	15,25	0,31	32 AS2	68	17	0,3
32 BO3	79	19,75	0,40	32 AS4	94	23,5	0,4
33 AS6	106	26,5	0,54	32 AE1	60	15	0,3
33 AE3	120	30	0,61	32 AE3	91	22,75	0,4
33 AO1	78	19,5	0,40	32 AO2	73	18,25	0,3
33 BN1	70	17,5	0,36	32 BN2	79	19,75	0,4
33 BO2	80	20	0,41	32 BN6	56	14	0,2
37 AS1	98	24,5	0,50	32 BS5	21	5,25	0,1
37 AS5	95	23,75	0,48	32 BE3	64	16	0,3
37 AO2	78	19,5	0,40	32 BE5 <sup>x</sup>	49	12,25	0,2
37 BN2	82	20,5	0,42	32 BO2	44	11	0,2
37 BO1	105	26,25	0,53	33 AS3	107	26,75	0,5
39 AN1	110	27,5	0,56	33 AS7	102	25,5	0,5
39 AS1	88	22	0,45	33 AE2	105	26,25	0,5
39 AE3	71	17,75	0,36	33 AE4	107	26,75	0,5

CUADRO Nº 35 : TRACCION PERPENDICULAR A LAS FIBRAS T

Nº de probeta	RADIAL			Nº de probeta	TANGENCIAL		
	Carga de rotura P	T	Cota de adherencia Ca.		Carga de rotura P	T	Cota de adherencia Ca.
13 X	42	10,5	0,21	33 AO2	92	23	0,47
1	67	16,75	0,34	33 BN2	61	15,25	0,31
1	82	20,5	0,42	33 BS-	64	16	0,32
4	71	17,75	0,36	33 BE-	52	13	0,26
3	54	13,5	0,28	37 AN1	122	30,5	0,62
	52	13	0,27	37 AN3	108	27	0,55
NI	51	12,75	0,26	37 AS4	78	19,5	0,40
47	101	25,25	0,51	37 AE2	122	30,5	0,62
48	83	20,75	0,42	37 BN1	58	14,5	0,29
2	102	25,5	0,52	37 BS-	50	12,5	0,25
1	108	27	0,55	37 BO2	42	10,5	0,21
4	100	25	0,51	38 BE1	52	13	0,27
01	90	22,5	0,46	38 BO2	32	8	0,17
03	68	17	0,35	38 N1	67	16,75	0,35
05	103	25,75	0,52	38 N2	64	16	0,33
07	124	31	0,63	38 E2	47	11,75	0,24
NI	98	24,5	0,50	38 O4	80	20	0,42
	56	14	0,28	39 AN3	76	19	0,39
3	58	14,5	0,29	39 AE2	78	19,5	0,40

CUADRO Nº 35 : TRACCION PERPENDICULAR A LAS FIBRAS T

Nº de probeta	RADIAL			TANGENCIAL			
	Carga de rotura P	T	Cota de adherencia Ca.	Nº de probeta	Carga de rotura P	T	Cota de adherencia Ca.
41 BE2	72	18	0,37	39 AO4	109	27,25	0,5
41 BO1	68	17	0,35	39 AO6	103	25,75	0,5
17 AS1 <sub>2</sub>	45	11,25	0,13	39 BO1	64	16	0,3
17 AS2	84	21	0,44	40 E4	68	17	0,3
17 AS9	62	15,5	0,32	41 An2	64	16	0,3
17 AE3	96	24	0,50	41 AN4	78	19,5	0,4
17 AE8	72	18	0,37	41 AS1	94	23,5	0,4
21 AN2	92	23	0,48	41 AS3	78	19,5	0,4
21 AO1	52	13	0,27	41 AE3	81	20,25	0,4
21 AO3	60	15	0,31	41 AE5	90	22,5	0,4
21 AO4	82	20,5	0,43	41 AO2	104	26	0,5
22 AE5	72	18	0,37	41 AO4	100	25	0,5
23 BE1 <sub>2</sub>	90	22,5	0,47	41 AO8	54	13,5	0,2
27 BN1	51	12,75	0,26	41 BN3	57	14,25	0,2
27 BO2	59	14,75	0,31	41 BS2	60	15	0,3
25 AN1	90	22,5	0,47	41 BE1	66	16,5	0,3
30 AN3	53	13,25	0,28	41 BE3	66	16,5	0,3
38 S2	76	19	0,39	41 BO6	84	21	0,4
				10 As1	56	14	0,2

CUADRO Nº 35 : TRACCION PERPENDICULAR A LAS FIBRAS T

RADIAL			TANGENCIAL			
Carga de rotura P.	T	Cota de adherencia Ca.	Nº de probeta	Carga de rotura P.	T	Cota de adherencia Ca.
			10 AO1	80	20	0,42
			17 AN5	58	14,5	0,3
			17 AS1	65	16,25	0,34
			17 AS2	78	19,5	0,40
			17 AE2	56	14,	0,29
			21 AN1	85	21,25	0,44
			21 AN4	58	14,5	0,30
			21 AE1	78	19,5	0,40
			21 AE4	78	19,5	0,40
			21 AO2	72	18	0,37
			25 AN2	70	17,5	0,36
			27 BS2	58	14,5	0,30
			27 BS1	82	20,5	0,42
			27 BO1	65	16,25	0,34
			30 AS1	80	20	0,42
			30 BO2	56	14	0,29
			31 AN3	64	16	0,73
			31 AS2	46	11,5	0,24
			31 AO2	74	18,5	0,38
			28 BO3	61	15,25	0,32

CUADRO Nº 36 : ESFUERZO CORTANTE Z

T A N G E N C I A L				R A D I A L					
Nºprobes	Nearillas	Sup. Cizall.	Carga rotura	Tensión Z	Nºprobes	Nearillas	Sup. Cizall.	Carga rotura	Tensión Z
2A6		4'0x3'9	1550	98'6	2A1	4	4'1x3'9	1460	91'3
2B6	6	4'1x4'0	1530	94'2	2B1	4	4'1x3'9	1285	81'2
3A6		4'0x3'9	2602	166'0	3A1	6	4'1x4'0	2420	147'2
8B1	10	4'0x4'0	2100	130'0	6B6	9	4'0x3'9	1540	100'0
11A4	5	4'1x4'0	1870	114'4	8A3	9	4'0x3'9	1900	118'7
13A6	5	4'1x3'9	2300	142'8	8B6	5	4'0x4'0	2130	133'1
16A6	7	4'0x3'9	2200	141'0	11A6	7	4'0x3'9	1982	125'4
16B1	5	4'0x3'9	1700	107'9	13A1	6	4'0x3'8	1710	112'2
28A6	7	4'0x3'9	2400	146'0	16A1	4	4'1x3'9	1470	92'9
28B1	3	4'0x3'9	1710	109'0	22A6	4	4'1x3'9	1490	92'1
32A3	11	5'0x3'9	2710	139'8	28A1	6	4'1x3'9	2010	122'9
33B1	7	4'0x3'9	1720	110'2	28B6	3	4'0x3'9	1650	105'5
37A6	8	4'2x3'9	2000	122'7	32A6	7	4'0x4'0	1830	115'2
39B6	7	4'0x4'0	1300	81'2	33B6	6	3'9x3'8	1700	112'6
4A	Por reducción de la tensión			110'5	37A2	9	4'1x3'9	2110	131'0
6B	obtenida al 19 y 35 % de			88'4	39B2	4	4'1x3'9	1450	90'7
8A	humedad			109'9	41B1	4	4'1x3'9	1520	94'3
22A				61'1	4A	Por reducción de la obtenida			85'8

Nº prueba	D E S P L A Z A M I E N T O S													Carga lim. elas. H%	C' LE		
	X 250	X 400	X 500	X 600	X 700	X 800	X 900	X 1000	X 1100	X 1200	X 1300	X 1400	X 1500			X 1600	
1 AO	6	10	13	17	21	25	32	41	57						670	9,6	49,1
1 BO1	10	17	20	28	38	50	70								500	9,2	36,3
2 AE3	10	16	20	25	29	35	40	48	61						750	8,8	54,0
2 AO2	4	11	17	24	32	43	62								570	9,1	41,3
2 BN2	12	20	28	42											410	9,3	29,8
3 AO1	11	19	25	33	40	47	60	79							780	9,1	56,7
4 AS	5	8	9	10,5	11	14	15	17	20	24	32	59			1.050	9,5	76,8
4 AO5	6	9	12	15	18	21	24	27	30	32	38	42	52		1.180	9,9	86,2
6 BO2	9	14	18	22	25	29	34	40	48						810	9,3	59
8 BN1	10	25	29	35	40	47	54	63	71	83					710	9,1	51,5
8 BE3	6	10	13	15	18	20	24	28	33	38	43	53			860	9,0	62,2
8 AN5	8	15	19	22	25	29	33	36	41	44	57				1.050	9,1	76,1
11 AN	6	10	12	13	15	16,5	18	20	22	24	25	29	36		1.250	8,7	89,8
11 AO3	10	17	21	26	31	37	43	52	58	69					750	9,1	54,4
13 AN	30	40	48	59	73										940	-	72,3
16 AO3	8	13	19	27	40	62									390	8,9	28,1
16 AN2	8	14	18	22	27	31	36	42	47	56	71				1.050	9,0	75,9
16 AS	9	15	21	29	40										490	8,9	35,4
16 AE1	8	13	18	23	30	37	46	54							640	-	49,0



Nº probeta	D E S P L A Z A M I E N T O S													Carga lim. el. H%	C' LE		
	X <sub>250</sub>	X <sub>400</sub>	X <sub>500</sub>	X <sub>600</sub>	X <sub>700</sub>	X <sub>800</sub>	X <sub>900</sub>	X <sub>1000</sub>	X <sub>1100</sub>	X <sub>1200</sub>	X <sub>1300</sub>	X <sub>1400</sub>	X <sub>1500</sub>			X <sub>1600</sub>	
17 AE3	27	34	38	42	46	51	54	58	62	65	70	76	90		1.050	-	80,8
22 AS	8	13	16	18	20	22	24	26	28	30	32,5	35,5	41		1.310	8,0	92,7
22 AE8	9	16	19	23	28	33	40	49	69						760	9,0	55,0
22 AO	8	12	15	17	19	21,5	24,5	29	34	40	55				900	8,6	64,5
28 AN1	4	7	9	10,5	13,5	15,5	18	20	22	25	28	31,5	39		1.030	9,2	74,8
28 AS3	7,5	10	11	12	13	14	15,5	17	18,5	21	23	26	31		1.180	8,8	85,0
28 AE2	5	8	10	11,5	13	15	17	19	21	23	27	30	44		770	9,0	55,0
28 BN2	7,5	15,5	21,5	26,5	30,5	35,5	41	47	53,5	60,5	69,5				1.050	6,5	71,9
28 BE2	7	11	15	18	22	27	32	41							920	9,0	66,5
28 BO2	7,5	11	13,5	16	19	23	27	32,5							720	9,0	52,1
32 AN3	9,5	13,5	15,5	17	18	19,5	20,5	22	23	24,5	26	27	33		1.240	9,0	89,7
32 BO2	5,5	10	13	16	19	22	25,5	31							800	9,1	58,0
33 AN	4,5	8	9	10	11	12	13	13,5	14,5	15,5	17	18,5	26		1.400	7,9	98,9
33 AO1	8,5	13	16	18	19,5	21,5	23	24,5	27,5	38					940	9,4	68,6
33 BN2	8	13	17	26	46										480	9,3	34,9
37 AS2	5,5	7	8,5	9,5	10,5	12	13	14	15	16	19	22			1.080	8,9	78,0
39 AS2	6	9	11	13	15	18	21	23,5	26	31	38				1.100	9,3	80,1
39 BO	32	43	50	60											570	-	43,8
41 AO5	5	7	8,5	9	9,5	10,5	11,5	12,5	13,5	17,5	22				1.030	9,3	75,0



DIAGRAMA CARGA-DESPLAZAMIENTOS EN COMPRESION PERPENDICULAR A LA FIBRA

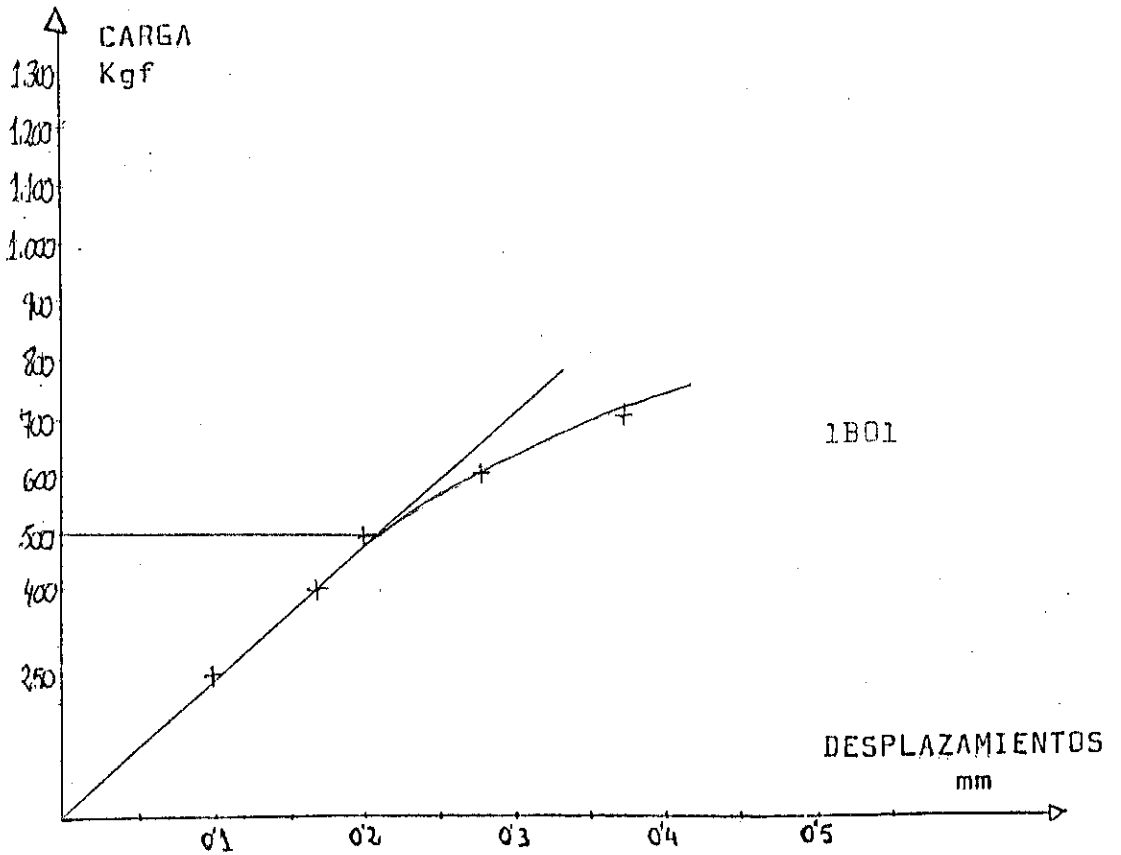
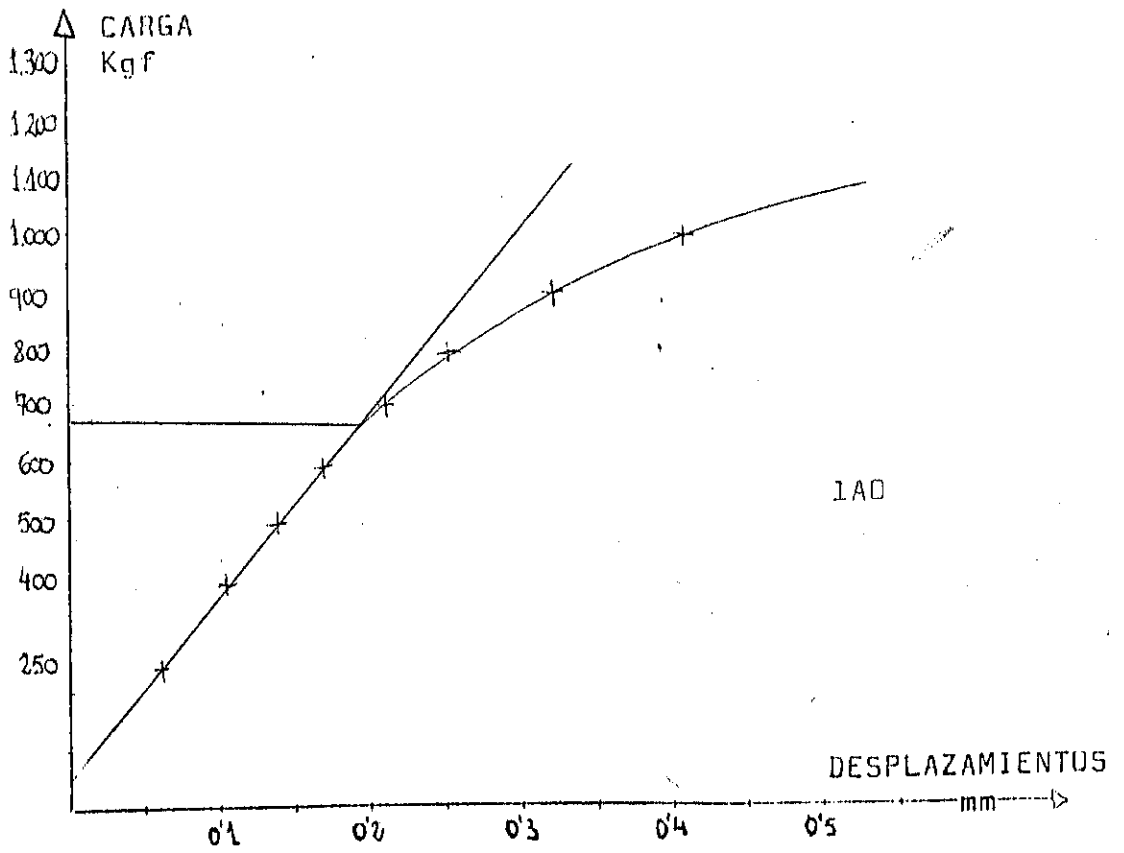
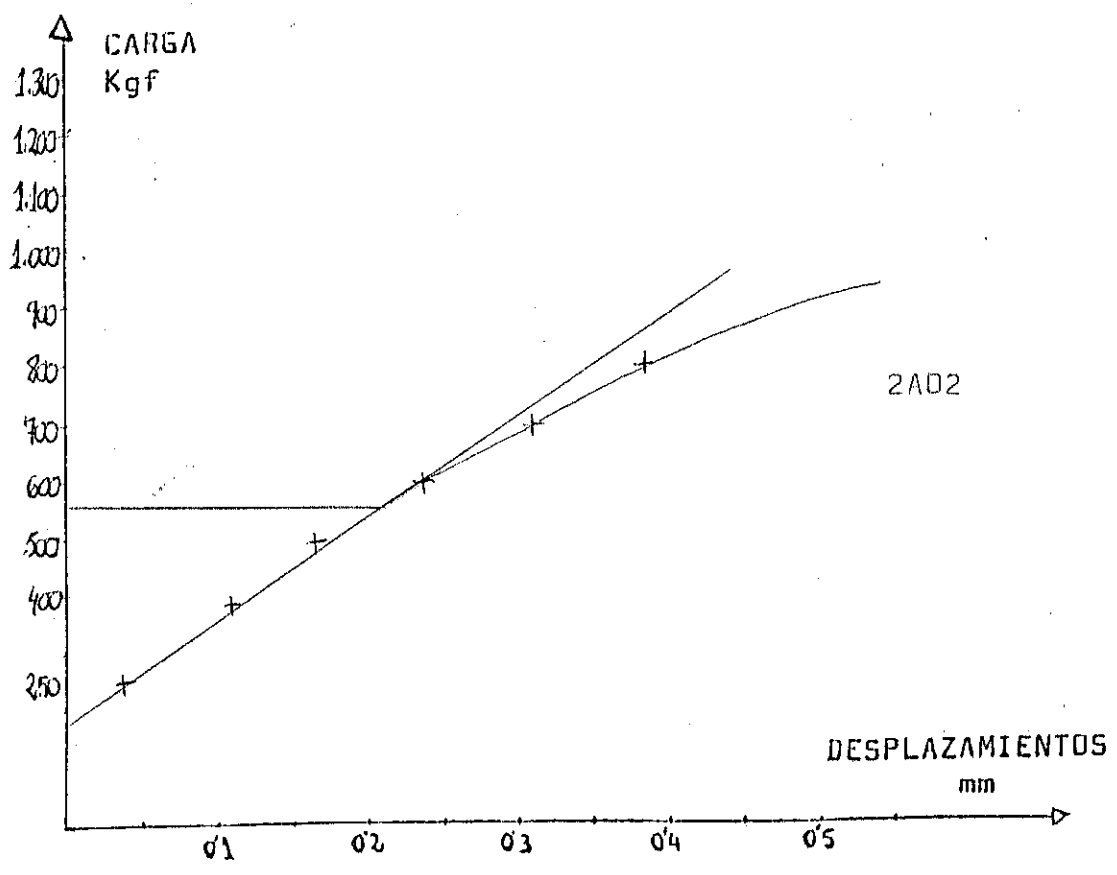
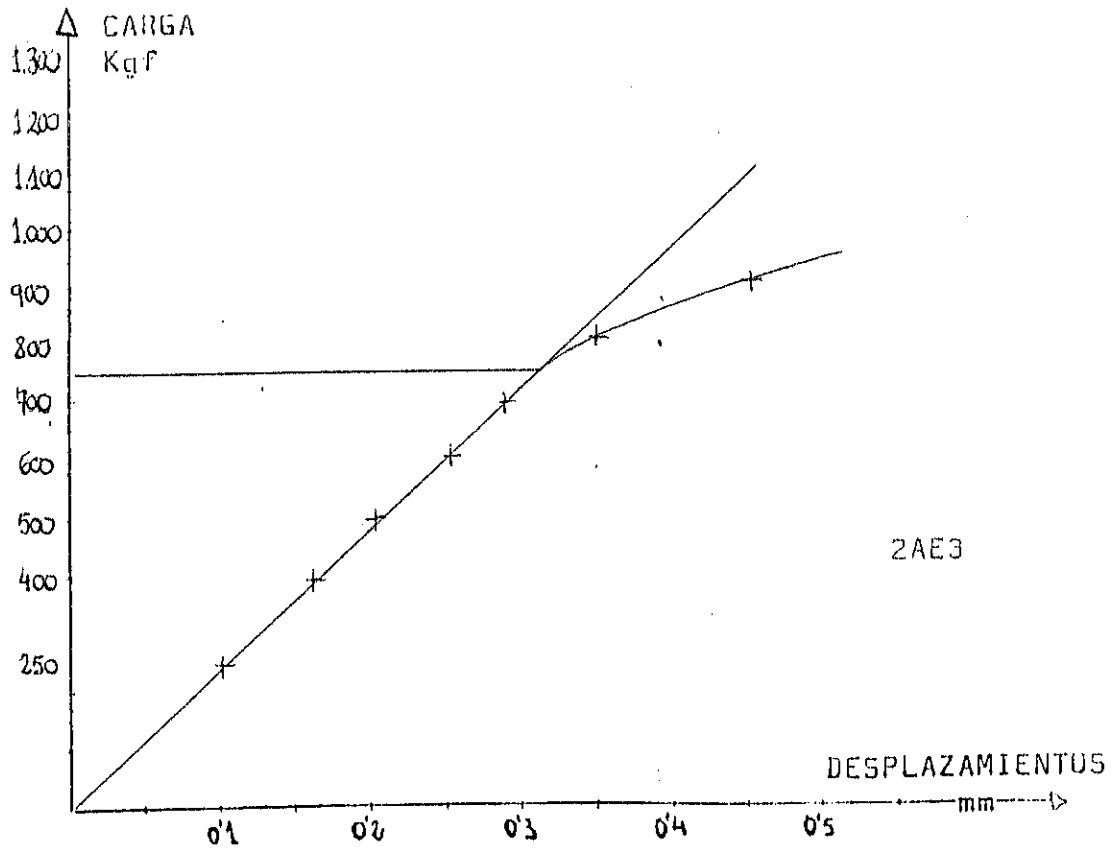


DIAGRAMA CARGA-DESPLAZAMIENTOS EN COMPRESION PERPENDICULAR A LA FIBRA



### DIAGRAMA CARGA-DESPLAZAMIENTOS EN COMPRESION PERPENDICULAR A LA FIBRA

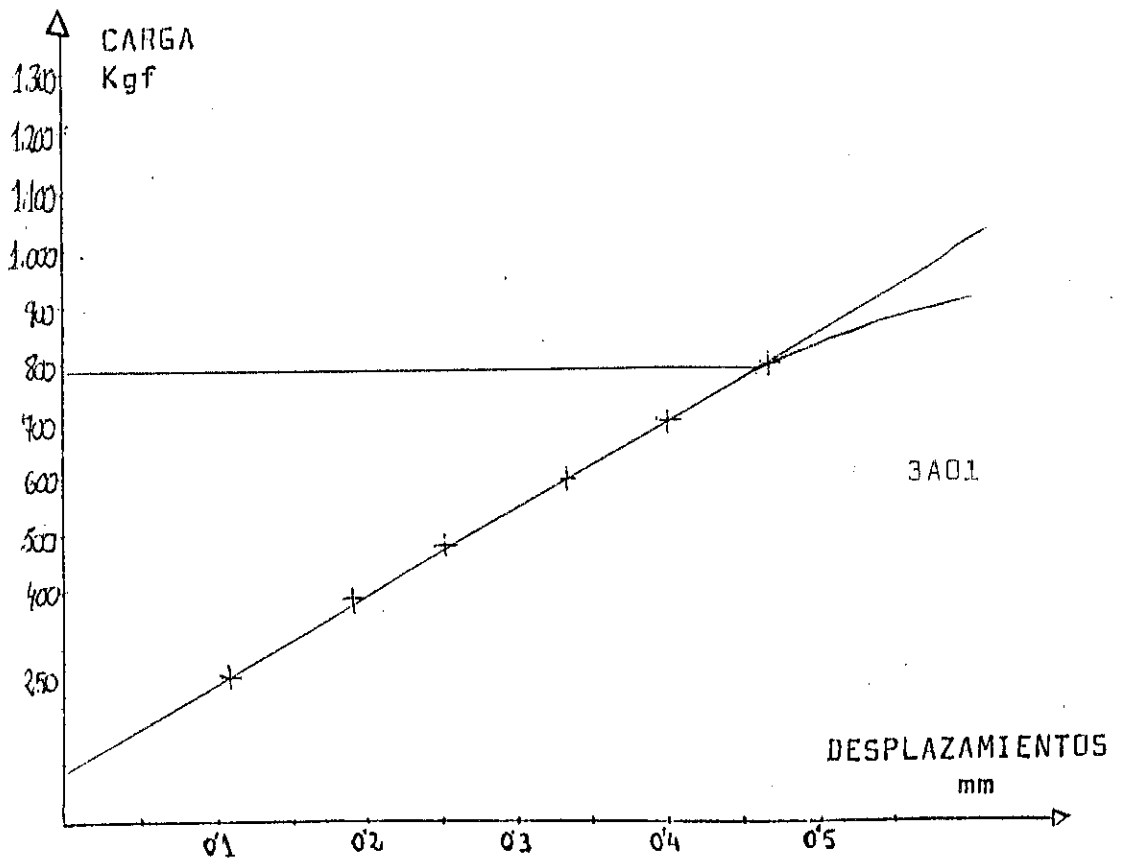
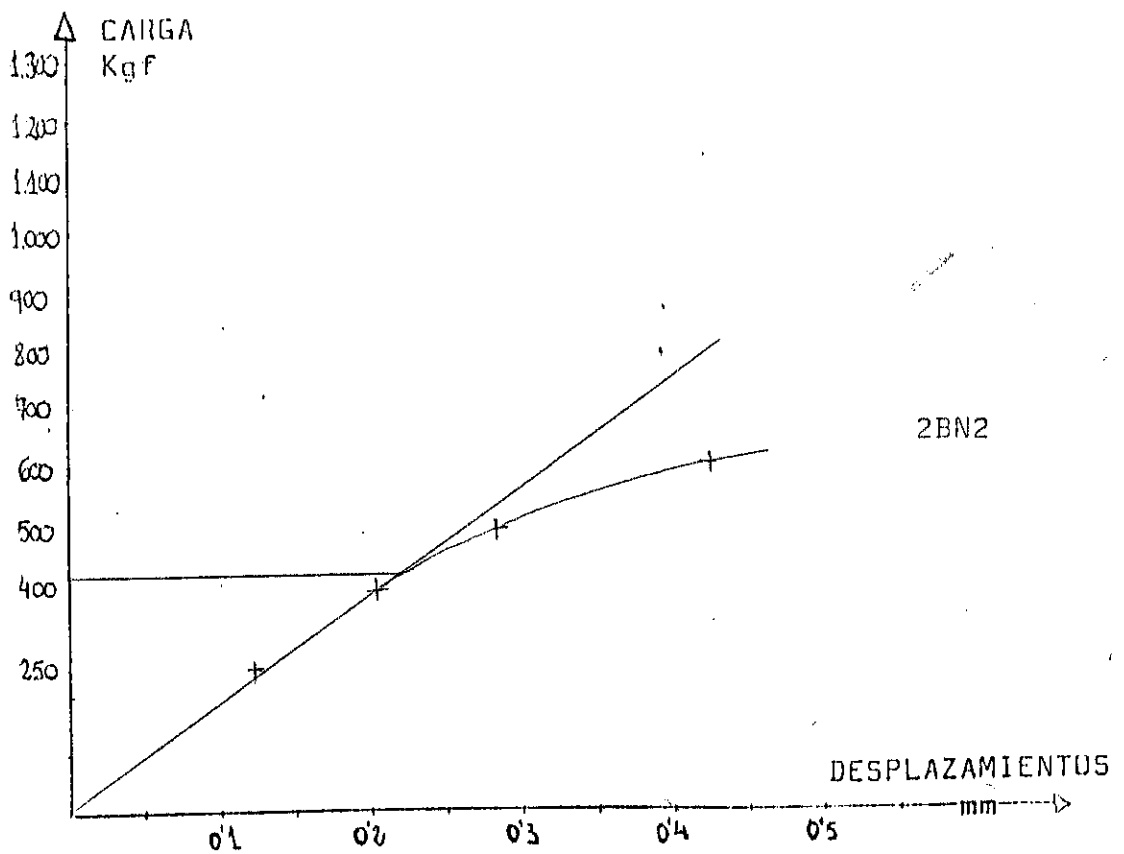
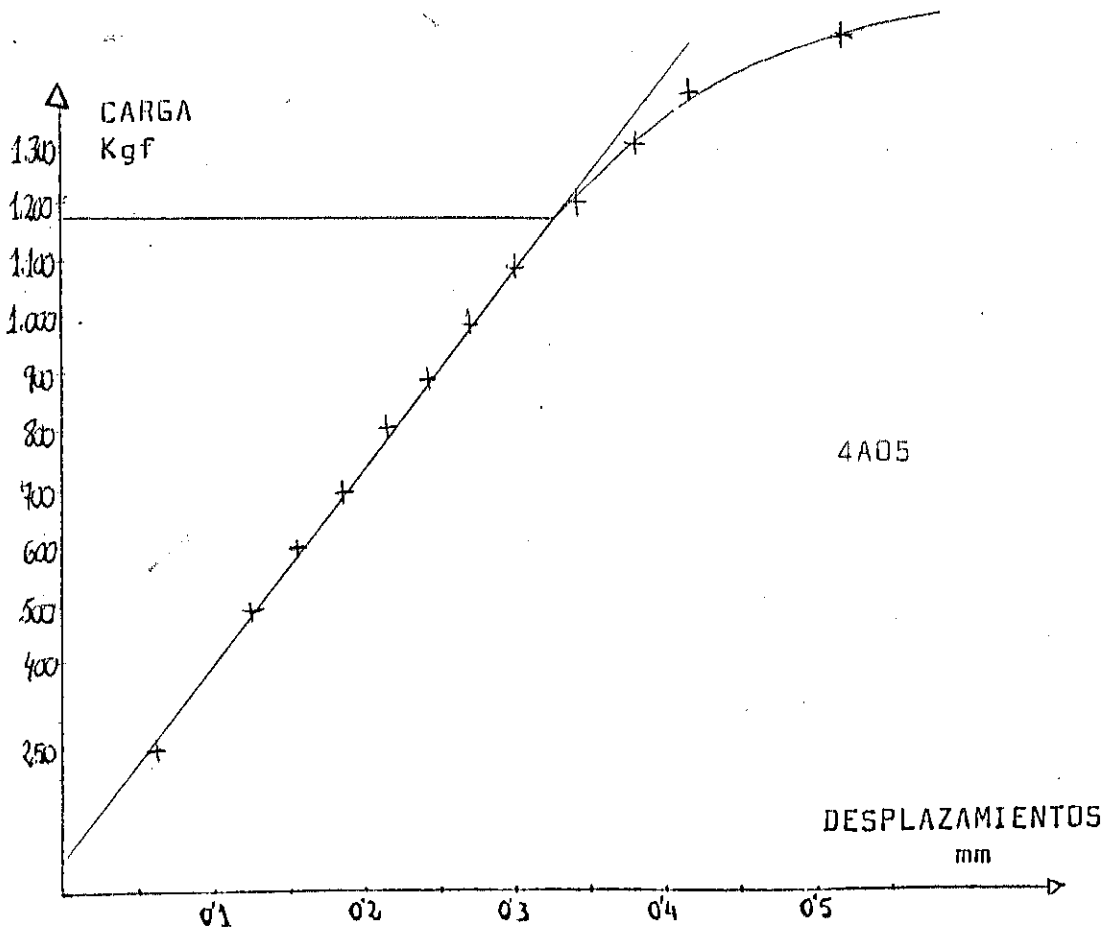
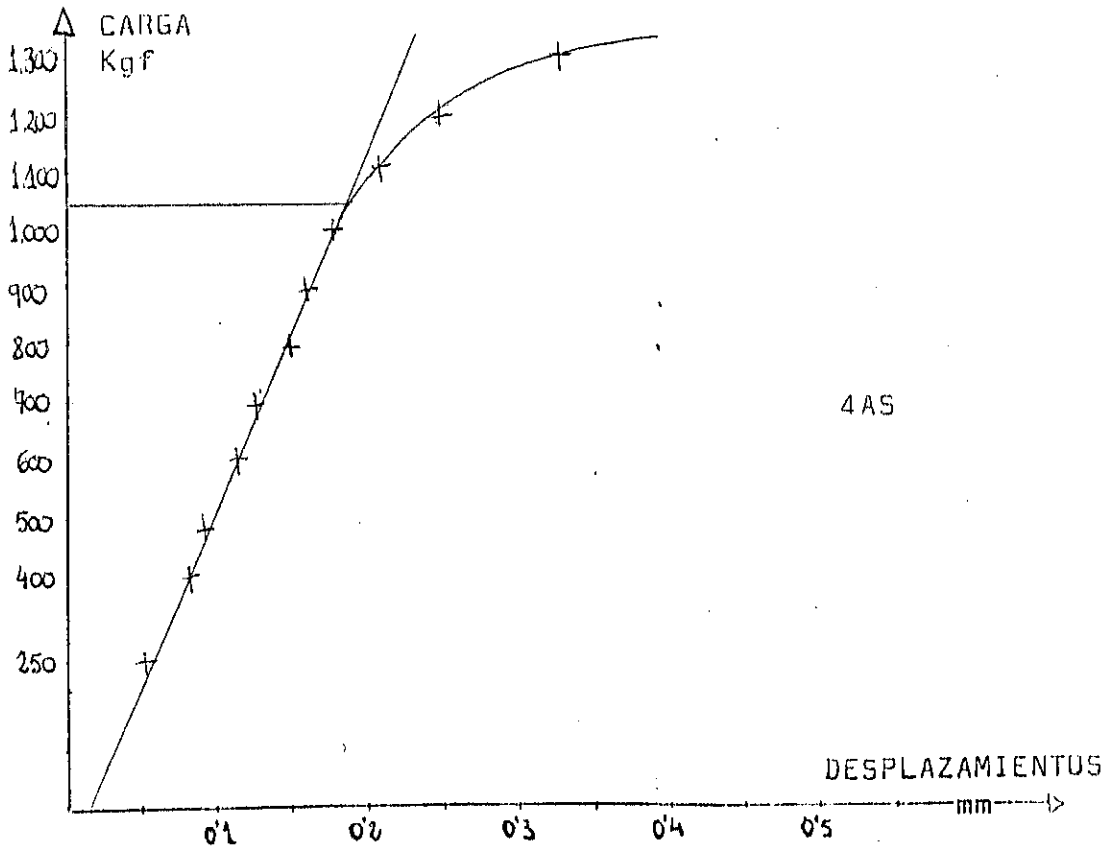


DIAGRAMA CARGA-DESPLAZAMIENTOS EN COMPRESION PERPENDICULAR A LA FIBRA



### DIAGRAMA CARGA-DESPLAZAMIENTOS EN COMPRESION PERPENDICULAR A LA FIBRA

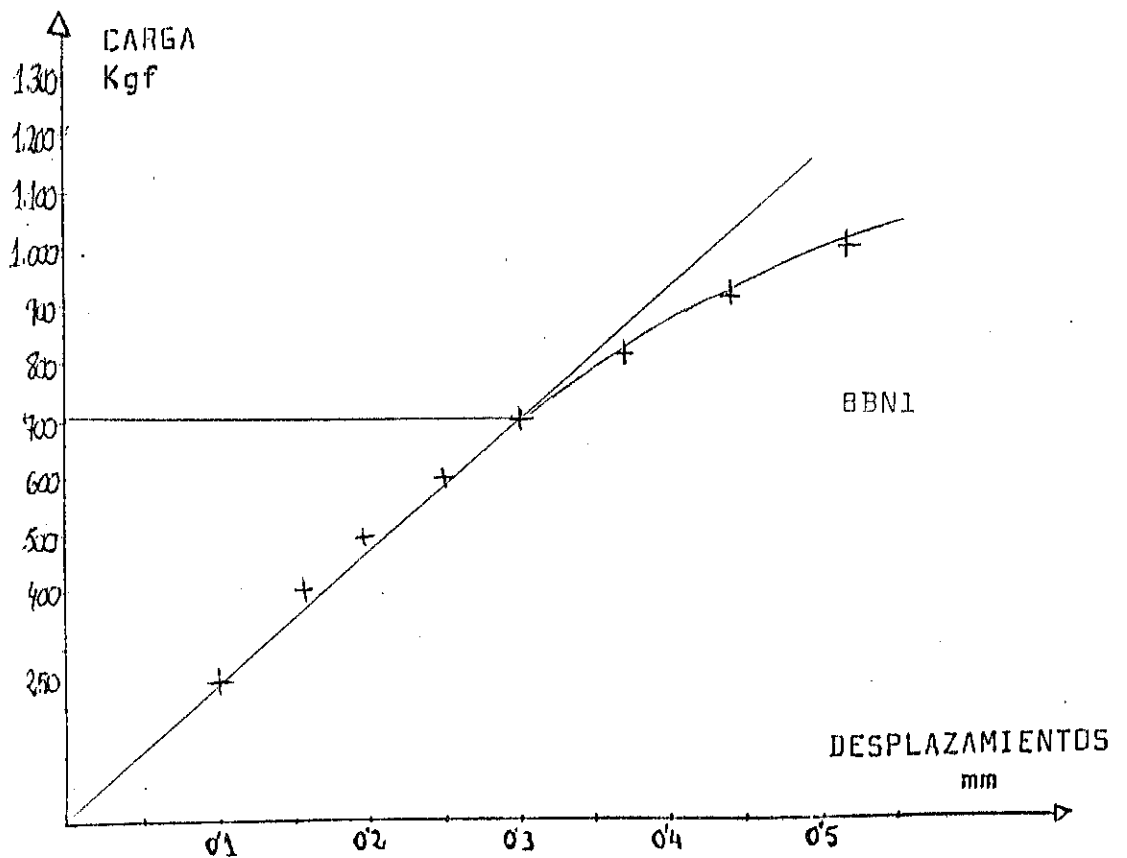
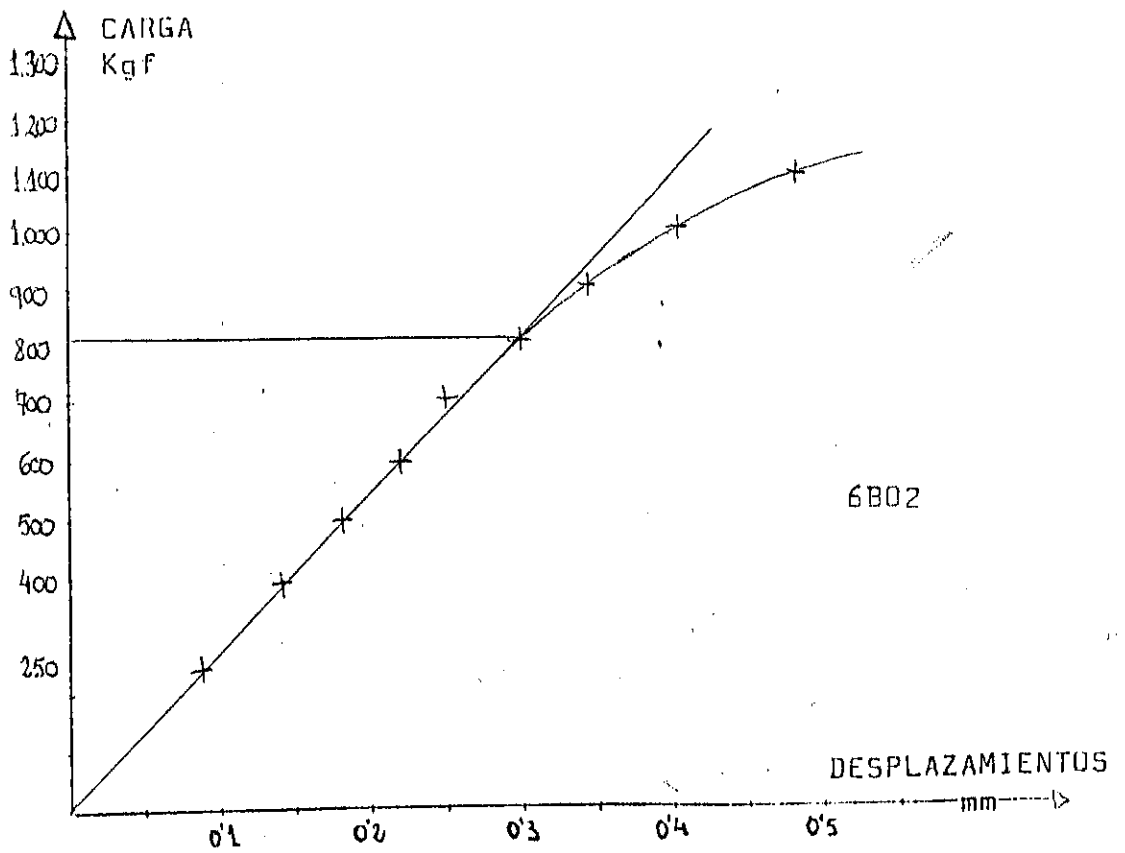


DIAGRAMA CARGA-DESPLAZAMIENTOS EN COMPRESION PERPENDICULAR A LA FIBRA

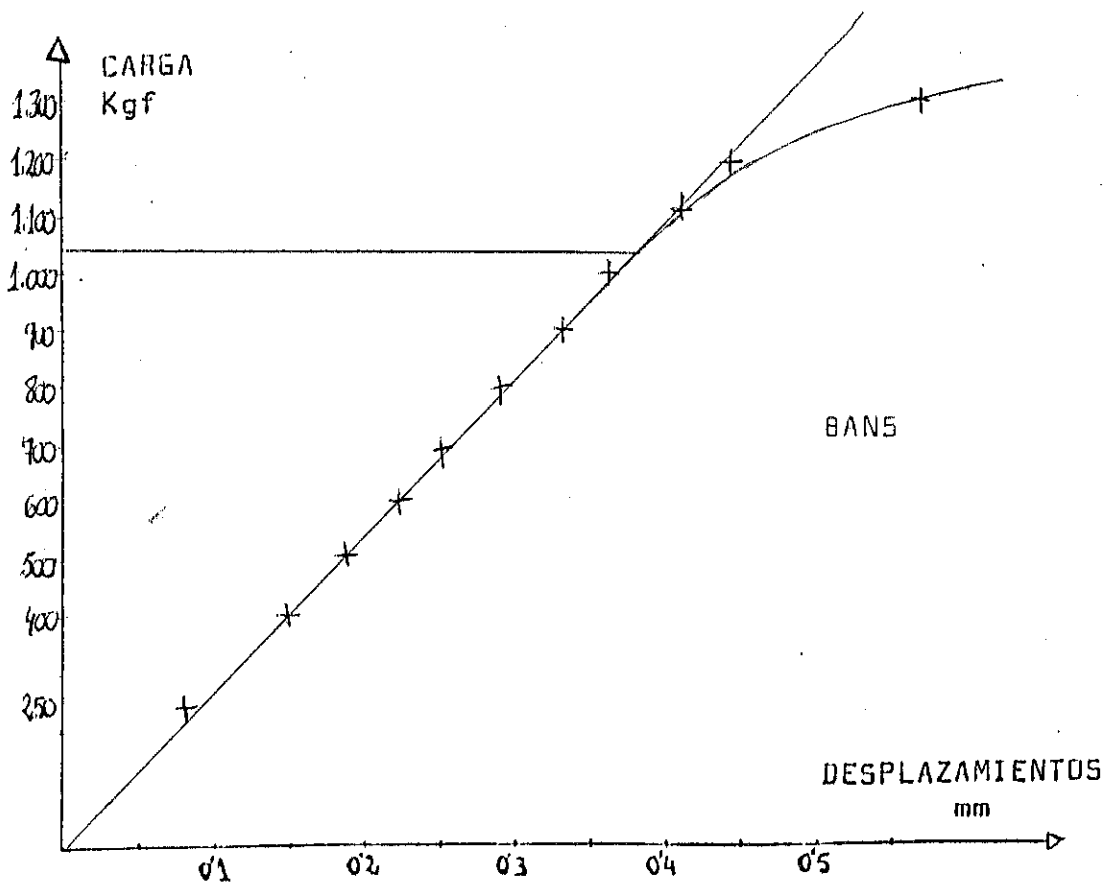
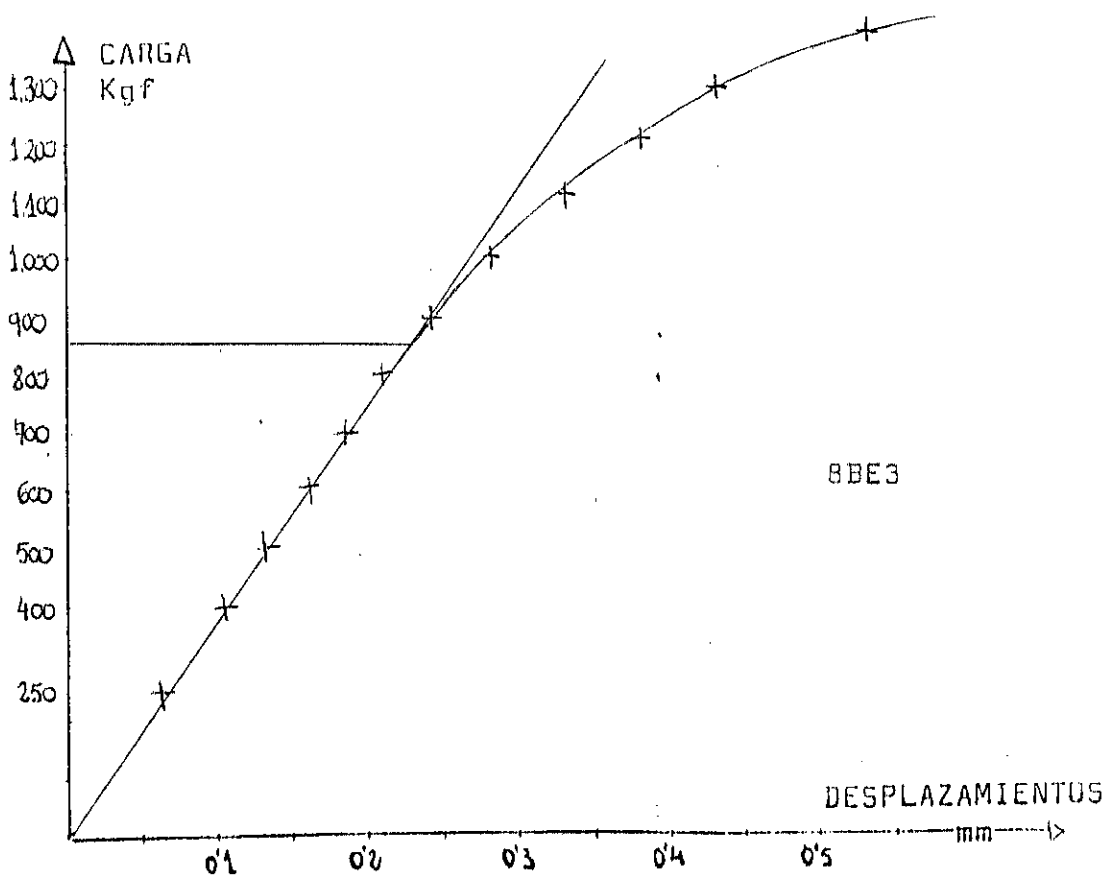




DIAGRAMA CARGA-DESPLAZAMIENTOS EN COMPRESION PERPENDICULAR A LA FIBRA

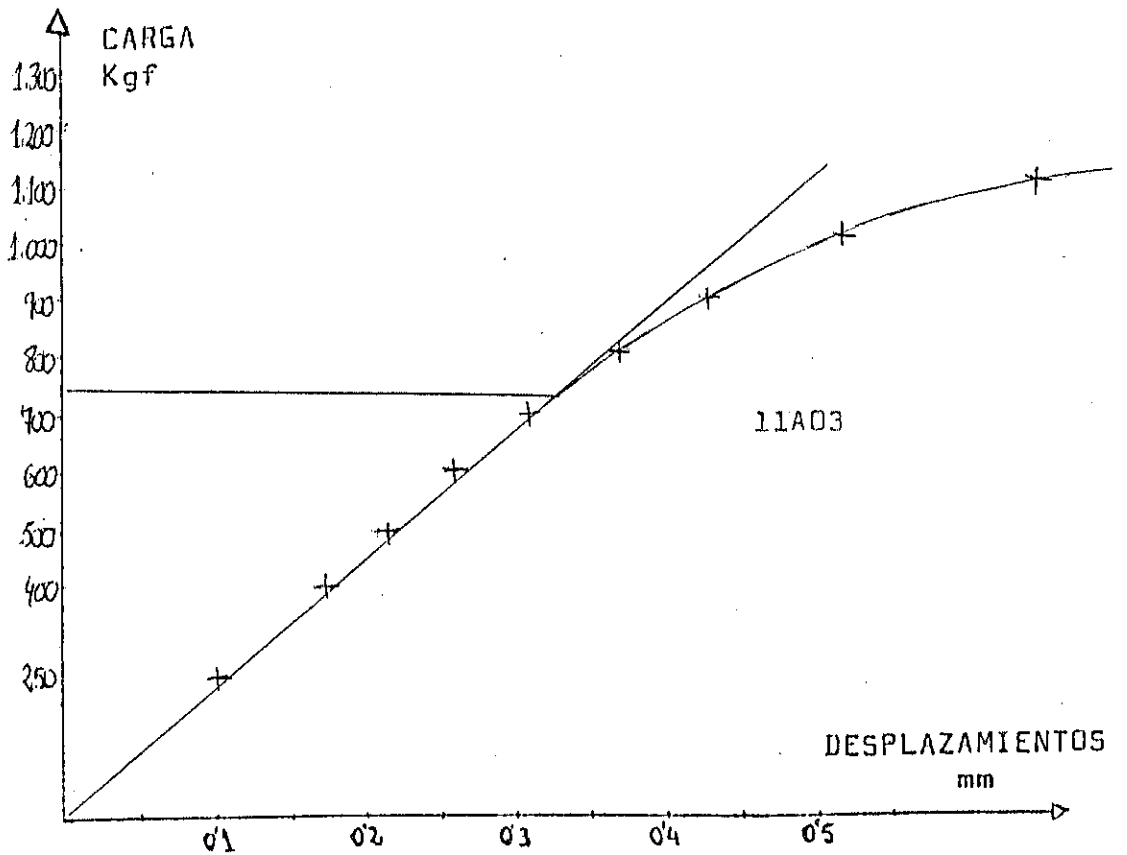
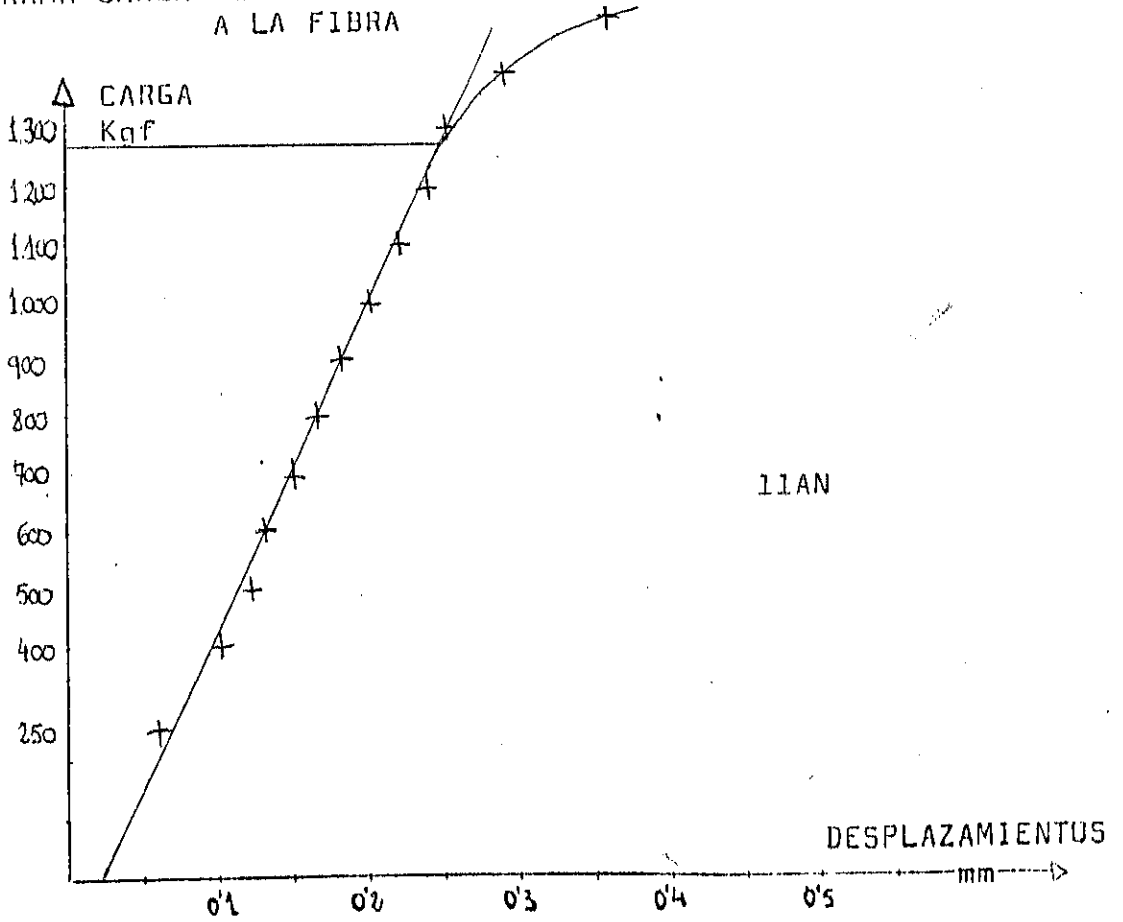


DIAGRAMA CARGA-DESPLAZAMIENTOS EN COMPRESION PERPENDICULAR A LA FIBRA

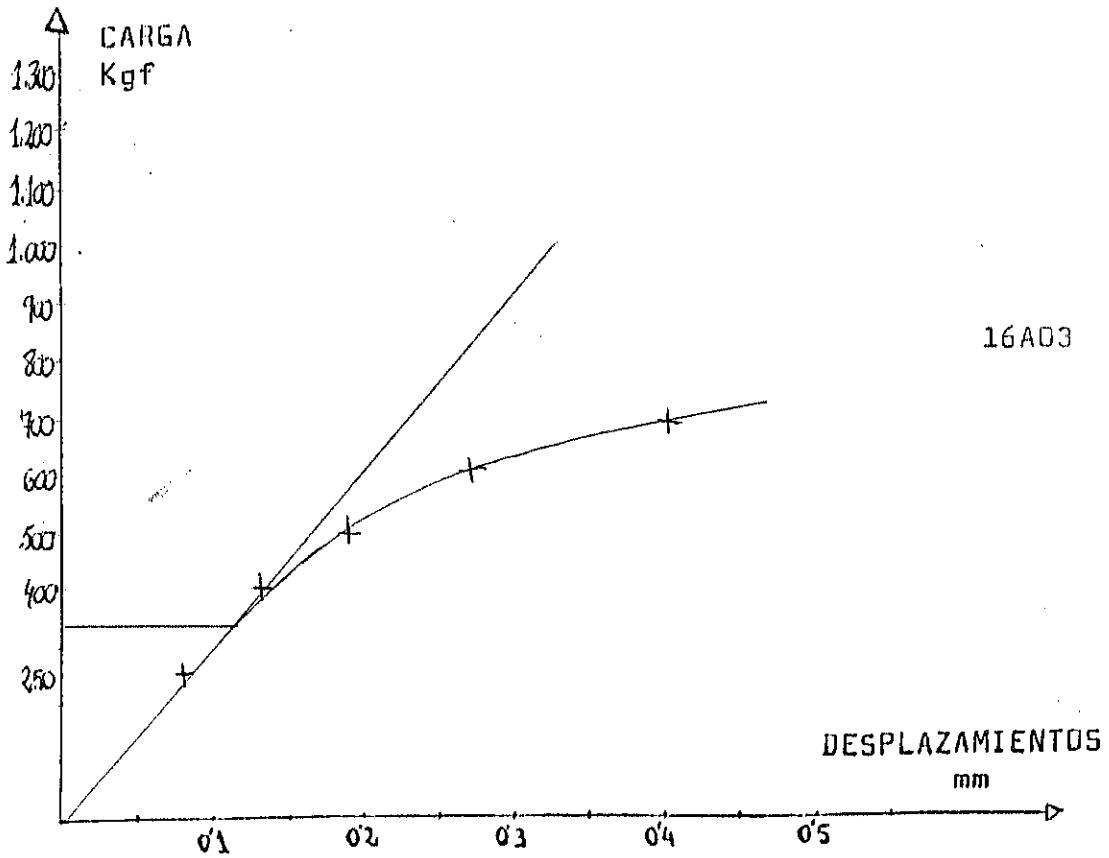
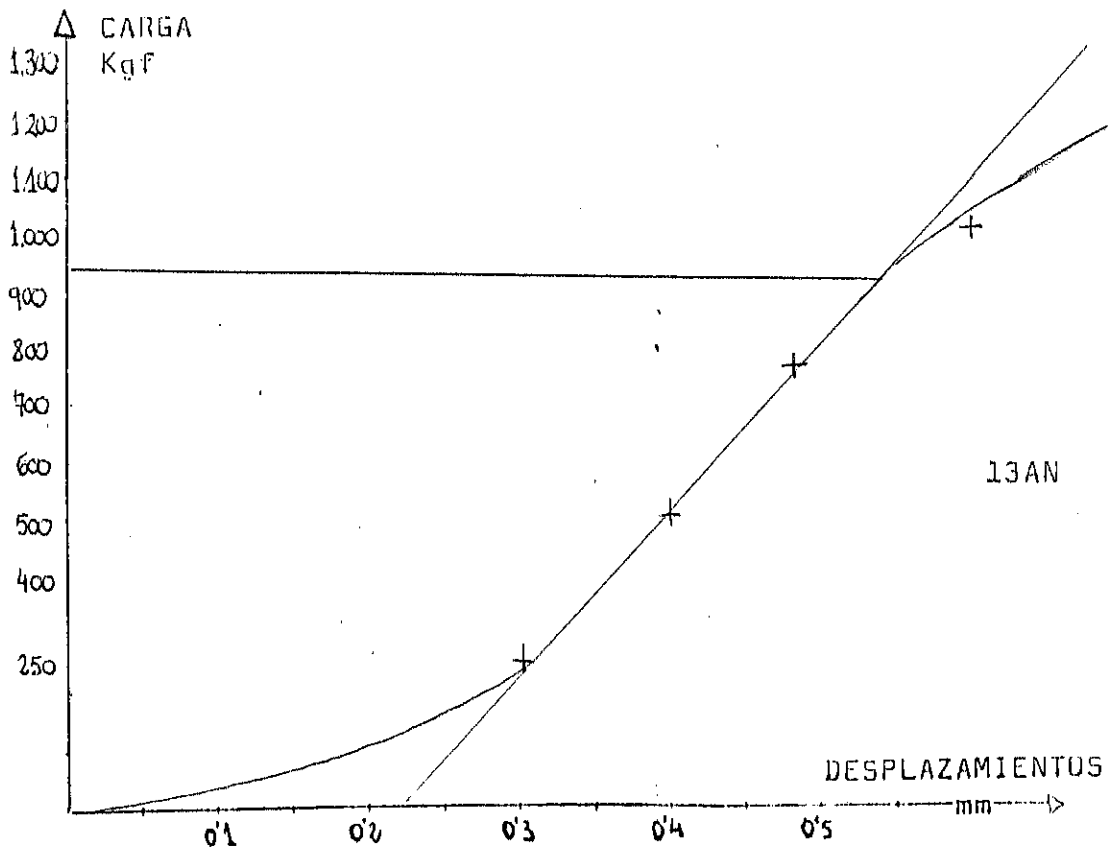


DIAGRAMA CARGA-DESPLAZAMIENTOS EN COMPRESION PERPENDICULAR A LA FIBRA

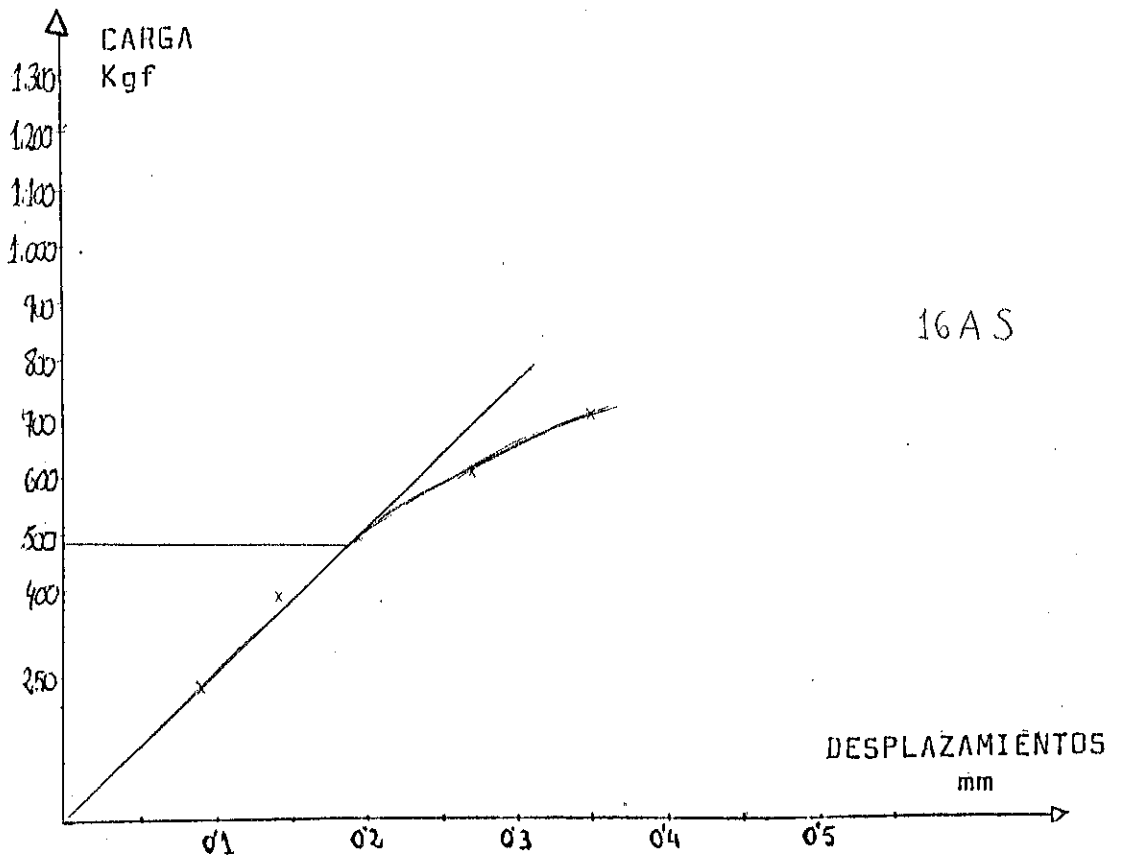
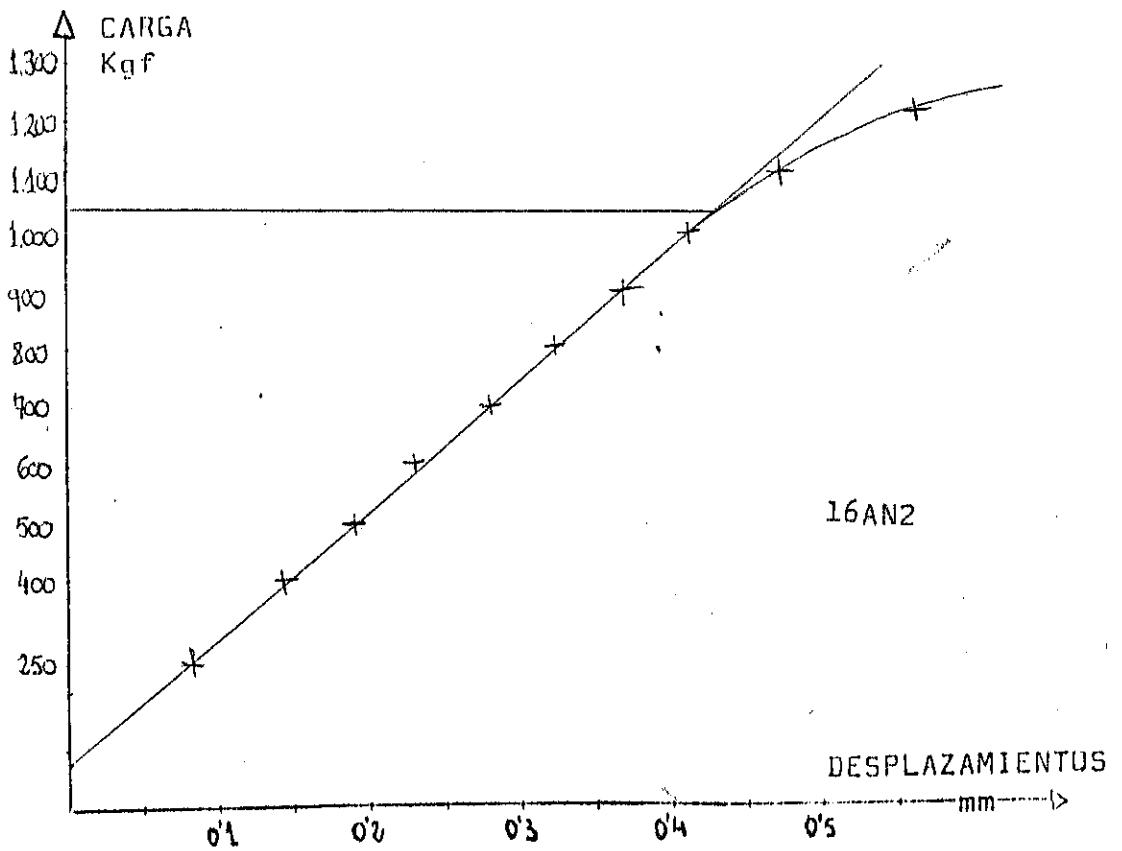


DIAGRAMA CARGA-DESPLAZAMIENTOS EN COMPRESION PERPENDICULAR A LA FIBRA

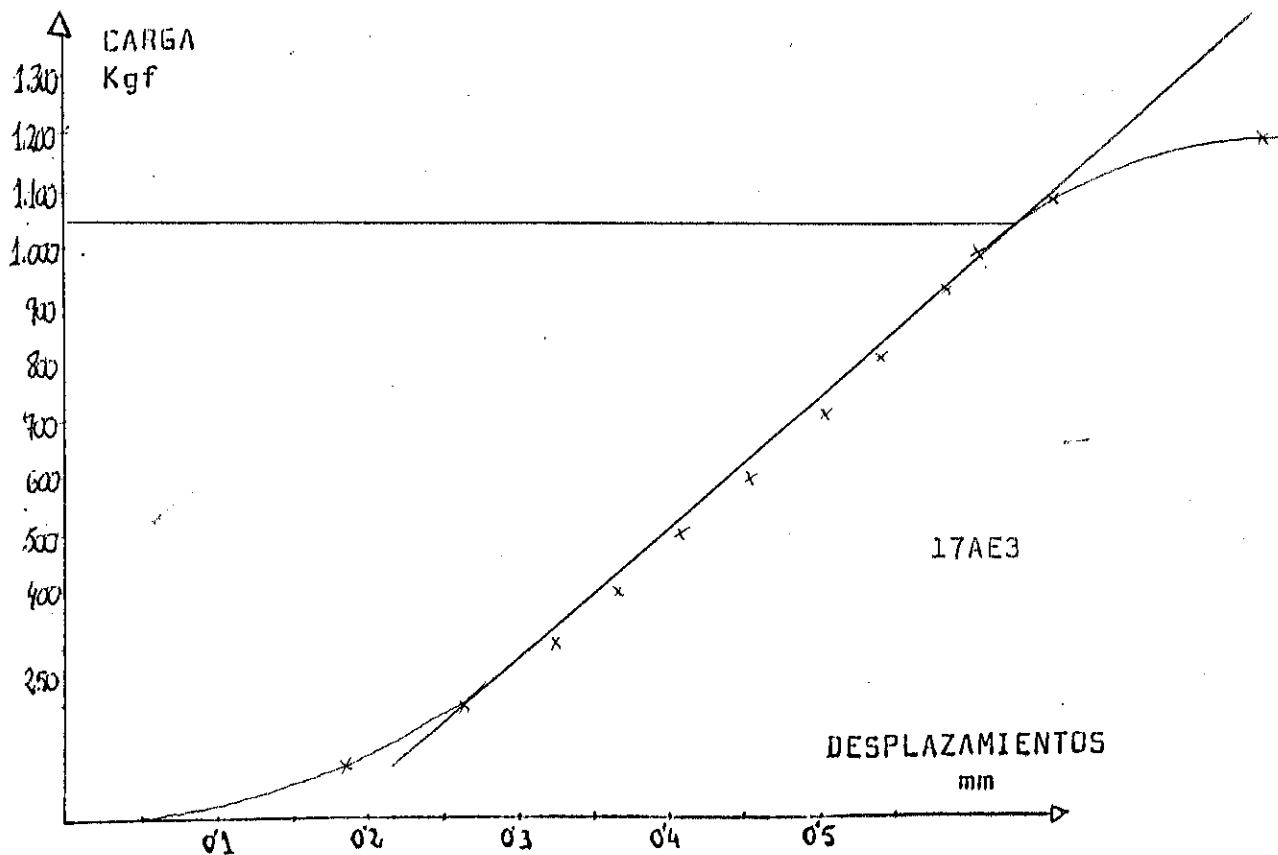
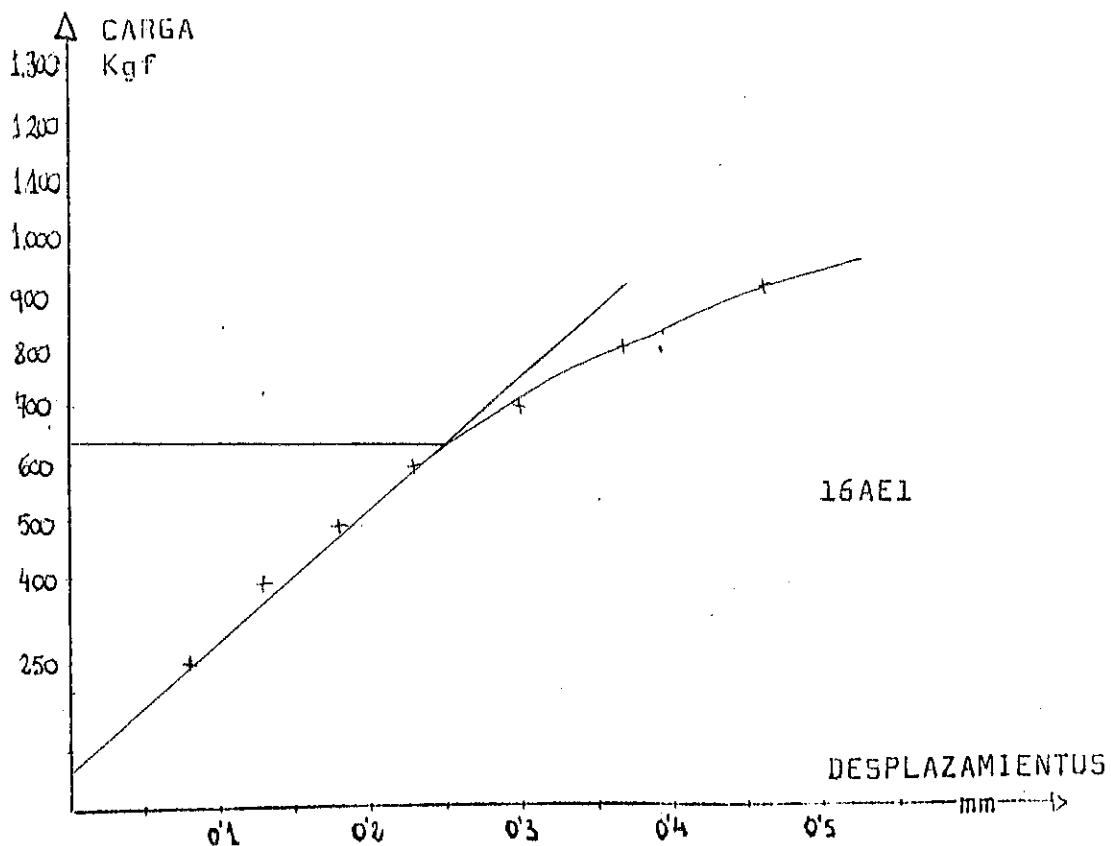


DIAGRAMA CARGA-DESPLAZAMIENTOS EN COMPRESION PERPENDICULAR A LA FIBRA

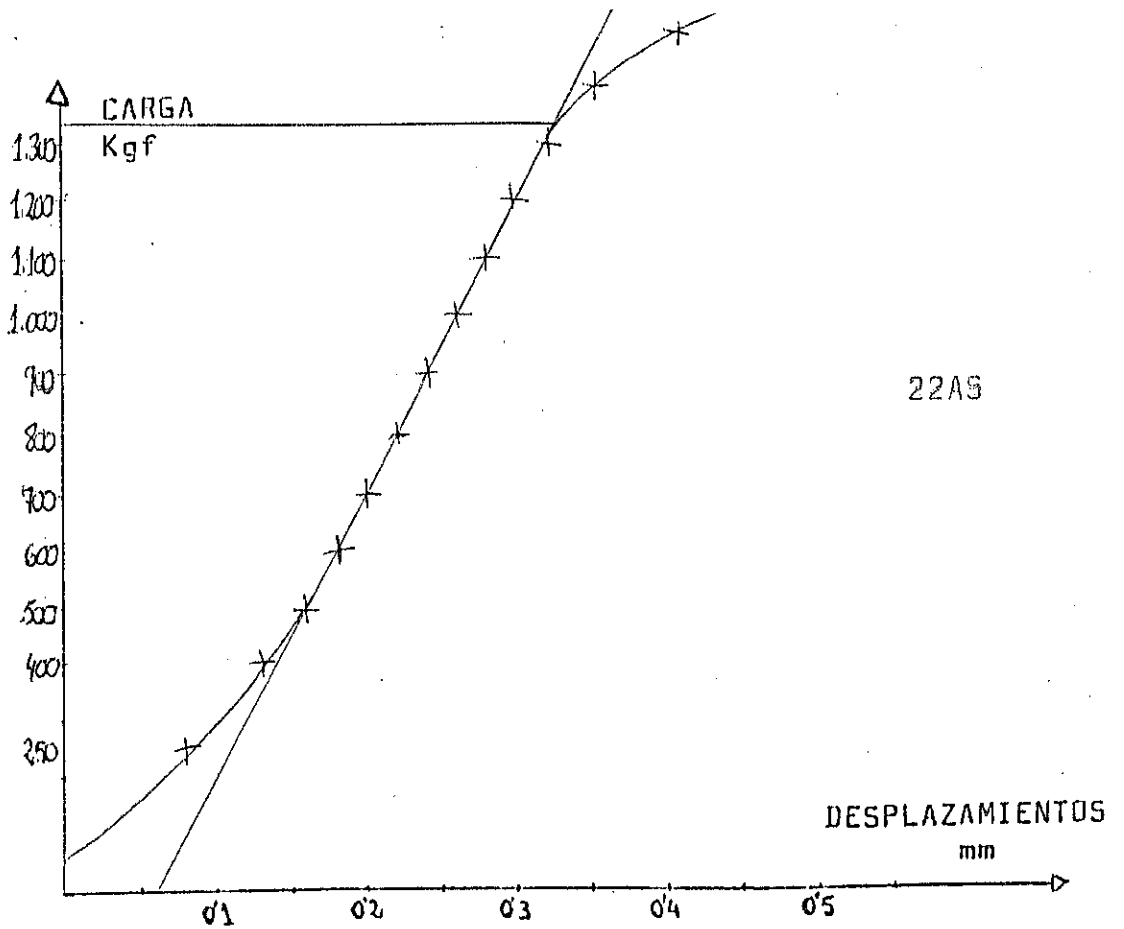
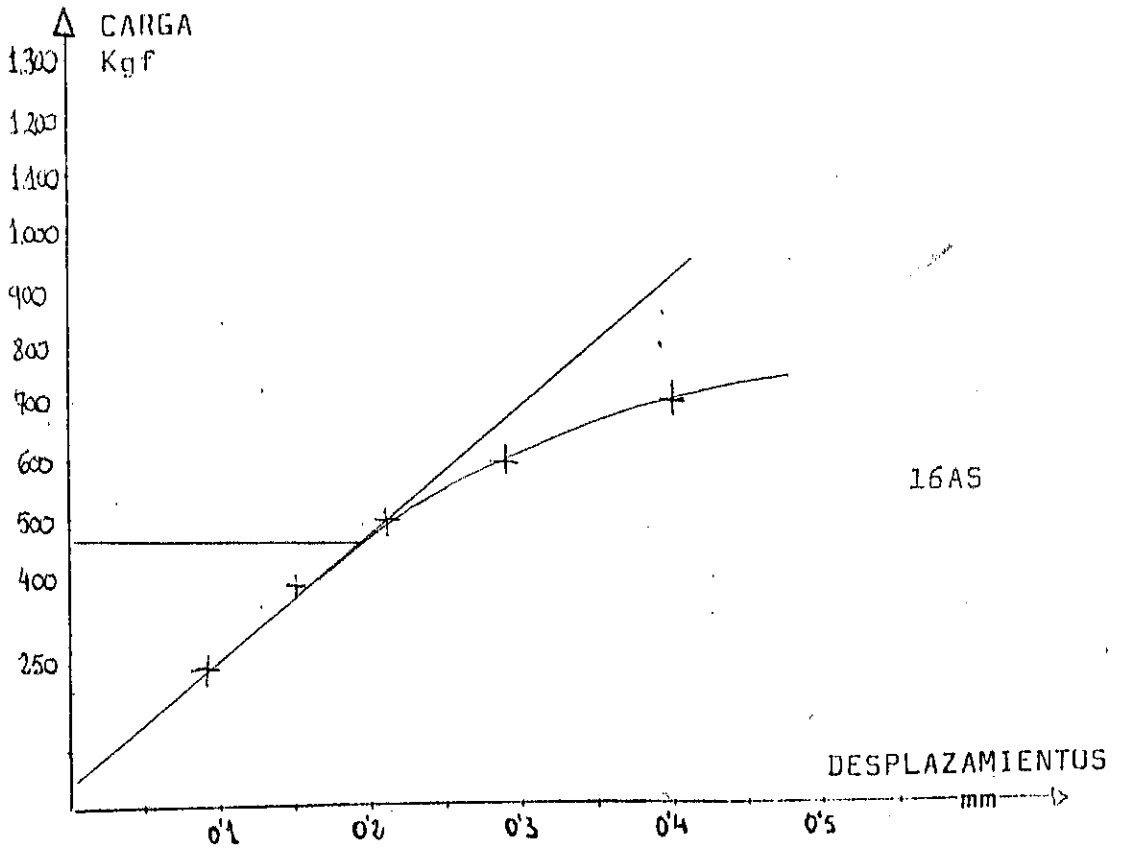


DIAGRAMA CARGA-DESPLAZAMIENTOS EN COMPRESION PERPENDICULAR A LA FIBRA

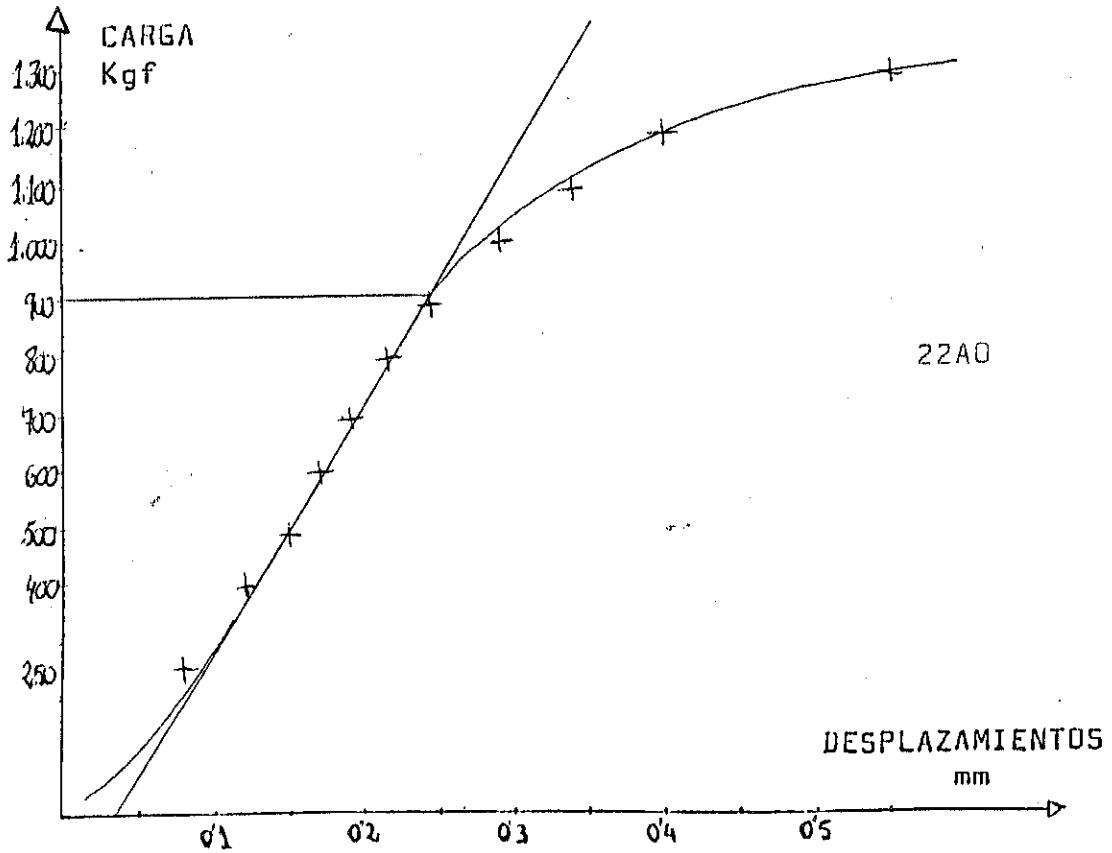
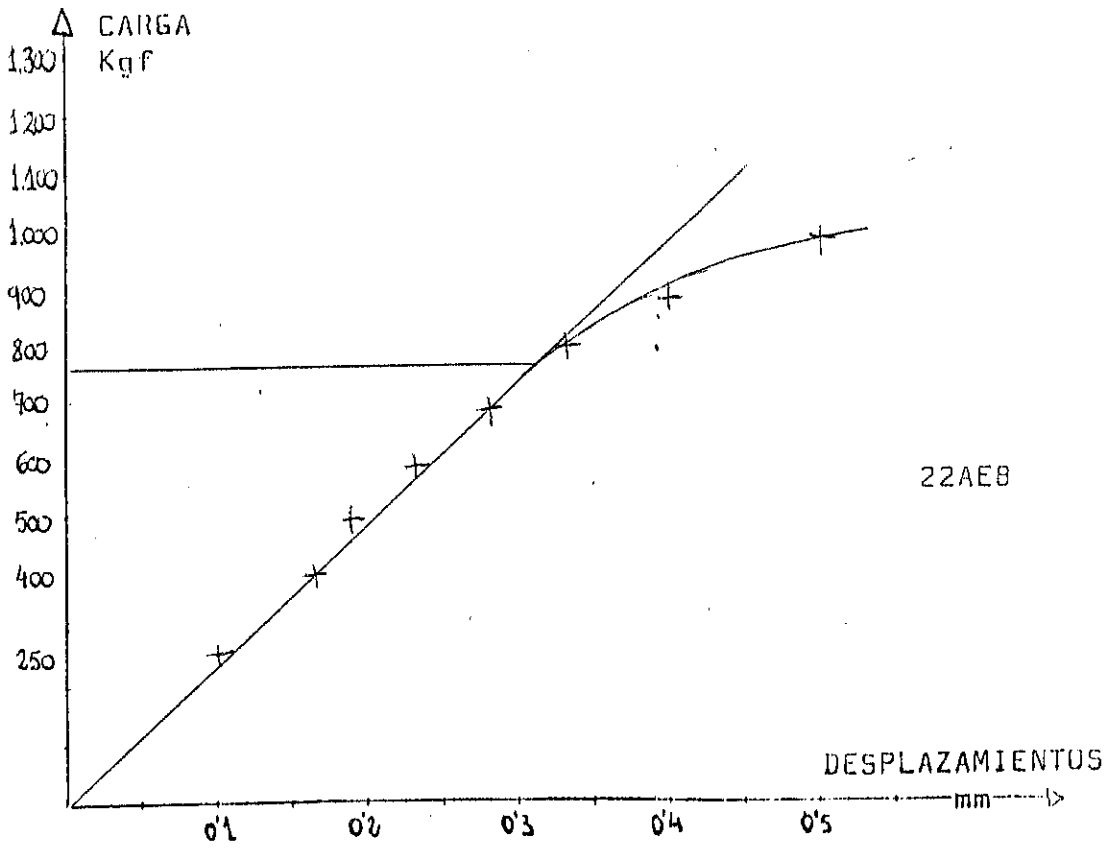


DIAGRAMA CARGA-DESPLAZAMIENTOS EN COMPRESION PERPENDICULAR A LA FIBRA

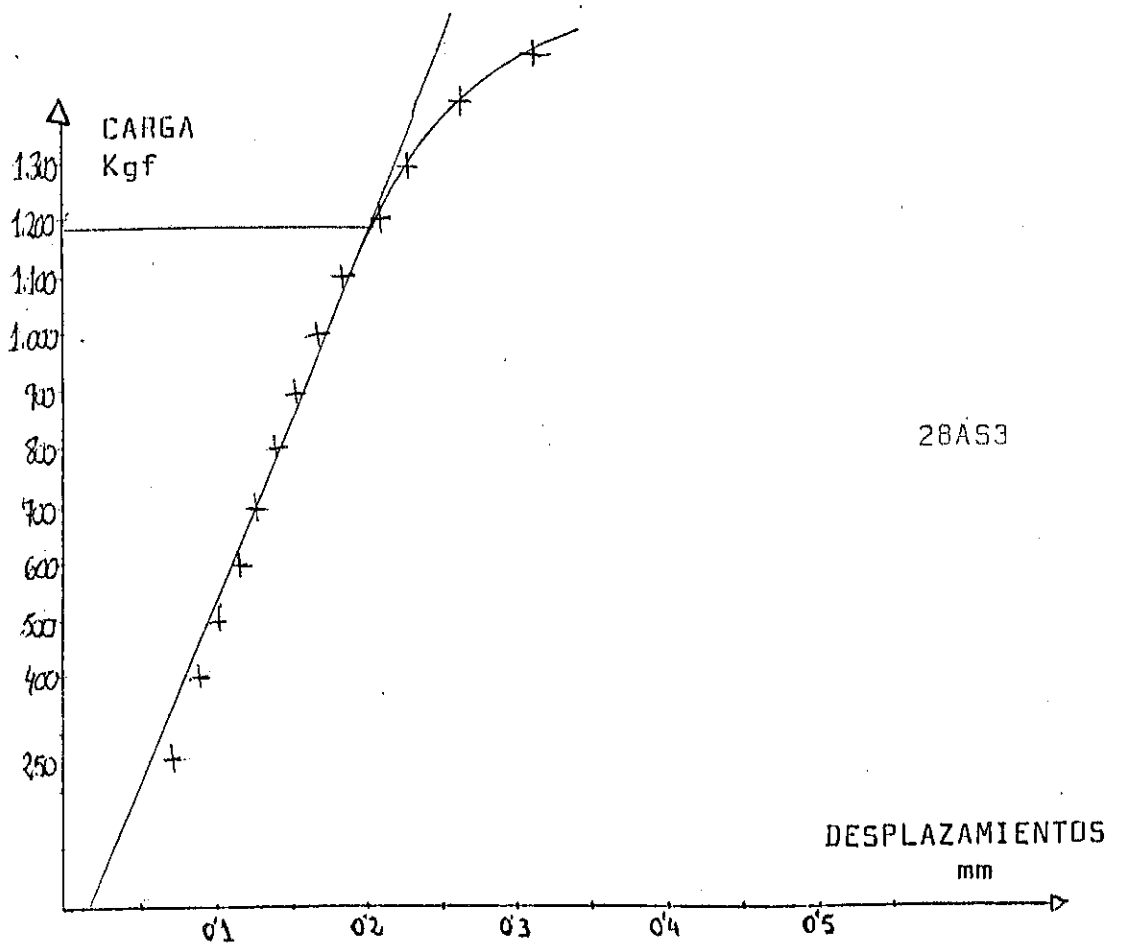
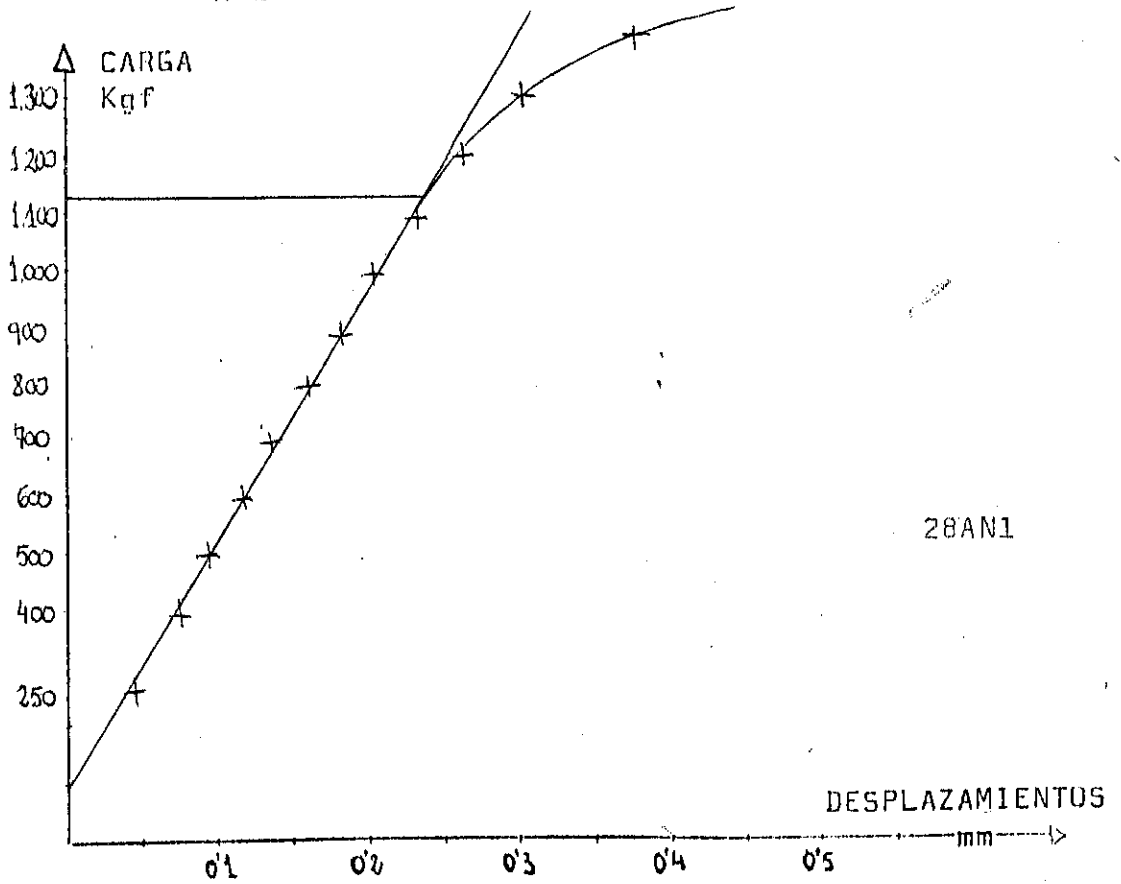


DIAGRAMA CARGA-DESPLAZAMIENTOS EN COMPRESION PERPENDICULAR A LA FIBRA

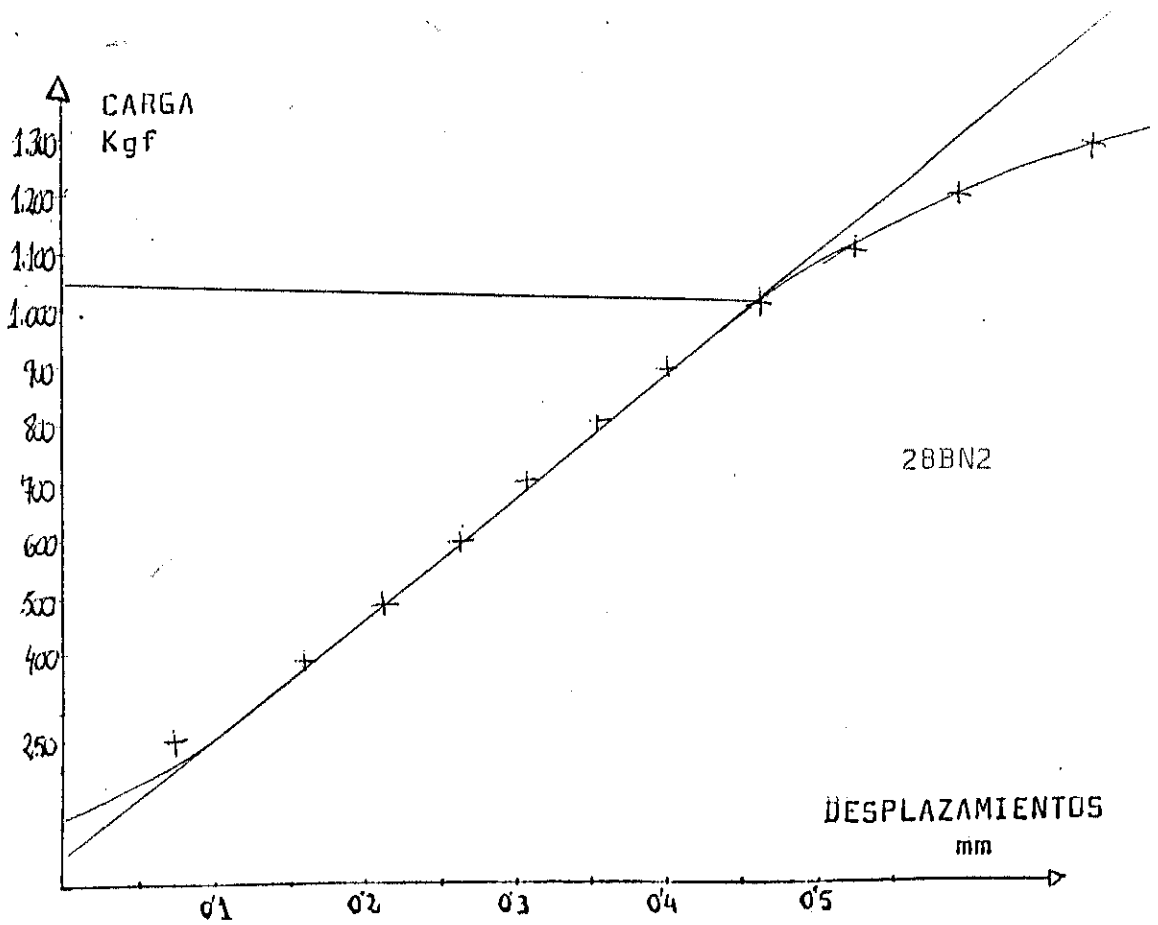
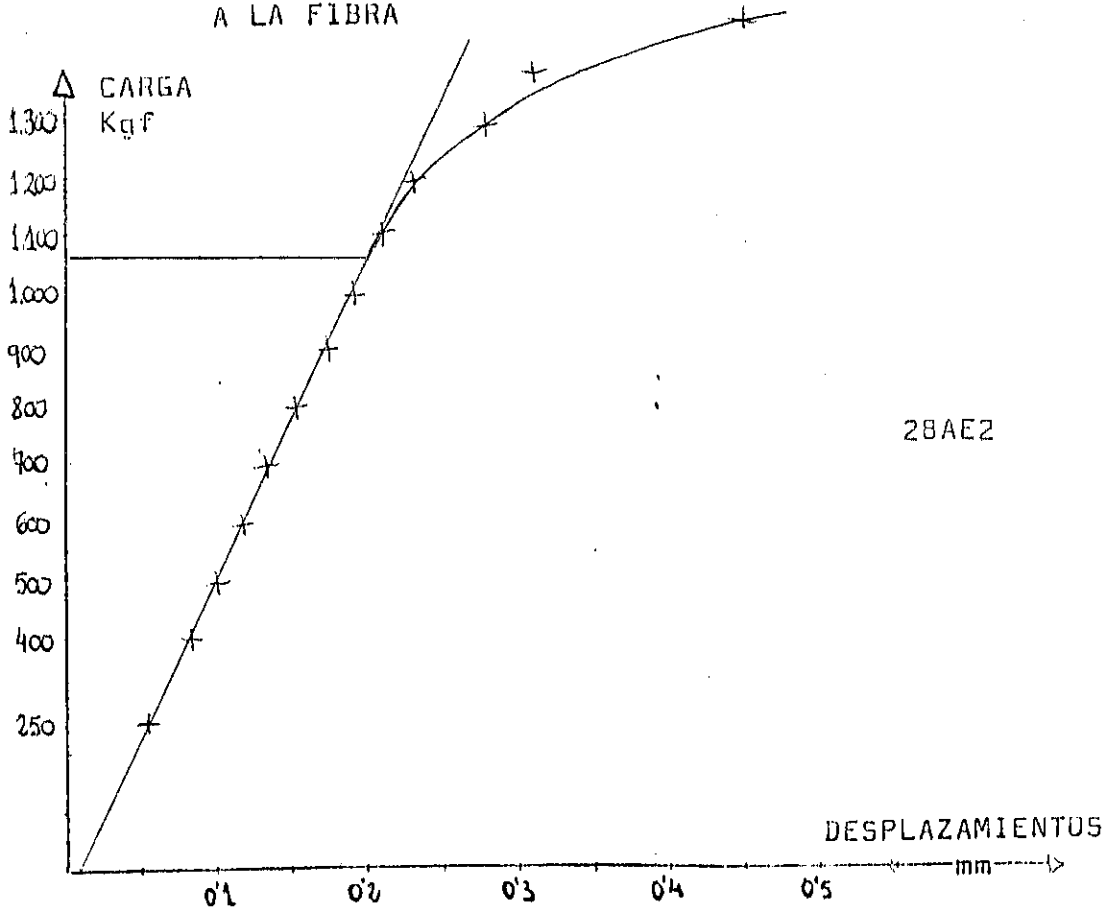




DIAGRAMA CARGA-DESPLAZAMIENTOS EN COMPRESION PERPENDICULAR A LA FIBRA

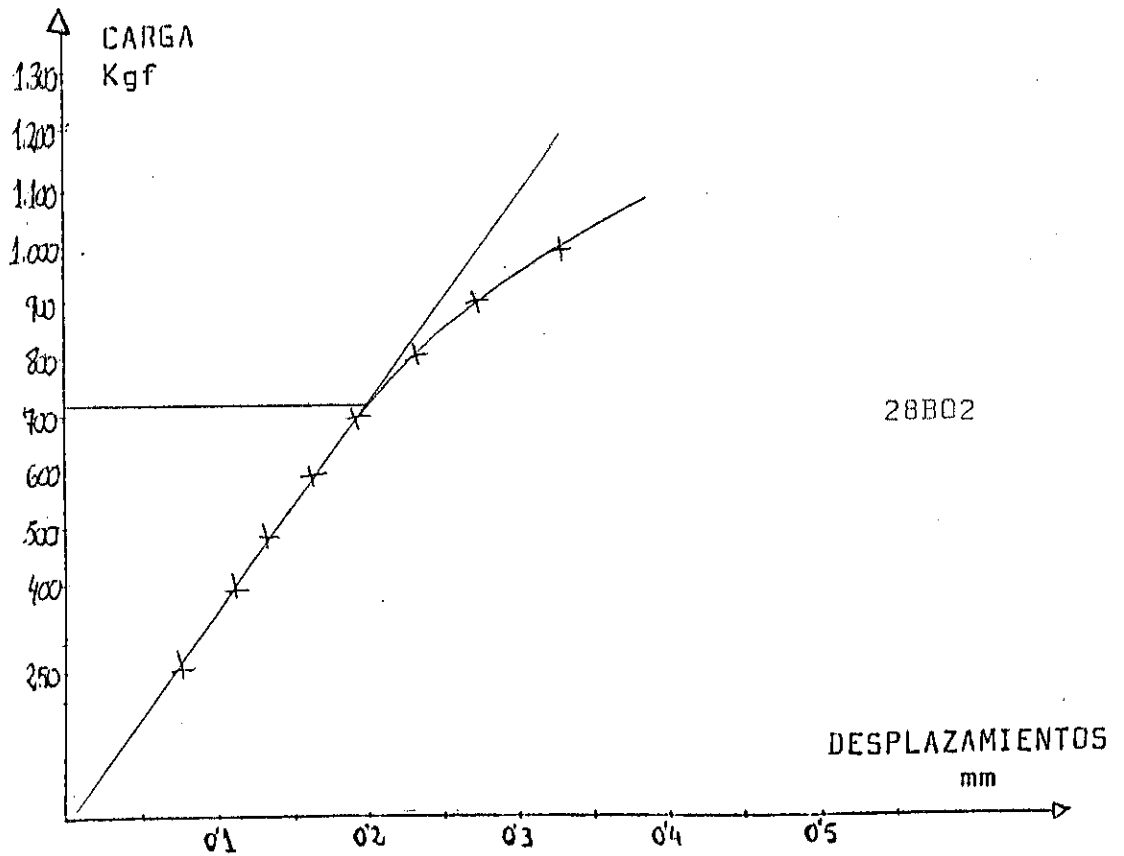
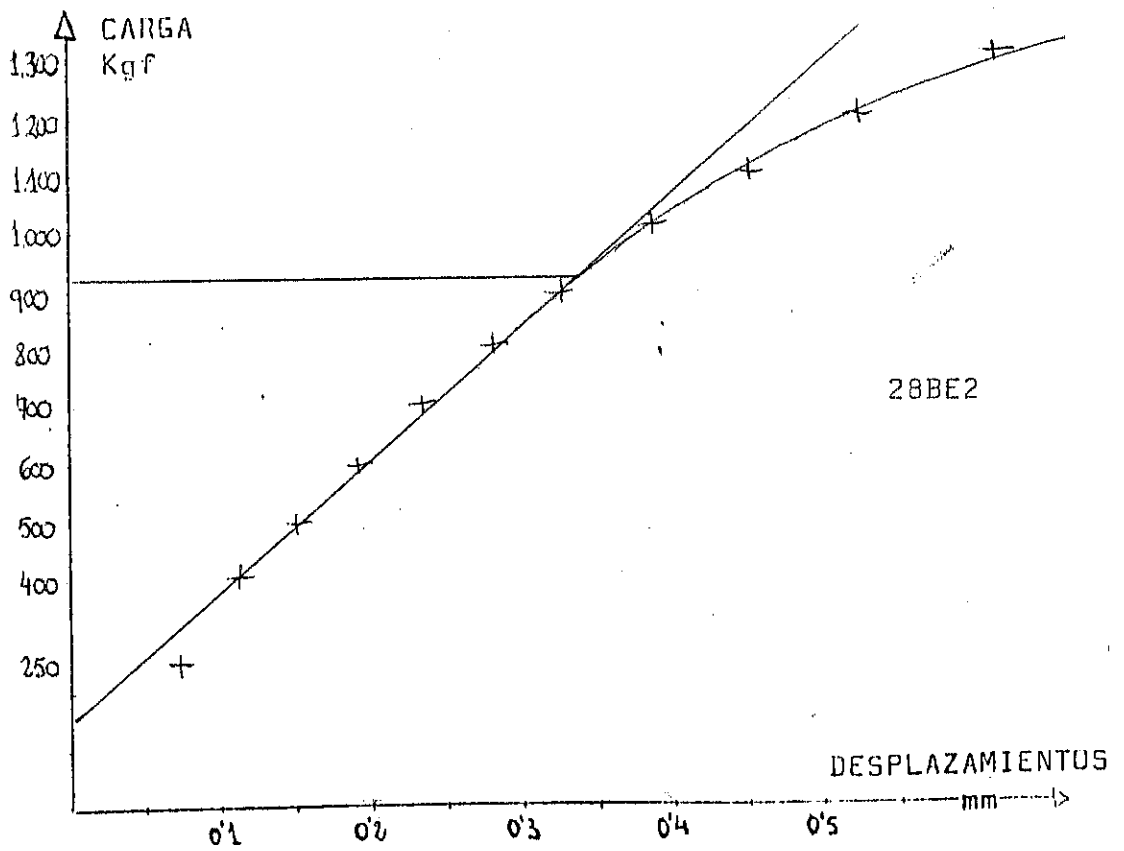


DIAGRAMA CARGA-DESPLAZAMIENTOS EN COMPRESION PERPENDICULAR A LA FIBRA

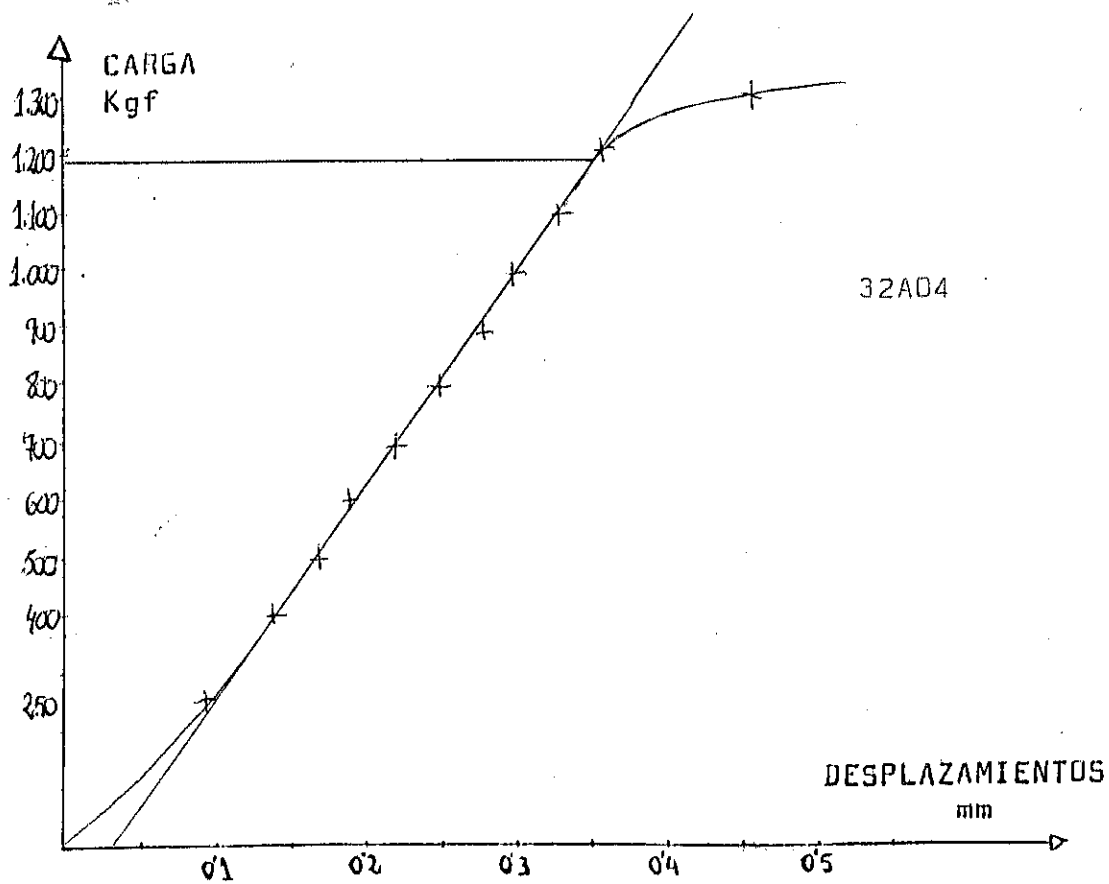
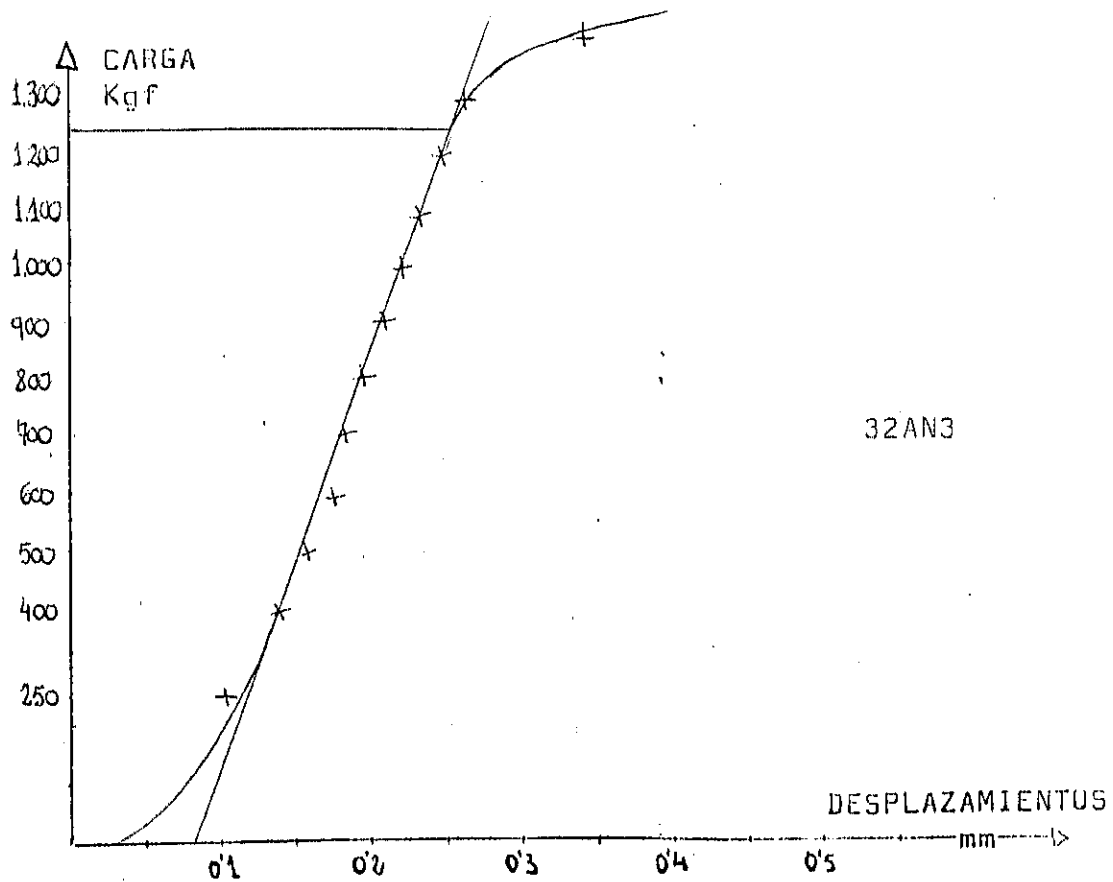


DIAGRAMA CARGA-DESPLAZAMIENTOS EN COMPRESION PERPENDICULAR A LA FIBRA

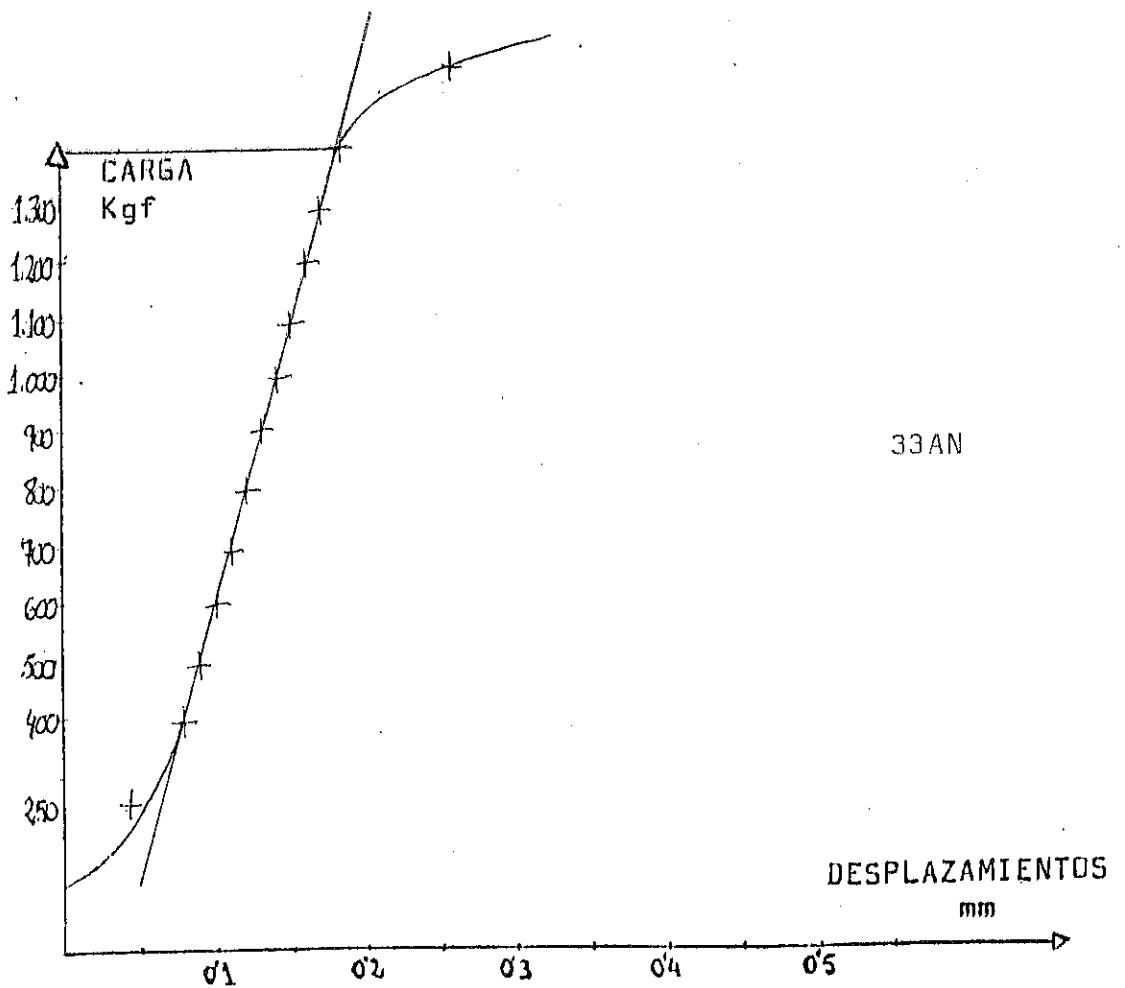
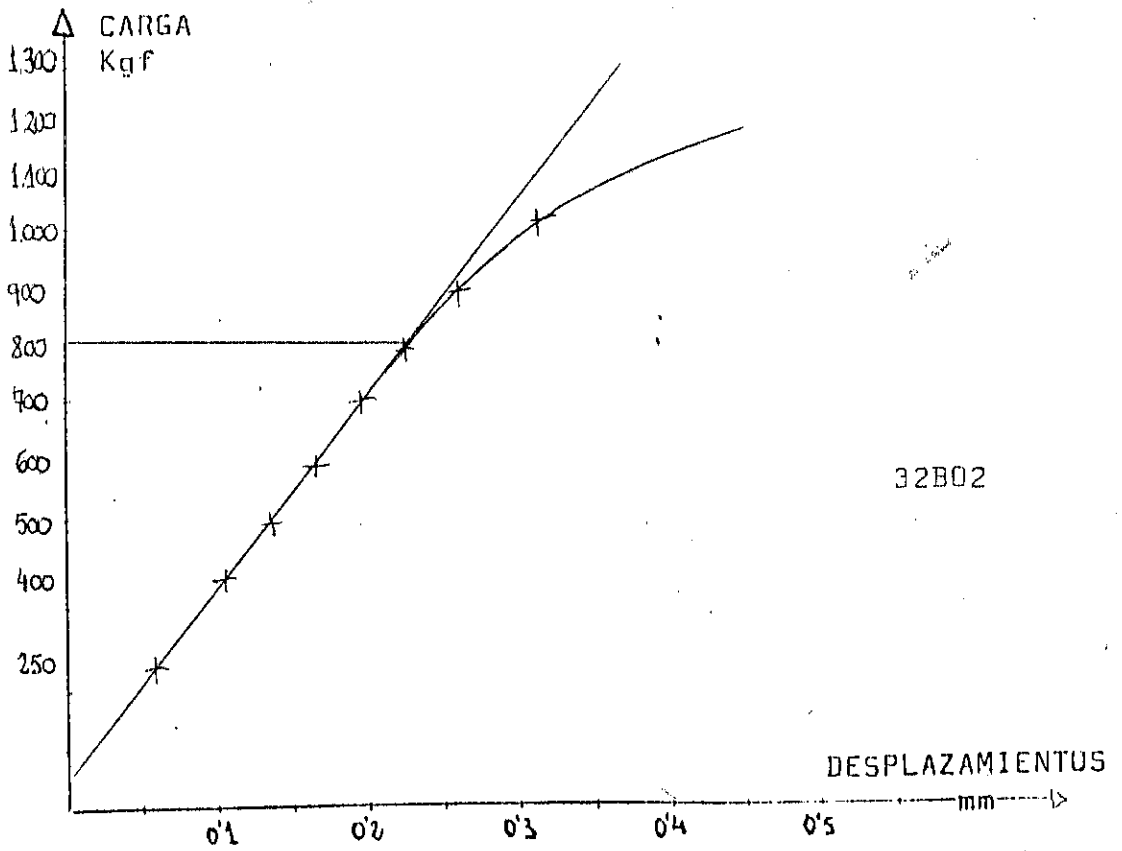


DIAGRAMA CARGA-DESPLAZAMIENTOS EN COMPRESION PERPENDICULAR A LA FIBRA

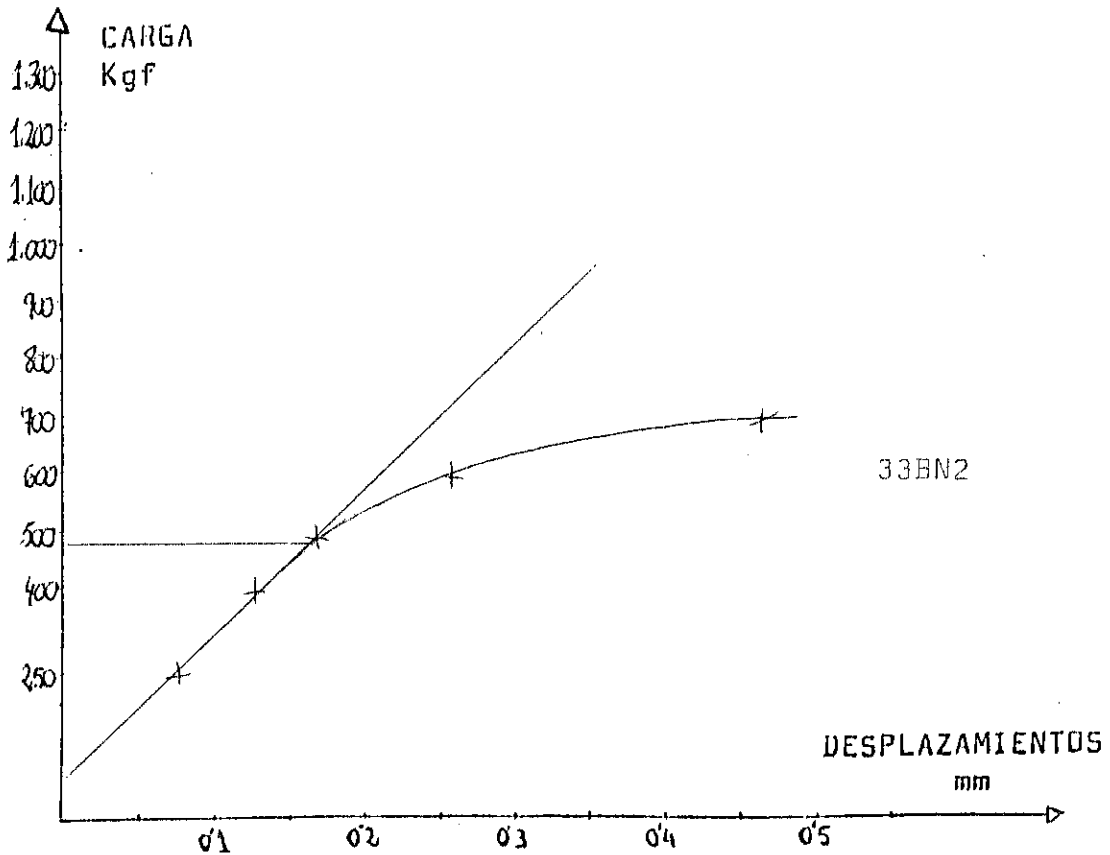
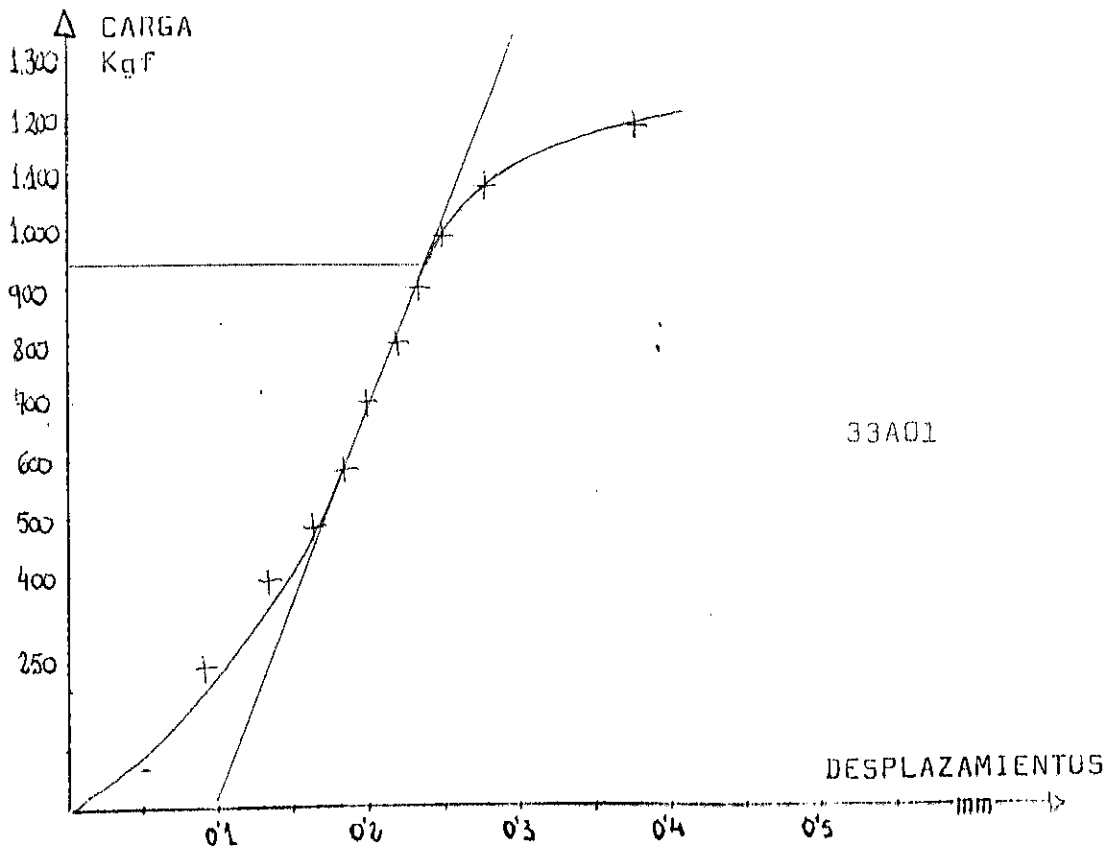


DIAGRAMA CARGA-DESPLAZAMIENTOS EN COMPRESION PERPENDICULAR A LA FIBRA

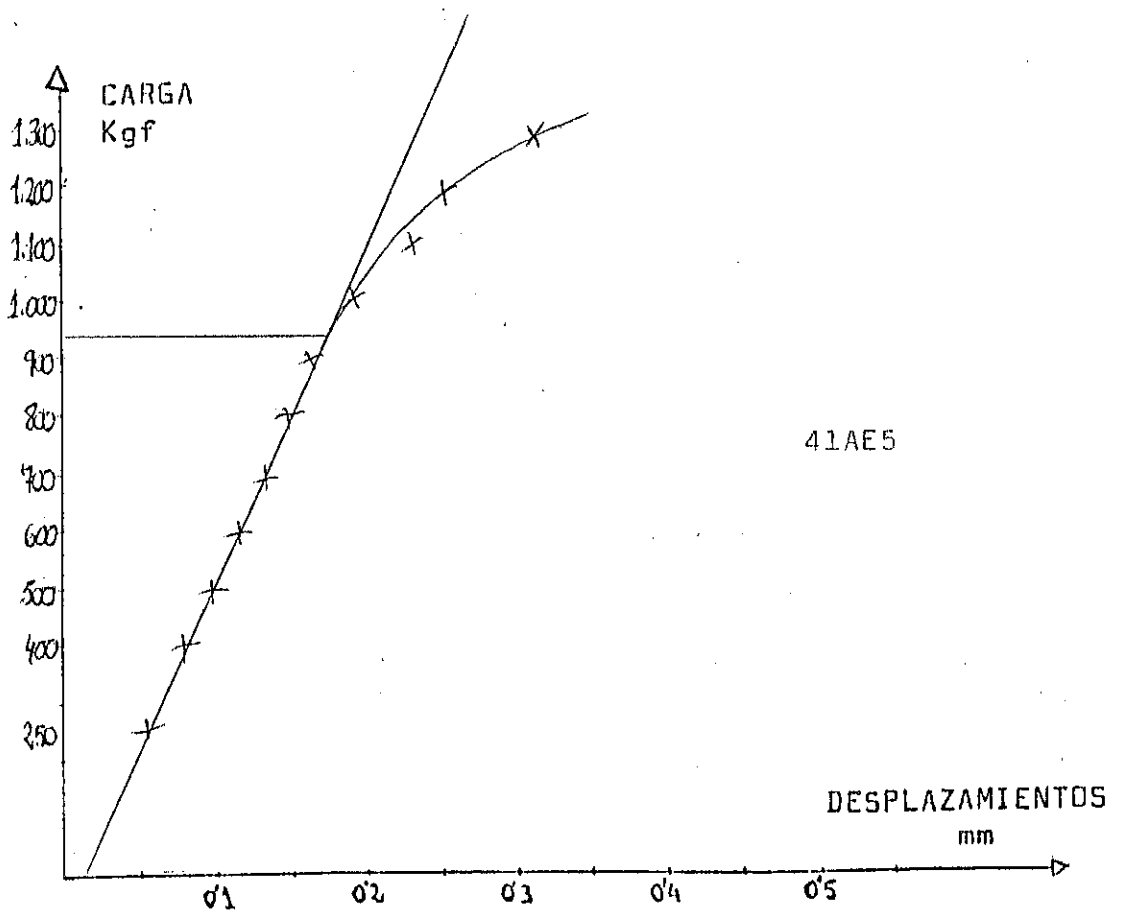
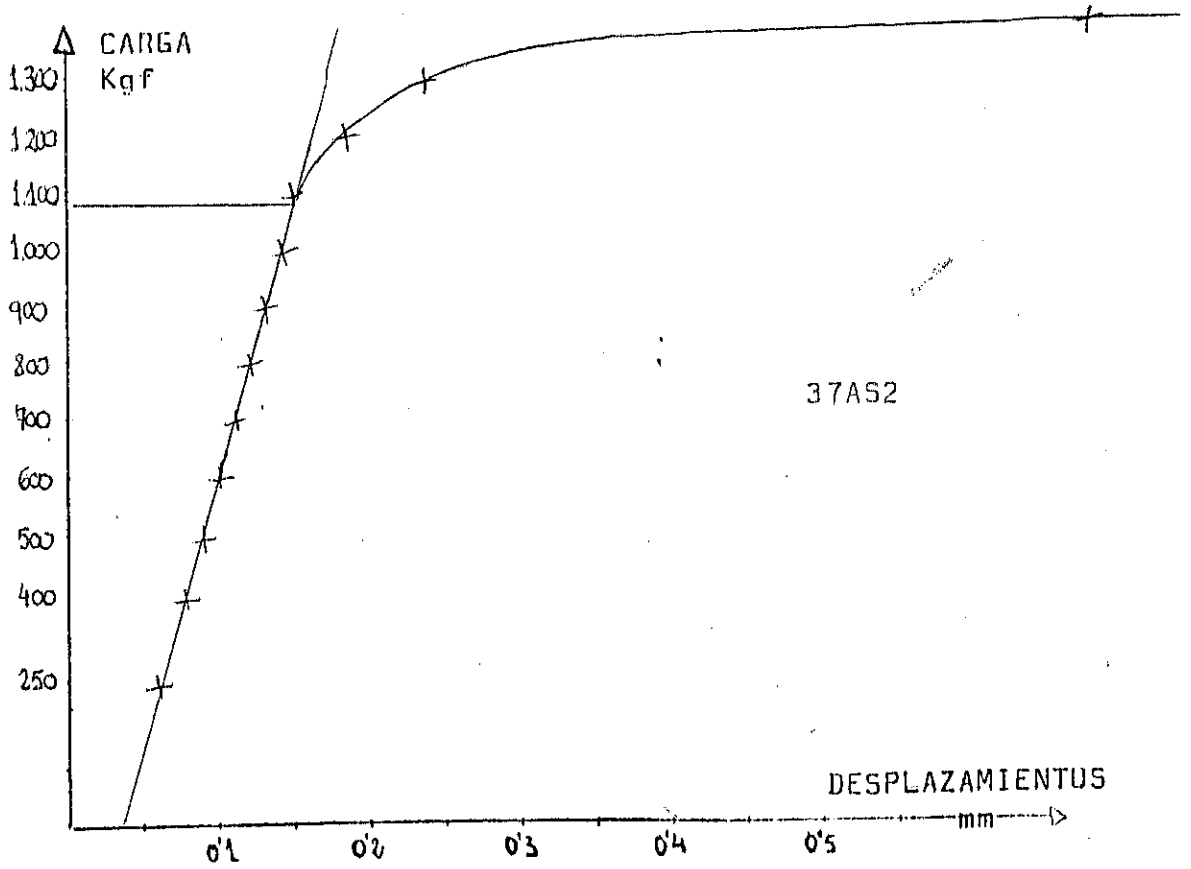


DIAGRAMA CARGA-DESPLAZAMIENTOS EN COMPRESION PERPENDICULAR A LA FIBRA

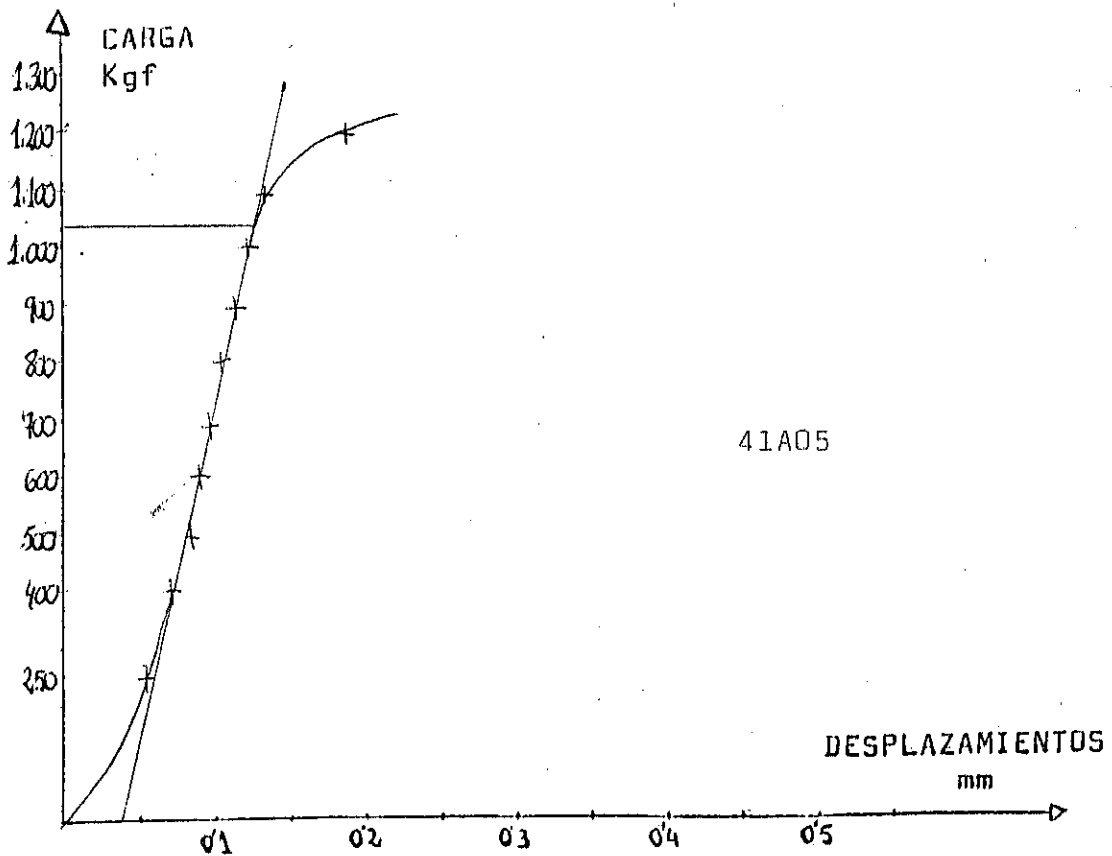
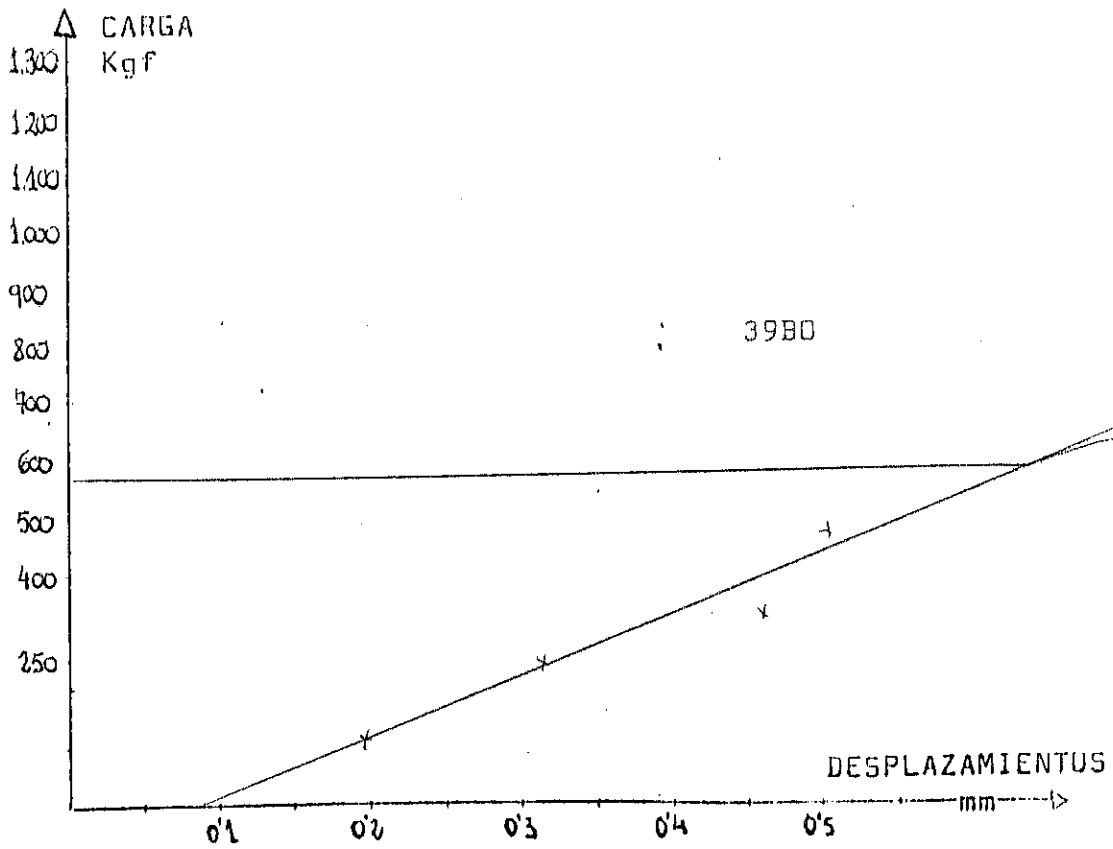
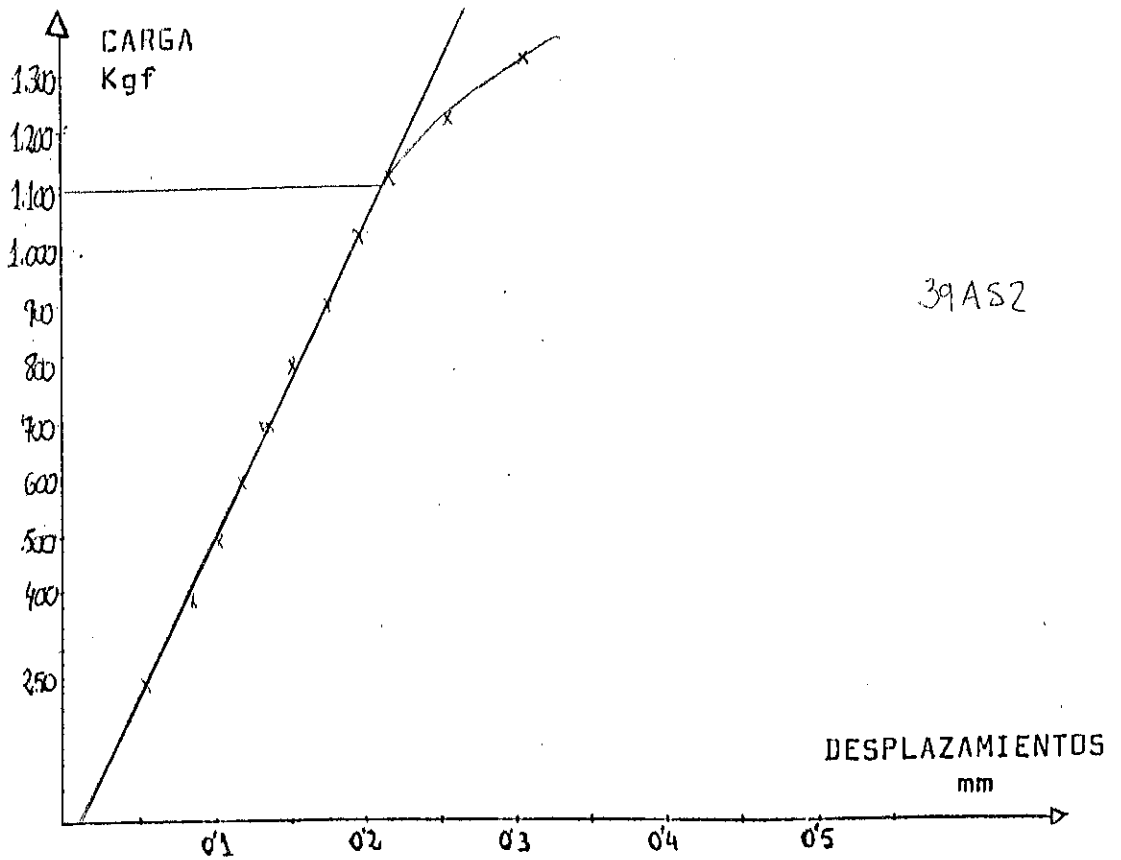
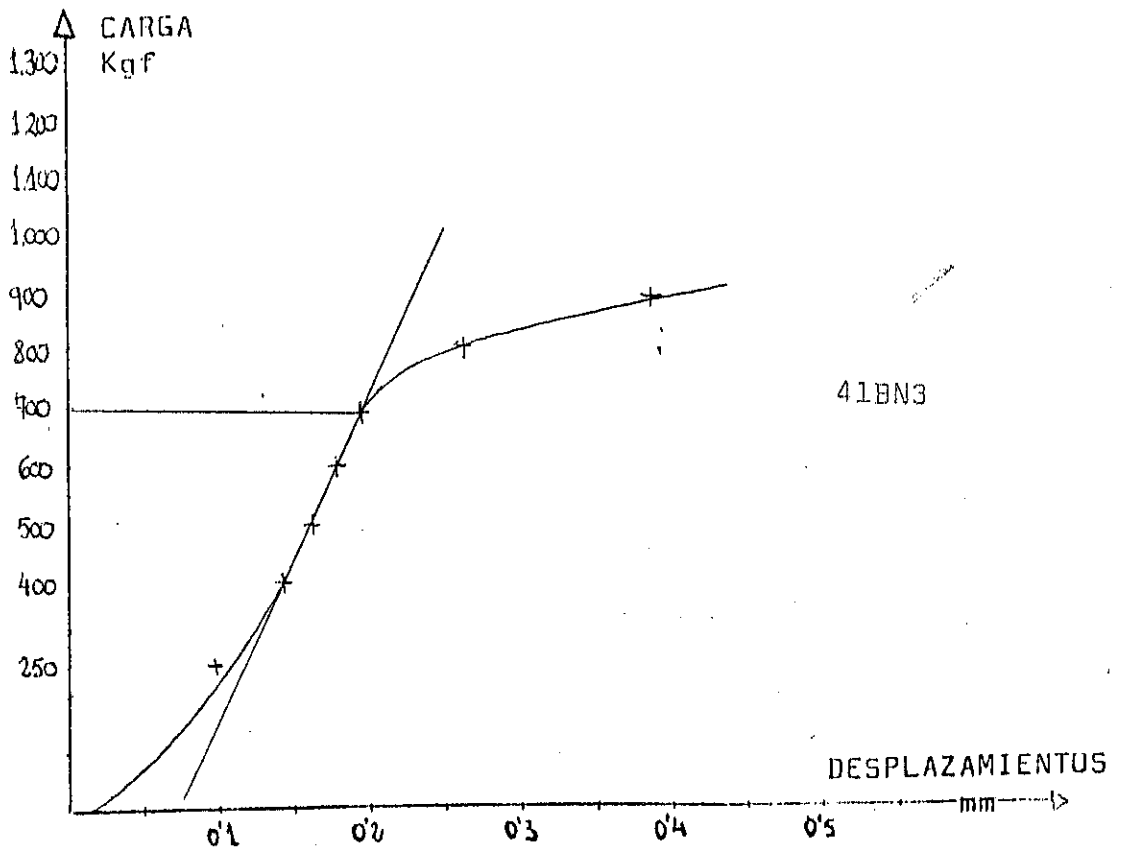


DIAGRAMA CARGA-DESPLAZAMIENTOS EN COMPRESION PERPENDICULAR A LA FIBRA



ANEXO Nº III

VARIACION DE LAS CARACTERISTICAS MECANICAS  
CON LA HUMEDAD



INDICE

Cuadro nº 38.- Variación de la flexión con la humedad.

Cuadro nº 39.- Variación del módulo de elasticidad con la humedad.

Cuadro nº 40.- Variación del esfuerzo cortante con la humedad.

Cuadro nº 41.- Variación de la compresión axial con humedad.

Cuadro nº 42.- Variación de la compresión perpendicular a la fibra con la humedad.

0000 O 0000





RADIAL		TANGENCIAL							
Nº probeta	Nº anillos	Tensión 12% H	Tensión 19% H	Tensión 35% H	Nº probeta	Nº anillos	Tensión 12% H	Tensión 19% H	Tensión 35% H
2A	4 / 5	91'3	56'8	40'9	2A	8 / 5	98'6	48'1	46'6
2B	6 / 4	81'2	57'1	49'0	2B	4 / 7	94'2	57'9	44'2
3A	6 / 5	147'2		63'5	3A	8	166'0	89'4	70'9
4A	6 / 5		83'5	54'0	4A	7		91'5	83'3
6B	9 / 5	100'0	78'3	46'7	6B	6		91'2	52'2
8A	7 / 9	118'7	79'3	60'8	8A	11		108'7	68'7
8B	7 / 8	133'1	91'3	42'1	8B	9 / 8	130'0	84'1	52'9
11A	4	125'4	64'8	47'4 / 44'1	11A	7	114'4	88'2	
13A	7 / 5 / 7	112'2	71'2 / 87'5	45'6	13A	5	142'8	74'7	
16A	7 / 6	92'9	65'6	42'4	16A	2 / 8	141'0	86'2	48'9
22A	5 / 6	92'1	74'2	41'2	22A	6 / 7		48'8	47'5
28A	6 / 5	122'9	73'1	55'1	28A	6 / 8	146'0	67'9	59'8
28B	3 / 4	105'5	81'2	49'1	28B	6 / 4	109'0	62'8	47'9
32A	8 // 7	115'2	82'9		32A	9 / 10	139'8	137'5	65'6
33B	5	112'6	88'12	46'4	33B	7	110'2	59'7	52'2
37A	9	131'0	92'5	57'5	37A	9	122'7	94'4	67'8
39B	5 / 4	90'7	68'6	38'9	39B	6 / 7	81'2	58'4	47'8
41B	4	94'3	75'0	35'7	41B	6 / 5			36'9

Recta regresión Y = 132'5 - 2'48x; u = 1'87% Recta regresión Y = 141'5 - 2'57x; u = 1'81%

Cuadro nº 41.- VARIACION DE LA COMPRESION AXIAL CON HUMEDAD

probeta	anillos	Tensión-H <sub>2</sub> O 12%	Tensión-H <sub>2</sub> O 16%	Tensión-H <sub>2</sub> O 35%
3AE1	2	394 8		272
3AE3	3	600 9	245	
4AN1	4	530 9		245
4AN2	4	401 9		139,4
4AE1	5	590 8	345	
4AD3	4	517 8	427	328
6BN2	4	467 8	372	100
6B03	3	537 9	249	
8AN1	5	517 9	337	
8AN2	4	466 7	337	
8AS2	4	604 9		202
8AE2	2	465 10	288	221
8A02	3	537 9		174
8BE5	5	597 9	320	
8B01	2	370 8		200
11AE2	3	377 9		211
13AS2	5	433 9		238
28AS3	4	652 8		218
28BE2	3	505 9	250	
32AN5	4	550 9	355	184
32AS4	4	682 8		233
32BN5	3	573 8	345	147
33AE3	4	635 7	392	
37BE2	6	549 9		140
39AS3	3	602 8	363	
39AE2	2	594 9		280



Cuadro nº 42.- Variación de la Compresión perpendicular a la fibra con la humedad

Nº probeta	Nº anillos	Tensión -H- 12%	Tensión -H- 18%	Tensión -H- 35%	
1A0		51'5	9'6	69'2	17'7
1B01		38'5	9'2		20
2AE3		57'7	8'8	43'8	17'8
2BN2		31'5	9'3	30'0	13'4
3A01		60'0	9'1		28'8
6B02		62'3	9'3		31'5
8AN5		80'8	9'1		11'5
8BE3		66'2	9'0	34'6	17'3
8BN1		54'6	9'1		12'3
11A03		57'7	9'1	92'3	13'9
16AS		37'7	8'9		17'7
16AN2		80'8	9'0		24'2
16A03		30'0	8'9		19'2
22A02		69'2	8'6		20'0
22AE2		58'5	9'0	34'6	16'3
28AS3		90'8	8'8		31'5
32B02		61'5	9'1		31'9
33A01		72'3	9'4		25'4
37AS2		83'1	8'9		26'9
39AS2		84'6	9'3		29'2
41AE5		73'1	11'8	26'9	22'9
41A05		79'2	9'3		26'2
41BN3		53'8	9'1		17'7
Recta de regresión $Y = 75'89 - 1'51 X ; u = 1'99$					

ANEXO Nº IV

RELACION ENTRE LAS CARACTERISTICAS DE LAS MUESTRAS Y LOS  
RESULTADOS DE LOS ENSAYOS



I N D I C E

Cuadro nº 43.- Valores de densidad para cada troza y orientación.

Cuadro nº 44.- Variación de la densidad con la dirección de la pendiente.

0000 O 0000

No del bol	TROZA A					TROZA B					Media del arbol
	Dir. N	Dir. S	Dir. E	Dir. O	Media	Dir. N	Dir. S	Dir. E	Dir. O	Media	
1	0'48	0'45	0'49	0'54	0'49	0'49		0'41		0'45	0'47
2	0'43	0'41	0'44	0'46	0'435	0'36		0'37	0'41	0'38	0'41
3	0'44	0'40	0'54		0'46						0'46
4	0'57	0'58	0'59	0'67	0'60						0'60
6						0'47		0'39	0'50	0'45	0'45
8	0'54	0'54	0'52	0'49	0'52	0'53	0'45	0'50	0'40	0'47	0'495
11		0'52	0'54	0'54	0'53						0'53
13	0'53	0'51			0'52						0'52
14	0'50				0'50						0'50
16		0'40	0'46	0'48	0'45						0'45
17		0'50	0'43		0'465						0'465
21	0'46		0'49	0'49	0'48						0'48
22	0'48		0'40		0'44						0'44
23									0'48	0'48	0'48
25	0'50				0'50						0'50
27						0'52	0'50		0'45	0'49	0'49
28	0'56	0'53	0'52	0'58	0'55	0'50		0'47	0'43	0'47	0'51
30	0'51				0'51						0'51
31				0'41	0'41						0'41
32	0'63		0'61	0'55	0'60		0'56	0'48	0'51	0'52	0'56
33	0'56	0'48	0'53		0'52	0'44			0'51	0'475	0'50
37	0'57		0'57	0'60	0'58	0'48				0'48	0'53
38	0'44		0'44	0'47	0'45	0'39		0'40	0'42	0'40	0'43
39	0'56	0'53	0'42	0'58	0'52				0'46	0'46	0'49
40							0'41	0'44		0'425	0'425
41	0'59	0'60	0'61	0'59	0'60						0'60

cuadro nº 43 : Valores de densidad para cada troza y orientación.

- 213 -

Cuadro nº 44 : Variación de la densidad con la dirección de la pendiente

Nº del árbol	TROZA A		TROZA B	
	A favor pend	En contra P.	A favor pend	En contra P.
1	0'49	0'54		
2	0'44	0'46	0'37	0'41
4	0'59	0'67		
6			0'39	0'51
8	0'54	0'54	0'45	0'53
13	0'51	0'53		
21	0'49	0'49		
28	0'52	0'58	0'47	0'43
37	0'60	0'57		
38	0'47	0'44	0'42	0'40
39	0'58	0'42		
41	0'60	0'59		

ANEXO Nº V

CLASIFICACION DE LA MADERA ASERRADA SEGUN  
NORMA UNE 56.527-72

Nº de muestra	Dimensiones(cm) Cara x Canto		DEFECTOS												Clasific. UNE 56.525	Observaciones nes.-		
			NUDOS						Otros									
			Dim.absolut.		Dim.relativas		Estado		Canto		Cara		Canto				Cara	
			Cara	Canto	Cara	Canto	Cara	Canto	Cara	Canto	Cara	Canto	Cara	Canto			Cara	Canto
1	20 x 2,5	2,5	0,6	1/8	1/4	1/4	Vicioso	1/4	Vicioso	Sano	-	Sano	-	IV				
2	15 x 2,3	4,0	2,3	1/4	1/1	Sano	-	-	-	-	-	-	-	VI				
3	10 x 2,7	1,8	2,7	1/6	1/1	Vicioso	Vicioso	Vicioso	Vicioso	Gema 1/4	-	Gema 1/4	-	VI				
4	10 x 2,6	3,5	2,6	1/3	1/1	Sano	Sano	Sano	Sano	Gema 1/1	-	Gema 1/1	-	VI				
5	15 x 2,4	2,6	1,5	1/6	1/2	Sano	Vicioso	Sano	Vicioso	-	-	-	-	IV				
6	20 x 2,4	5,5	0,9	1/4	1/3	Sano	Vicioso	Sano	Vicioso	-	-	-	-	IV				
7	20 x 2,4	4,7	2,4	1/4	1/1	Vicioso	Vicioso	Vicioso	Vicioso	-	-	-	-	VI				
8	15 x 2,4	2,7	2,4	1/6	1/1	Vicioso	Vicioso	Vicioso	Vicioso	-	-	-	-	VI				
9	12 x 2,5	1,5	1,3	1/8	1/2	Saltadizo	Vicioso	Saltadizo	Vicioso	-	-	-	-	IV				
10	12 x 2,4	4,5	-	1/3	-	Sano	-	Sano	-	Gema 1/5	-	Gema 1/5	-	IV				
11	12 x 2,5	-	-	-	-	-	-	-	-	Gema 1/8	Gema 1/2,5	Gema 1/8	Gema 1/2,5	VI				
12	15 x 2,5	3	-	1/5	-	Vicioso	-	Vicioso	-	Gema 1/3	Gema 1/2	Gema 1/3	Gema 1/2	VI				
13	12 x 2,5	3	2,5	1/4	1/1	Vicioso	Sano	Vicioso	Sano	-	-	-	-	VI				
14	12 x 2,5	1,5	-	1/8	-	Vicioso	-	Vicioso	-	-	-	-	-	IV				
15	15 x 2,5	2	-	1/7,5	-	Vicioso	-	Vicioso	-	-	-	-	-	IV				
16	20 x 2,5	5,5	2,5	1/4	1/1	Sano	Sano	Sano	Sano	-	-	-	-	VI				
17	20 x 2,5	2,3	2,5	1/9	1/1	Saltadizo	Saltadizo	Saltadizo	Saltadizo	Gema 1/3	-	Gema 1/3	-	VI				
18	15 x 2,2	4,5	-	1/3	-	Saltadizo	-	Saltadizo	-	-	-	-	-	IV				
19	14,7 x 2,5	3,5	2,5	1/4	1/1	Vicioso	Saltadizo	Vicioso	Saltadizo	-	-	-	-	VI				

CUADRO Nº. 45 : CLASIFICACION DE LA MADERA ASERRADA (Continuación)

Nº de muestra	Dimensiones(cm)	DEFECTOS										Clasific. UNE 56.525	Observaciones.-
		NIDOS											
		Dim. absolut.		Dim. relativas		Estado		Otros					
Cara	Canto	Cara	Canto	Cara	Canto	Cara	Canto	Cara	Canto	Cara	Canto		
20	12 x 2,5	1	-	1/12	-	Saltadizo	-	-	-	-	-	IV	
21	15 x 2,5	3,5	-	1/4	-	Saltadizo	-	-	-	-	-	IV	
22	12 x 2,5	1	1,5	1/12	1/2	Sano	Sano	Gema 1/12	Gema 1/5			IV	
23	10 x 2,5	4,5	2	1/2	1/1	Vicioso	Vicioso	Gema 1/10	Gema 1/5			VI	
24	12 x 2,5	1	2	1/12	1/1	Vicioso	Vicioso	Gema 1/12	Gema 1/2,5			VI	
25	12 x 2,5	1,5	0,5	1/8	1/5	Vicioso	Vicioso	-	-			IV	
26	12 x 2,5	2	0,5	1/10	1/5	Vicioso	Vicioso	Gema 1/20	Gema 1/2			VI	
27	15 x 2,5	2,5	1	1/6	1/2,5	Vicioso	Vicioso	-	-			IV	Algo de Gema
28	15 x 2,5	3,5	-	1/4	-	Sano	-	-	-			III	Algo de Gema
29	12 x 2,5	3	2,5	1/4	1/1	Sano	Sano	Gema 1/6	Gema 1/5			VI	
30	15 x 2,5	3	1	1/5	1/2,5	Vicioso	Vicioso	-	-			IV	Algo incli.fibra
31	12 x 2,5	2	2,5	1/6	1/1	Vicioso	Vicioso	-	-			VI	
32	15 x 2,5	4	2	1/4	1/1	Vicioso	Vicioso	Gema 1/30	Gema 1/2,5			VI	
33	10 x 2,5	3	2,5	1/3	1/1	Sano	Sano	-	-			VI	
34	10 x 2,5	2	-	1/5	-	Vicioso	-	-	-			IV	
35	20 x 2,5	4	2,5	1/5	1/1	Sano	Sano	-	-			VI	
36	12 x 2,5	2	2,5	1/6	1/1	Vicioso	Vicioso	-	-			VI	
37	15 x 2,5	3	1	1/5	1/2,5	Vicioso	Vicioso	-	-			IV	

CUADRO N° 43 : CLASIFICACION DE LA MADRENA AZULADA (Continuacion)

N° de muestra	Dimensiones(cm) Cara x Canto		DEFECTOS												Clasific. UNE 56.525	Observaciones.-		
			NUDOS						Otros									
			Dim. absolut.		Dim. relativas		Estado		Canto		Cara		Canto				Otros	
			Cara	Canto	Cara	Canto	Cara	Canto	Cara	Canto	Cara	Canto	Cara	Canto			Cara	Canto
39	15 x 2,5	4	2,5	1/4	1/1	Sano	Sano	Sano	Gema 1/5	Gema 1/5	Gema 1/5			VI				
40	20 x 4	3,5	3	1/6	1/1	Vicioso	Sano	Sano						IV				
41	16,5 x 4	2	2	1/8	1/2	Vicioso	Vicioso	Vicioso						IV				
42	20 x 4	2	1	1/10	1/4	Vicioso	Vicioso	Vicioso						IV				
43	20 x 4	4	-	1/5	-	Sano	-	-						III				
44	20,5 x 4	5	2	1/4	1/2	Sano	Vicioso	Vicioso						IV				
45	19 x 4	3,5	-	1/5	-	Vicioso	-	-						IV				
46	20 x 4	7,5	1	1/3	1/4	Vicioso	Vicioso	Vicioso						IV	Fibra algo inclinada.			
47	17 x 4	5	1	1/3	1/4	Sano	Vicioso	Vicioso						VI				
48	23 x 4	11	3,5	1/2	1/1	Sano	Sano	Sano						VI				
49	20 x 4	5	-	1/4	-	Vicioso	-	-						IV				
50	20 x 4	10	2,5	1/2	1/4	Sano	Vicioso	Vicioso						IV				
51	20 x 8	3	2	1/7	1/4	Vicioso	Vicioso	Vicioso						IV				
52	20 x 8	2,5	3,5	1/8	1/2	Vicioso	Sano	Sano						IV	Algo azulado			
53	20 x 8	3	2	1/7	1/4	Vicioso	Vicioso	Vicioso						IV	Algo azulado			
54	15 x 2,5	5	1,5	1/3	1/2	Sano	Vicioso	Vicioso						IV				
55	15 x 2,5	3	2,5	1/5	1/1	Vicioso	Vicioso	Vicioso						VI				
56	14,5 x 2	3	2	1/5	1/1	Sano	Sano	Sano						VI				
57	12,5 x 2,5	3	-	1/4	-	Vicioso	-	-						IV				

CUADRO Nº. 45 : CLASIFICACION DE LA MADERA ASERRADA (Continuación)

Nº de muestra	Dimensiones(cm)	DEFECTOS												Clasific. UNE 56.525	Observaciones.-
		NUDOS													
		Dim. absolut.		Dim. relativas		Estado		Otros		Otros		Otros			
		Cara	Canto	Cara	Canto	Cara	Canto	Cara	Canto	Cara	Canto	Cara	Canto		
58	15,5 x 2,5	2,5	1	1/6	1/2,5	Vicioso	Vicioso	Vicioso	Vicioso	-	-	-	-	IV	
59	9,5 x 2,5	3	2,5	1/3	1/1	Sano	Vicioso	Vicioso	Vicioso	-	-	-	-	VI	
60	15 x 3	1,3	1	1/10	1/3	Saltadizo	Saltadizo	Saltadizo	Saltadizo	-	-	-	-	IV	
61	15 x 2,5	1,5	2,5	1/10	1/1	Vicioso	Saltadizo	Saltadizo	Saltadizo	-	-	-	-	VI	
62	15 x 3	2	3	1/7,5	1/1	Saltadizo	Vicioso	Vicioso	Vicioso	-	-	-	-	VI	
63	17,5 x 6,5	8,5	3	1/2	1/2	Vicioso	Sano	Sano	Sano	-	-	-	-	IV	
64	18 x 7	8	1,5	1/2	1/5	Vicioso	Vicioso	Vicioso	Vicioso	-	-	-	-	IV	
65	17,5 x 6	2,5	1,5	1/7	1/4	Vicioso	Vicioso	Vicioso	Vicioso	-	-	-	-	IV	
66	18 x 6,5	1	3	1/18	1/2	Vicioso	Sano	Sano	Sano	-	-	-	-	IV	
67	12 x 2,5	6,5	2,5	1/2	1/1	Sano	Sano	Sano	Sano	-	-	-	-	VI	
68	12 x 2,5	6,5	2,5	1/2	1/1	Sano	Sano	Sano	Sano	-	-	-	-	VI	
69	12,5 x 2,5	6,5	2,5	1/2	1/1	Sano	Sano	Sano	Sano	Azulado	Azulado	Azulado	35 %	VI	
70	14 x 2,5	6,5	2,5	1/2	1/1	Sana	Sana	Sana	Sana	Azulado	Azulado	Azulado	15 %	VI	
71	12 x 2,5	8	2,5	1/1,5	1/1	Sano	Vicioso	Vicioso	Vicioso	Azulado	Azulado	Azulado	10 %	VI	
72	7,5 x 1,5	4	1,5	1/2	1/1	Sano	Sano	Sano	Sano	-	-	-	-	VI	
73	8 x 2	2,5	2	1/3	1/1	Sano	Sano	Sano	Sano	-	-	-	-	VI	
74	8 x 2	6	2	1/1	1/1	Sano	Sano	Sano	Sano	-	-	-	-	VI	
75	7,5 x 2	3,5	2	1/2	1/1	Sano	Sano	Sano	Sano	-	-	-	-	VI	





ANEXO Nº VI

NORMAS UNE

I N D I C E

- UNE 56.525-72 : Clasificación de la madera aserrada de construcción.
- UNE 56.528: Características físico-mecánicas de la madera. Preparación de probetas para ensayos.
- UNE 56.529: Características físico-mecánicas de la madera. Determinación del contenido de humedad por desecación hasta el estado anhidro.
- UNE 56.531: Características físico-mecánicas de la madera. Determinación del peso específico.
- UNE 56.532: Características físico-mecánicas de la madera. Determinación de la higroscopicidad.
- UNE 56.533: Características físico-mecánicas de la madera. Determinación de las contracciones lineal y volumétrica.
- UNE 56.534: Características físico-mecánicas de la madera. Determinación de la dureza.
- UNE 56.535: Características físico-mecánicas de la madera. Determinación de la resistencia a la compresión axial.
- UNE 56.536: Características físico-mecánicas de la madera. Determinación de la resistencia a la flexión dinámica.
- UNE 56.537: Características físico-mecánicas de la madera. Determinación de la resistencia a la flexión estática.
- UNE 56.538: Características físico-mecánicas de la madera. Determinación de la resistencia a la tracción perpendicular a las fibras.
- UNE 56.539: Características físico-mecánicas de la madera. Determinación de la resistencia a la hienda.
- UNE 56.540: Características físico-mecánicas de la madera. Interpretación de resultados.

Propuesta UNE 56.543: Características físico-mecánicas de la madera. Determinación del esfuerzo cortante.

Propuesta UNE 56.544: Características físico-mecánicas de la madera. Determinación de la resistencia a la compresión perpendicular a la fibra.

0000 ○ 0000

NORMA  
ESPAÑOLA

**Clasificación de la madera aserrada de construcción**

UNE  
56 - 525 - 72

**1 OBJETO**

La presente norma tiene por objeto clasificar la madera aserrada de construcción de acuerdo con su calidad.

segundo representa el porcentaje mínimo de resistencia mecánica de la pieza respecto de la tensión básica, correspondiente a la especie de madera de que se trate.

**2.1 Especificaciones de calidad**

En el Cuadro de clasificación se recogen las especificaciones de calidad que deberá cumplir cada clase.

**2 CLASIFICACION POR CALIDADES**

La madera aserrada de construcción se clasificará en siete clases según los defectos que presente, de acuerdo con el Cuadro de clasificación que se indica en el apartado 2.3.

**2.2 Observaciones**

No se admitirá que ninguna pieza de madera presente rasgos de pudrición.

El nombre de cada clase se compone de dos términos, separados por el signo /. El primero es la palabra Extra o el número de orden expresado en números romanos. El

La especificación del número mínimo de anillos se exigirá solamente para la madera de coníferas.

**2.3 Cuadro de clasificación**

Clase	Defectos							
	Nudos			Fendas y acebolladuras	Gemas	Desviación máxima de la fibra en la sección radial	Número mínimo de anillos por cm	Decoloraciones máximo de la superficie %
	Medida relativa máxima		Estado					
	Cantos	Caras						
Extra/100	No tolerados			1/10	No admitidas	1/20	4	No admitidas
I/80	1/10	1/8	Sanos y adherentes	1/10	No admitidas	1/16	4	No admitidas
II/70	1/8	1/6	Sanos y adherentes	1/4	1/8	1/15	4	10
III/60	1/4	1/4	Sanos y adherentes	1/3	1/8	1/10	3	25
IV/50	1/3	1/2	Viciosos, podridos, sueltos	1/2	1/4	1/8	2	25
V/40	1/3	1/2	Viciosos, podridos, sueltos	3/5	1/4	1/6	1	50
VI	Sin limitación		Sin especificar	3/5	1/4	1/5	No fijado	Sin limitación

**3 METODO DE CLASIFICACION**

Se medirán todos los defectos que presente la pieza que se vaya a clasificar, siguiendo las Normas UNE 56 520, 56 521, 56 522, 56 523 y 56 524. La clasificación se hará por el defecto más desfavorable.

**4 NORMAS PARA CONSULTA**

UNE 56 510 - *Alteraciones de la madera en pie y apeada. Terminología. Definiciones.*

UNE 56 520 - *Defectos y anomalías de la madera aserrada. Fendas y acebolladuras.*

*Continúa en página 2.*

Las observaciones relativas a la presente norma deben ser dirigidas al  
IRANOR - Serrano, 150 - Madrid (6)

Instituto Nacional de Racionalización y Normalización (IRANOR) - Serrano, 150 - Madrid (6) - Teléfono 261 70 00 - Reproducción prohibida

UNE 56 521 - *Defectos y anomalías de la madera aserrada. Nudos.*

UNE 56 522 - *Defectos y anomalías de la madera aserrada. Gema.*

UNE 56 523 - *Medida de la desviación de las fibras en la madera aserrada.*

UNE 56 524 - *Medida de los crecimientos en la madera aserrada.*

NORMA  
ESPAÑOLA

Características físico-mecánicas de la ma-  
dera  
PREPARACION DE PROBETAS PARA ENSAYOS

UNE  
56-528-78

## 1 OBJETO

Esta norma tiene por objeto establecer el modo de preparar las probetas para los ensayos de determinación de las características físico-mecánicas de la madera.

## 2 SELECCION DE LA MATERIA PRIMA PARA LAS PROBETAS

La materia prima para la realización de los ensayos se seleccionará de acuerdo con los fines de los mismos (determinación de la calidad de la madera de una masa forestal, de un árbol tipo, de una partida de madera aserrada, etc.), buscando la representatividad estadística, y siguiendo las recomendaciones contenidas en la norma UNE 56 542.

## 3 OBTENCION DE LAS PROBETAS

Si la madera está en rollo, se cortarán tablas que comprendan el corazón del tronco. Si éste es excéntrico, la tabla deberá contener el centro geométrico y el corazón.

Cuando el diámetro del tronco sea superior a 180 mm bastará obtener una sola tabla. Cuando sea menor, se obtendrán dos cruzadas (figura 1). Se eliminará la madera de corazón de todas las tablas obtenidas.

Si la madera está aserrada, se cortará según planos tangenciales sin incluir madera de corazón (figura 2). Seguidamente se secarán las tablas hasta que alcancen la humedad de equilibrio que corresponda al ambiente del laboratorio. Se cortarán después en probetas de las medidas y forma previstas en cada norma de ensayo, de manera que los anillos de crecimiento sean de curvatura muy pequeña y sensiblemente perpendiculares a dos caras paralelas.

## 4 NUMERO DE PROBETAS

El número de probetas se fijará de acuerdo con los fines del ensayo. Se recomienda utilizar la fórmula siguiente:

$$n_{\min} = \frac{V^2 t^2}{p^2}$$

en la que:

$n_{\min}$  = número mínimo de probetas.

*Continúa en páginas 2 y 3*

Las observaciones relativas a la presente norma deben ser dirigidas al  
IRANOR - Serrano, 150 - Madrid (6)

V = coeficiente de variación de la característica considerada.

t = mitad de la longitud del intervalo de confianza expresado en múltiplos de la desviación típica.

p = relación entre la desviación típica de la media aritmética y la media aritmética.

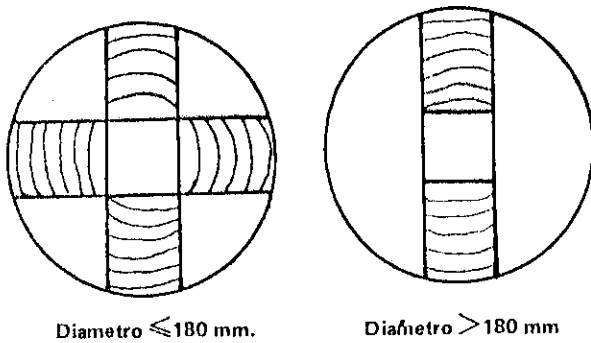
Como valores de V se pueden utilizar los que se dan en la tabla I.

Tabla I

Propiedad de la madera	V %
Peso específico .....	10
Humedad de equilibrio .....	5
Contracción lineal .....	28
Contracción volumétrica .....	16
Dureza .....	17
Resistencia a la compresión axial .....	13
Resistencia a la flexión estática .....	15
Módulo de elasticidad a la flexión estática .....	20
Resistencia a la flexión dinámica .....	32
Resistencia al esfuerzo cortante paralelo a las fibras	20
Resistencia a la compresión perpendicular a las fi- bras .....	20
Resistencia a la tracción paralela a las fibras .....	20
Resistencia a la tracción perpendicular a las fibras..	20

Como valor de p se puede utilizar el 5 por 100.

El valor de t debe deducirse de experiencias anteriores.



Diametro  $\leq$  180 mm.

Diametro  $>$  180 mm

Fig. 1

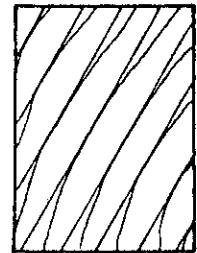


Fig. 2

## 5 MARCADO DE LAS PROBETAS

Las probetas deberán marcarse indicando especie de la madera, procedencia y fecha de apeo.

## 6 ACONDICIONAMIENTO DE LAS PROBETAS

Una vez cortadas las probetas se colocarán en ambiente a  $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  de temperatura y  $65 \pm 3$  por 100 de humedad relativa hasta que adquieran la humedad de equilibrio, lo que se comprobará mediante pesadas sucesivas. Se considerará que ha llegado a dicho equilibrio cuando dos pesadas consecutivas, separadas por un intervalo de 24 h, difieran en menos de  $1/200$  de la primera de ellas.



En caso de que no se disponga de ambiente con las condiciones citadas, se homogeneizarán en la atmósfera del laboratorio hasta alcanzar igualmente la humedad de equilibrio.

Después de acondicionadas, se guardarán en recipientes herméticos hasta el momento del ensayo. En dichos recipientes se colocarán apiladas canto con canto, sin dejar huecos.

## 7 NORMAS PARA CONSULTA

UNE 56-542 (\*) – *Características físico-mecánicas de la madera. Selección de la materia prima para obtención de probetas para ensayos.*

---

(\*) En preparación

Instituto Nacional de Racionalización y Normalización (IRANOR) - Serrano, 150 - Madrid (6) - Teléfono 261 70 00 - Reproducción prohibida

NORMA ESPAÑOLA	Características físico-mecánicas de la madera DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD POR DESECACION HASTA EL ESTADO ANHIDRO	UNE 56-529-77
<p><b>1 OBJETO</b></p> <p>Esta norma tiene por objeto indicar el modo de realizar el ensayo para determinar la humedad de la madera, mediante su desecación en estufa hasta el estado anhidro.</p> <p><b>2 APARATOS NECESARIOS</b></p> <p><b>2.1 Balanza</b></p> <p>Una balanza con precisión de 0,01 g.</p> <p><b>2.2 Estufa</b></p> <p>Una estufa con circulación de aire, cuya temperatura se pueda mantener a 103° C ± 2° C.</p> <p><b>2.3 Desecador</b></p> <p>Un desecador que contenga un producto absorbente de la humedad, como el cloruro cálcico.</p> <p><b>3 PROBETAS</b></p> <p>Las probetas se prepararán de acuerdo con la norma UNE 56-528-77. Tendrán forma de prisma cuadrangular, de sección recta de 20 mm de lado y altura, paralela a la dirección longitudinal de las fibras, de 25 mm ± 5 mm. Después de cortadas, las probetas deberán conservarse en condiciones adecuadas para mantener su contenido de humedad hasta el momento del ensayo.</p> <p><b>4 PROCEDIMIENTO OPERATORIO</b></p> <p>Se pesa la probeta con precisión de 0,01 g. Se introduce</p>	<p>después en la estufa donde se seca a 103° C ± 2° C, hasta que alcance peso constante. Para determinar que se ha llegado a este punto, se saca de la estufa cada 24 horas y se pesa, enfriándola previamente en el desecador.</p> <p>Quando dos pesadas consecutivas difieran en menos de 1/200 de la primera de ellas, se considera que se ha llegado al peso constante, que coincide con el peso anhidro.</p> <p><b>5 OBTENCION Y EXPRESION DE LOS RESULTADOS</b></p> <p>El contenido de humedad se calcula por la fórmula siguiente:</p> $H (\%) = \frac{P_1 - P_2}{P_2} \times 100$ <p>en la que:</p> <p>H = Humedad en porcentaje del peso anhidro.</p> <p>P<sub>1</sub> = Peso inicial de la probeta, en gramos.</p> <p>P<sub>2</sub> = Peso de la probeta, en gramos, después de la desecación o peso anhidro.</p> <p>El resultado se expresa con aproximación de una unidad.</p> <p>Se considera como humedad de la madera la media aritmética de los resultados obtenidos con todas la probetas utilizadas.</p> <p><b>6 NORMAS PARA CONSULTA</b></p> <p>UNE 56-528-77 - <i>Características físico-mecánicas de la madera. Preparación de probetas para ensayo.</i></p>	
<p>Las observaciones relativas a la presente norma deben ser dirigidas al IRANOR - Serrano, 150 - MADRID (6)</p>		

Instituto Nacional de Racionalización y Normalización (IRANOR) - Serrano, 150 - Madrid (6) - Teléfono 261 70 00 - Reproducción prohibida

NORMA ESPAÑOLA	Características físico-mecánicas de la madera DETERMINACION DEL PESO ESPECIFICO	UNE 56-531-77
-------------------	--	------------------

**1 OBJETO**

Esta norma tiene por objeto indicar el modo de realizar el ensayo para determinar el peso específico de la madera.

**2 APARATOS NECESARIOS**

- 2.1 Balanza, con precisión de 0,01 g.
- 2.2 Pié de rey, con precisión de 0,1 mm.
- 2.3 Estufa y desecador como los indicados en la norma UNE 56-529-77.

**3 PROBETAS**

Las probetas se prepararán de acuerdo con la norma UNE 56-528-77. Tendrán forma de prisma cuadrangular, de sección recta de 20 mm de lado y altura paralela a la dirección de las fibras de 25 mm ± 5 mm.

**4 PROCEDIMIENTO OPERATORIO**

**4.1 Determinación del peso específico correspondiente a la humedad en el momento del ensayo**

Se pesa la probeta con aproximación de 0,01 g. Se miden sus dimensiones con aproximación de 0,1 mm. Después se determina su contenido de humedad de acuerdo con la norma UNE 56-529-77.

**4.2 Determinación del peso específico anhidro**

Se deseca lentamente la probeta hasta el estado anhidro, de acuerdo con la norma UNE 56-529-77, procurando que no se produzcan fendas ni deformaciones. Inmediatamente después se seca, se pesa y se mide la probeta, como se indica en 4.1.

**5 OBTENCION DE LOS RESULTADOS**

El peso específico de la probeta a la humedad *H* se calcula por la fórmula siguiente:

$$r_H = \frac{\rho_H}{a_H \times b_H \times c_H} = \frac{\rho_H}{V_H}$$

en la que:

*r<sub>H</sub>* = Peso específico en kilogramos por metro cúbico a la humedad *H* %.

*ρ<sub>H</sub>* = Peso en kilogramos de la probeta a la humedad *H* %.

*a<sub>H</sub>, b<sub>H</sub>, c<sub>H</sub>* = Medidas en metros de la probeta a la humedad *H* %.

*V<sub>H</sub>* = Volumen en metros cúbicos de la probeta a la humedad *H* %.

El resultado se expresa con aproximación de 5 kg/m<sup>3</sup>. Para determinar el peso específico de la madera anhidra se realiza el mismo cálculo que se acaba de describir.

Si se desea conocer el peso específico para otro contenido de humedad *H'* distinto de *H*, se utiliza la siguiente fórmula:

$$r_{H'} = r_H \left[ 1 - \frac{(1-v)(H-H')}{100} \right]$$

en la que:

*r<sub>H'</sub>* = Peso específico en kilogramos por metro cúbico a la humedad *H'* %.

*v* = Coeficiente de contracción volumétrica de la madera determinado de acuerdo con la norma UNE 56-533-77.

Se considera como peso específico de la madera a determinada humedad la media aritmética de los resultados

*Continúa en página 2*

Las observaciones relativas a la presente norma deben ser dirigidas al IRANOR - Serrano, 150 - MADRID (6)		
--	--	--

obtenidos con todas las probetas utilizadas.

#### 6 NORMAS PARA CONSULTA

UNE 56-528-77 - *Características físico mecánicas de la madera. Preparación de probetas para ensayo.*

UNE 56-529-77 - *Características físico-mecánicas de la madera. Determinación del contenido de humedad por desecación hasta el estado anhidro.*

UNE 56-533-77 - *Características físico-mecánicas de la madera. Determinación de las contracciones lineal y volumétrica.*

Instituto Nacional de Racionalización y Normalización (IRANOR) - Serrano, 150 - Madrid (6) - Teléfono 261 70 00 - Reproducción prohibida

<p><b>NORMA ESPAÑOLA</b></p>	<p><b>Características físico-mecánicas de la madera DETERMINACION DE LA HIGROSCOPICIDAD</b></p>	<p><b>UNE 56-532-77</b></p>
<p><b>1 OBJETO</b> <span style="float: right;">en la que:</span></p> <p>Esta norma tiene por objeto definir la higroscopicidad de la madera e indicar el método de determinarla.</p> <p><b>2 DEFINICION</b></p> <p>Se llama higroscopicidad de la madera a la variación del peso específico de la misma cuando su contenido de humedad varía en 1 por 100.</p> <p><b>3 CALCULO DE LA HIGROSCOPICIDAD</b></p> <p>La higroscopicidad se calcula por la siguiente fórmula:</p> $h = \frac{(1 - v) r_{12}}{100}$		
<p><b>4 NORMAS PARA CONSULTA</b></p> <p>UNE 56-531-77 - <i>Características físico-mecánicas de la madera. Determinación del peso específico.</i></p> <p>UNE 56-533-77 - <i>Características físico-mecánicas de la madera. Determinación de las contracciones lineal y volumétrica.</i></p>		
<p>Las observaciones referentes a la presente norma deben ser dirigidas al IRANOR - Serrano, 150 - MADRID (6)</p>		

Reproducción prohibida  
Instituto Nacional de Racionalización y Normalización (IRANOR) — Zurbano, 46 - Madrid (10) - Teléfono 410 49 61

NORMA ESPAÑOLA	Características físico-mecánicas de la madera DETERMINACION DE LAS CONTRACCIONES LINEAL Y VOLUMETRICA	UNE 56-533-77
-------------------	--	------------------

**1 OBJETO**

Esta norma tiene por objeto indicar el modo de realizar el ensayo para determinar la contracción de la madera debida a cambios en su contenido de humedad.

**2 APARATOS NECESARIOS**

- 2.1 Balanza, con precisión de 0,01 g.
- 2.2 Estufa, con circulación de aire cuya temperatura se pueda mantener a 103° C ± 2° C.
- 2.3 Desecador, que contenga un producto absorbente de la humedad, como el cloruro cálcico.
- 2.4 Pie de rey con precisión de 0,1 mm.
- 2.5 Recipiente con agua

**3 PROBETAS**

Las probetas se prepararán de acuerdo con la norma UNE 56-528-77. Tendrán forma de prisma cuadrangular, de sección recta de 20 mm de lado y altura, paralela a la dirección cuya contracción se desee determinar, de 40 mm. Para la contracción volumétrica este detalle es indiferente.

**4 PROCEDIMIENTO OPERATORIO**

Se sumerge la probeta en agua a la temperatura ambiente manteniéndola así hasta sobrepasar la humedad de saturación, lo que se estimará se consigue después de 24 h de inmersión. Se miden las dimensiones de la probeta con aproximación de 0,1 mm después de sacarla del agua, y se calcula con estas medidas el volumen saturado  $V_s$ .

Se deja la probeta en la atmósfera ambiente hasta que alcance el estado de equilibrio higroscópico, lo que se comprobará realizando pesadas sucesivas con intervalos de 24 h hasta que dos pesadas consecutivas difieran en menos de 1/200 de la primera de ellas. Se miden entonces sus dimensiones, con las que se calcula el volumen a la humedad de equilibrio  $V_H$ . Se deseca después la probeta en estufa hasta el estado anhidro, pesándola y midiendo entonces sus dimensiones con aproximación de 0,1 mm con las que se calcula el volumen anhidro  $V_o$ .

**5 OBTENCION Y EXPRESION DE LOS RESULTADOS**

**5.1 Contracción volumétrica total**

La contracción volumétrica total se calcula con la siguiente fórmula:

$$C_v = \frac{V_s - V_o}{V_o} \times 100$$

en la que:

- $C_v$  = Contracción volumétrica total en porcentaje.
- $V_s$  = Volumen saturado en centímetros cúbicos.
- $V_o$  = Volumen anhidro en centímetros cúbicos.

**5.2 Coeficiente de contracción volumétrica**

El coeficiente de contracción volumétrica se calcula con la siguiente fórmula:

$$v = \frac{V_H - V_o}{V_o \cdot H} \times 100$$

en la que:

- $v$  = Coeficiente de contracción volumétrica en porcentaje.

*Continúa en página 2*

Las observaciones relativas a la presente norma deben ser dirigidas al  
IRANOR - Zurbano, 46 - Madrid (10)

$V_H$  = Volumen a la humedad de equilibrio higroscópico en centímetros cúbicos.

$H$  = Humedad de equilibrio higroscópico, determinada según la norma UNE 56-529-77 y utilizando los pesos obtenidos durante el proceso operativo.

$L_s$  = Longitud de la probeta en la dirección que se considere para la madera saturada, en centímetros.

$l_o$  = Longitud de la probeta en la dirección que se considere para la madera anhidra, en centímetros.

### 5.3 Contracción lineal total

La contracción lineal total se calcula con la siguiente fórmula:

$$C_l = \frac{L_s - L_o}{L_o} \times 100$$

en la que:

$C_l$  = Contracción lineal total en la dirección que se considere, longitudinal, radial o tangencial, expresada en porcentaje.

### 5.4 Aproximación de los resultados

Los resultados se calcularán con aproximación de una décima

## 6 NORMAS PARA CONSULTA

UNE 56-528-77 - *Características físico-mecánicas de la madera. Preparación de probetas para ensayo.*

UNE 56-529-77 - *Características físico-mecánicas de la madera. Determinación del contenido de humedad por desecación hasta el estado anhidro.*

Instituto Nacional de Racionalización y Normalización (IRANOR) - Serrano, 150 - Madrid (6) - Teléfono 261 70 00 - Reproducción prohibida

NORMA ESPAÑOLA	Características físico-mecánicas de la madera DETERMINACION DE LA DUREZA	UNE  56-534-77
-------------------	---	----------------------

**1 OBJETO**

$$f = 15 - 0,5 \sqrt{900 - a^2}$$

Esta norma tiene por objeto indicar el modo de realizar el ensayo para la determinación de la dureza de la madera.

Los valores de *a* y de *f* se obtendrán con aproximación igual a 0,1 mm.

**2 APARATOS NECESARIOS**

Para realizar este ensayo se necesita una máquina de carga que pueda aplicarla de modo continuo y a velocidad constante, llegando hasta 200 Kg.

**5 OBTENCION DE LOS RESULTADOS**

La dureza se obtiene según la siguiente expresión:

$$N = \frac{1}{f}$$

El útil, a través del cual se aplica la carga, es un cilindro de acero de 30 mm de diámetro.

Se obtendrá también la magnitud llamada cota de dureza según la expresión:

$$Cd = \frac{N}{r_H^2}$$

**3 PROBETAS**

Las probetas se prepararán de acuerdo con la norma UNE 56-528-77. Tendrán forma de paralelepípedo recto rectangular. Su medida en dirección longitudinal no debe ser menor de 30 mm. La cara radial sobre la que se vaya a apoyar el cilindro debe ser plana y lisa.

en la que

*r<sub>H</sub>* = densidad de la madera para la humedad que tenga la probeta.

La dureza y la cota de dureza se calcularán con una aproximación de 0,01.

**4 PROCEDIMIENTO OPERATORIO**

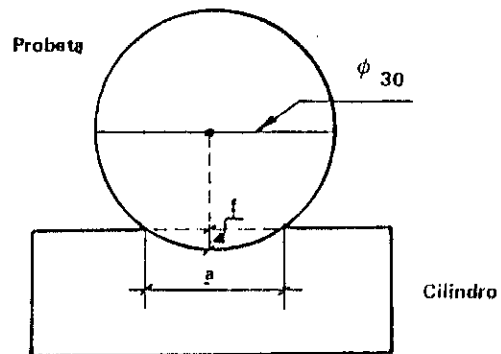
Se coloca la probeta en la mesa de la máquina de carga, con su cara radial hacia arriba. Se pone en contacto el cilindro con la probeta, de modo que los ejes de ambos sean perpendiculares. Entre el cilindro y la madera se coloca un papel carbón para que se marque bien la huella.

**6 NORMAS PARA CONSULTAR**

UNE 56-528-77. Características físico-mecánicas de la madera. Preparación de probetas para ensayo.

Se aplica la carga hasta llegar a 100 Kg por centímetro de anchura, que se mantendrá durante 5 s. En caso de maderas muy blandas se reduce la carga máxima a 50 Kg y se multiplica por dos la flecha obtenida.

Después de retirada la carga, se mide la anchura (*a*) de la marca en milímetros y se calcula la flecha (*f*) de penetración según la fórmula siguiente:



Las observaciones relativas a la presente norma deben ser dirigidas al  
IRANOR - Serrano, 150 - MADRID (6)



Instituto Nacional de Racionalización y Normalización (IRANOR) - Serrano, 150 - Madrid (6) - Teléfono 261 70 00 - Reproducción prohibida

NORMA ESPAÑOLA	Características físico-mecánicas de la madera DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION AXIAL	UNE 56-535-77
<p><b>1 OBJETO</b></p> <p>Esta norma tiene por objeto indicar el modo de realizar el ensayo para la determinación de la resistencia de la madera a la compresión axial, mediante rotura de la misma sin pandeo.</p> <p><b>2 APARATOS NECESARIOS</b></p> <p><b>2.1 Prensa de platos planos, con dinamómetro que permita medir el esfuerzo con aproximación de 1 Kg.</b></p> <p><b>2.2 Instrumentos para determinación del contenido de humedad de acuerdo con la norma UNE 56-529-77.</b></p> <p><b>2.3 Instrumentos adecuados para determinar las dimensiones de la probeta con precisión de 0,1 mm.</b></p> <p><b>3 PROBETAS</b></p> <p>Las probetas se prepararán de acuerdo con la norma UNE 56-528-77. Tendrán forma de prisma cuadrangular de sección recta de 20 mm de lado y altura paralela a la dirección longitudinal de las fibras de 60 mm.</p> <p><b>4 PROCEDIMIENTO OPERATORIO</b></p> <p>Se miden las dimensiones de la probeta con aproximación de 0,1 mm.</p> <p>Se coloca la probeta entre los platos de la prensa, de modo que la dirección longitudinal de las fibras sea perpendicular a ellos, y se aplica la carga a velocidad uniforme de 200 a 300 Kg/cm<sup>2</sup> por minuto hasta que se produzca la rotura de la probeta. Se anota la carga de rotura.</p> <p>Con la misma probeta que se ha roto se determina el contenido de humedad de la madera de acuerdo con la</p>	<p>norma UNE 56-529-77.</p> <p><b>5 OBTENCION DE LOS RESULTADOS</b></p> <p><b>5.1 Resistencia a la compresión axial</b></p> <p>La resistencia a la compresión axial se calcula por la fórmula siguiente:</p> $C_H = \frac{C_r}{S}$ <p>en la que</p> <p><math>C_H</math> = Resistencia a la compresión axial de la madera cuya humedad es el H %.</p> <p><math>C_r</math> = Carga de rotura en kilogramos</p> <p><math>S</math> = Area de la sección recta del prima en centímetros cuadrados</p> <p>El resultado se expresa con aproximación de 1 Kg/cm<sup>2</sup>.</p> <p>Se considera como resistencia a la compresión axial la media aritmética de los resultados obtenidos con todas las probetas utilizadas. Para calcular la resistencia a la compresión axial cuando el contenido de humedad sea <math>H^1</math> se utiliza la fórmula siguiente:</p> $C_{H1} = [1 + 0,04 (H - H^1)]$ <p>en la que</p> <p><math>C_{H1}</math> = Resistencia a la compresión axial de la madera cuya humedad es el <math>H^1</math> %.</p> <p><b>5.2 Cota estática</b></p> <p>La cota estática se calcula por la fórmula siguiente:</p> $C_e = \frac{C_{12}}{100 r_{12}}$ <p style="text-align: right;"><i>Continúa en página 2</i></p>	
	<p>Las observaciones relativas a la presente norma deben ser dirigidas al IRANOR - Serrano, 150 - MADRID (6)</p>	

en la que

$C_e$  = Cota estática.

$C_{12}$  = Resistencia a la compresión axial de la madera cuya humedad es el 12 %.

$r_{12}$  = Peso específico de la madera al 12 % de humedad.

## 6 NORMAS PARA CONSULTAR

UNE 56-528-77. Características físico-mecánicas de la madera. Preparación de probetas para ensayo.

UNE 56-529-77. Características físico-mecánicas de la madera. Determinación del contenido de humedad por desecación hasta el estado anhidro.

Instituto Nacional de Racionalización y Normalización (IRANOR) - Serrano, 150 - Madrid (6) - Teléfono 261 70 00 - Reproducción prohibida

NORMA ESPAÑOLA	Características físico-mecánicas de la madera DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA FLEXION DINAMICA	UNE  56-536-77
<p><b>1 OBJETO</b></p> <p>Esta norma tiene por objeto indicar el modo de realizar el ensayo para la determinación de la resistencia de la madera a la flexión dinámica o choque.</p> <p><b>2 APARATOS NECESARIOS</b></p> <p><b>2.1 Aparato provisto de dos apoyos cilíndricos de ejes paralelos, cuyo radio sea 15 mm ± 0,5 mm, separados 240 mm ± 1 mm.</b></p> <p>La carga se aplica mediante un martillo igualmente cilíndrico, cuyo radio sea 15 mm ± 0,5 mm, centrado entre los apoyos, que cae desde 1000 mm ± 1 mm de altura con energía comprendida entre 5 y 15 Kg.</p> <p>La longitud de los apoyos y del martillo debe ser superior a 20 mm.</p> <p>El aparato de medida de la energía absorbida debe permitir una aproximación de 0,1 Kg.</p> <p><b>2.2 Instrumentos para medir las dimensiones de las probetas con aproximación de 0,1 mm.</b></p> <p><b>2.3 Elementos necesarios para determinar la humedad de la madera, de acuerdo con la norma UNE 56-529-77.</b></p> <p><b>3 PROBETAS</b></p> <p>Las probetas se prepararán de acuerdo con la norma UNE 56-528-77. Tendrán forma de prisma recto cuadrangular, de sección recta de 20 mm de lado y altura, paralela a la dirección longitudinal de las fibras, de 300 mm.</p> <p><b>4 PROCEDIMIENTO OPERATORIO</b></p> <p>Se coloca la probeta centrada sobre los apoyos con su cara radial hacia arriba. Se mide la sección central. Se de-</p>	<p>ja caer el martillo de modo que rompa la probeta de un solo golpe.</p> <p>Si esto no se produce o la rotura no es claramente transversal, el ensayo no es válido.</p> <p>Se toma después un pedazo de la probeta rota y se determina con él la humedad de la madera, de acuerdo con la norma UNE 56-529-77.</p> <p><b>5 OBTENCION DE LOS RESULTADOS</b></p> <p>La resistencia de la madera a la flexión dinámica se mide por el trabajo <i>T</i> absorbido por la probeta, expresado en Kg.</p> <p>Como indicador de esta resistencia se puede calcular el coeficiente de resiliencia por la fórmula siguiente:</p> $K = \frac{T}{S}$ <p>en la que:</p> <p><i>K</i> = Coeficiente de resiliencia en kilográmetros por centímetro cuadrado.</p> <p><i>T</i> = Trabajo absorbido por la probeta en Kilográmetros.</p> <p><i>S</i> = Area de la sección central de la probeta en centímetros cuadrados.</p> <p>El valor de <i>K</i> se calcula con aproximación de 0,1 Kg/cm<sup>2</sup>.</p> <p>Se consideran como resistencia a la flexión dinámica y como coeficiente de resiliencia las medias aritméticas de los resultados obtenidos con todas las probetas utilizadas.</p> <p><b>6 NORMAS PARA CONSULTAR</b></p> <p>UNE 56-528-77. Características físico-mecánicas de la madera. Preparación de probetas para ensayo.</p>	
<p>Las observaciones relativas a la presente norma deben ser dirigidas al IRANOR - Serrano, 150 - MADRID (6)</p>		

UNE 56-529-77. Características física mecánicas de la madera. Determinación del contenido de humedad por desecación hasta el citado anhidro.

Instituto Nacional de Racionalización y Normalización (IRANOR) - Zurbano, 46 - Madrid (10) - Teléfono 410 49 61 - Reproducción prohibida

NORMA ESPAÑOLA	Características físico-mecánicas de la madera DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA FLEXION ESTATICA	UNE  56-537-79
-------------------	--	----------------------

**1 OBJETO**

Esta norma tiene por objeto indicar el modo de realizar el ensayo para la determinación de la resistencia de la madera a la flexión estática.

**2 APARATOS NECESARIOS**

2.1 Aparato provisto de dos apoyos cilíndricos de ejes paralelos, cuyo radio sea 15 mm ± 0,5 mm separados 240 mm ± 1 mm. La carga se aplica mediante otro cilindro de 15 mm ± 0,5 mm de radio, centrado entre los apoyos. Bajo este cilindro y sobre los apoyos se deben colocar placas de tablero contrachapado de 20 x 20 mm y 5 mm de grosor para evitar que los cilindros penetren en la madera. El aparato de medida de la carga debe permitir una aproximación de 0,1 Kg. La longitud de los apoyos y del cilindro debe ser superior a 20 mm.

2.2 Instrumentos para medir las dimensiones de la probeta con aproximación de 0,1 mm.

2.3 Elementos necesarios para determinar la humedad de la madera, de acuerdo con la norma UNE 56-529-77.

**3 PROBETAS**

Las probetas se prepararán de acuerdo con la norma UNE 56-528-77. Tendrán forma de prisma recto cuadrangular, de sección recta de 20 mm de lado y altura, paralela a la dirección longitudinal de las fibras, de 300 mm.

**4 PROCEDIMIENTO OPERATORIO**

Se coloca la probeta centrada sobre los apoyos con su cara radial hacia arriba. Se miden las dimensiones de la probeta con aproximación de 0,1 mm. Se aplica la carga con velocidad constante de 5 mm/min hasta la rotura. Se lee la carga de rotura con aproximación de 0,1 Kg.

Se toma después un pedazo de la probeta rota y se determina con él la humedad de la madera, de acuerdo con la norma UNE 56-529-77.

**5 OBTENCION DE LOS RESULTADOS**

La resistencia de la madera a la flexión estática se calcula por la siguiente fórmula:

$$\sigma_H = \frac{3 P l}{2 b h^2}$$

en la que:

$\sigma_H$  = Resistencia a la flexión estática, en kilogramos por centímetro cuadrado, de la madera al H % de contenido de humedad, con aproximación de 1 kg/cm<sup>2</sup>.

P = Carga de rotura en kilogramos.

l = Longitud de la probeta entre apoyos en centímetros.

b = Medida en dirección radial de la probeta en centímetros

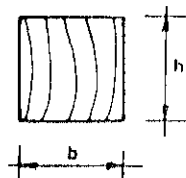
h = Medida en dirección tangencial de la probeta en centímetros.

Se considera como resistencia a la flexión estática la media aritmética de los resultados obtenidos con todas las probetas utilizadas.

**6 NORMAS PARA CONSULTAR**

UNE 56-528-77. Características físico-mecánicas de la madera. Preparación de probetas para ensayo.

UNE 56-529-77. Características físico-mecánicas de la madera. Determinación del contenido de humedad por desecación hasta el estado anhidro.



Las observaciones relativas a la presente norma deben ser dirigidas al  
IRANOR - Zurbano, 46 - Madrid (10)



#### 4 PROCEDIMIENTO OPERATORIO

Se miden la anchura y la altura de la sección recta central de la probeta con aproximación de 0,1 mm y se calcula su área.

Se sujeta la probeta entre las mordazas de la máquina de tracción, como indica la *figura 2*.

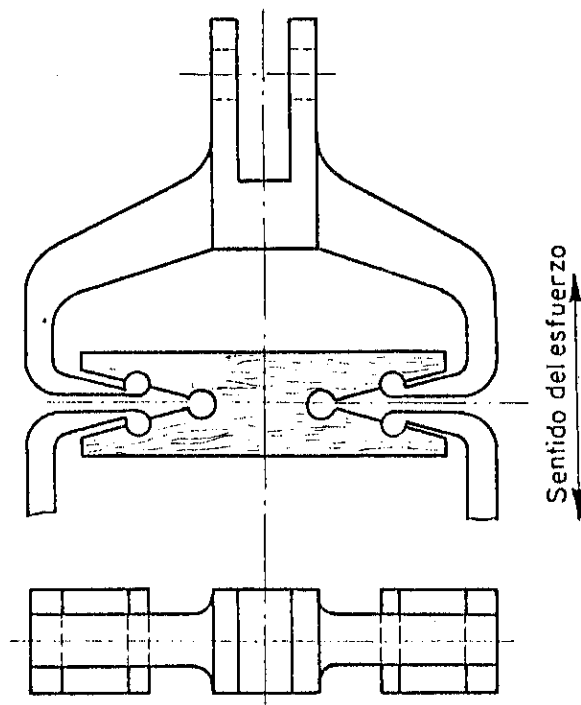


Fig. 2

Se aplica la carga a la velocidad constante de 400 Kg/min. hasta que se produce la rotura de la probeta.

Se lee la carga de rotura con aproximación de 1 Kg. No se consideran las probetas cuya rotura se produzca por lugar distinto de la zona más delgada.

Con la misma probeta que se ha roto se determina el contenido de humedad de la madera de acuerdo con la norma UNE 56-529-77.

#### 5 OBTENCION DE LOS RESULTADOS

La resistencia a la tracción perpendicular a las fibras se calculará por la fórmula siguiente:

$$\sigma_H = \frac{P_r}{S}$$

en la que:

$\sigma_H$  = Resistencia a la tracción perpendicular a las fibras en Kilogramos por centímetro cuadrado para madera cuya humedad sea H por 100, con aproximación de 1 Kg/cm<sup>2</sup>.

$P_r$  = Carga de rotura en kilogramos.

$S$  = Area de la sección recta central de la probeta en centímetros cuadrados.

Se obtendrá también la magnitud llamada *cota de adherencia* según la expresión:

$$C_a = \frac{\sigma_H}{100 r_H}$$

en la que:

$C_a$  = Cota de adherencia, con aproximación de 0,01.

$\sigma_H$  = Resistencia a la tracción perpendicular a las fibras.

$r_H$  = Peso específico de la madera cuya humedad sea H por 100.

Se consideran como resistencia a la tracción perpendicular a las fibras y como cota de adherencia las medias aritméticas de los resultados obtenidos con todas las probetas utilizadas para una humedad que sea igualmente la media aritmética de las que tengan las probetas.

## 6 NORMAS PARA CONSULTA

UNE 56-528-77 - *Características físico-mecánicas de la madera. Preparación de probetas para ensayos.*

UNE 56-529-77 - *Características físico-mecánicas de la madera. Determinación del contenido de humedad por desecación hasta el estado anhidro.*



NORMA  
ESPAÑOLA

Determinación de la resistencia a la hienda  
CARACTERISTICAS FISICO-MECANICAS DE LA  
MADERA

UNE  
56-539-78

Medidas en mm

1 OBJETO

Esta norma tiene por objeto indicar el modo de realizar el ensayo para determinar la resistencia de la madera al hendido en dirección paralela a las fibras.

2 APARATOS NECESARIOS

2.1 Máquina de tracción con dispositivo de medida cuya exactitud sea de 1 Kg.

2.2 Instrumentos adecuados para determinar las dimensiones de la probeta con precisión de 0,1 mm.

2.3 Instrumentos para determinación del contenido de humedad de acuerdo con la norma UNE 56-529-77.

3 PROBETAS

Las probetas se prepararán de acuerdo con la norma UNE 56-528-77. Tendrán la forma y la medida indicadas en la figura 1.

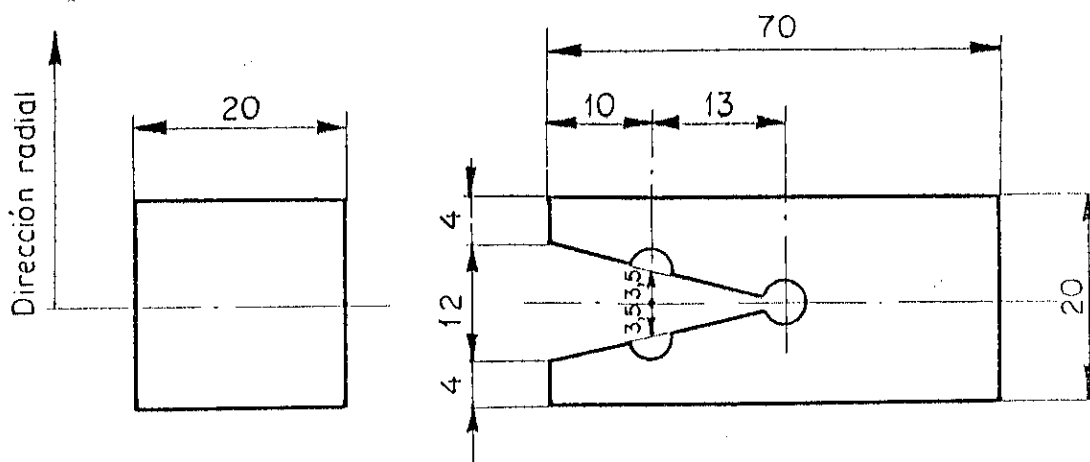


Fig. 1

Continúa en página 2

Las observaciones relativas a la presente norma deben ser dirigidas al  
IRANOR - Serrano, 150 - Madrid (6)

Instituto Nacional de Racionalización y Normalización (IRANOR) - Serrano, 150 - Madrid (6) - Teléfono 261 70 00 - Reproducción prohibida

#### 4 PROCEDIMIENTO OPERATORIO

Se mide la anchura de la probeta con aproximación de 0,1 mm.

Se introducen en la hendidura las mordazas especiales que lleva la máquina de tracción. Se aplica la carga a la velocidad constante de 50 Kg/min hasta que se produce la rotura de la probeta.

Se lee la carga de rotura con aproximación de 1 Kg. No se consideran las probetas cuya rotura no esté localizada en la sección central. Con la misma probeta que se ha roto se determina el contenido de humedad de la madera de acuerdo con la norma UNE 56-529-77.

#### 5 OBTENCION DE LOS RESULTADOS

La resistencia a la hienda se calculará por la fórmula siguiente:

$$R_H = \frac{P_r}{a}$$

en la que:

$R_H$  = Resistencia a la hienda en kilogramos por centímetro para madera cuya humedad sea H por 100, con aproximación de 1 Kg/cm.

$P_r$  = Carga de rotura en kilogramos.

$a$  = Anchura de la probeta en centímetros.

Se obtendrá también la magnitud llamada *cota de hendibilidad* según la expresión:

$$CI = \frac{R_H}{100 r_H}$$

en la que:

CI = Cota de hendibilidad.

$R_H$  = Resistencia a la hienda.

$r_H$  = Peso específico de la madera cuya humedad es H por 100.

Se consideran como resistencia a la hienda y como cota de hendibilidad la media aritmética de los resultados obtenidos con todas las probetas utilizadas para una humedad que sea igualmente la media aritmética de las que tengan las probetas.

#### 6 NORMAS PARA CONSULTA

UNE 56-528-77 – *Características físico-mecánicas de la madera. Preparación de probetas para ensayos.*

UNE 56-529-77 – *Características físico-mecánicas de la madera. Determinación del contenido de humedad por desecación hasta el estado anhidro.*

**NORMA  
ESPAÑOLA**

**Características físico-mecánicas de la ma-  
dera**  
INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS DE LOS  
ENSAYOS

**UNE**  
**56-540-78**

**1 OBJETO**

Esta norma tiene por objeto indicar el modo de interpretar los resultados de los ensayos reali-  
zados para determinar las características físico-mecánicas de la madera.

**2 CONTENIDO DE HUMEDAD**

Los resultados del ensayo descrito en la norma UNE 56-529-77 se ir terpretarán de la forma  
descrita en la *Tabla I*.

Tabla I

Humedad en %	Estado de la madera	Medio
> 70	Madera empapada	Sumergida en agua
30-70	Madera verde	En pié o cortada en monte
30	Madera saturada	El aire saturado de humedad
23-30	Madera semi-seca	Al aserrar
18-22	Madera comercialmente seca	Al aire
13-17	Madera seca al aire	Bajo cubierta
< 13	Madera muy seca	Secada en cámara o en clima muy seco.
0	Madera anhidra	Secada en estufa

**3 PESO ESPECIFICO**

Los resultados del ensayo descrito en la norma UNE 56-531-77 para madera al 12% de hume-  
dad se interpretarán del modo descrito en la *Tabla II*.

Tabla II

Madera	Resinosas	Frondosas
Muy ligera	< 0,40	< 0,35
Ligera	0,40- 0,49	0,35- 0,50
Semipesada	0,50- 0,59	0,51- 0,70
Pesada	0,60- 0,70	0,75- 0,95
Muy pesada	> 0,70	> 0,95

**4 HIGROSCOPICIDAD**

Los resultados del ensayo descrito en la norma UNE 56-532-77 para madera al 12% de hume-

*Continúa en páginas 2 a 5.*

Las observaciones relativas a la presente norma deben ser  
dirigidas al IRANOR - Serrano, 150 - Madrid (6)

dad se interpretarán según la *Tabla III*.

Tabla III

Higroscopicidad	<i>h</i>
Débil	0,0015
Normal	0,0030
Fuerte	0,0050

## 5 CONTRACCION

Los resultados del ensayo descrito en la norma UNE 56-533-77 se interpretarán según la *Tabla IV*.

Tabla IV

Contracción volumétrica $C_v$ en %	Clase	Madera
15-20	Gran contracción	Grandes fendas de desecación. Debe aserrarse antes de secar.
10-15	Contracción media	Fendas medias. Puede emplearse en rollo para construcción.
5 -10	Contracción pequeña	Fendas pequeñas. Puede secarse antes de despiezar.
<b>Coefficiente de contracción volumétrica <math>v</math> en %</b>		
0,75-1	Muy nerviosa	Para medios de humedad constante.
0,55-0,75	Nerviosa	Para despiece radial.
0,35-0,55	Medianamente nerviosa	Para construcción.
0,15-0,35	Poco nerviosa	Para carpintería, ebanistería, tornería

## 6 DUREZA

Los resultados del ensayo descrito en la norma UNE 56-534-77, se interpretarán según las *Tablas V y VI*.

Tabla V

Dureza (resinosas)	Clase
1 - 2	Blandas
2 - 4	Semiduras
4 - 20	Duras
<b>Dureza (frondosas)</b>	
0,2 - 1,5	Muy blandas
1,5 - 3	Blandas
3 - 6	Semiduras
6 - 9	Duras
9 - 20	Muy duras

Tabla VI

Cota de dureza	Clase	Madera
3 - 6	Baja	Para carpintería
6 - 9	Mediana	Para industria
9 - 12	Alta	Para usos especiales.

## 7 COMPRESION AXIAL

Los resultados del ensayo descrito en la norma UNE 56-535-77 se interpretarán como se indica en la *Tabla VII* para madera con el 12% de humedad.

Tabla VII

Madera de resinosas								
Clase	C <sub>12</sub>		C <sub>e</sub>					
			Ligera	Semipesada	Pesada			
Baja	250 - 350		< 8	< 7	< 6			
Mediana	350 - 450		8 - 9,5	7 - 8,5	6 - 7,5			
Alta	> 450		> 9,5	> 8,5	> 7,5			
Madera de frondosas								
Clase	Ligera		Semipesada		Pesada		Muy pesada	
	C <sub>12</sub>	C <sub>e</sub>	C <sub>12</sub>	C <sub>e</sub>	C <sub>12</sub>	C <sub>e</sub>	C <sub>12</sub>	C <sub>e</sub>
Baja	200-300	< 7	275-375	< 6	400-500	< 6	500-600	< 7
Mediana	300-400	7 - 8	375-475	6 - 7	500-700	6 - 7	600-800	7 - 8
Alta	400-600	> 8	475-600	> 7	700-800	> 7	800-1000	> 8

## 8 RESISTENCIA A LA FLEXION DINAMICA

Los resultados del ensayo descrito en la norma UNE 56-536-77 se interpretarán, según la *Tabla VIII* para madera con el 12% de humedad.

Tabla VIII

K	Clase
< 0,4	Baja
0,4 - 1	Mediana
> 1	Alta

## 9 RESISTENCIA A LA FLEXION ESTATICA

Los resultados del ensayo descrito en la norma UNE 56-537-77 se interpretarán según *Tabla IX* para ma

dera con el 12% de humedad:

Tabla IX

$S_{12}$	Clase
< 1100	Baja
1100-1800	Mediana
> 1800	Alta

## 10 RESISTENCIA A LA TRACCION PERPENDICULAR A LAS FIBRAS

Los resultados del ensayo descrito en la norma UNE 56 538 se interpretarán del modo descrito en las *Tablas X y XI*, para madera con el 12% de humedad.

Tabla X

$\sigma_{12}$	Clase
< 25	Baja
25-45	Mediana
> 45	Alta

Tabla XI

$C_a$	Clase
0,15 - 0,30	De baja adherencia
0,30 - 0,45	De mediana adherencia
0,45 - 0,60	De alta adherencia

## 11 RESISTENCIA A LA HIENDA

Los resultados del ensayo descrito en la norma UNE 56-539-77 se interpretarán del modo descrito en las *Tablas XII y XIII* para madera con el 12% de humedad.

Tabla XII

$R_{12}$	Clase
< 15	Baja
15 - 30	Mediana
> 30	Alta

Tabla XIII

Cl <sub>12</sub>	
0,10 - 0,20	Muy hendible
0,20 - 0,30	Medianamente hendible
0,30 - 0,40	Poco hendible

## 12 NORMAS PARA CONSULTA

UNE 56-529-77 - *Características físico-mecánicas de la madera. Determinación del contenido de humedad por desecación hasta el estado anhidro.*

UNE 56-531-77 - *Características físico-mecánicas de la madera. Determinación del peso específico.*

UNE 56-532-77 - *Características físico-mecánicas de la madera. Determinación de la higroscopicidad.*

UNE 56-533-77 - *Características físico-mecánicas de la madera. Determinación de la contracción lineal y volumétrica.*

UNE 56-534-77 - *Características físico-mecánicas de la madera. Determinación de la dureza.*

UNE 56-535-77 - *Características físico-mecánicas de la madera. Determinación de la resistencia a la compresión axial.*

UNE 56-536-77 - *Características físico-mecánicas de la madera. Determinación de la resistencia a la flexión dinámica.*

UNE 56-537-77 - *Características físico-mecánicas de la madera. Determinación de la resistencia a la flexión estática.*

UNE 56-538-77\* - *Características físico-mecánicas de la madera. Determinación de la resistencia a la tracción perpendicular a las fibras.*

UNE 56-539-77 - *Características físico-mecánicas de la madera. Determinación de la resistencia a la hien-da.*

CARACTERISTICAS FISICO-MECANICAS DE LA MADERA.  
DETERMINACION DEL ESFUERZO CORTANTE.

PROPUESTA  
UNE 56 543

=====

## 1 - OBJETO

Esta norma tiene por objeto indicar el modo de realizar el ensayo para determinar la resistencia al esfuerzo cortante de la madera.

## 2 - APARATOS NECESARIOS

Para la realización del ensayo se necesitan unos útiles de carga y apoyo de las probetas con la forma y disposición que indica la figura nº 1.

Un aparato de carga que permita aplicar esta de forma continua, con una velocidad de avance de 0,6 mm/min., con una precisión de 0,1 Kg.

Se necesitan asimismo instrumentos para medir las dimensiones de las probetas, con aproximación de 0,1 mm., así como elementos necesarios para medir su humedad, de acuerdo con la norma UNE 56 529.

## 3 - PROBETAS

Las probetas se prepararan de acuerdo con la norma UNE 56 528. Tendrán forma y mensionnes indicadas en la figura nº 2. La altura deberá ser paralela a la dirección de las fibras.

## 4 - PROCEDIMIENTO OPERATORIO

Las probetas se colocaran en la máquina de ensayos de forma que el útil de carga cae perfectamente en el rebaje de la probeta y que parte de la cara inferior de la probeta apoye sobre la mesa del soporte, quedando 3 mm. separada del plano de rotura del esfuerzo cortante.

Colocada la probeta, se aplicará la carga de forma continua hasta rotura, con una velocidad de avance de 0,6 mm/min. Se anota la carga de rotura.

Con la misma probeta que se ha roto, se determina el contenido de humedad de la madera, de acuerdo con la norma UNE 56 529.

## 5 - OBTENCION DE RESULTADOS

La resistencia de la madera al esfuerzo cortante se calcula por la formula siguiente



$$Z_H = \frac{Z_r}{S}$$

en la que

$Z_H$  : resistencia al esfuerzo cortante de la madera a la humedad del H %.

$Z_r$  : carga de rotura en Kg.

$S$  : area de la sección de cizalladura.

La resistencia al esfuerzo cortante de la madera a la humedad normal se calcula mediante la formula siguiente:

$$Z_{12} = Z_H \quad 1 + z (H - 12)$$

siendo

$Z_{12}$  la resistencia al esfuerzo cortante al 12 % de humedad.

$Z$  = coeficiente de variación del esfuerzo cortante con la humedad. Determinado experimentalmente, tiene como valor medio  $\frac{1,43}{100}$  en frondosas y  $\frac{1,37}{100}$  en coníferas.

El resultado se expresa con aproximación de una unidad.

Figura n 2 1

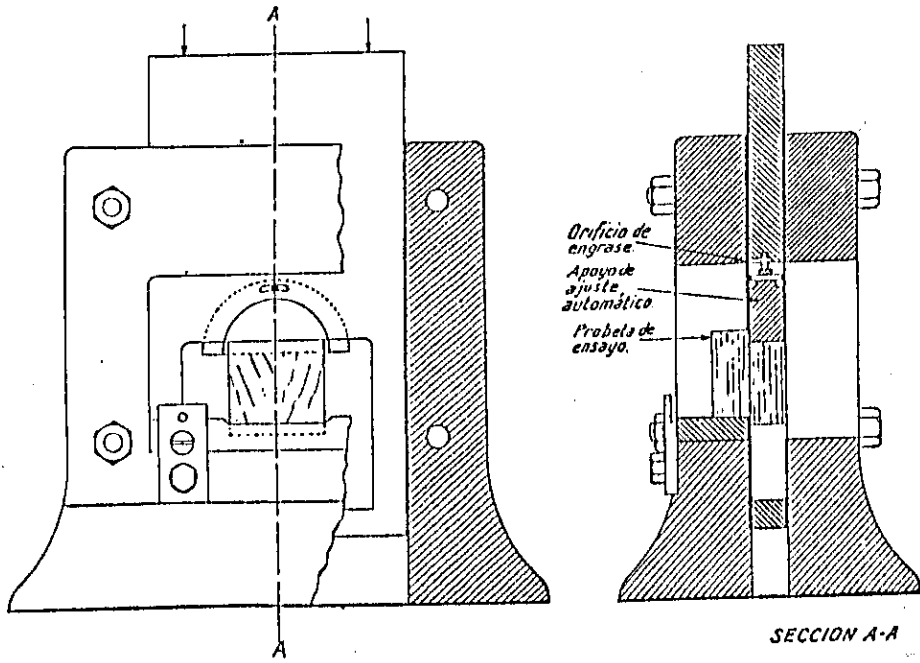
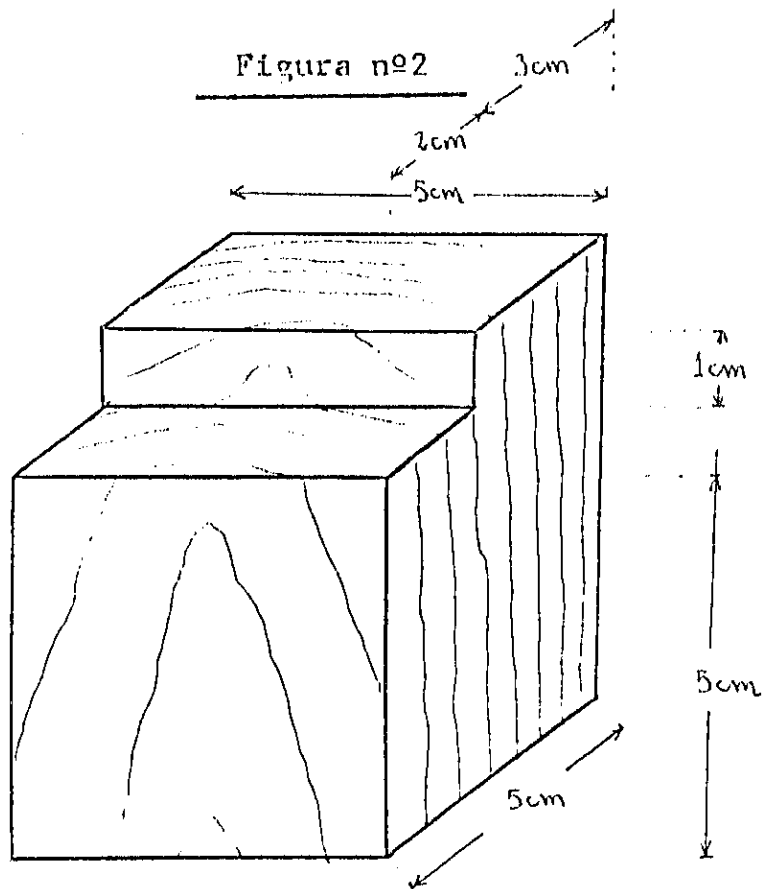


Figura n 2



ANEXO Nº VII

REPORTAJE FOTOGRAFICO

I N D I C E

- Foto nº 1: Aspecto del pinar de Aramañona (Alava). Muestra nº 32
- Foto nº 2: Trozas de madera en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes.
- Foto nº 3: Madera de pino insignis ya despiezada en tablas radiales y restos de las trozas.
- Foto nº 4: Tablas reducidas a listones de 2 x 2 cm. de sección.
- Foto nº 5: Aspecto de las probetas de hienda.
- Foto nº 6: Máquina de carga para la realización de los ensayos físico-mecánicas.
- Foto nº 7: Detalle del ensayo de tracción perpendicular a las fibras.
- Foto nº 8: Ensayo de compresión axial.
- Foto nº 9: Gráficos carga-deformación del ensayo de flexión estática.
- Foto nº 10: Ensayo de flexión estática.
- Foto nº 11: Probeta y dispositivo de ensayo del esfuerzo cortante.
- Foto nº 12: Ensayo de compresión perpendicular a las fibras.
- Foto nº 13: Detalle de la disposición de los anillos.

