

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**  
**FACULTAD DE QUIMICA**

APROVECHAMIENTO DE DESPERDICIOS AGRICOLAS E INDUSTRIALES EN MATERIALES COMPUESTOS PARA LA FABRICACION DE VIVIENDA DE INTERES SOCIAL.

300

ANTONIO MENDEZ MENDEZ  
RENAN SIGFRIDO VILLANUEVA MENDEZ

**I N G E N I E R O   Q U I M I C O**

1 9 7 6



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

ESTADO UNIDO DE AMERICA  
SERIE  
AÑO 1976  
TEMA  
CICLO  
292



QUIMICA

JURADO ASIGNADO

Presidente, Prof.	MARIO GONZALEZ VERA
Vocal, Prof.	JORGE M. CASABAROS ALCALA
Secretario, Prof.	VICENTE LEONIS DIAZ
1er. Suplente, Prof.	GUILLENMO ALCARDE LACORTE
2º. suplente, Prof.	VICENTE RIVERA MORA

SITIO DONDE SE DESARROLLA EL TEMA :

CENTRO DE INVESTIGACION DE MATERIALES DE LA  
U . S . A . M .

SUSTENTANTES

ANTONIO MENDEZ MENDEZ

RENAN S. VILLANUEVA MENDEZ

ABOGADO DEL TEMA

VICENTE LEONIS DIAZ

A. AUGUSTUS FARRER.

Con agradecimiento sincero:

A los maestros de la Facultad  
de Química por su interés en la docencia.

A los investigadores del  
Centro de Investigación de Materiales.

Al C. Ing. Guillermo Alcayde Lacorte  
Por sus valiosas orientaciones.

Con especial estimación al  
C. Ing. Vicente Lemús Díaz.

## I N D I C E

### INTRODUCCION

- I MATERIALES COMPUESTOS
- II SELECCION DE MATERIALES
- III DISEÑO EXPERIMENTAL
- IV EVALUACION DE RESULTADOS
- V CONCLUSIONES

## I N T R O D U C C I O N

Existe en nuestro país una demanda creciente en lo referente a la vivienda. Originado por el desequilibrio entre crecimiento demográfico y la producción de ésta. Lo cual ha generado un déficit considerable, que tiende a agudizarse al través del tiempo.

Con el desarrollo del proceso industrial Nacional, en 1940, se inicia la concentración de población en áreas urbanas, ejerciendo fuerte presión sobre la necesidad de servicios, empleos y vivienda.

La urbanización del país se acelera de una manera muy particular en 1950; ya que para dicho año, el país contaba con 25.7 millones de habitantes y 5.2 millones de viviendas. Representando esto, un índice de 4.91 habitantes por vivienda.

Para el año de 1960 la población se incrementó a 34.9 millones y la vivienda a 6.4 millones, resultando un índice de 5.41 habitantes por unidad. Con la información del último censo (1970) el índice aumentó a 5.6 habitantes por vivienda, cifra que rebasa el número de personas por familia. Se estima que para 1980, el índice se incremente a 6.12 habitantes por unidad.

Un aspecto importante que cabe mencionar es el hábitat nacional; que es el siguiente.

Existen en el país 89 005 comunidades, de las cuales:

- 123 son urbanas (con más de 15 000 habitantes), y
- 88 882 son rurales, de las que
- 342 con más de 5000 habitantes
- 3 950 con 1 000 a 5 000 habitantes
- 33 063 con 100 a 1 000 habitantes
- 51 507 hasta 100 habitantes.

De aquí, podemos observar que la gran mayoría de las comunidades se encuentran dispersas en poblaciones con menos de 1 000 habitantes, las cuales carecen de los servicios básicos.

Por otro lado tenemos que las condiciones generales de la vienda en el país es la siguiente:

- 68 % No tiene cuarto de baño con agua.
- 59 % No tiene drenaje.
- 51 % No tiene agua entubada.
- 41 % Tiene piso de tierra.
- 40 % Tiene un cuarto.
- 29 % Tiene dos cuartos.

Siendo las comunidades rurales más pequeñas (y más numerosas 51 307) en donde se manifiestan estas condiciones.

Las causas de esta situación se deben principalmente a:

- Incapacidad económica.- En el año de 1970 del total del país se declararon económicamente activos el 23.8 % de los habitantes, de los cuales el 38.6 % con ingresos menores de 500 pesos mensuales.

- Incapacidad técnica.- No hay planeación, es decir, carecen de la instrucción necesaria. Creándose viviendas inadecuadas.

- Financiamiento reducido.- se trata de abatir costos de vivienda sin lograrlo mediante: Reducción en su tamaño, reducción en calidad de materiales y mano de obra.

Analizando con mayor detalle las zonas urbanas y rurales, en contramos:

Vivienda Rural:

En 1957 existían 3.51 millones de viviendas que constituían el 31.3 % del total nacional, y se usaron como materiales básicos, adobe, madera y barro. Con un estado físico descrito a continua ción:

- 50 % con muros y techos en estado ruinoso,
- 65 % con pisos en mal estado.
- 59 % careciendo de ventanas.
- 57.4% con un área construida menor de 30 metros cuadrados.

Estas condiciones dificultan la higiene, y además en la mayoría de los casos, el espacio vital se comparte con animales domésticos.

En términos generales, la vivienda rural presenta problemas de calidad no de cantidad, es decir, se requiere una rehabilitación de la vivienda.

#### Vivienda Urbana:

La población urbana es la que marca un mayor ritmo de crecimiento, teniendo, la desventaja de no poseer y no producir los materiales básicos y suficientes para su consumo.

Podemos mencionar, que en las zonas urbanas se requieren aproximadamente 300 000 viviendas nuevas por año sin considerar el déficit anterior. En fechas recientes, en la Ciudad de México y zonas circundantes, se llegaron a construir 40 000 viviendas provocando gran escasez de los materiales básicos para la construcción.

Comparativamente, observamos que entre las zonas urbana y rural, el problema es más crítico en la urbana, en lo referente a la falta de vivienda. Esto se visualiza al revisar el crecimiento de la población en dichas zonas. Mostrada en la tabla siguiente:

	Población Total Millones de hab.	Pob.Urbana Mill.Hab.		Pob.Rural Mill.Hab.	
1950	25.8	11.0	42.6 %	14.8	57.4 %
1970	48.3	28.3	58.6 %	20.0	41.4 %

De lo anteriormente expuesto se observa la gravedad del problema.

Resultando como consecuencia la urgente necesidad de crear - nuevas tecnologías, con el propósito de reducir el problema, haciendo uso de nuestros recursos técnicos, económicos y materiales.

Por lo que, el presente trabajo está orientado a obtener materiales compuestos, enfatizando, que esto es tan sólo un estudio preliminar de ellos. Estos materiales deben cumplir con las siguientes características: resistencia, disponibilidad, fácil elaboración, bajo costo y durables.

La resistencia debe ser al menos la establecida en las normas vigentes para la construcción. La disponibilidad, se refiere a la facilidad de obtener constituyentes. Con fácil elaboración, nos referimos a la trabajabilidad del material, puesto que se pretende desarrollar un programa de autoayuda, en el que, una persona pueda construir su vivienda. Bajo costo, el material debe tener como máximo un costo igual al de los materiales convencionales. Y con durable, nos referimos al tiempo de servicio.

El uso de estos materiales está enfocado principalmente a un programa de construcción, de autoayuda, en comunidades rurales, ya que se pretenden aprovechar los desperdicios regionales.

Los materiales compuestos tienen su origen en épocas muy remotas, cuando el hombre tuvo la idea de combinar dos o más materiales; y en su búsqueda encontró que ésta combinación frecuentemente funciona mejor que al utilizarlos separadamente. Entre éstos tenemos fango y barro, tal vez los más antiguos; ya que se han usado desde hace miles de años para diversos fines.

Actualmente no existe una definición precisa de material compuesto, debido a que su campo de estudio es muy extenso y relativamente nuevo. Además, la investigación y desarrollo en esta rama de la ciencia de materiales, ha sido muy dispersa. La definición más común es:

"Un material compuesto es aquél que está constituido por dos o más materiales para producir un sistema de multifases, con propiedades diferentes a las de sus constituyentes".

Los materiales compuestos están formados generalmente por:

- Constituyentes estructurales o agregados
- Matriz.

Los agregados forman la fase dispersa del material, y la matriz constituye la fase continua.

Los agregados pueden ser materiales de diversos tipos, entre ellos tenemos: arena, grava, fibra de vidrio, acero, plásticos, y diversos tipos de partículas.

La matriz es el elemento que va a aglomerar a los agregados. Sus propiedades son de capital importancia, su característica principal es su adhesividad.

## Selección de Materiales

Como se mencionó anteriormente un material compuesto está - - - constituido de dos partes principalmente: Los agregados y la matriz.

### Matriz

Existe gran número de materiales que pueden ser usados con tal finalidad. Dependiendo de la aplicación concreta para la cual el material compuesto esté destinado.

Entre este tipo de materiales tenemos: Polímeros (plásticos y resinas), metales, cerámicas, cemento y cal, etc.

El criterio seguido para la selección de la matriz esta en función de las siguientes factores.

- a) Economía.
- b) Disponibilidad.
- c) Resistencia.

Los polímeros, metales y materiales cerámicos, son elementos -- que dado su sistema de elaboración eleva sus costos restringiendo -- así sus aplicaciones, aún cuando al usar una matriz de este tipo indudablemente se obtendría un material de propiedades especiales.

Por consiguiente estos materiales tienen sólo aplicaciones particulares y que se sitúan fuera de los objetivos del presente trabajo de investigación.

Los materiales que cumplen con los requisitos establecidos anteriormente son el cemento y la cal. Y estos son los materiales que se estudiarán como matriz en el desarrollo del presente trabajo.

Para los materiales a desarrollar, se tiene la limitación de no poder elegir los constituyentes estructurales, ya que están -- previamente escogidos al plantear el objetivo, que es utilizar los desperdicios agrícolas.

En este caso la matriz es rígida, con propiedades de adhe--- sión con ciertos materiales. Los agregados son suaves; y son los que van a contrarrestar la propagación de fracturas; y absorber -- gran cantidad de energía de deformación, esto se debe a la flexi- bilidad del material; puesto que esta constituido por polímeros -- naturales, como son la lignina y celulosa.

## Agregados

Para los objetivos de este trabajo tenemos que los agregados son desperdicios agrícolas e industriales de tipo agrícola. Como premisa es que deben ser abundantes y que su producción este extendida en diversas áreas del Territorio Nacional.

Los productos agrícolas que durante su etapa de procesamiento generan una gran cantidad de desperdicios son los siguientes:

- 1.- Arróz.
- 2.- Café.
- 3.- Caña de azúcar.
- 4.- Coco.
- 5.- Madera.
- 6.- Trigo.
- 7.- Henequén.

La producción regional de cada uno de estos productos se presenta en la tabla 3-1.

Los desperdicios de algunos de estos productos tienen alguna aplicación. Esto se observa con mayor detalle a continuación.

### 1.- ARRÓZ.

Del arróz se genera como desperdicio la cascarilla (conocida también como guma). Y se considera que durante el proceso de descascarillamiento se obtiene en promedio un 25 % del total del arróz alimentado. Representando éste para el año de 1974, 111 009.5 ton. de cascarilla.

Producción Nacional y porcentaje por cada estado de productos agrícolas (arroz, café, caña de azúcar, coco, trigo) y productos maderables. Para el año de 1974.

	Arroz	Café	Caña de Azúcar	Madera	Trigo	Coco
	ton	ton	ton	m <sup>3</sup>	ton	ton
Prod. Total	458038	179372	32998557	6683000	2422313	119994
Aguascalientes*	-	% -	% -	% 0.0035	% 0.08	% -
B. California	-	-	-	0.127	-	-
Campeche	3.93	-	0.748	1.15	-	3.39
Coahuila	-	-	-	0.05	2.21	-
Colima	1.11	0.212	0.99	0.064	-	8.96
Chiapas	3.57	35.95	0.901	3.95	-	50.79
Chihuahua	-	-	0.0022	25.4	12.15	-
D.F.	-	-	-	0.414	-	-
Durango	-	-	-	14.12	-	-
Guanajuato	-	-	0.0264	0.431	10.70	-
Guerrero	5.26	2.66	0.839	2.62	-	7.57
Hidalgo	-	1.486	0.523	1.29	1.17	-
Jalisco	-	0.384	8.725	10.109	2.70	0.91
Edo. México	0.741	0.0512	0.703	4.45	0.529	-
Michoacán	6.11	0.0875	3.34	11.91	2.77	3.789
Morelos	11.31	0.069	3.85	0.746	-	0.842
Nayarit	1.32	0.844	0.359	0.814	-	3.11
Nuevo León	-	-	0.0017	0.53	1.32	-
Oaxaca	9.92	17.393	3.22	6.67	5.005	5.59
Puebla	1.43	8.93	2.91	2.24	0.063	-
Querétaro	-	-	0.011	0.0987	0.747	-
Q. Roo	-	-	-	1.41	-	5.34
S.L.P.	-	1.165	3.18	3.74	0.074	-
Sinaloa	41.11	-	13.79	0.0086	8.612	6.31
Sonora	-	-	0.143	1.078	54.49	-
Tlaxcala	1.83	0.215	2.017	0.909	-	11.49
Tampulipas	-	-	5.09	1.49	0.934	-
Tlaxcala	-	-	-	0.243	0.263	-
Veracruz	11.98	30.89	43.99	1.24	-	32.29
Yucatán	-	-	0.043	0.265	-	3.33
Zacatecas	-	-	0.1007	0.445	0.524	-

## Características de la cascarilla de Arróz:

Poder calorífico bajo de 3 300 a 3 600 Kc.l/kg contra 4 500 Coque y 8 000 del carbón de hulla, y arde de 800 a 1 000°C. Concluyendo que no tiene uso como combustible, además de su alto contenido de cenizas.

Por cada tonelada de cascarilla de arróz, se obtienen 10 kg de  $H_3PO_4$ ; 15 kg de  $K_2O$ ; rendimiento muy bajo para poder usarse -- como fertilizante.

Se puede obtener furfural, pero su costo de obtención a partir de ellas es muy alto debido a su bajo rendimiento. De cada tonelada de cascarilla se obtienen 50 a 60 Kg de furfural.

Se intentó usar como forraje; pero no tuvo éxito por el gran contenido de sílice, que es lo que produce su poca digestibilidad, además no contiene sustancias nutritivas, que es lo que caracteriza a los forrajes comerciales; por todo ello el valor alimenticio de la cascarilla es muy reducido.

De lo anteriormente expuesto, observamos que la cascarilla de arróz, lejos de proyectarse como materia prima industrial, llega a representar problemas considerables de eliminación. Creando problemas de almacenamiento en las plantas de beneficio.

Resultando así que su costo es nulo y que es necesario proyectarla en una nueva aplicación.

## 2.- CAPE

De este producto agrícola se genera como desperdicio la cáscara.

La cáscara tiene uso como fertilizante. La cascarilla que se obtiene en las plantas de beneficio se deja a la intemperie -- hasta que llega a un estado de putrefacción, procediéndose posteriormente a esparcirla en las áreas de cultivo.

De la producción total del café se genera un 8 % en peso de cáscara, la cantidad total disponible en el año de 1974 fue de 16 143.48 ton.

### 3.- CAÑA DE AZÚCAR (3 959 803.4 ton)

De la caña de azúcar se obtiene como subproducto el bagazo de caña el cual es el 40 % en peso de la producción total.

El bagazo de caña se usa en la industria del papel. Fabricándose a partir de él, papel facial e higiénico. Y generando un 12 % como bagacillo, de la cantidad alimentada al proceso. No se tiene información disponible de la cantidad de bagazo que absorbe esta industria.

Por otro lado, se estudia, a nivel de planta piloto, la fabricación de tableros aglomerados. No generando bagacillo como desperdicio.

Como se observa de la producción de caña de azúcar la cantidad de desperdicios es muy grande, distribuida ampliamente en el Territorio Nacional siendo propicia para su estudio.

### 4.- COCO

Del coco se obtiene como desecho la fibra de coco. Obtenándose aproximadamente un 8 % de fibra seca. El cual representa 9 600 ton de la producción total.

Se ha utilizado para la elaboración de cuerdas, nasas, rellenos de colchones, etc.

Actualmente se le estudia para la formación de plásticos reforzados.

### 5.- TRIGO

Del trigo se genera como desperdicio la paja, que constituye el 8 % en peso de la producción total, lo que representa 193 788 ton.

Actualmente se le utiliza en la industria del papel, y no existen datos respecto a la cantidad absorbida en ésta. Además se pretende usar en la fabricación de tableros aglomerados.

La cantidad no aprovechada es quemada, para que no cause problemas a los cultivos posteriores.

### 6.- MADERA

De los aserraderos se obtiene como desperdicio el serrín en una cantidad aproximada al 50 % del total de la producción de madera. Esto representa una cantidad de 3 342 000 m<sup>3</sup> rollo.

Se estima que se usan 120 000 m<sup>3</sup>/ano, para la elaboración de tableros aglomerados. Dando amplio margen para un nuevo uso.

### 7.- BANANAS

El mameque también arroja grandes desperdicios, y es el bagacillo el que resulta como tal.

La producción nacional fué alta hasta hace algunos años y llegó a ocupar el primer lugar en el mundo. Su uso principal es la producción de fibras. Sin embargo actualmente ésta industria está en crisis debido a que las fibras sintéticas (obtenidas de la industria petroquímica secundaria) las desplazan cada vez más, provocando que su futuro sea incierto. Esta incertidumbre lo aleja de los objetivos planteados.

De la información presentada para la selección de los agregados, elegimos:

a).- Serrín de Madera.

b).- Bagacillo de caña

Por su abundancia y distribución.

c).- Cascariilla de arrón

Por su abundancia, además de que no tiene ningún uso industrial.

Se desechan la fibra de coco y la cascara de café, porque tienen producciones bajas respecto de los otros desperdicios. -- Además, tienen aplicaciones, ya mencionadas. Y la paja de trigo, que tiene aplicaciones industriales; y ahora se le estudia en un proyecto de investigación paralelo a este.

Las propiedades de los materiales seleccionados se presentan a continuación.

#### MADERA

Se denomina así, en general, a los tejidos más o menos duros que constituyen la mayor parte de la masa del tronco y las ramas de los arbustos y que son producidos, en dirección al interior de dichos troncos y ramas. Las paredes de las células de dichos tejidos se encuentran en su mayoría, químicamente modificadas por la acumulación de lignina.

### Composición química:

La madera seca contiene, a parte de las cenizas de 15.9 a 56.9 % de carbono, 6 a 10.0 % de hidrógeno, 0.9 a 1.5 % de nitrógeno, 37.4 a 45.1 de oxígeno. Por otro lado tenemos que se compone de:

Celulosa y hemicelulosas . . . . .	30 a 60 %
Lignina . . . . .	20 a 30 %
Proteínas . . . . .	0.5 a 3.0 %
Resinas y ceras. . . . .	0.7 a 2.0 %
Cenizas . . . . .	0.2 a 2.0 %
Agua . . . . .	10 a 20 %

### Propiedades Físicas.

Dilatación.- El coeficiente de dilatación, es decir, el aumento de longitud de una pieza de un metro por cada grado de temperatura oscila de 0.0000614 a 0.0000341 en sentido radial y entre -- 0.00000257 a 0.00000411 en sentido longitudinal.

Conductibilidad.- Su conductibilidad calorífica es baja por lo que es buen aislante térmico. La conductibilidad eléctrica es pequeña, siendo un buen aislante en este sentido. Su conductibilidad acústica es grande.

higrometricidad.- Absorbe agua o humedad con facilidad, produciendo en las fibras, dilatación en mayor proporción en el sentido radial que en el longitudinal.

### Protección y Conservación.

La mayor parte de las maderas aún cuando estén sumergidas en agua o en contacto directo con aire se conservan por mucho tiempo. Pueden ser afectadas seriamente por parásitos más que por condiciones climatológicas, por lo que se hace necesario someterlas a tratamientos de impregnación con sustancias tales como creosota, sulfato de cobre, cloruro de zinc, cloruro de mercurio.

El serrín de madera, se obtiene de los aserraderos, y su composición, obviamente, es la de la madera, aunque sus propiedades físicas difieren debido a su finura.

#### BAGAZO DE CAÑA

El bagazo esencialmente está formado por fibra cruda, agua, sacarosa y glucosa, cenizas, ácidos orgánicos y cera de caña.

Composición de la fibra:

Celulosa, incluyendo oxixelulosa ( $C_6H_{10}O_5$ ) . . .	55 %
Xilano . . . . .	20 %
Arabano . . . . .	4 %
Lignina . . . . .	15 %
Ac. acético . . . . .	6 %

Se le denomina, bagacillo a los finos obtenidos del procesamiento del bagazo de caña; los cuales tienen la misma composición química del bagazo.

#### CASCARILLA DE ARRÓZ

La cascarilla de arroz es un desecho de tipo agrícola que -- como ya se mencionó anteriormente no tiene aplicación alguna. Se obtiene de las plantas de beneficio.

Su composición química:

Humedad . . . . .	8.49 %
Cenizas . . . . .	26.05 %
Com. nitrogenados, grasas (extracto etéreo) . . .	00.93 %
Celulosa . . . . .	39.05 %
Extracto no nitrogenado . . . . .	23.48 %

Y de esta las cenizas contienen :

Ac. fosfórico, $H_3PO_4$ . . . . .	0.46 %
Potasa, $K_2O$ . . . . .	0.71 %
Cal, $CaO$ . . . . .	0.24 %
Magnesio, $MgO$ . . . . .	0.24 %
Silicio, $SiO_2$ . . . . .	24.40 %

### Propiedades físicas:

La densidad de la cascarilla de arroz es de 1.02 g/cm<sup>3</sup>.

Sus conductibilidades térmica, eléctrica y acústica son bajas.

Su higrometricidad es más baja que la de la madera.

### ADITIVOS

La naturaleza y propiedades de los constituyentes individuales en un compuesto se comportan colectivamente como un resultado de su combinación e interacción.

Esto significa que las propiedades o funciones de los constituyentes no son independientes de los otros, sino interdependientes. Por lo que con base a este principio se decidió en hacer uso de aditivos. Esperando que sus propiedades contribuyan a mejorar las del material; recubrir a los agregados, para inhibir la presencia de sustancias orgánicas que puedan afectar a la matriz.

Evitando también la absorción de agua por parte de los agregados, afectando el fraguado por una mala hidratación.

Procurando, así también, un mejor trabajo de adhesión y de cohesión entre los agregados y la matriz.

En base a las propiedades de los agregados, elegimos a los aditivos.

a).- Como se mencionó anteriormente la madera necesita protegerse de los agentes utilizados para esto el de más bajo costo es la creosota, los otros resultan más costosos, en relación con éste situámoslos fuera de los objetivos planteados.

Ahora bien, aún cuando la creosota es un buen agente, presenta problemas de disponibilidad, debido a que sólo se produce en contadas refineries del país. Por lo que necesitamos otro agente con propiedades similares, seleccionando al diesel, además, de que presenta la gran ventaja de disponibilidad, y el costo es aproximadamente el mismo.

Las propiedades físicas del Diesel son:

Densidad, a 15° C, . . . . . 0.85  
Temperatura inflamación. . . . 80°C  
Temperatura congelación. . . . 0°C  
Índice de cetanos . . . . . 55

b) Además del uso de impregnantes, se utilizarán aditivos de tipo polimérico. Los cuales son usados para la construcción desde hace algún tiempo. Siendo estas: copolímeros del acetato de polivinilo y resinas epoxi.

Para el acetato de polivinilo se tiene:

\* Densidad . . . . . 1.12 g/cm<sup>3</sup>  
No es inflamable.

Epoxi: Bisfenol A y Epiclorhidrina.

Densidad . . . . . 1.14  
f. inflamabilidad .. 71° C  
Viscosidad . . . . . 7 a 11 poises

## CEMENTO

Es un polvo gris, muy finamente dividido, formado por compuestos de óxido de hierro, sílice, alúmina y cal, tales como: silicato dicálcico ( $2\text{CaO.SiO}_2$ ), silicato tricálcico ( $3\text{CaO.SiO}_3$ ), -- aluminato tricálcico ( $3\text{CaO.Al}_2\text{O}_3$ ) y aluminio ferrito tetracálcico ( $4\text{CaO.Al}_2\text{O}_3.\text{Fe}_2\text{O}_3$ ). Se hallan también presentes en forma combinada pequeñas cantidades de sulfuro de magnesio, potasio y sodio.

La mezcla tiene la propiedad de fraguar lentamente cuando se forma una pasta con agua.

## CAL

También llamada caústica o apagada. Es un polvo cristalino blanco y blando, con sabor alcalino ligeramente amargo. Muy poco soluble en agua; soluble en glicerina y ácidos.

Constituida por hidróxido de calcio ( $\text{Ca(OH)}_2$ ) y, que tiene como impurezas carbonato de calcio, sales de magnesio y hierro -- e insolubles alrededor del 2 %.

LIBRO EXPERIMENTAL  
=====

El presente trabajo es el desarrollo de materiales compuestos y el estudio de sus propiedades mecánicas.

Las variables a considerar son relaciones en peso entre los componentes, que son :

- a) .- Agua
- b) .- Cementante
- c) .- Agregado
- d).- Aditivo

AGUA:

La cantidad de agua respecto al cementante es una variable muy importante, porque de esta depende en gran parte el valor de la resistencia del material. Ya que estudios realizados anteriormente -- han determinado que la resistencia varía en relación inversa al contenido en agua entre ciertos límites; los cuales dependen de la cantidad mínima para hidratar la matriz y aquella donde se hace muy -- fluida.

La cantidad de agua para preparar la matriz se expresa como -- una relación en peso del agua por unidad de peso del cementante:

$$p = \frac{\text{Peso de agua}}{\text{Peso de cementante}}$$

CEMENTANTE:

La cantidad de cementante se encuentra restringida por la economía, por lo que se usaran valores mínimos posibles para aglomerar los agregados; se expresara como :

$$k = \frac{\text{Peso de los agregados}}{\text{Peso del cementante}}$$

**AGREGADO :**

La cantidad de agregado se fijó en estudios preliminares, y en función de su tamaño, para la elaboración de un metro cúbico de material.

**ADITIVO:**

La cantidad de aditivo usada es una relación arbitraria, y la expresaremos como  $n$ .

$$n = \frac{\text{Peso de aditivo}}{\text{Peso del agregado}}$$

La expresión anterior se refiere a los aditivos poliméricos, no así para el diesel, para el cual, los agregados se someten a la saturación.

El diseño experimental se muestra en la figura 3.1 donde las relaciones  $p$ ,  $k$  y  $n$ ; ya han sido fijadas.

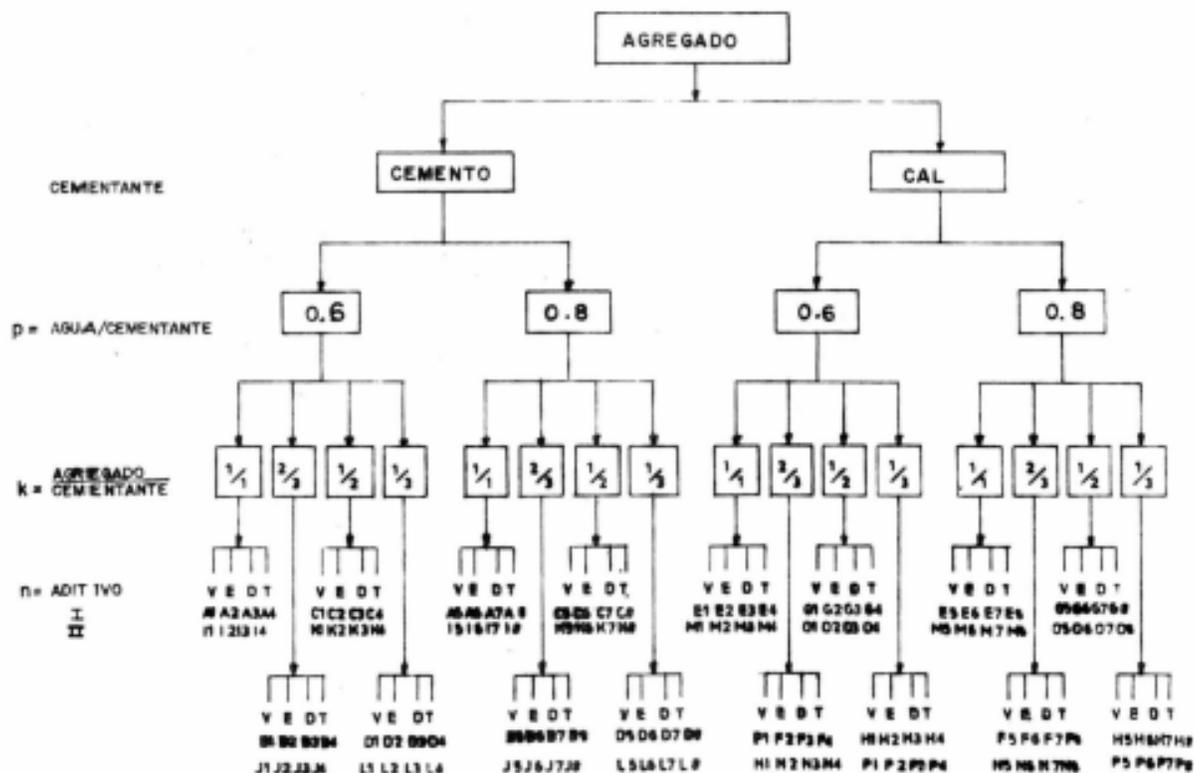


Fig. 3.1 DIAGRAMA ESQUEMATICO DONDE SE MUESTRA EL DISEÑO EXPERIMENTAL CON LAS PROPORCIONES  $p$ ,  $k$ ,  $n$ , YA FIJADAS

V: ACETATO DE POLIVINILO, E: RESINA EPOXI, B: DIESEL, T: TESTIGO

I: SERRIN, II: CASCARILLA

resistencia :

Para el estudio de las propiedades de los materiales, tenemos cuatro aspectos fundamentales para definir sus posibilidades de aplicación en materia de vivienda; y son:

- a).- Resistencia a la compresión.
- b).- Absorción de agua.
- c).- Resistencia al fuego.
- d).- Peso volumétrico.

De los resultados de estas pruebas seleccionaremos los mejores proporcionamientos, para su comparación con los materiales -- convencionales.

Para las pruebas a realizar, no existen normas estandarizadas, para este tipo de materiales. Tomaremos como referencia las normas del A.S.F.M. para el concreto, con ciertos ajustes. Bajo estas normas se elaborarán especímenes para laboratorio, con las especificaciones: geometría cilíndrica, diámetro 76 mm y altura - 152 mm.

#### RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN:

La norma respectiva para el concreto se encuentra clasificada en el A.S.F.M. como c-39-65; y los resultados se deberán informar de la siguiente manera: diámetro promedio (con la aproximación mínima del vernier), área transversal, carga máxima, resistencia a la compresión y edad de ensaye.

#### ABSORCIÓN DE AGUA:

Para esta prueba se propone la siguiente técnica:

Inicialmente el espécimen se pone a peso constante. Se sumerge en agua, a cierto nivel de la superficie. Se determina su peso

en condiciones de superficialmente seco, cada 3 horas durante el primer día y cada 24 horas a partir del segundo, suspendiendo la prueba cuando el peso sea aproximadamente constante. Reportando se el peso inicial (seco), y el aumento en peso.

#### TÉCNICA DE LA PRUEBA:

La técnica propuesta es la siguiente: Someter al espécimen a la acción de una flama (con una temperatura aproximada de 1600°C con un tiempo de exposición de 40 minutos. Para observarse cualitativamente los efectos producidos sobre el material.

#### TÉCNICAS DE PREPARACIÓN:

Para la elaboración de los especímenes procedamos de la siguiente manera:

##### 1.- Agregados.

- a).- Impregnación.- Los agregados se someten a una impregnación con diesel, dejándolos 24 horas sumergidos en él. Secándolos por difusión en 24 horas aproximadamente.
- b).- Recubrimiento.- En este caso se recubren superficialmente con aditivos poliméricos (Acetato de polivinilo y -- resina epoxi).
- c).- Testigos.- Se denomina así aquellos especímenes en que los agregados no son sometidos a ninguno de los tratamientos anteriores. Su finalidad es comparar sus propiedades con los tratados. Y serán elaborados con agregados saturados con agua y en condiciones ambientales.

2.- Matriz.

En este caso particular está constituida por agua y cementante.

Ensayándose diversas relaciones agua-cementante. Se encontró que los límites para  $F$  oscilan entre 0.6 y 0.8 para cemento y 1.1 a 1.5 para cal.

3.- Una vez tratados los agregados y elaborada la matriz, simultáneamente, se procede al mezclado entre ellos. Homogeneizando, - es decir, distribuyendo uniformemente los agregados en la matriz.

4.- Se coloca la mezcla en moldes, compactándola en cuatro capas. Donde permanece siete días para su fraguado.

Posteriormente, se retiran los espécimenes de los moldes para su curado, quedando listos para las pruebas a realizar.

En la figura 3.2 se muestra el diagrama de flujo de la técnica a seguir.

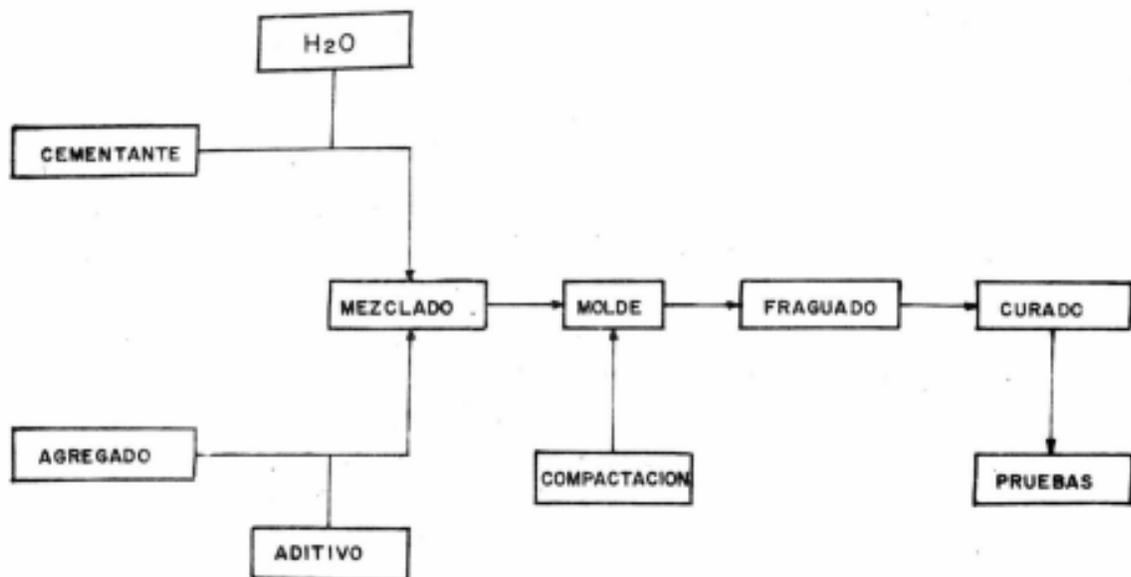


Fig. 3.2. DIAGRAMA DE FLUJO EN QUE SE MUESTRA LA TECNICA SEGUIDA PARA LA ELABORACION DE LOS ESPECIMENES.  
LA ELABORACION DE LA MATRIZ Y EL TRAMIENTO DE LOS AGREGADOS ES SIMULTANEA.

Este capítulo está dedicado al estudio de los resultados obtenidos en los ensayos realizados; así mismo, a la descripción de los fenómenos observados durante estos y en la elaboración de los especímenes. El objetivo es determinar las propiedades de los materiales, para poder conocer sus ventajas y limitaciones y definir sus posibles aplicaciones.

En los materiales elaborados a base de cal, se observó una mala composición independientemente de la relación agua/cal, presentando compuestos con propiedades muy pobres. Por lo que es conveniente ampliar su estudio a fin de obtener un material de mejores propiedades y con mayores posibilidades de aplicación.

En un estudio preliminar de costos, se observó que los materiales cuyos agregados fueron recubiertos con adhesivos, tienen costos excesivos, y se obtuvieron propiedades iguales en algunos casos e inferiores en otros, a las de los materiales convencionales; situándose por consiguiente fuera de los objetivos planteados en el presente trabajo.

Los testigos hechos a base de agregados saturados con agua, presentaron dificultad para aglomerarse, ya que la fluidez de la mezcla impedía formar un compuesto con la cualidad de ser contenido en los moldes. Este fenómeno se presentó en todos los casos; Y consiste en una variación de la relación agua/ceментante para una cantidad de agregados constante.

A continuación se presentan los resultados de las pruebas realizadas; eliminando los materiales mencionados anteriormente.

#### 1.-) Resistencia a la compresión.

Los resultados de esta prueba para los especímenes seleccionados se resumen en la gráfica 1, cuyas coordenadas son la resistencia en  $\text{Kg/cm}^2$  contra la relación agua/cemento. De donde hacemos las siguientes observaciones:

a).- El comportamiento de los testigos tanto de serrín como de cascarilla, hechos a base de agregados a humedad ambiente, es inverso al de los materiales convencionales hechos a base de cemento; es decir la resistencia decrece al disminuir el valor de la relación agua/cemento. Esto se debe a la absorción de agua contenida en la matriz por parte de los agregados disminuyendo así la relación real agua/cemento; manifestándose esto en mayor magnitud en los de serrín, debido a que el serrín es más higroscópico que la cascarilla. Estos especímenes corresponden en la gráfica a las rectas: 1, 3, 5, 7, y 9.

b).- La resistencia de los especímenes, cuyos agregados fueron impregnados con diesel tienen un comportamiento similar a la de los materiales convencionales hechos a base de cemento; puesto que los agregados al estar saturados con diesel no absorben el agua para la matriz. Estos aparecen en la gráfica como las rectas: 2, 4, 6 y 8.

c).- En todos los casos se obtuvo una mayor resistencia en los materiales elaborados a base de agregados impregnados que sus respectivos testigos. Esto se debe a que en los testigos el agregado absorbe agua contenida en la matriz, impidiendo una buena hidratación.

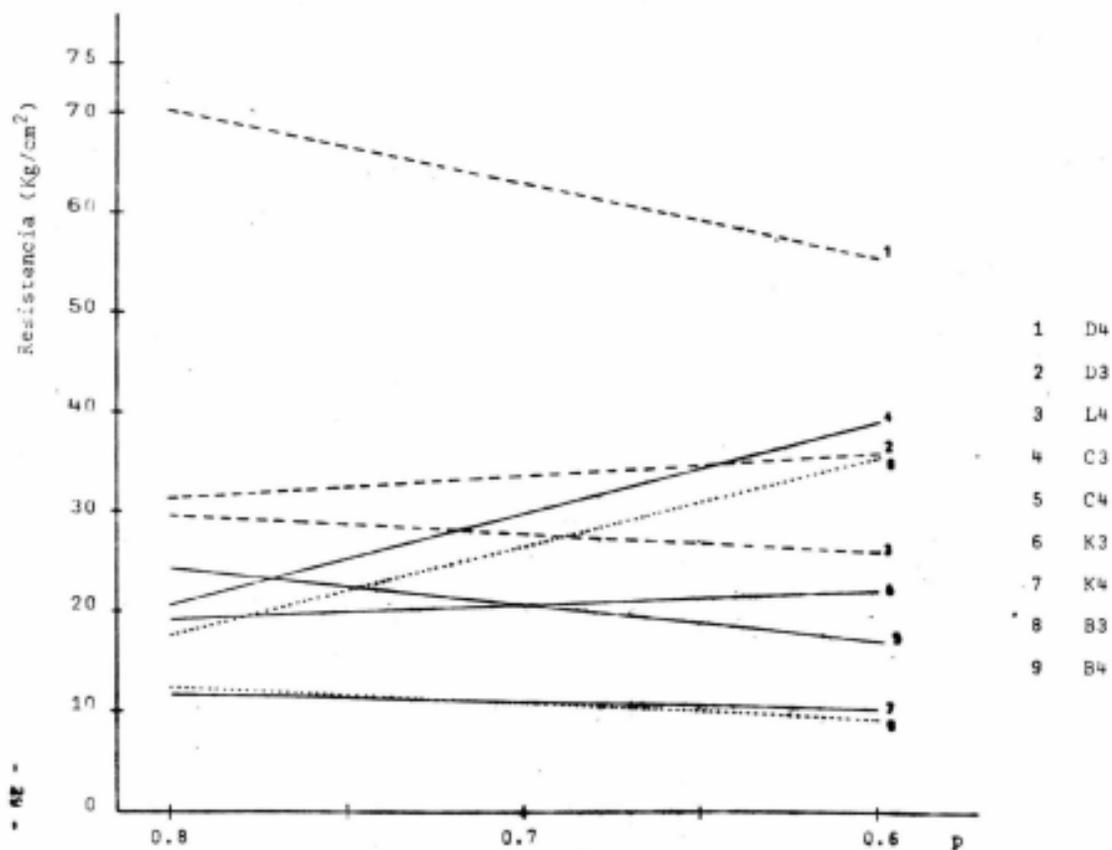
d).- En todos los casos la resistencia de los especímenes -- elaborados a base de serrín, es mayor que la de los de cascariila de arroz. Lo cual se debe a la diferencia en geometría y propiedades entre ellos, de las que podemos mencionar: forma, tamaño, dureza, rugosidad. El aspecto principal de la diferencia en la resistencia es la adhesión interfacial la que es débil en la cascariila.

Algunos de los resultados en las pruebas de compresión, no se consideran representativas. Este punto de vista se justifica, con la observación hecha durante los ensayos de resistencia a la compresión. La mayoría de los especímenes, no presentaban la falla característica, se fracturaban en uno de sus extremos, en la mayoría de los de cascariila, y para los de menor contenido en cemento, en los de serrín.

El extremo, en que se presentaron las fallas, es una zona en donde el agrogado había provocado una segregación de cemento, de la parte superior durante el fraguado. Fenómeno observado en los materiales a base de cascariila; provocado por la dureza y la superficie lisa del agrogado. Esta dificultad se presentó en su elaboración, después de compactarlo manualmente dentro de los moldes.

Las rectas correspondientes a los proporcionamientos\* que no aparecen en la gráfica de resistencia contra relación agua/cemento, se debe a que los materiales no formaron un compuesto, a causa, de que la cantidad de matriz es pequeña respecto a la de los agregados utilizados. En el caso del proporcionamiento  $1\text{kg}/3$  (serrín-diesel) se tuvieron pérdidas considerables de cemento debido a la fluidez de la mezcla, aumentando la relación agua/cemento.

En algunos proporcionamientos, se ensayaron diversas relaciones agua/cemento, obteniéndose un comportamiento lineal de la resistencia con la relación agua/cemento.



Gráfica 1. Resistencia vs. p.

## 2.-) Absorción de agua.

La finalidad de esta prueba es conocer la capacidad del material para absorber agua, así como los daños que esta le puede causar. Los resultados de estas pruebas para algunos de los proporcionamientos, y del ladrillo rojo común se muestran en la gráfica 4-1. De los ensayos de estas pruebas se observó:

a).- Todos los materiales alcanzan la saturación en aproximadamente 24 horas.

b).- Los especímenes que contienen agregados saturados con diesel absorben, aproximadamente la mitad del porcentaje que los testigos. Debido a que el diesel actúa como impermeabilizante en el agregado.

c).- Al disminuir la relación agua/cemento disminuye la capacidad de absorción; así como al aumentar la relación agregados/cemento.

d).- Comparando los de serrín y cascarilla impregnados con diesel, los primeros absorben menor porcentaje de agua, puesto -- que absorben mayor cantidad de diesel.

e).- En el caso de los testigos, los de cascarilla absorben agua en menor proporción que los de serrín; puesto que este es -- más higroscópico.

f).- Los especímenes de bajo contenido en cemento, se desmenuzaron durante la etapa de saturación ( $k=1/1$  y algunos de  $k=2/3$ ).

En la gráfica 2, incremento en peso vs. tiempo, se muestran resultados de algunos proporcionamientos representativos de los materiales desarrollados. Se observa que absorben un menor porcentaje de agua que el ladrillo rojo.

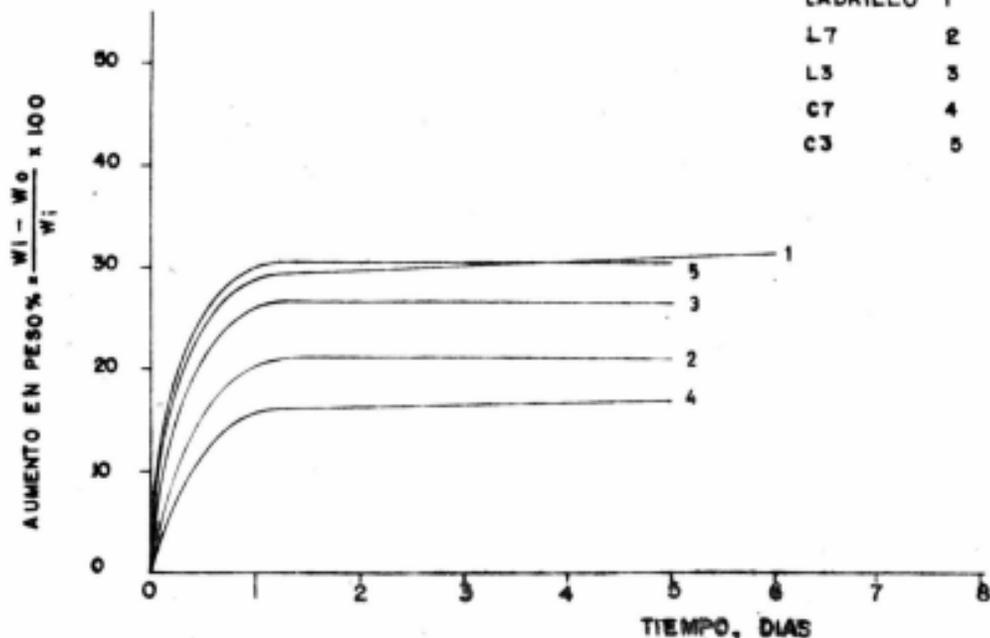


FIG.2. PRUEBA DE ABSORCION DE AGUA. PARA ALGUNOS PROPORCIONAMIENTOS

### 3.-) Resistencia al fuego.

Esta prueba se hace de vital importancia; puesto que estos materiales contienen sustancias inflamables y combustibles.

Se realiza con materiales seleccionados con resistencias mayores a  $15 \text{ Kg/cm}^2$ . Observándose los siguientes efectos.

a).- Para los testigos, tanto de serrín como de cascarilla; no hubo desarrollo de flama. Al finalizar la prueba en el área de incidencia de la flama sólo aparecieron cenizas superficiales. En menor cantidad en los de cascarilla que en los de serrín.

b).- Para los materiales de cascarilla con diesel no hubo aparición de flama, y la aparición de cenizas superficiales fue igual a la de los testigos.

c).- En los de serrín con diesel ( $k=1/3, 1/2$ ) no hubo aparición de flama, sólo cenizas superficiales. En los de bajo contenido en cemento ( $k=1/1, 2/3$ ), después de un tiempo aproximado de 10 minutos de exposición aparecía una pequeña flama, la que se extinguía en 10 segundos aproximadamente después de retirar la fuente, es decir no se desarrollaba la flama. Al concluir el ensaye aparecían cenizas en mayor cantidad que los casos anteriores, por ue el área afectada fue mayor.

d).- Para los materiales a base de bagacillo tuvieron comportamiento similar.

En todos los casos, al terminar la prueba, la cara opuesta a la de incidencia de la flama, no tuvo un cambio apreciable en la temperatura; lo que indica que la conductividad térmica es baja.

Esta prueba se realizó también con ladrillo rojo común, concreto y madera. Observamos que para el ladrillo y concreto aparecieron agrietamientos al finalizar la prueba; y en la cara opuesta la temperatura era considerablemente mayor que antes del inicio de la prueba. La madera en un tiempo aproximado de 3 minutos se carboniza.

Para esta prueba se utilizaron muestras de 7.5 cm de espesor para madera y concreto y 7.0 cm para el ladrillo.

De los resultados obtenidos encontramos que los materiales desarrollados tienen un excelente comportamiento a la resistencia al fuego.

**Toxicidad.-** En las pruebas de resistencia al fuego observamos que la formación de gases de combustión es muy pequeña; a excepción de los materiales a base de bagacillo donde es considerable la aparición de gases; pero menor que en el testigo de madera.

### 1.-) Peso volamétrico.

Es una propiedad importante para el manejo de los materiales puesto que en el programa de autoayuda se pretende que una persona, por sí sola pueda construir su vivienda con una técnica apropiada.

En los materiales desarrollados tenemos que el valor del peso volamétrico oscila de 940 a 1 200 kg/m<sup>3</sup>, dependiendo de la cantidad de cemento contenido en ellos. Para los materiales tradicionales varia, para el concreto de 2 000 a 2 300 kg/m<sup>3</sup> y para el ladrillo común es del orden de 1 900 a 2 100 kg/m<sup>3</sup>.

Esta disminución en peso les proporciona ventajas sobre los materiales convencionales, entre las que tenemos:

- Cimentación: se tiene un importante ahorro en la cantidad de materiales, necesaria para soportar la vivienda; lo que resulta en un abatimiento considerable en el costo.
- Manejabilidad.- Facilita la elaboración de los elementos de la vivienda, así como, su colocación.
- Ductilidad.- Durante los ensayos de resistencia a la compresión se observó que antes del momento de fallar el material sufre grandes deformaciones. Lo que representa una gran ventaja sobre los materiales tradicionales que son frágiles, es decir absorben menor energía de deformación.

## C O N C L U S I O N E S

Nuestra siguiente discusión será sobre las posibles aplicaciones en materia de vivienda de los materiales aquí desarrollados, en base a un análisis de costos y propiedades, comparativamente con los materiales tradicionales.

### Análisis de Costos:

Para este análisis primero obtenemos costo de cada proporcionamiento, sumando los costos de cada constituyente, obteniendo el costo total por proporcionamiento, el cual corresponde al volumen obtenido, y refiriendo este volumen a un metro cúbico obtenemos un factor, el cual multiplicamos por el costo del proporcionamiento nos da el costo por metro cúbico de material. Este se muestra en la 4a. columna de las tablas 3.1 y 3.2.

Relacionando el costo por metro cúbico a la resistencia obtenemos un índice  $z$ , para cada material, mostrando en la quinta columna de las tablas 3.1 y 3.2. Este índice nos representa el costo de la resistencia para cada material, de aquí que es conveniente tener valores pequeños de  $z$ ; este índice nos ayuda a localizar rápidamente el material más económico pero no es satisfactorio. Ya que se puede dar el caso de que dos materiales uno con resistencia alta y costo elevado y otro de baja resistencia y bajo costo, los cuales tengan un índice similar, por esto es necesario hacer una comparación de las resistencias con cada uno de ellos.

En las figuras 3.1 y 3.2, se pueden observar gráficamente las relaciones entre la resistencia, el costo y el índice.

## DIESEL

p=0.8

	k	Peso Volumétrico(Kg/m <sup>3</sup> )	Resistencia(Kg/cm <sup>2</sup> )	Costo(\$/m <sup>3</sup> )	Indice(z)	Identificación
SERRIN	2/3	940	17.66	388.20	21.97	B7
	1/2	1035	20.61	343.42	16.16	C7
CASCARILLA	2/3	847	11.41	161.84	14.18	J7
	1/2	907	19.38	301.85	15.57	K7
	1/3	1097	31.25	401.34	12.82	L7
p=0.6						
SERRIN	1/1	977	14.59	176.99	12.13	A3
	2/3	1145	35.54	362.84	10.20	B3
	1/2	1273	41.20	367.45	8.91	C3
CASCARILLA	2/3	802	-	267.66	-	J3
	1/2	798	22.14	333.00	15.04	K3
	1/3	1401	36.22	426.99	11.79	L3

TABLA 5.1

## TESTIGOS

p=0.8

	k	Peso Volumétrico(Kg/m <sup>3</sup> )	Resistencia(Kg/cm <sup>2</sup> )	Costo(\$/m <sup>3</sup> )	Indice(z)	Identificación
SERRIN	1/1	578	11.14	147.64	13.25	A8
	2/3	720	12.16	209.27	17.07	B8
	1/2	912	24.09	273.48	11.35	C8
	1/3	1220	70.23	396.12	5.64	D8
CASCARILLA	1/1	541	-	125.00	-	I8
	2/3	878	11.78	304.78	26.09	J8
	1/2	781	11.68	304.78	26.09	K8
	1/3	1145	30.10	375.31	12.46	L8

p=0.6

CASCARILLA SERRIN	2/3	709	9.335	207.08	22.18	B4
	1/2	846	17.35	273.76	15.61	C4
	1/3	1112	55.76	396.70	7.11	D4
	1/2	891	10.52	329.43	31.31	K4
	1/3	1170	26.09	365.04	13.99	L4

TABLA 5.2

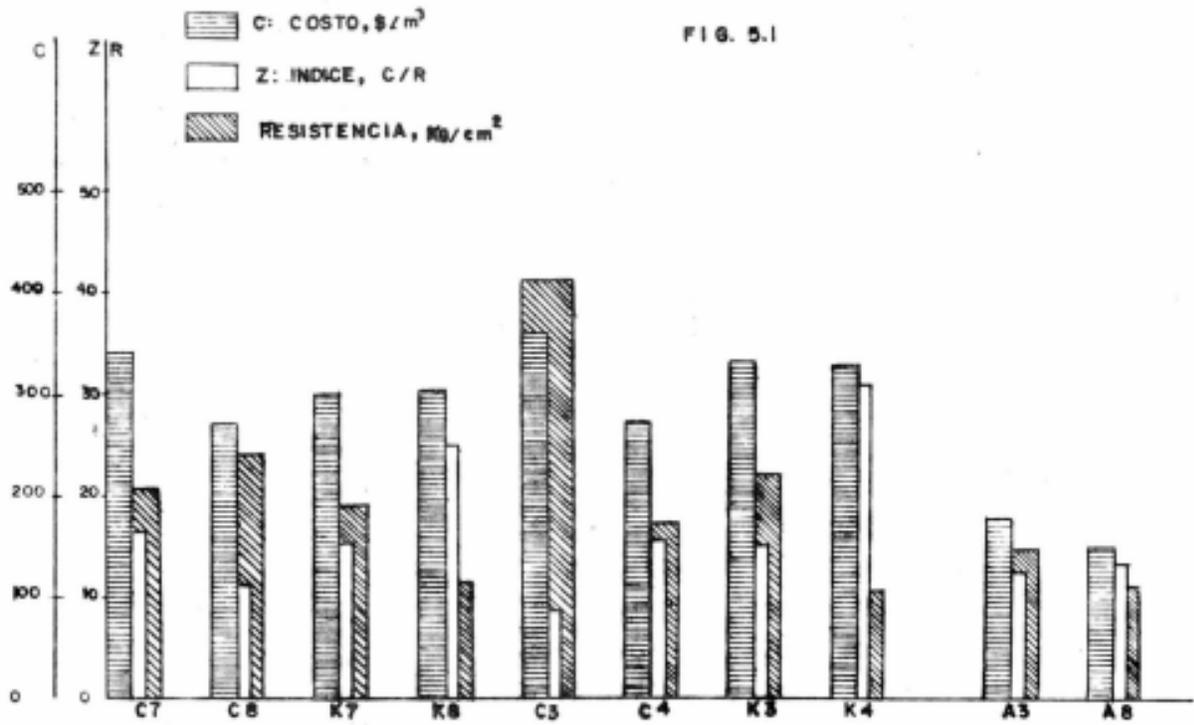


FIG. 5.1

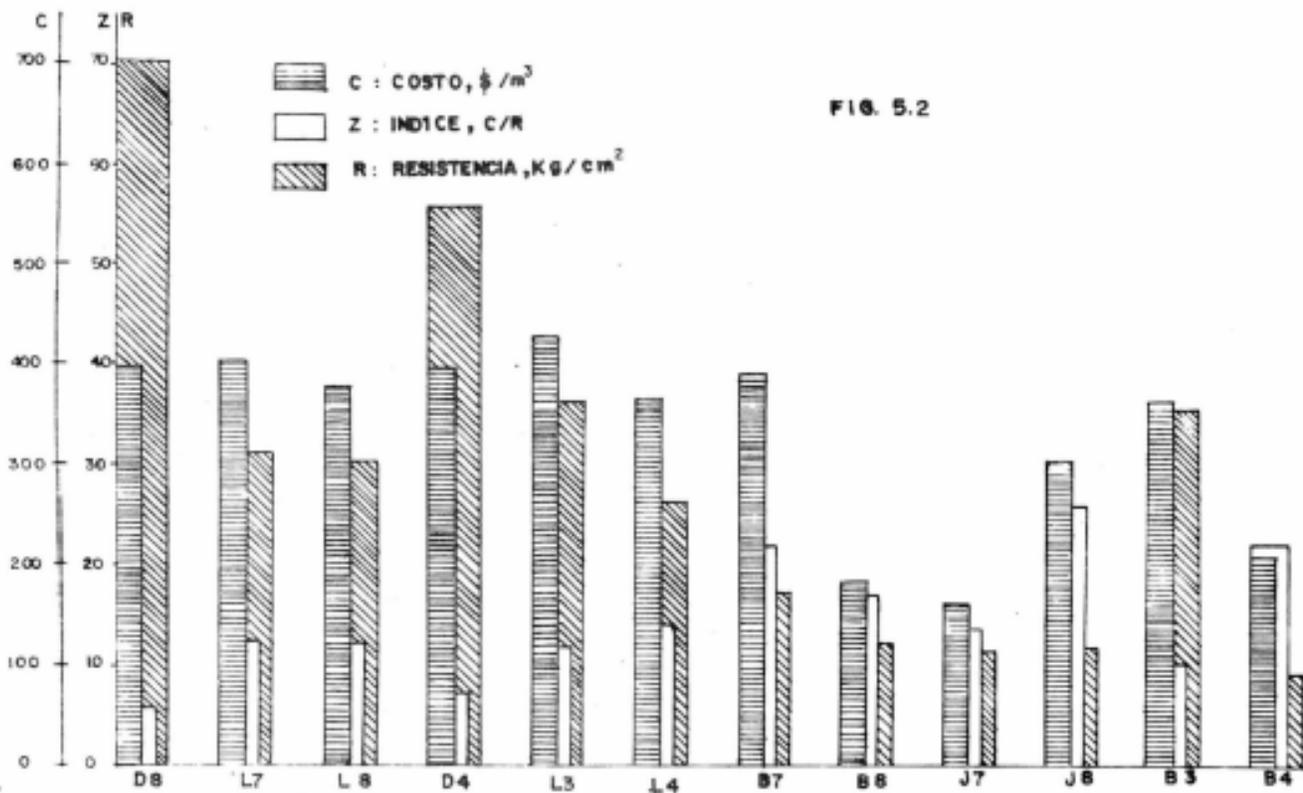


FIG. 5.2

El costo del tabique rojo común ya integrado con mortero, -- sin considerar mano de obra, es de 547.70 \$/m<sup>3</sup>; con una resistencia última de 15.0 Kg/cm<sup>2</sup> dando esto un índice  $\alpha$  de 36.51. El -- costo del block nuevo de concreto; bajo las mismas consideraciones que el anterior, tiene un costo de 640 \$/m<sup>3</sup>; teniendo un índice de 27.83; para una resistencia de 23.0 Kg/cm<sup>2</sup>.

El valor de la resistencia del tabique y del block fueron tomados del reglamento de construcción. La carga última aparece en la tercera columna de la tabla 5.3. El reglamento especifica un coeficiente de seguridad de 2.0 para la resistencia de trabajo en zonas que no se consideran sísmicas, aplicado este factor a la resistencia última se obtienen valores representados en la cuarta columna de la tabla. Para zonas sísmicas se debe considerar un 33 % adicional, los valores de esta resistencia se muestran en la quinta columna de la tabla.

Para los materiales desarrollados se tomarán en cuenta las mismas especificaciones, aún cuando tiene la gran ventaja de ser muy dúctiles. La adopción de estas especificaciones se hace por la poca información que se tiene de estos materiales; por ser este un estudio preliminar de ellos. Para una mejor utilización -- del material, que resultará en una mejora en la economía; se requieren estudios más detallados, que permitan el desarrollo de sus propias especificaciones.

Los valores de %  $\alpha$  y %  $\rho$  (6a. y 7a. columna de la tabla 5.3) estan referidos al ladrillo rojo común, que es el elemento no estructural más utilizado.

T A B L A 5,3

RESISTENCIAL	INDICE	R. ULTIMA (1)	R. PERMISIBLE (2)	R. PERMISIBLE (3)	% Z	% P
LADRILLO BLANCO	36.51	15.00	6.0	4.51	100	100
BLOQUE BLANCO DE CONCRETO,	27.83	23.00	9.2	6.91	76.21	133.00
D8	3.34	70.23	28.1	21.12	15.45	466.2
D4	7.11	55.76	22.30	16.77	19.47	371.73
C3	8.91	41.20	16.48	11.39	24.40	274.67
L3	11.79	36.22	14.48	10.89	32.29	241.47
B3	10.20	35.54	11.21	10.69	27.94	236.93
L7	12.82	31.25	12.50	9.4	35.11	208.33
L6	12.46	30.10	12.04	9.06	34.13	200.67
L4	13.99	26.09	10.43	4.17	38.32	173.94
C8	11.35	24.09	9.64	7.25	31.09	160.60
K3	15.04	23.14	8.86	6.66	41.19	147.6
C7	16.16	20.81	8.25	6.2	44.26	137.4
K7	15.57	16.38	7.65	5.83	42.65	129.2
B7	21.97	17.66	7.06	5.31	60.18	117.73
C4	15.61	17.55	6.94	5.22	45.49	115.67
G1	12.86	56.00	22.40	16.84	35.22	373.33
G3	11.86	47.47	18.98	14.27	32.48	316.47
Z8	17.22	36.6	14.64	11.00	47.17	244.0
Z4	11.10	27.20	10.68	8.18	30.40	181.33

1 Resistencia de fractura.  $Kg/cm^2$

2 Resistencia permisible para zonas no sísmicas.  $Kg/cm^2$

3 Resistencia permisible para zonas sísmicas.  $Kg/cm^2$

4 Especímenes de Bagacillo de caña.

De los materiales desarrollados con resistencias menores de 15 y mayores de  $2.5 \text{ kg/cm}^2$ , aún cuando no compiten en resistencia con el ladrillo rojo común, se sitúan dentro de los límites permisibles para ser usados en la construcción, ya que entre los materiales convencionales, se encuentra el adobe que tiene una resistencia a la compresión de  $2.5 \text{ kg/cm}^2$ , ladrillo ligero de cemento (hueso)  $3.5 \text{ kg/cm}^2$  y tepetate de  $4 \text{ kg/cm}^2$ .

Sugerimos para la aplicación de los materiales desarrollados en vivienda, emplearlos principalmente en muros de carga, en muros divisorios, en firmes (pisos), rellenos de paneles. En general se pueden usar para substituir a todos aquellos materiales -- que no son estructurales (de resistencia mayor de  $100 \text{ kg/cm}^2$ ).

Cabe hacer notar que aún cuando los objetivos del presente trabajo están enfocados a su aplicación en vivienda de interés social, como un estudio preliminar de estos materiales, su aplicación puede extenderse a cualquier tipo de construcción; puesto -- que poseen buenas propiedades acústicas, térmicas, baja flammabilidad, peso volumétrico bajo y ductilidad (la que le proporciona una gran ventaja para la construcción en zonas sísmicas, por la gran capacidad para absorber energía de deformación).

Un aspecto de considerable importancia es la necesidad de mejorar estos materiales, para lo cual existen muchas posibilidades mediante técnicas más elaboradas o industriales, las cuales indudablemente elevarán los costos; pero se obtendrán materiales con propiedades superiores. Como un ejemplo de esto tenemos el proceso de impregnación y polimerización, que consiste en someter a -- una impregnación con monómeros al material precolado (con el ante-desperdicio), que posteriormente es polimerizado. Con este material se obtiene resistencia promedio de  $350 \text{ kg/cm}^2$  que lo sitúa --

dentro de los materiales estructurales. Entre los materiales que pueden ser usados, en un 10 % en peso del compuesto tenemos metil metacrilato, estireno, acrilonitrilo, acetato de polivinilo, bisfenol A, epilclorhidrina, etc. Actualmente estos materiales procesados tienen un costo superior al de los materiales convencionales (grava y arena, principalmente), disminuye en forma considerable; y puesto que se trata de recursos no renovables y muy limitados, surge la necesidad de substituirlos y hacer uso de los desperdicios agrícolas que tienen una tendencia creciente y que de la misma forma aumentan el problema de su eliminación, puesto que es necesario aumentar la producción agrícola. También existen -- procesos de impregnación con sustancias de tipo mineral.

Debido a que el aumento de población es cada día mayor, la necesidad de vivienda es mayor también, generando fuerte presión sobre la necesidad de materiales para construcción; y como se mencionó anteriormente, son recursos no renovables, por lo que será imposible cubrir la demanda en un futuro inmediato. Esto obliga a hacer uso de los desperdicios, para fabricar materiales para todo tipo de construcción.