

Tableros de virutas aglomeradas con cemento portland

Ing. Juan B. Tuk.*

RESUMEN

Se realizó una investigación para establecer los procedimientos de fabricación, las proporciones de composición y las características físicas y mecánicas de tableros aglomerados con cemento portland. Se emplearon dos especies de madera: Caobilla (*guarea s.p.*) y Ciprés (*cupressus lusitánica*).

Los ensayos con Caobilla fueron abandonados desde el principio por el efecto inhibitorio de la madera sobre el cemento. Los tableros con Ciprés dieron resultados satisfactorios. Se empleó viruta producida por una cepilladora la cual fue tamizada eliminando el pasante de la malla 80. Se determinaron las correlaciones entre: densidad—módulo de ruptura, densidad—módulo de elasticidad y módulo de elasticidad—módulo de ruptura.

Finalmente para cada composición de tablero se determinó también densidad y estabilidad dimensional.

1. INTRODUCCION

El interés de investigar el proceso de fabricación de tableros aglomerados con cemento portland proviene de las ventajas de tipo económico, social y técnico que este nuevo material ofrece y que se analizan a continuación.

Las ventajas económicas obedecen a que la fuente de materia prima para la industria de los paneles aglomerados con cemento son en un 100% de origen nacional. Tales son el cemento, la madera, cal y tierra de diatomita. El producto terminado es ideal para la industria de la construcción en sustitución de sistemas tradicionales altamente costosos. Aumenta el valor del bosque pues permite aprovechar desechos de industrias primarias de la madera, tales como aserraderos, ebanisterías, talleres, etc. Permite el aprovechamiento de partes del árbol que actualmente se quedan en el bosque, así como plantaciones de árboles desde sus primeros raleos.

Ventajas sociales: como industria generaría nuevas fuentes de empleo, con la ventaja de que la

demanda de mano de obra es absolutamente flexible pudiendo variar desde un cero hasta un cien por ciento de automatización. El producto redundaría en beneficios especialmente para la industria de la construcción.

Dentro de las ventajas de tipo técnico, podemos señalar como las más importantes que: el producto puede ser desarrollado y producido con tecnología absolutamente nacional; la maquinaria necesaria para la producción puede ser dimensionada a la necesidad y tamaño del mercado local y construida en Costa Rica sin necesidad de importarla; el producto presenta características tales que lo hacen ideal para ser usado en construcción, en techos, paredes exteriores, etc; la resistencia al fuego, al intemperismo y a la transmisión acústica, le hacen ser un material de grandes posibilidades para construcción.

Un estudio preliminar fue realizado por el CIIM para obtener tableros aglomerados con cemento, empleando para esto, residuos de la molduradora y de la canteadora, máquinas presentes en cualquier industria pequeña de la madera. Una vez

* Ingeniero Civil y Máster en el Área de Tecnología de Maderas. Actualmente es el Director del Centro de Investigación de Ingeniería en Maderas del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

que se obtuvo la dosificación de un tablero con características satisfactorias se procedió a la determinación de la calidad del tablero y el efecto sobre éste de factores tales como relación agua-cemento, cemento-madera, la interrelación densidad-módulo de ruptura, densidad-módulo elástico, y entre el módulo-elástico y el de ruptura.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1 DESARROLLO DE LA TECNOLOGIA

En contraposición con los requisitos para la fabricación de concreto, los cuales predicen la limpieza de material orgánico, aparecen los materiales compuestos aglutinados con cemento. La gran variedad de comportamiento del cemento con las diferentes especies maderables se atribuye a la fuerte variación de las cantidades presentes de azúcares y compuestos de la hemicelulosa.

La literatura al respecto no es abundante, el desarrollo de esta tecnología se ha dado en Europa después de la década de los sesenta, es de carácter sofisticado y es guardada celosamente. Se encuentran artículos que van a problemas sumamente teóricos de los fenómenos químicos que ocurren entre la superficie cemento-celulosa o sobre las máquinas de alta producción industrial como objeto de venta llave en mano. Sin embargo, no existe literatura para la elaboración y normas de orden práctico.

Durante la segunda guerra mundial, en Alemania fue una floreciente industria. En Dinamarca, durante esa misma época, se utilizó la pulpa de madera (base de la industria del papel) como sustituto del asbesto.

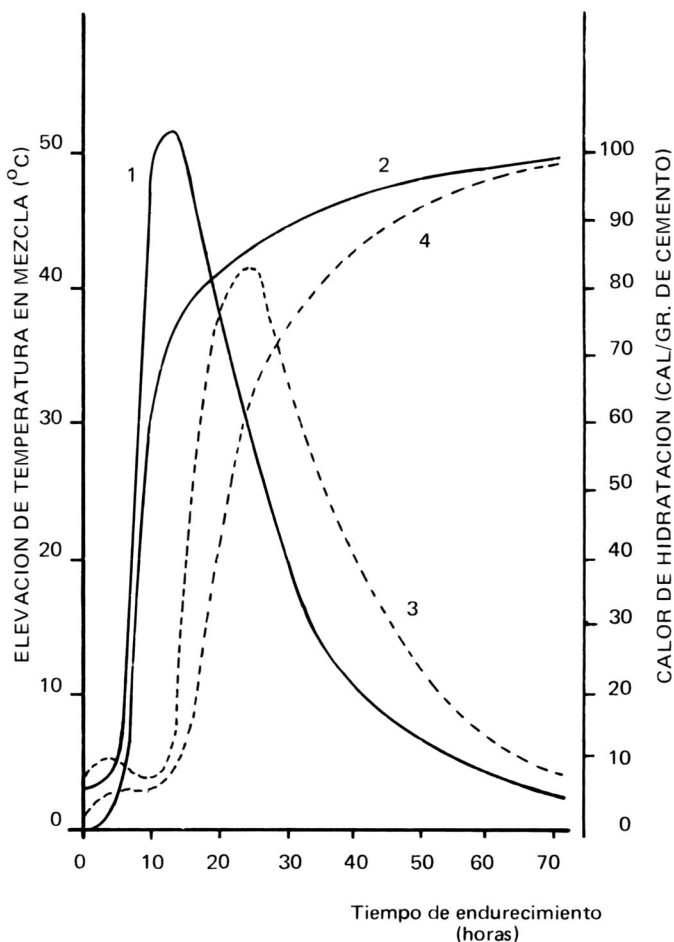
Sanderman (6,7) en Alemania, inició el estudio sistemático del comportamiento madera-cemento. El método desarrollado por Sanderman y sus colaboradores se basa en la reacción exotérmica de la mezcla madera-cemento durante el fraguado.

Se observó que maderas con efecto deletéreo fuerte disminuían la temperatura máxima y desplazaban en el tiempo la ocurrencia de dicho máximo. Una curva patrón de temperatura-tiempo para una mezcla pura de cemento-agua fue obtenida como patrón de comparación.

FIGURA No. 1: Curva típica de la variación de temperatura y el calor de hidratación de una mezcla limpia y otra inhidida de cemento Portland.

EXPLICACION:

- 1— Variación de temperatura de mezcla agua-cemento.
- 2— Calor de hidratación de mezcla agua-cemento.
- 3— Variación de temperatura para mezcla con inhibidor de 4.2 M. de glucosa/gr. de cemento.
- 4— Calor de hidratación de la mezcla en 3.



La figura 1, muestra la diferencia entre dos condiciones de mezclas. Una para

una mezcla limpia (Curvas 1 y 2) y otra para una mezcla a la cual se adicionó un inhibidor fuerte de 4.2 micro moles de glucosa por gramo de cemento (Curvas 3 y 4). La curva 1 representa la variación de la temperatura con el tiempo y puede considerarse como la mezcla patrón. La curva 2 representa la energía, calor de hidratación durante el proceso de endurecimiento y se compara con la curva 4. Aunque siempre tienden a alcanzar un mismo nivel de hidratación (75 calorías/gramos de cemento), se observa que la curva 4 lo hace más lentamente.

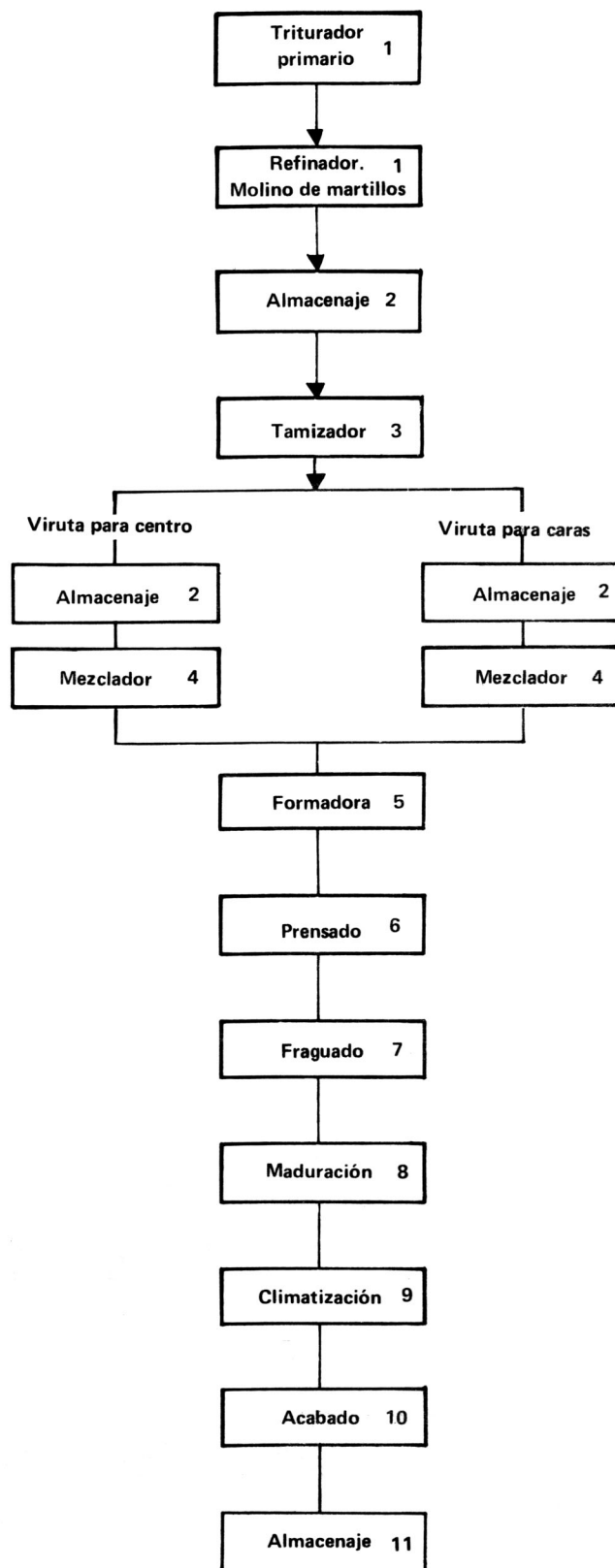
2.2 PROCESO DE PRODUCCION

El proceso de producción es sencillo. Algunos catálogos comerciales de casas fabricantes de este tipo de maquinaria explican en forma superficial este proceso. La figura 2 muestra una línea de producción típica.

En general puede resumirse a:

1. Molinos primarios: por lo general son de cuchillas, toman los trozos, de troncos, ramas, o desechos del aserradero y lo convierten en virutas de aproximadamente 5 centímetros como dimensión mayor.
2. Molinos secundarios: Refinan el material a partículas de menores dimensiones, esbeltas, sin quebrarlas.
3. Almacenaje: Son silos que guardan material como reserva ante posibles paradas de los molinos. También al salir de éste, se disponen secadoras que homogenizan el contenido de humedad del material.
4. Tamizador: Son sistemas que permiten la separación en dos o tres clases las virutas de acuerdo a su tamaño.

FIGURA 2: Diagrama de flujo de una planta de tableros de madera aglomerada con cemento.



Estos sistemas pueden ser: mecánicos, empleando mallas y vibración para su separación. Un segundo proceso empleado para la separación es mediante el paso de las partículas a través de un ducto en el cual corre aire contrario al sentido de avance de las partículas produciéndose así la separación.

5. Mezclador: Una vez separadas las partículas, son mezcladas con lechada de agua-cemento y otras sustancias llamadas mineralizantes. Un mezclador consiste básicamente en un cilindro dentro del cual gira un sistema de paletas y de entrada para la mezcla aglomerante. Un sistema de entrada de las virutas y otro de salida para la viruta mezclada.

6. Formadora: En esta parte del proceso las virutas son descargadas sobre placas metálicas formando capas en las cuales se acomodan las partículas gruesas, en el centro del panel. Existen varios sistemas para descargar las partículas; mecánica y neumáticamente.

La formadora es la parte de mayor importancia del sistema ya que es la que controla el espesor y densidad del panel, así como la apariencia y textura final de las caras. Las formadoras están provistas de sensores de peso para controlar la densidad y de espesor para el control del espesor del panel.

7. Prensado: Los paneles salidos del formador tienen una baja densidad ya que las partículas son depositadas suavemente. La prensadora reduce la distancia entre las partículas y las pone en estrecho contacto. Los paneles separados por placas metálicas son compactados alcanzando el espesor definitivo.

Debido a que el proceso de endurecimiento toma varias horas y la disponibilidad de la prensa es de extrema importancia en la línea de producción, los tableros una vez prensados son abrazados

por un marco rígido que mantiene el efecto de la prensa y trasladados a cámaras de curado.

8. Maduración: Se llama así al período de reposo que tienen los tableros mientras alcanzan la resistencia para su manipuleo y comercialización.
9. Climatización: Dependiendo de la zona hacia la cual van a ser enviados los tableros, son llevados al contenido de humedad con el ambiente.
10. Acabado: En esta etapa los tableros son lijados, pintados, perforados, etc., según los requisitos del comprador.

2.3 ESPECIFICACIONES TECNICAS

Existen códigos de condiciones y resistencia mínimos para paneles de madera aglomerada con adhesivos. La industria ha desarrollado otras especificaciones que han demostrado satisfacer de manera adecuada las condiciones de uso.

La Tabla No. 1 resume estas especificaciones de densidad, tamaño de los paneles, espesores más frecuentes, etc.

3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION

Considerando el carácter piloto de este estudio, los objetivos propuestos fueron:

- 3.1 Establecer un procedimiento de laboratorio que permitiera fabricar tableros aglomerados con cemento. Esto incluye el equipo y forma de manufactura.
- 3.2 Determinar las características físicas y mecánicas de tableros fabricados con residuos producidos por máquinas de ebanistería: cepilladora, canteadora, con diferentes dosificaciones de los componentes.
- 3.3 Determinar si existe alguna correlación entre las características físicas y las mecánicas de los tableros.

3.4 Generar el equipo de laboratorio que permita continuar el estudio posteriormente con otras especies de madera y

con nuevos agentes químicos cementantes.

TABLA 1

**CARACTERISTICAS TECNICAS ESPECIFICADAS
PARA LOS TABLEROS DE MADERA-CEMENTO**

DENSIDAD		APROXIMADAMENTE 1200 kg/m ³	
Tamaño de los tableros	ancho 1.20 – 1.50 mts.		
Espesor	6 mm – 38 mm		
Tolerancia espesor ± 1 mm (sin lijado)			
Variación dimensional:			
en espesor: 0.8 – 1.2 °/o		después de 2 horas en inmersión en agua.	
en espesor: 1.2 – 1.8 °/o		después de 24 horas en inmersión en agua.	
en espesor: 1.2 – 2.0 °/o		después de 28 días de inmersión en agua.	
Paralelo a la superficie: 0.3 – 0.4 °/o al variar la humedad relativa de 25 a 95 °/o a 20°C.			
Características mecánicas:			
Resistencia en flexión			
Módulo de ruptura:		98 KG/cm ² – 182 KG/cm ²	
Módulo de elasticidad:		3.02 x 10 ⁴ KG/cm ²	
Resistencia a la tensión: (Paralela a las caras)		50 KG/cm ²	
Resistencia a la compresión:		147.7 KG/cm ²	
Conductividad térmica:		0.105 btu/ft.h°F.	

4. METODOLOGIA

4.1 PREPARACION DEL MATERIAL

Para realizar los paneles experimentales se tomó el aserrín o virutas que salen de la cepilladora y de la canteadora, a ambas se les dio una profundidad de corte de 2 mm. y una velocidad de 5500 revoluciones/minuto. La velocidad de alimentación promedio fue de 12 metros/minuto.

La madera empleada fue Ciprés (*Cupressus lusitanica*) proveniente de la zona de Rancho Redondo, Guadalupe.

Una vez obtenidas las virutas, para eliminar el polvo o partículas muy finas, se tamizó con una malla 80 y se guardaron en bolsas plásticas las partículas retenidas en dicha malla. El tiempo de almacenaje fue variable de acuerdo a las necesidades de material durante la ejecución del experimento, sin embargo, fue mayor de 30 días. Diariamente se determinaba el contenido de humedad del material de las bolsas.

Se empleó un mezclador de adhesivos para mezclar las virutas con la lechada de agua cemento. La capacidad del balde mezclador es de 3.8 lts., las batidas se hacían para esta capacidad.

Se realizaron en total 8 diferentes combinaciones de cemento, agua y madera. Cada combinación se denominó grupo.

Una vez mezclada la viruta con la lechada, ésta se dejaba caer sobre una placa metálica de 40 x 40 centímetros. Se empleó un cajón con uno de los laterales abiertos como guía para colocar en orden las placas y también para darle espesor constante al colchón de virutas. En los tres costados del tablero se marcaron líneas paralelas con separación de 3.5 centímetros entre sí para dar a cada tablero el mismo espesor.

Al completar el espesor de un colchón de virutas, se colocaba una nueva placa metálica y se comenzaba a formar un nuevo tablero.

El espesor de las placas metálicas empleadas fue de 3.17 mm.

El material se dejó caer desde una altura de 50 centímetros aproximadamente sobre el colchón.

Una vez completos los tableros (6 u 8 por tanda), se procedió a aplicar la fuerza de compactación o prensado. La presión de prensado usada fue de 10.6 KG/cm², en total la fuerza aplicada a los tableros fue de 17.5 toneladas. La presión se dejó sobre los tableros por 24 horas. Al finalizar este período, se trasladaron los paneles a una cámara de curado. El tiempo de curado fue de dos días.

La cámara de curado fue diseñada y construida en el CIIM. Consiste de un cajón de doble forro de asbesto cuyo interior se rellenó con fibra de vidrio, el espesor de lámina de fibra de vidrio fue de 2.5 centímetros y produjo resultados satisfactorios de aislamiento térmico. Dentro de la cámara se colocaron dos reflectores de 100 watts y dos atomizadores que mantenían una temperatura promedio de 40°C. y una humedad relativa de 100 %.

La Figura No. 3 muestra en detalle las medidas y disposición de los elementos en el interior de la cámara de curado.

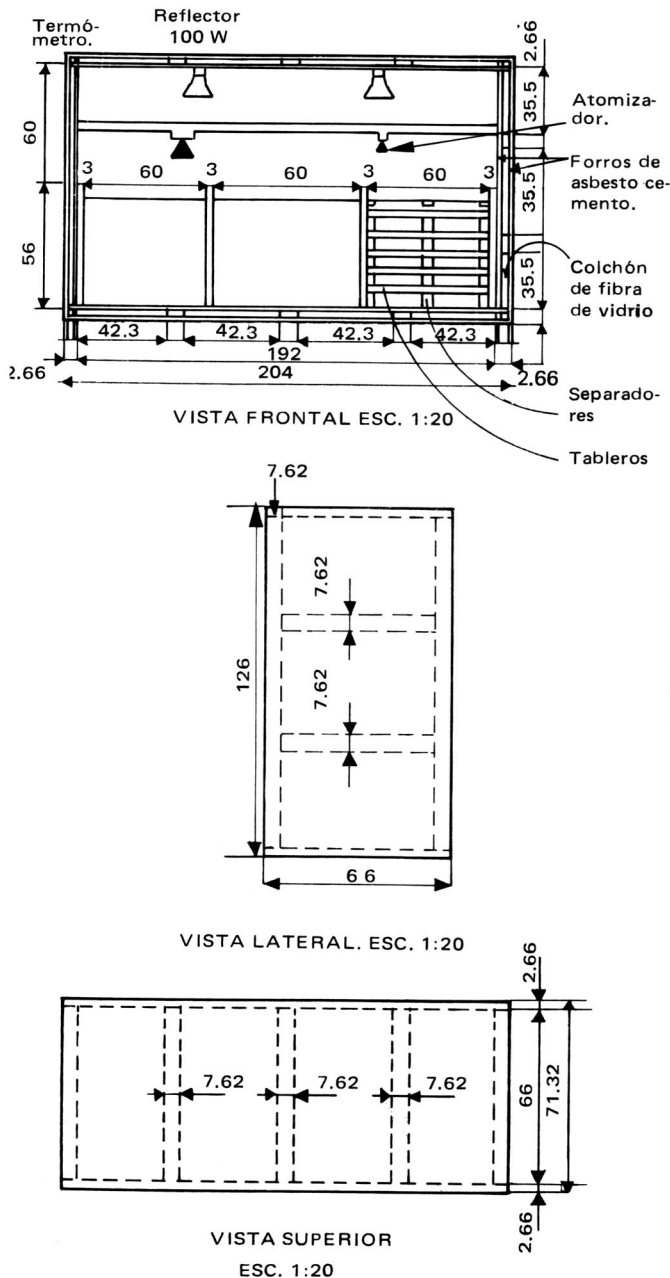
Los tableros fueron estibados con separadores de madera de 1.5 x 1.5 centímetros colocados en ambos extremos con el objeto de mantener las condiciones de humedad y temperatura iguales sobre ambas caras del tablero.

Como fase final del proceso de fabricación de los tableros, una vez sacados de la cámara de curado, se recortaron 2 cen-

tímetros de los bordes para excluir el material perimetral que no presentaba las condiciones generales del tablero.

Se dio luego un período de endurecimiento a los tableros de 14 y 28 días sin ningún tratamiento especial.

FIGURA No. 3: Cámara de curado desarrollada y construida para el endurecimiento en condiciones óptimas de temperatura y humedad.



4.2 PREPARACION DE LAS MUESTRAS

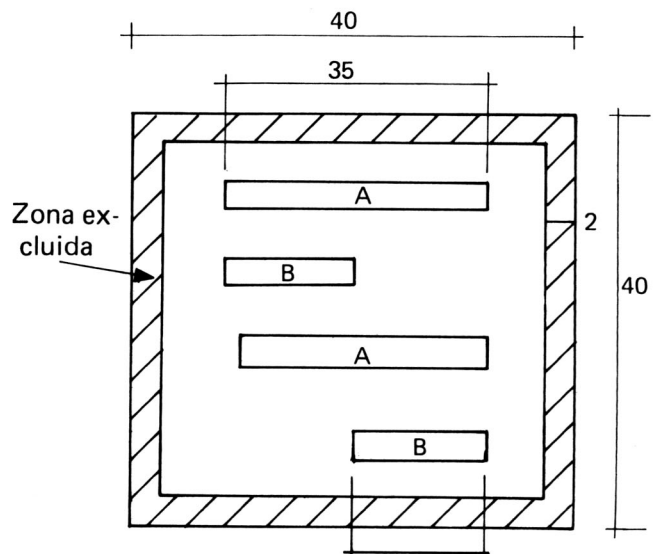
Al término de 14 y 28 días se cortaron del tablero las probetas tal como se muestran en la Figura No. 4 para efectuar los diferentes ensayos. Para la toma de muestras se eligieron al azar dos tableros, los otros cuatro se guardaron para realizar pruebas de resistencia al intemperismo de los tableros, o para ser pintados y observar su apariencia acabada.

Las muestras para el ensayo de flexión fueron de 35 centímetros de longitud, 5 centímetros de ancho y 1.5 centímetros de espesor, que fueron determinadas con exactitud en cada espécimen a la hora de efectuar el ensayo.

La fuerza aplicada al centro del claro se midió con un anillo calibrado. La magnitud de las fuerzas fue del orden de 2 kilogramos como máximo, esto impidió el uso de la escala de la máquina de ensayos.

Para efectuar el ensayo se empleó un claro de 15 centímetros y la carga se aplicó al centro.

FIGURA 4: Localización de las muestras para los ensayos físicos y mecánicos en el tablero. (A) Muestra para flexión, (B) Muestra para estabilidad dimensional.



La Figura 5 muestra la forma de aplicación de la carga y medición de las deflexiones. La duración del ensayo fue de aproximadamente 4 minutos desde el momento en que se empezó a aplicar la carga hasta el instante de ocurrir la falla.

Para cada muestra se determinó la medida de la sección transversal como el promedio de las dimensiones transversales en tres secciones distribuidas igualmente a lo largo del claro y el peso de la misma para determinar la densidad.

Se tomaron lecturas simultáneas de carga y deflexión a intervalos de 1.27×10^{-3} centímetros de deflexión.

Para la evaluación del módulo de ruptura se empleó la siguiente fórmula:

$$MR = \frac{PL^2}{8}$$

Donde:

MR = módulo de ruptura

P = carga última

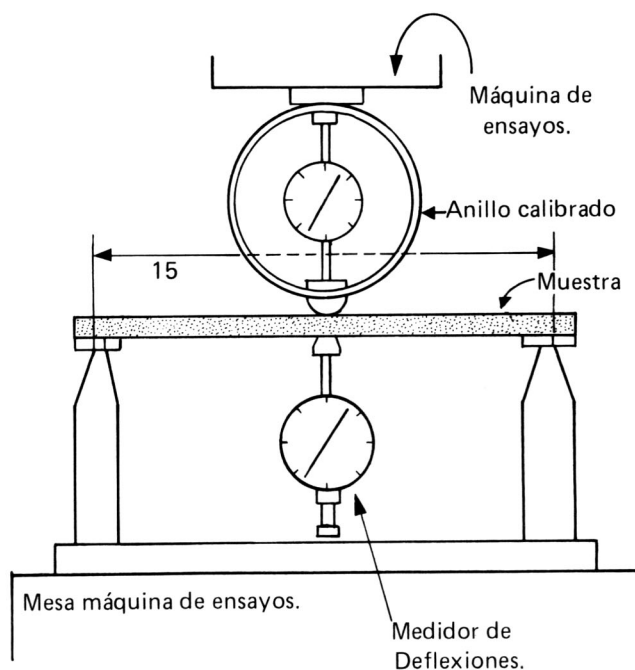
L = claro de la viga

Para la determinación de las características de estabilidad dimensional se cortaron muestras de 17 centímetros de longitud por 5 centímetros de ancho y 1.5 centímetros de espesor.

La longitud de control fue de 10 centímetros. Para esto se fijaron dos tornillos con tuerca y arandelas, a los cuales se marcaron sus cabezas, obteniendo así la longitud de control lo más exacta posible. Se esperaba que las variaciones dimensionales fueran sumamente pequeñas por lo que deberían evitarse imprecisiones a la hora de tomar dicha longitud.

Los ensayos se efectuaron a los 22 días de edad en todos los tableros.

FIGURA 5: Disposición de los instrumentos para el ensayo de flexión de muestras de tableros (sin escala).



A cada muestra se le determinó la densidad actual para así poder correlacionar con otras variables tales como la resistencia y elasticidad que se midieron sobre la misma muestra.

4.3 ENSAYO A FLEXION

Para determinar la resistencia a la flexión de los tableros de madera cemento se utilizaron vigas de acuerdo a las dimensiones y procedimientos explicados en el aparte 4.2.

El contenido de humedad de equilibrio con el ambiente que alcanzaron los tableros fue de 10 % su promedio. Debe observarse que no fueron acondicionados bajo condiciones artificiales de humedad y temperatura con el fin de obtener las características mecánicas en las condiciones naturales del Valle Central.

Para evaluar el módulo elástico se empleó la siguiente fórmula:

$$E = \frac{PL^3}{48 Y I}$$

Donde:

E = Módulo elástico

Y = Deflexión debida a la carga P

I = Momento de inercia promedio de la sección transversal.

4.4 ESTABILIDAD DIMENSIONAL

Para la determinación de la estabilidad dimensional se midió la distancia de control en las muestras cortadas y preparadas para tal efecto. Ver aparte 4.2.

Se hicieron tres determinaciones: longitud saturada, longitud al ambiente y longitud seca al horno.

Para la determinación en condición saturada se sumergieron en agua las muestras durante 24 horas. Luego se sacaron y se midió la distancia entre los tornillos marcados.

Se dejaron las muestras al aire hasta que alcanzaron peso constante, normalmente tres días, y se midieron nuevamente.

Para tomar la dimensión seca al horno se pusieron en un horno a $103^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$. durante 12 horas, se sacaron luego y se dejaron enfriar en un recipiente cerrado y con sal higroscópica para ser medidos al alcanzar la temperatura ambiente.

5. RESULTADOS

El resultado de las composiciones de mezclas obtenidas durante la fabricación de tableros con madera de Ciprés, aglomerado con cemento se presenta en el Cuadro 1. También se incluyen las relaciones: cemento/agua y cemento/madera.

CUADRO 1
Composición porcentual (P.P.) de los tableros de madera—cemento

Grupo No.	Cemento	Agua	Madera	Cal	C/A	C/M
1	61.23	24.70	10.88	3.18	2.48	5.63
2	59.84	22.90	12.21	5.03	2.61	2.61
3	62.18	22.61	12.06	3.13	2.75	2.75
4	61.23	24.70	10.88	3.18	2.47	2.48
5	64.07	22.87	10.09	2.95	2.80	2.80
6	56.02	28.00	12.35	3.62	2.00	2.00
7	49.98	31.48	12.57	5.95	1.58	1.59
8	49.90	34.68	10.46	4.95	1.43	1.44

C/A: relación cemento/agua

C/M: relación cemento/madera

En total se generaron 8 grupos con diferentes composiciones. El índice de agua/cemento varió desde 1.43 hasta 2.80, el índice de cemento/madera varió desde 1.44 hasta 5.63.

El valor de composición se da en forma porcentual en base al peso total de la mezcla.

El grupo No. 2 fue el que presentó condiciones más favorables en cuanto a elasticidad y en términos generales parece ser una buena combinación.

Los gráficos de carga-deflexión del ensayo de flexión estática se reportan en las figuras de 6 a 13.

En cada figura se muestra además el límite proporcional, así como la edad del tablero al momento del ensayo.

FIGURA No. 6. Gráfico de carga versus deflexión para el ensayo de flexión estática.

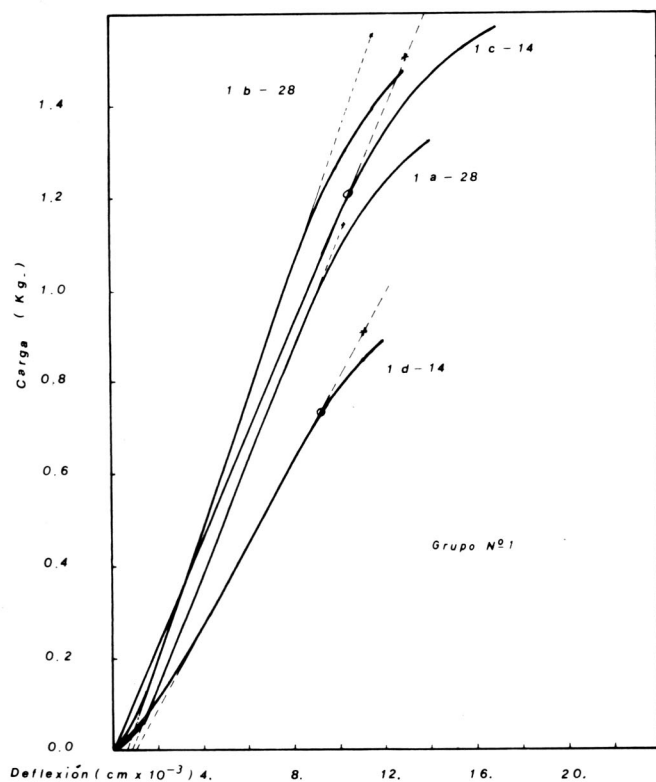


FIGURA No. 8. Gráfico de carga versus deflexión para el ensayo de flexión estática.

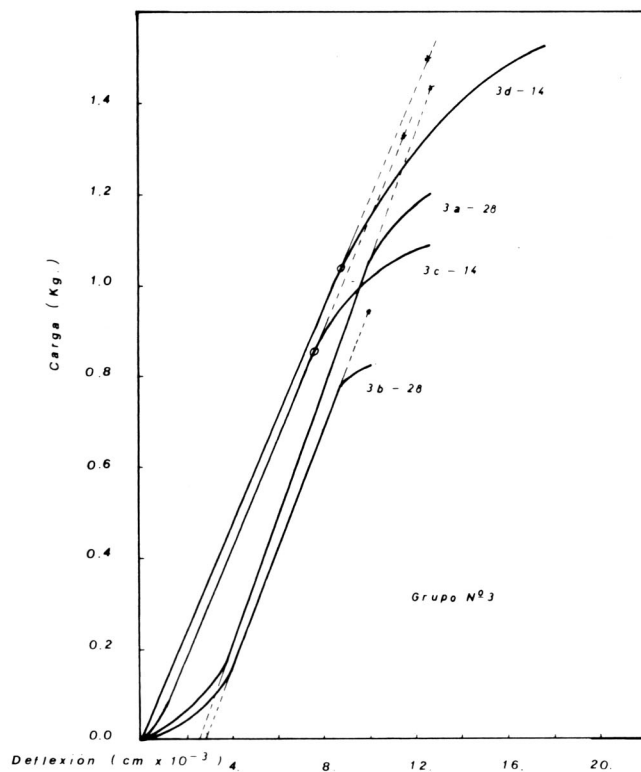


FIGURA No. 7. Gráfico de carga versus deflexión para el ensayo de flexión estática.

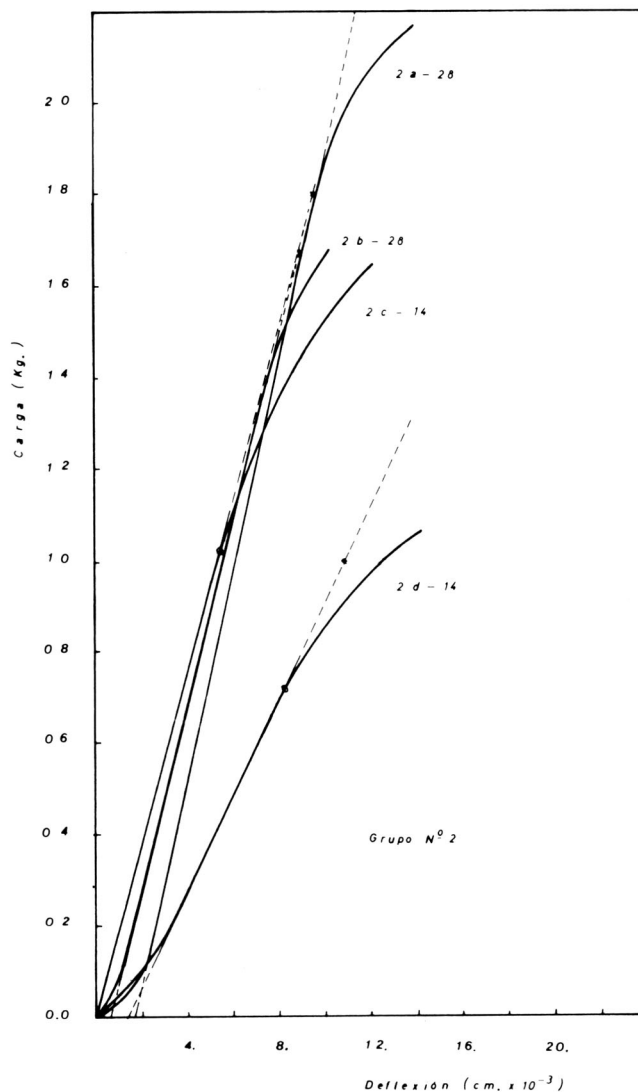


FIGURA No. 9. Gráfico de carga versus deflexión para el ensayo de flexión estática.

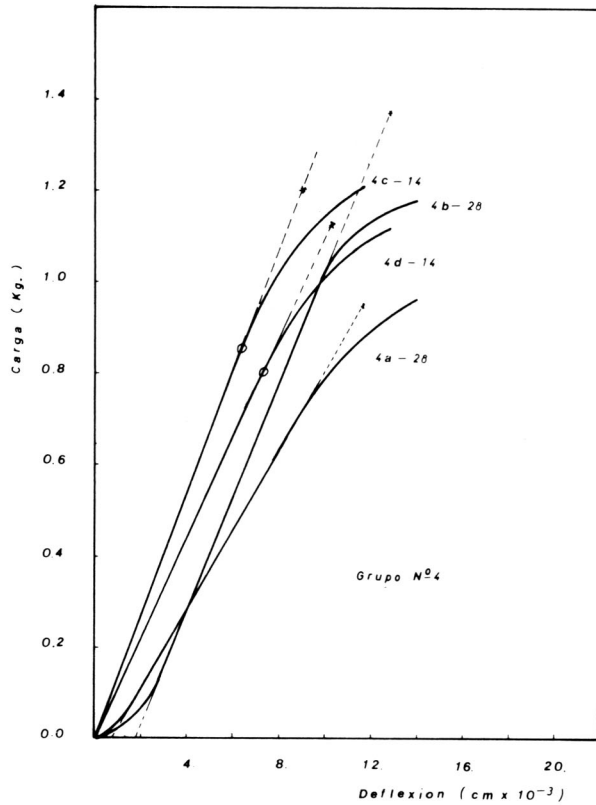


FIGURA No. 11. Gráfico de carga versus deflexión para el ensayo de flexión estática.

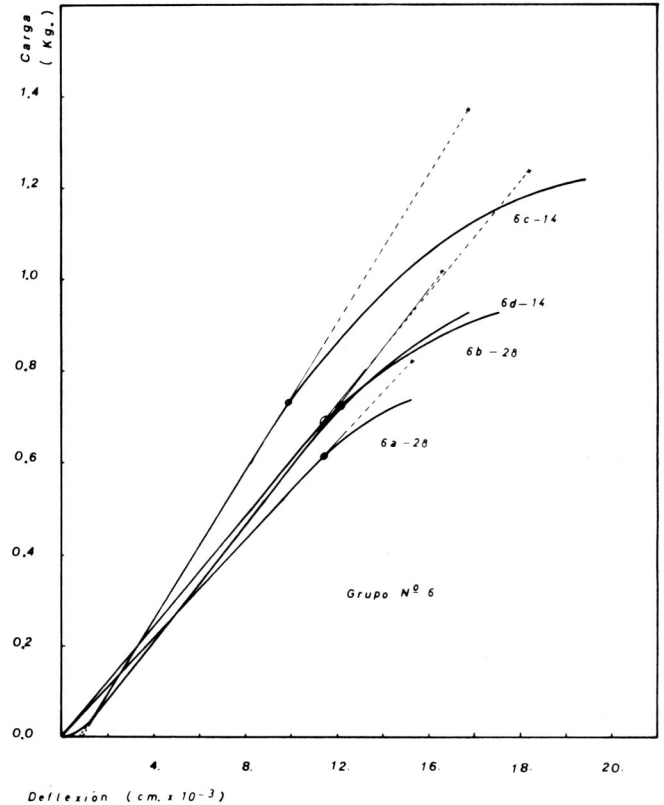


FIGURA No. 10. Gráfico de carga versus deflexión para el ensayo de flexión estática.

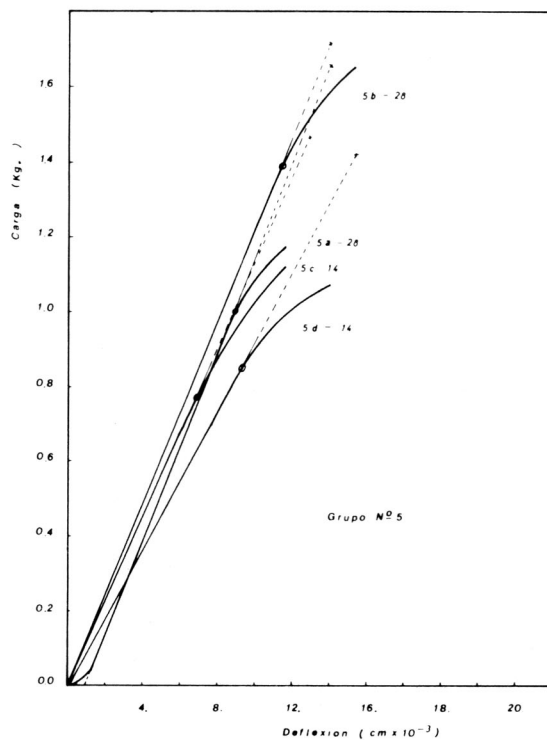


FIGURA No. 12. Gráfico de carga versus deflexión para el ensayo de flexión estática.

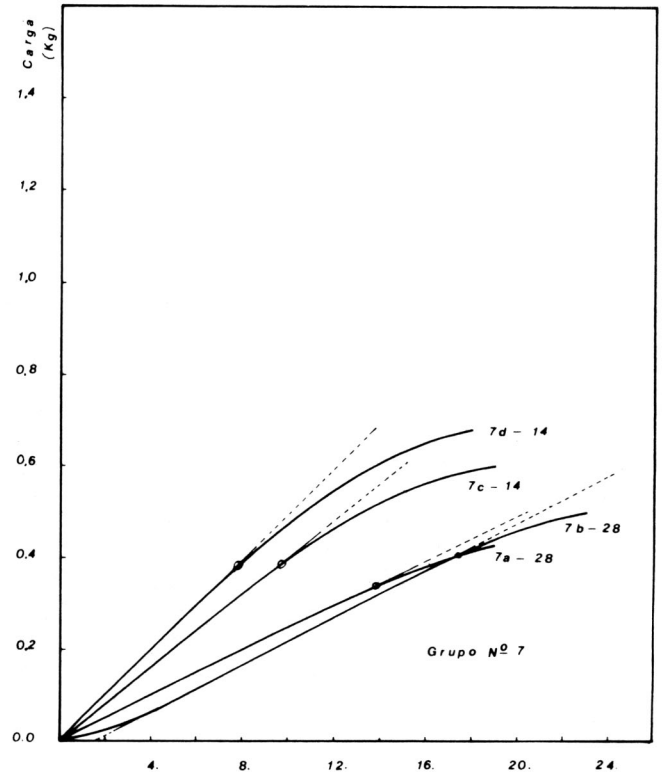
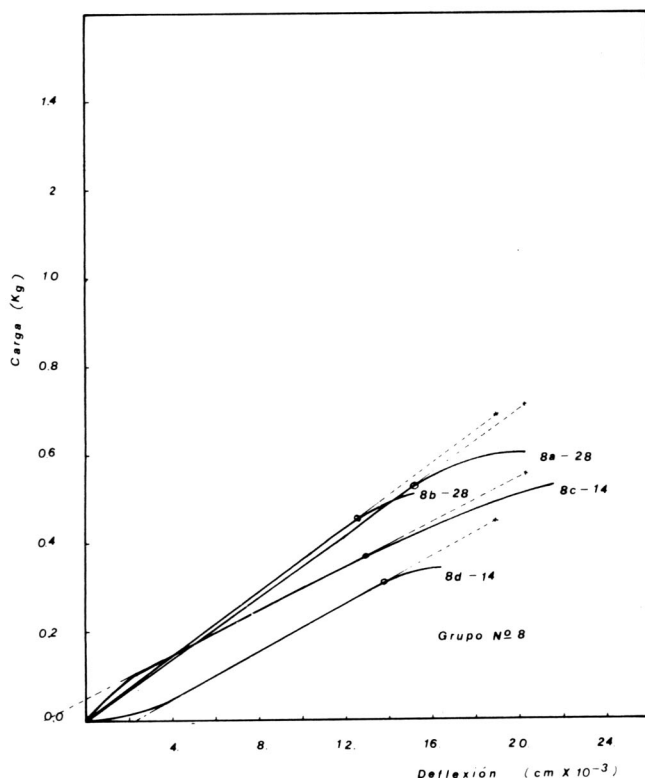


FIGURA No. 13. Gráfico de carga versus deflexión para el ensayo de flexión estática.

El Cuadro 2, muestra las propiedades mecánicas y de estabilidad dimensional promedio de los ocho grupos de mezclas.

La variación dimensional al ambiente se refiere a un contenido de humedad a 8.8 % en promedio sobre todos los grupos.

El módulo elástico y el módulo de ruptura se presentan para 14 y 28 días de edad del tablero.

Se hicieron pruebas de acabado con pintura de aceite, después de dos aplicaciones se obtuvo una superficie brillante con una textura gruesa. La Figura No. 14 es una fotografía del tablero No. 8, el cual presentó la mayor rugosidad de todos los tableros obtenidos debido a su mayor cantidad de madera en la composición. La superficie no recibió ningún tratamiento. Al lado izquierdo de la fotografía se muestra la superficie obtenida al cabo de dos manos con pintura de aceite.

CUADRO 2

Propiedades mecánicas y estabilidad dimensional de los tableros en promedio

GRUPO	PESO ESPECIFICO	MODULO DE RUPTURA KG/CM ²		MODULO ELASTICO KG/CM ²		VARIACION DIMENSIONAL AMBIENTE	VARIACION DIMENSIONAL ⁽¹⁾ o/o
		14 d	28 d	14 d	28 d		
1	1.32	48.51	54.69	1194.	1528.	.289	.336
2	1.37	39.45	47.17	1694.	1766.	.144	.386
3	1.33	50.78	35.33	1190.	1419.	.338	.531
4	1.33	41.81	40.06	1190.	1176.	.144	.528
5	1.43	43.98	52.42	1317.	1480.	.144	.386
6	1.25	54.69	44.29	1015.	1138.	.241	.720
7	1.18	26.16	24.82	585.	515.	.241	.628
8	1.09	20.50	27.50	423.	621.	.530	.624

(1) desde condición saturada.

FIGURA No. 14: Fotografía de un panel de madera de ciprés aglomerado con cemento. La porción izquierda muestra el acabado después de dos manos con pintura de aceite.

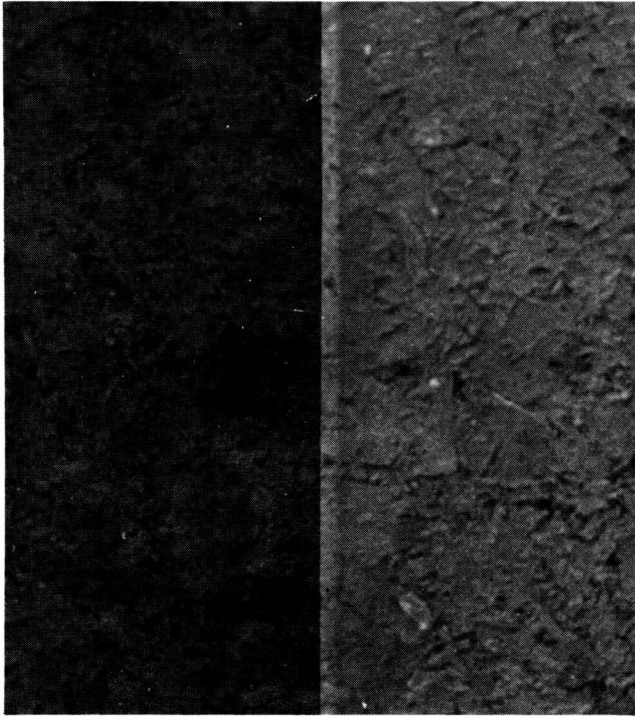
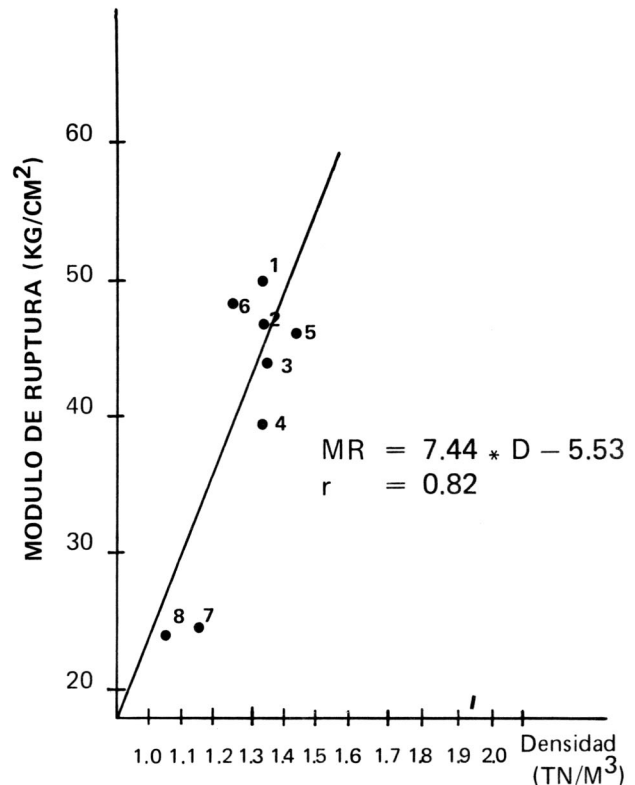


FIGURA No. 15: Interrelación entre la densidad y el módulo de ruptura en tableros.



6. CONCLUSIONES

- 6.1 La madera de Caobilla no mostró aptitud para ser usada en tableros aglomerados con cemento. Su uso fue descartado después de varios ensayos, pues los tableros no presentaron resistencia alguna.
- 6.2 La madera de Ciprés es viable para tal aplicación. Se pudieron fabricar tableros de buena calidad y estabilidad.
- 6.3 Existe una alta correlación entre la densidad y el módulo de ruptura ($r = 0.82$), la ecuación de correlación obtenida fue:

$$\text{Módulo de ruptura} = 7.44 \text{ Densidad} - 5.53$$

La Figura 15 muestra el gráfico de los valores experimentales observados de densidad y módulo de ruptura, así como la recta de mejor ajuste.

- 6.4 Existe una excelente correlación entre la densidad y el módulo elástico. El coeficiente de correlación 0.92 se considera sumamente satisfactorio. La ecuación de predicción obtenida fue:

$$\text{Módulo elástico} = 3326.2 \text{ Densidad} - 3120.9$$

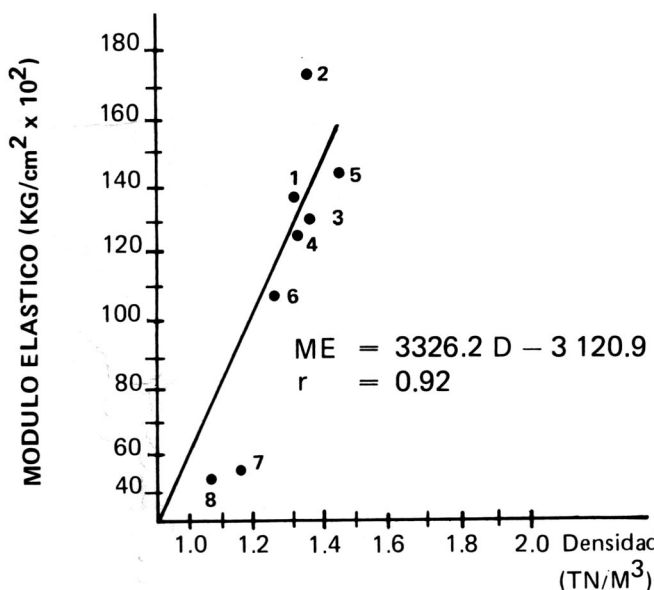
En la Figura 16 se aprecia la distribución y agrupación obtenida para los valores correspondientes de densidad y módulo elástico.

Las unidades de ambas ecuaciones son: Toneladas/metro³ para la densidad y kilogramos/centímetro² para módulo de ruptura y módulo elástico.

- 6.5 Comparando los resultados obtenidos en esta investigación con los especificados para tableros comerciales se puede ver que las características de resistencia son

bastante inferiores para los tableros experimentales, sin embargo, esto puede ser equiparado variando el tamaño y forma de las partículas.

FIGURA No. 16: Interrelación entre la densidad y el módulo de elasticidad en tableros.



En cuanto a estabilidad dimensional los tableros presentaron valores inferiores a los especificados.

No se realizaron ensayos de resistencia al clavado y encolado. Se recomienda realizar estos ensayos en la segunda etapa de esta investigación.

6.6 La obtención de los valores especificados para tableros industriales no debe ser la meta de la investigación. Una deficiencia en la resistencia de los tableros puede ser suplida mediante otros recursos de análisis estructural según sea la aplicación que se quiera dar al tablero.

6.7 Al cabo de cuatro meses de edad, los tableros muestran la misma resistencia y no se notan signos de degradación.

LITERATURA CONSULTADA

1. Boletines Técnicos No. 3-4175, 9-8008, Tectum Roof Deck, Gold Bond Building Products, Enero 1973, Buffalo N.Y.
2. Chittenden, A.E. "Wood and Cement; Past and Future", Séptimo Congreso Forestal Mundial. Argentina, 1972.
3. Chittenden A.E.; Hawkes, A.J. y Hilary, R.H. "Wood Cement Systems". Consulta Mundial sobre paneles a base de madera. New Delhi: FAO, 1975.
4. Watherwax, R.C., y Tarbow, H. "Effect of Wood on Setting of Portland Cement". Forest Products Journal, Dic., 1964.
5. "Decayed Wood as an Inhibitor". Forest Products Journal, Jul, 1967.
6. Sandermann, W. "Investigation on Mineral Bound Wood Materials". Holzforschung 14, 1960, No. 3 p. 70.
7. Sandermann, W. "Research result of wood-cement system". Chemie und Chimische Technologische Mineralge Kundener. Holzwerkstoffe, International Arbeitstagung. 1966, p. 5-21.
8. Tuk, J. Problems on wood- cement systems. Sin publicar, 1977.