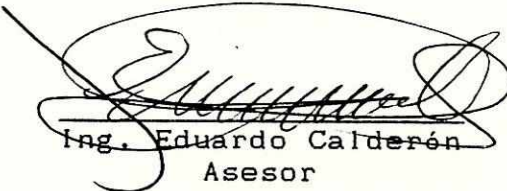


**ELABORACION DE UN CONGLOMERADO AISLANTE
UTILIZANDO COMO MATERIA PRIMA RECURSOS
MINERALES NATURALES DE GUATEMALA**

(f)

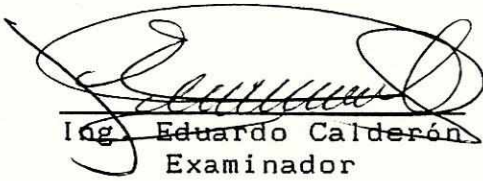

Ovidio Villeda Lizama
Autor

(f)

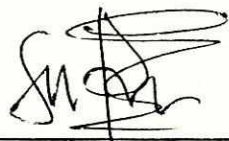

Ing. Eduardo Calderón
Asesor

Tribunal Examinador


(f)


Ing. Eduardo Calderón
Examinador

(f)


Ing. Oscar Gil
Examinador

(f)


Ing. Marco Antonio Custodio
Examinador

Fecha de aprobación: 28 de Octubre de 1,993



UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ciencias y Humanidades
Departamento de Ingeniería Química

ELABORACION DE UN CONGLOMERADO AISLANTE
UTILIZANDO COMO MATERIA PRIMA RECURSOS
MINERALES NATURALES DE GUATEMALA

OVIDIO VILLEDA LIZAMA

Tesis presentada para
optar al grado académico de
Licenciado en Ingeniería Química

Guatemala

1,993

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por todo lo que me ha dado en mi camino por la vida.

A mis padres, por el apoyo incondicional que me han brindado en mi vida.

A mi hermana Rita, por su apoyo y ayuda.

A todas las personas que de una u otra manera permitieron la realización del presente trabajo de tesis.

INDICE

		Página
	RESUMEN	xi
I.	INTRODUCCION	1
II.	ANTECEDENTES	3
	A. Yeso	3
	B. Aislamiento térmico	7
	C. Aislamiento acústico	8
	D. Instalación de aislantes térmicos y acústicos en techos	12
	E. Aglutinantes o endurecedores	13
III.	JUSTIFICACIONES	16
IV.	OBJETIVOS	17
V.	HIPOTESIS	19
VI.	METODOLOGIA	20
VII.	RESULTADOS	23
VIII.	DISCUSION DE RESULTADOS	38
IX.	CONCLUSIONES	44
X.	RECOMENDACIONES	46

		Página
XI.	BIBLIOGRAFIA	48
	ANEXOS	51
	A. Resultados análisis químico de materias primas	52
	B. Métodos experimentales	55
	C. Hoja técnica de resina Mowillith DM 21	60
	GLOSARIO	63

INDICE DE TABLAS

	Página
1. Análisis químico de materias primas	24
2. Análisis físico de conglomerados aislantes	24
3. Resultados aislante nacional	25
4. Resultados aislante importado	27
5. Resultados aislante producido formulación 1	29
6. Resultados aislante producido formulación 2	31
7. Resultados aislante producido formulación 3	33
8. Resultados análisis químico de CaSO_4 en yeso	52
9. Resultados análisis químico de CaSO_4 en yeso analítico	52
10. Resultados análisis químico de CaCO_3 en yeso	53
11. Resultados análisis químico de CaCO_3 en yeso analítico	53

INDICE DE FIGURAS

	Página
1. Paneles de cielo falso	6
2. Capas de acabado sobre tabiques de madera	7
3. Corte transversal de un fono absorbente	10
4. Loseta aislante	11
5. Colocación de cielo falso (suspendido)	13
6. Cielo falso de una biblioteca	13
7. Gráfica de espesor aislante nacional	26
8. Gráfica de densidad aparente aislante nacional	26
9. Gráfica de resistencia aislante nacional	26
10. Gráfica de espesor aislante importado	28
11. Gráfica de densidad aparente aislante importado	28
12. Gráfica de resistencia aislante importado	28
13. Gráfica de espesor aislante producido formulación 1	30
14. Gráfica de densidad aparente aislante producido formulación 1	30
15. Gráfica de resistencia aislante producido formulación 1	30
16. Gráfica de espesor aislante producido formulación 2	32
17. Gráfica de densidad aparente aislante producido formulación 2	32
18. Gráfica de resistencia aislante producido formulación 2	32

	Página
19. Gráfica de espesor aislante producido formulación 3	34
20. Gráfica de densidad aparente aislante producido formulación 3	34
21. Gráfica de resistencia aislante producido formulación 3	34
22. Gráfica comparativa de espesor en conglomerados aislantes	35
23. Gráfica comparativa de densidad aparente en conglomerados aislantes	36
24. Gráfica comparativa de resistencia en conglomerados aislantes	37
25. Gráfica de análisis químico de CaSO_4 en yeso	54
26. Gráfica de análisis químico de CaCO_3 en yeso	54

RESUMEN

Utilizando un método de análisis físico se establecieron algunas características diferenciales entre tres tipos de conglomerados aislantes; dos de ellos fueron obtenidos en el mercado, uno nacional y otro importado, el tercero, producido a pequeña escala en laboratorio con materias primas locales.

El análisis químico de materias primas mostró que se puede lograr en Guatemala yeso de buena calidad, obteniéndose yeso con 87% de sulfato de calcio, con una cantidad de carbonatos en un grado despreciable $< 2.00\%$ atribuible a reacciones de intemperización y cocción del mineral (22).

El análisis de espesor (mm), densidad aparente (g/cm^3) y resistencia (kPa) indicó respectivamente:

5.30 mm/ 1.27 g/cm^3 / 5436.9 kPa para el conglomerado nacional,
17.0 mm/ 0.20 g/cm^3 / 1231.9 kPa para el conglomerado importado
y 14.8 mm/ 0.55 g/cm^3 / 2128.7 kPa para el conglomerado producido.

Las diferencias encontradas en los parámetros estudiados, luego de un análisis de varianza (ANDEVA), son significativas y proveen bases para caracterizarlos.

En el conglomerado producido, la adición de una resina sintética mostró claras ventajas sobre el uso de un solo

aglutinante como el carbonato de calcio, adicionando características al producto, como la impermeabilidad y resistencia adicional a la lograda con el carbonato de calcio como aglutinante; por otro lado, se considera que el estudio provee bases para formulaciones más exigentes y en mayor escala.

I. INTRODUCCION

Debido a la riqueza mineral que el país posee, se ha pretendido, en los últimos tiempos, emplearlos como materia prima en la elaboración de productos de óptima calidad a bajo costo (3).

Siendo el yeso y el desperdicio de madera abundantes en nuestro país (14) y fácilmente explotables, se puede dar una gran variedad de usos. (11)

En Guatemala se fabrican actualmente conglomerados aislantes de diferentes clases, que también utilizan el yeso como materia prima principal; otros se importan para cubrir la demanda y en algunos casos se utilizan materiales que no cumplen con los códigos de seguridad como la fibra mineral y el duroport (espuma de poliestireno extendido) (10) utilizado como cielo falso (cielo suspendido) o relleno en tabiques aislantes respectivamente.

Las principales ventajas de los productos importados sobre los nacionales son: la calidad en la presentación, la variedad de colores, la facilidad de colocación, la baja densidad aparente y la resistencia.

Con el fin de evitar que el yeso se despolvoree se utilizan aglutinantes como el hidróxido de calcio (lechada de cal) o carbonato de calcio (calcita finamente pulverizada

CaCO₃) (12). Ambos existen en abundancia en Guatemala y, por lo tanto, su precio es incluso bajo; además estos aglutinantes dan el efecto de resistencia que se desea.

El presente trabajo establece los componentes y sus proporciones para el aglutinamiento del yeso en la producción, a nivel de laboratorio, de un conglomerado aislante duro y resistente, con espacios llenos con viruta de madera para obtener un producto de igual o mejor calidad que los productos que actualmente se encuentran en el mercado, empleando materias primas netamente nacionales.

I I . ANTECEDENTES

A. Yeso

1. Yacimientos

El yeso se encuentra muy esparcido en todas partes del mundo. En Guatemala, según el ministerio de Energía y Minas, se encuentra yacimientos de yeso en Alta Verapaz, Baja Verapaz, Chiquimula, Izabal, Jutiapa, El Quiché, Santa Rosa y Huehuetenango (8).

2. Origen

Se le llama también Sulfato de Calcio, Sulfato cálcico, Sulfato de cal y cal sulfatada. Su fórmula es $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (25).

3. Tipos de yeso

a. Yeso de estuco: Para obtener yeso de estuco, debe evitarse en lo posible temperaturas superiores a 150-160 °C en la calcinación. Su densidad aparente es 2.6 g/cm³ y su porcentaje de agua esta entre 6 y 7 % w/w. Este sirve para obtener figuras, impresiones, vendajes, crayones, etc.

- b. Yeso de pavimento o hidráulico: Este tipo de yeso se calienta en hornos hasta el rojo incipiente, éste no contiene nada de agua de cristalización, su densidad aparente es de 2.9 g/cm³. Este yeso admite agua en menor proporción. Tarda en fraguar (endurecer), pero tiene mayor densidad aparente y es más compacto con relación al yeso de estuco (12).

4. Usos del yeso

El yeso tiene múltiples aplicaciones en una gran variedad de campos. Por ejemplo, se utiliza en la agricultura en cantidades de 200 a 400 Kg/Ha. con el fin de incrementar la concentración de azufre y calcio en el suelo. En la construcción se emplea como mortero para unir a otros materiales en capas de enlucidos (acabados lisos en paredes, blanqueado), como material aislante. (25)

En la industria tiene usos como la fabricación de barras de yeso para escritura, etc.

- a. Usos como aislante térmico y acústico.

El yeso se emplea en forma de listones, cartón de yeso y tabiques, así como en plancha de fibra de madera impregnada, paneles (7), la mayor parte de

estos con fines aislantes o estéticos. Cuando a éste se le agrega un retardante del fraguado (endurecimiento) y se mezcla con fibras de madera se vende con el nombre de yeso ligado o envirutado. Tiene excelentes características de resistencia al fuego pero, en ambientes de alta humedad o cuando se somete a humedecimientos intermitentes, no funciona(20).

Uno de los usos comerciales como aislante acústico y térmico es en cielos falsos (rasos) o plafones, el cual se encuentra en diferentes formas, una de ellas es un alma de yeso y dos láminas de papel o cartón externas firmemente adherido al alma, utilizado en la actualidad para tabiques, muros y cielos falsos. La superficie es adecuada para recibir pintura, papel tapiz, etc. (7) Se fabrican generalmente en espesores de 9.5 y 12.7 mm (3/8" y 1/2") y según la norma británica, se clasifica como una sustancia de muy baja propagación de la llama. Cuando los paneles se utilizan para cielos falsos, se fijan al techo unos soportes de metal dejando colgar unos centímetros. Los paneles se fijan a estos soportes para obtener una superficie de cielo falso (raso)

seca, térmicamente aislante y absorbente del sonido (ver fig.1)(11).

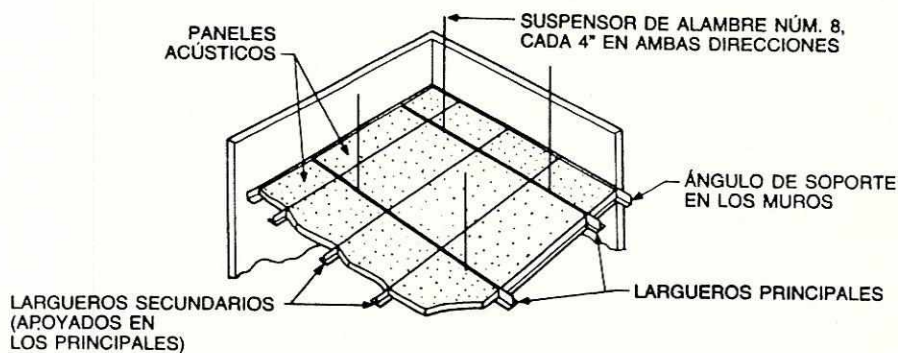


Fig. 1 Paneles de cielo falso (suspendido)

En muchos casos, para aumentar su capacidad aislante, se colocan sobre estos mantas de fibra de vidrio o fibra mineral. Actualmente se han desarrollado sistemas de cielos falsos únicamente con fibra de vidrio o fibra mineral o con duroport (espuma de poliestireno extendido), (10) cuyas propiedades en algunos casos cumplen con una de las características aislantes (3) (24) (11) (7).

Se fabrican también planchas de lana de madera impregnadas. Estas se hacen comprimiendo fibras de madera en forma de planchas e impregnándolas bajo

presión con cemento de yeso, para producir unidades petrificadas de peso ligero. Son ampliamente utilizadas en la construcción de edificios con fines de aislamiento, principalmente para techados (3) (ver fig. 2)



Fig. 2 Dos capas de acabado aplicadas sobre un entablado de entrepaños de yeso perforados, fijos sobre pies derechos de madera.

Como cielos falsos o plafones, se utilizan para evitar el desgaste de la estructura del edificio, mejorar la estética y sirven perfectamente para controlar el ruido (17).

B. Aislamiento térmico.

El aislamiento térmico tiene cinco fines principales: aumentar la comodidad en la viviendas; conservar el calor o alguna otra forma de energía; facilitar el control de

la temperatura en un proceso químico; reducir la temperatura del casco de un recipiente sometido a presión y controlar la temperatura exterior del espacio aislado (11).

La baja conductividad térmica es la propiedad que distingue a los aislantes térmicos. La conductividad térmica se define como " el número de calorías que en la unidad de tiempo atraviesa un área igual a la unidad, de una sustancia homogénea, bajo la influencia de una diferencia de temperatura, en dirección perpendicular a la superficie " (18) (16) (19). Otras características que distinguen a los aislantes térmicos son la resistencia mecánica, la dureza, la densidad aparente, la compresibilidad, el calor específico, la resistencia a la temperatura, el coeficiente de dilatación térmica, etc. (18) Además los aislantes deben ser inertes a los vapores y líquidos a los cuales pueden ponerse en contacto (17).

C. Aislamiento acústico

Los materiales de construcción que se usan en edificios acústicos pertenecen a dos grandes clases que corresponden a las dos principales divisiones de la ingeniería acústica aplicada a la construcción de edificios (7). La primera clase comprende los materiales

fonoabsorbentes (absorbentes del sonido), que se emplean para la regulación de la acústica en cuartos interiores. Los fonoabsorbentes se fabrican normalmente con fibras minerales o vegetales, con aglomerados porosos o granulares, con elastómeros espumosos (polímeros con propiedades elásticas) y otros productos aglutinantes para proporcionar la integridad estructural requerida (7). Debido a su estructura ligera y porosa, estos productos son muy frágiles. Como protección se pueden recubrir con materiales perforados y porosos, pero firmes y fuertes (20). La segunda clase comprende los materiales aislantes del sonido o vibraciones, que se utilizan para aislar un edificio o parte de él de los sonidos o vibraciones procedentes del exterior (17).

El diseño acústico requiere la consideración de muchos factores: peso, rigidez y hermeticidad de la construcción; tamaño y forma de los espacios interiores y situación y clase de los focos de sonido en el edificio. La construcción de casi todos los materiales absorbentes del sonido consiste en un aglomerado de fibras o partículas y poros capilares interconectados (17) (ver fig. 3).

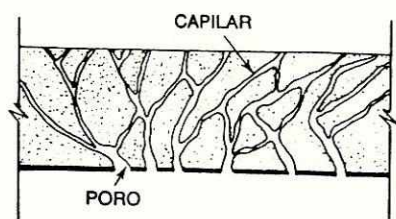


Fig. 3 Corte transversal de un buen fonoabsorbente (absorbente del sonido) muy ampliado

La capacidad fonoabsorbente (absorbente de sonido) de un material varía según su espesor, densidad aparente, porosidad, resistencia al flujo y reducción de ruido (11). Las dos propiedades más importantes de los fonoabsorbentes son el tamaño y la longitud del poro, las que se especifican con las cantidades más mensurables: densidad aparente y espesor. En un material de naturaleza heterogénea, con poros enteramente comunicantes, la longitud de poro está relacionada al espesor y el diámetro de poro a la densidad aparente. Con la mayor parte de los materiales aislantes comerciales es posible, mediante formulación y utilizando la densidad aparente, obtener excelentes resultados con el espesor de una pulgada (26). Entre las clases de fonoabsorbentes (absorbentes de sonido) tenemos las planchas, losetas o ladrillos de fibra con aglutinante o sin él. La fibra puede ser de madera, lana de roca, lana de vidrio, bagazo, paja, etc. También tenemos los fabricados con un aglomerado de corcho y que se pueden utilizar como aglutinante, cemento portland(17).

Además de las propiedades ya mencionadas, los materiales absorbentes del sonido deben tener otras características, por ejemplo, deben ser construidos e instalados de tal forma que sea fácil mantenerlos en buen estado; esto es: deben ser lavables o pintables; se han de ajustar a los reglamentos vigentes de construcción y si se requiere un material ignífugo (que protege contra incendios), deben tener esta propiedad (26). Es importante la resistencia a la humedad y condensación. En vista que, actualmente, se posee fibras y materiales que tienen estas características, lo más importante es la selección del aglutinante (ver fig. 4) (2).

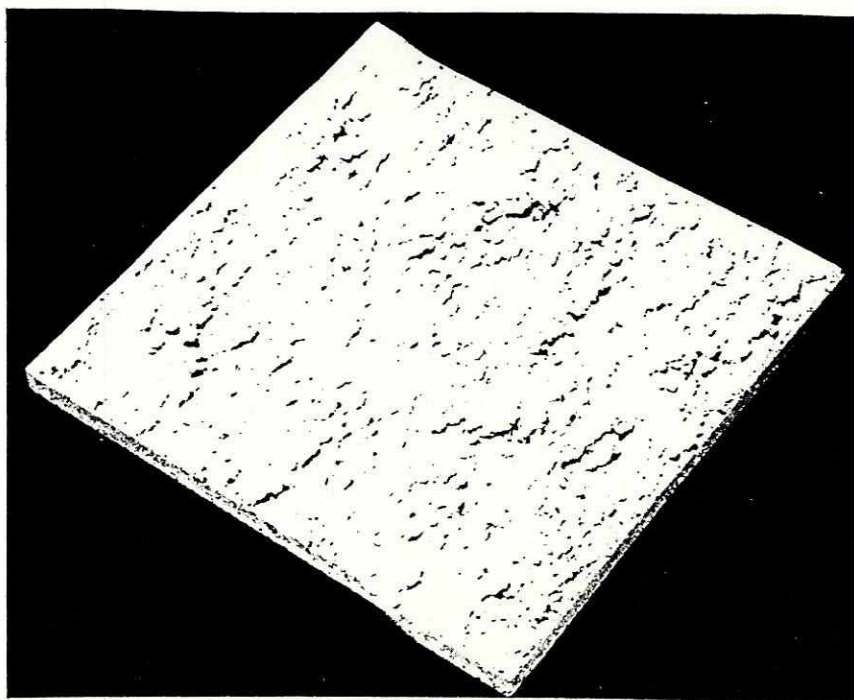


Fig. 4 Loseta aislante acústica de superficie con aspecto de travertino (poroso)

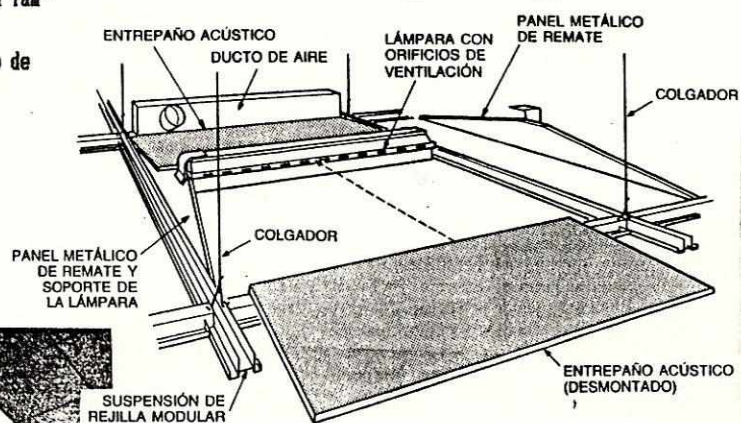
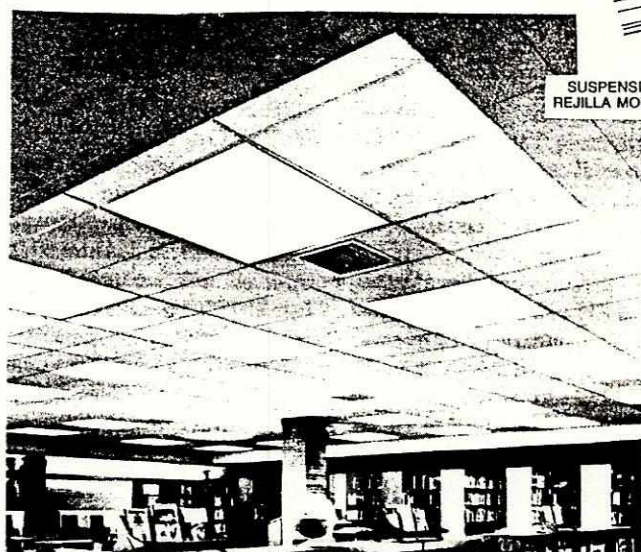
D. Instalación de aislantes térmicos y acústicos en techos

Existen seis métodos para instalar los aislantes para techos:

1. Aplicación normal: En ella el aislantes se fija al techo con sujetadores mecánicos, clavos, adhesivos o asfaltos.
2. Concreto aislante de peso ligero: Se convierte en parte integral de la losa básica.
3. Fijo al lado inferior de la losa.
4. Como parte de cielo falso o plafón: que pende debajo de la losa y está separado de ésta por un espacio ventilado (ver figs. 5 y 6).
5. El sistema de techumbre invertida: en que el aislante se coloca por encima del recubrimiento impermeable y luego se cubre con piedra o grava.
6. Techumbre de poliuretano espumado en su sitio: se fabrica en la obra mediante equipo de espumado.

El método de colocación depende del tipo de aislante. En la actualidad por su facilidad de instalación y de mantenimiento los aislantes mas comunes en edificios, hospitales, oficinas, etc. son los techos suspendidos llamados cielos falsos o plafones (4) (26) (1).

Fig. 5 Cielo falso acústico, que incluye una lámpara para y ductos de aire, suspendidos por debajo de un entrepiso. ▶



◀ Fig. 6 Cielo falso de una biblioteca, a base de entrepaños y losetas acústicas, al que se integraron paneles de iluminación.

E. Aglutinantes o endurecedores

Para la construcción y otros usos como yesos de escritura y tizas para sastrería, el yeso debe tener una mayor consistencia que la normal y no debe causar desprendimiento de polvo. Los aglutinantes o endurecedores del yeso tradicionales son: Bórax, Alumbre, Carbonato de calcio (calcita molida), Sulfato de Potasio, Sulfato de cinc; Estos actúan formando sales dobles con el sulfato de calcio (13). El más barato y funcional es la lechada de cal o Hidrato de cal al 10 %, que es un excelente

endurecedor por formación de carbonato de calcio por absorción de CO_2 atmosférico (27) (21) (22). Para dar al yeso las características deseadas debe mezclarse con un compuesto aglutinante, que le dé esas características anteriores mediante el aglutinamiento del mismo.

Para lograr el aglutinamiento, se mezcla el yeso con cal apagada (que actúa como aglutinante) en la proporción de 6 partes de yeso por 1 parte de cal. Opcionalmente se puede extender sobre una solución de sulfato de hierro o cinc (17).

Independientemente del aglutinante que se use, existen varias formas de aplicar el mismo al yeso:

1. Agregar una suspensión acuosa del aglutinante al yeso y dejar fraguar (endurecer).
2. Agregar el aglutinante en polvo al yeso crudo y luego cocer en horno a 400°C por 3 horas.
3. Una vez fraguado (endurecido) el yeso, el aglutinante se aplica como una solución de bórax (tetraborato de sodio) o alumbre (sulfato doble de aluminio y un metal monovalente). Posteriormente se lava con una suspensión jabonosa. Si se quiere afinar el yeso, se

usa agentes orgánicos de impregnación, por ejemplo, aceite de linaza, parafina o solución amoniacal de caseína. Este método de aplicación del aglutinante se llama procedimiento de encauste (17).

I I I . J U S T I F I C A C I O N E S

Actualmente, en la industria de la construcción, se utilizan en gran medida los sistemas aislantes en techumbres y paredes, los cuales, en su mayoría, se importan o bien se utilizan para tal fin, materiales que no cumplen con los requerimientos de seguridad. Es por ello que el país necesita aprovechar al máximo los recursos naturales y minerales que posee, utilizándolos como materia prima en la fabricación de productos que actualmente se importan, de igual o mejor calidad.

En la región centro americana no existe ningún tipo de empresa o tecnología para la fabricación de este tipo de materiales y es por ello que empresas nacionales como DECOVI y Agri-Lab, ven la necesidad de crear bases para la formulación de este tipo de materiales aislantes, encontrar la manera de utilizar los desperdicios procedentes de otras actividades y la creación e implementación de tecnología, para el desarrollo del país.

IV. OBJETIVOS

A. Generales

1. Aprovechamiento de la viruta de madera y el yeso mineral ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) como materia prima en la elaboración de un conglomerado aislante de calidad similar a los conglomerados aislantes importados.

B. Específicos

1. Determinar las características químicas y físicas de los conglomerados aislantes, utilizando lechada de cal como aglutinante a una concentración dada en la elaboración.
2. Elaborar una técnica de producción de conglomerados aislantes, utilizando para ello materia prima nacional en su totalidad.
3. Establecer parámetros de comparación entre las diferentes clases de conglomerados aislantes:
Fibrolit Nacional (fibras de celulosa con cemento

prefabricado, DURALITA),
Importado de fibra mineral,
Producto objeto del presente trabajo.

V. HIPOTESIS

Utilizando materia prima nacional en su totalidad, es posible fabricar, en Guatemala, conglomerados aislantes con una calidad similar a los conglomerados aislantes importados.

VI. METODOLOGIA

A. Procedimiento

1. Obtención del material

yeso, cal, carbonato de calcio pulverizado, aislantes nacional e importado.

2. Tratamiento de la muestra

Las muestras de aislantes no sufrieron algún tratamiento previo.

B. Experimentación

1. Fabricación de conglomerado aislante:

a. Formulación 1: Yeso con carbonato de calcio al 10 % w/w, viruta de madera y agua.

b. Formulación 2: Yeso con cal hidratada al 10 % w/w, viruta de madera y agua.

- c. Formulación 3: Yeso con carbonato de calcio al 10 % w/w, viruta de madera y una solución al 20 % v/v de resina Mowillith DM21.

C. Análisis

Los análisis que se efectuaron en los conglomerados aislantes se mencionan a continuación (ver sección de anexos para su descripción detallada).

1. Análisis químico de materias primas

- a. Sulfato de calcio.
- b. Carbonato de calcio en yeso.

2. Análisis físico

- a. Densidad aparente.
- b. Espesor.

3. Análisis de resistencia

- a. Resistencia de una pieza de aislante.

Respecto de los análisis químicos, las dos primeras pruebas mencionadas anteriormente, nos dan un índice de la calidad en la materia prima principal que se utiliza en la fabricación del conglomerado.

En cuanto a las formulaciones para la fabricación, se utilizaron para establecer los componentes y las proporciones más adecuadas para el aglutinamiento del yeso y la viruta de madera.

Los análisis físicos realizados a las muestras de conglomerados dan las bases para su caracterización.

Finalmente el método estadístico usado para la caracterización y diferenciación de los conglomerados aislantes fue un análisis de varianza de una vía (ANDEVA).

VII. RESULTADOS

Las muestras analizadas se obtuvieron de la siguiente manera:

Dos de ellas en el mercado, una de tipo nacional y la otra importada. La tercera muestra fue producida, a pequeña escala, en laboratorio con materias primas locales. Los conglomerados analizados fueron:

- Conglomerado aislante nacional (Fibrolit), su color natural es gris.
- Conglomerado aislante importado (de fibra mineral), su color natural es gris, con una película de pintura de color que da la textura.
- Conglomerado aislante objeto del presente trabajo, su color natural es blanco.

En las tablas 1 y 2 se presenta un resumen de las determinaciones realizadas, las cuales se encuentran desglosadas en las páginas siguientes.

Tabla 1. Análisis químico de materias primas

Análisis químico de materias primas		
Yeso	% CaCO_3	% CaSO_4
Nacional	1.57	87.28
Grado analítico	0.44	98.66

Tabla 2. Análisis físico de conglomerados aislantes

Análisis físico					
Aislante	Largo (cm)	Ancho (cm)	Espesor (mm)	Densidad aparente (g/cm^3)	Resistencia (kPa)
Nacional	60.04	59.60	5.30	1.27	5436.9
Importado	58.40	58.33	17.00	0.20	1233.9
Producido					
Formulación 1	59.80	59.65	14.30	0.74	1825.2
Formulación 2	59.95	59.10	15.30	0.66	1504.9
Formulación 3	60.00	59.40	14.80	0.55	2128.7

Nota:

Formulación 1: Yeso + CaCO_3 + viruta de madera + agua

Formulación 2: Yeso + $\text{Ca}(\text{OH})_2$ + viruta de madera + agua

Formulación 3: Yeso + CaCO_3 + resina + viruta de madera + agua

RESULTADOS DEL ANALISIS FISICO DE LAS MUESTRAS DE LOS
CONGLOMERADOS AISLANTES

NACIONAL (FIBROLIT)

TABLA 3. Resultados aislante nacional

Muestra	Masa (g)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Espesor (mm)	Densidad aparente (g/cm ³)	Resistencia (kPa)
1	2520.00	60.00	59.60	5.00	1.41	5442.6
2	2587.20	60.00	59.60	6.00	1.21	5445.5
3	2438.40	60.00	59.20	5.00	1.37	5435.7
4	2353.60	60.00	59.20	5.00	1.33	5427.9
5	2364.80	60.00	59.60	6.00	1.10	5432.8
6	2396.80	60.00	59.60	5.50	1.22	5430.8
7	2316.80	60.00	59.60	5.50	1.18	5442.6
8	2326.40	60.40	59.60	5.00	1.29	5440.6
9	2220.80	60.00	60.40	4.50	1.36	5437.7
10	2391.60	60.00	59.60	5.30	1.27	5432.8
Media	2391.64	60.04	59.60	5.30	1.27	5436.9
Desv. Std	99.07	0.12	0.31	0.05	0.09	5.54
% C. Var.	4.14	0.20	0.52	8.59	7.25	0.10

Fig. 7 Gráfica de espesor en aislante nacional

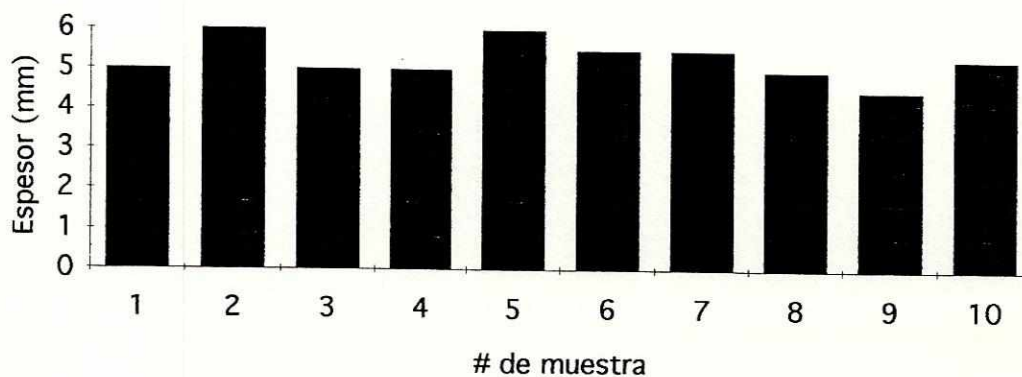


Fig. 8 Gráfica de densidad aparente en aislante nacional

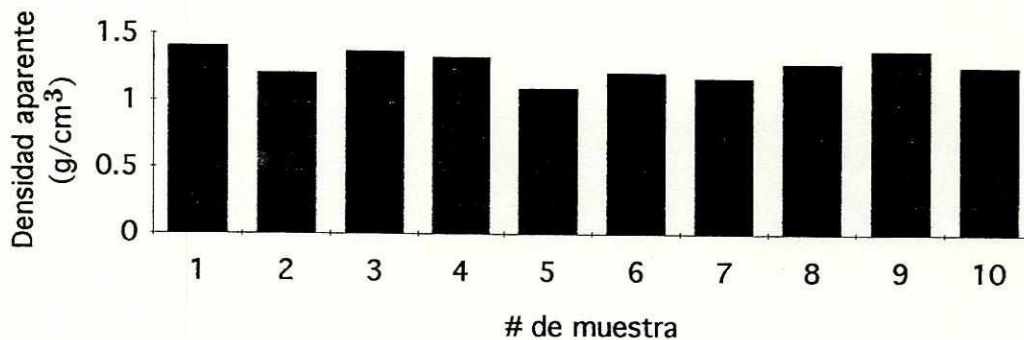
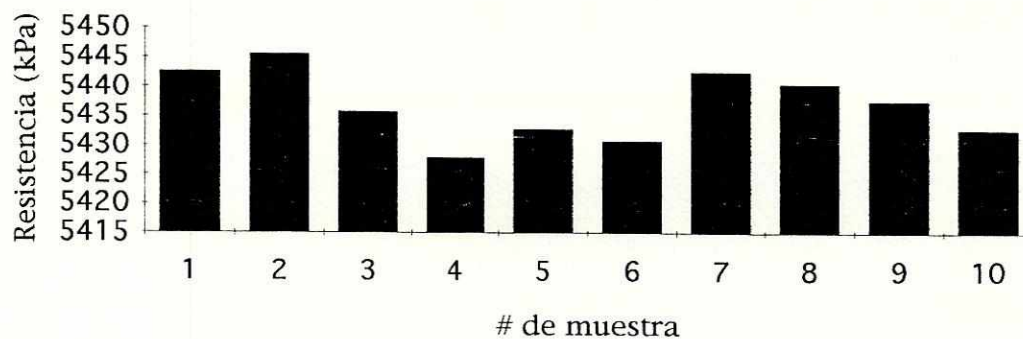


Fig. 9 Gráfica de resistencia en aislante nacional



IMPORTADO (FIBRA MINERAL)

TABLA 4. Resultados aislante importado

Muestra	Masa (g)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Espesor (mm)	Densidad aparente (g/cm ³)	Resistencia (kPa)
1	1181.60	58.40	58.30	16.00	0.22	1225.8
2	1167.20	58.20	58.30	17.00	0.20	1250.3
3	1190.40	58.40	58.30	18.00	0.19	1255.2
4	1163.20	58.50	58.40	17.00	0.20	1189.5
5	1163.20	58.40	58.30	17.50	0.20	1214.0
6	1115.60	58.40	58.30	17.00	0.19	1211.1
7	1076.80	58.40	58.30	16.00	0.20	1255.2
8	1146.40	58.50	58.40	17.50	0.19	1269.9
9	1179.73	58.33	58.30	17.00	0.20	1243.5
10	1147.33	58.43	58.33	17.20	0.20	1204.2
Media	1153.15	58.40	58.32	17.00	0.20	1231.9
Desv. Std	32.59	0.08	0.04	0.06	0.01	25.22
% C. Var.	2.83	0.14	0.07	3.49	3.56	2.05

Fig. 10 Gráfica de espesor aislante importado

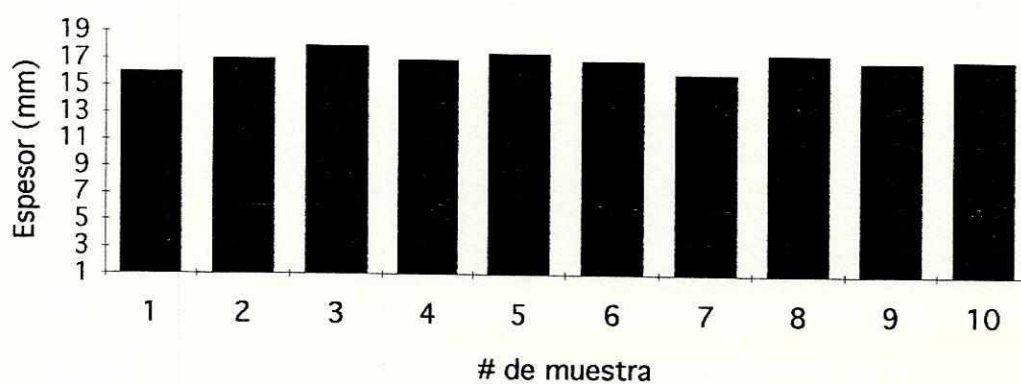


Fig. 11 Gráfica de densidad aparente aislante importado

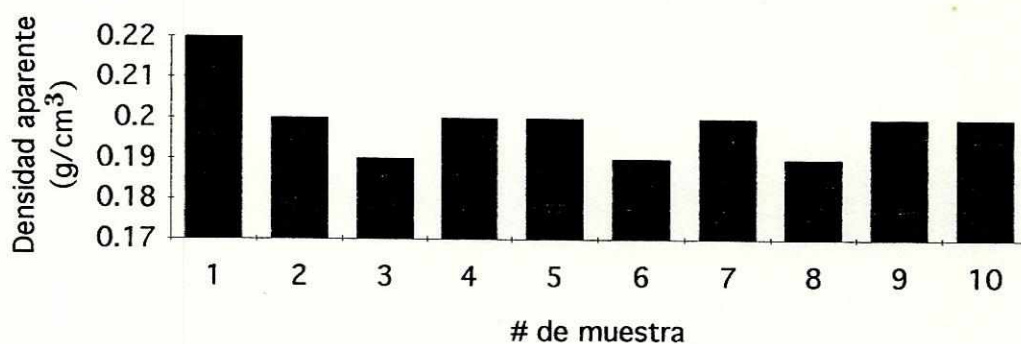


Fig. 12 Gráfica de resistencia en aislante importado



AISLANTE PRODUCIDO FORMULACION 1
(YESO + CaCO₃ + VIRUTA DE MADERA + AGUA)

TABLA 5. Resultados aislante producido formulación 1

Muestra	Masa (g)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Espesor (mm)	Densidad aparente (g/cm ³)	Resistencia (kPa)
1	3617.60	60.00	60.40	15.00	0.67	1849.5
2	3910.40	60.40	59.60	16.00	0.68	1875.9
3	3796.80	59.20	59.60	15.00	0.72	1907.4
4	3875.20	60.00	59.20	14.00	0.78	1725.9
5	4195.20	60.00	60.00	14.00	0.83	1876.0
6	3748.80	60.00	59.20	12.50	0.84	1750.5
7	3630.40	59.60	60.00	14.00	0.73	1777.9
8	3469.60	59.20	59.20	14.00	0.71	1838.7
9	3800.00	59.90	59.70	15.00	0.71	1839.7
10	3761.00	59.70	59.60	13.60	0.78	1810.3
Media	3780.50	59.80	59.65	14.30	0.74	1825.2
Desv. Std	185.90	0.36	0.38	0.09	0.06	55.49
% C. Var.	4.92	0.60	0.63	6.41	7.86	3.04

Fig. 13 Gráfica espesor de aislante producido
formulación 1



Fig. 14 Gráfica densidad aparente aislante producido
formulación 1

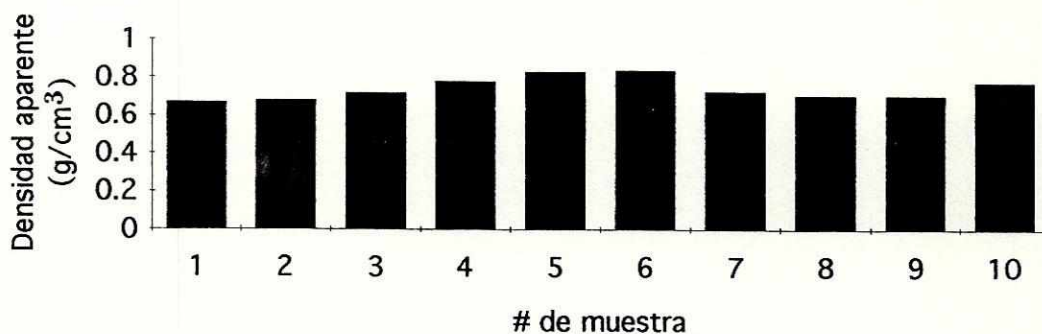
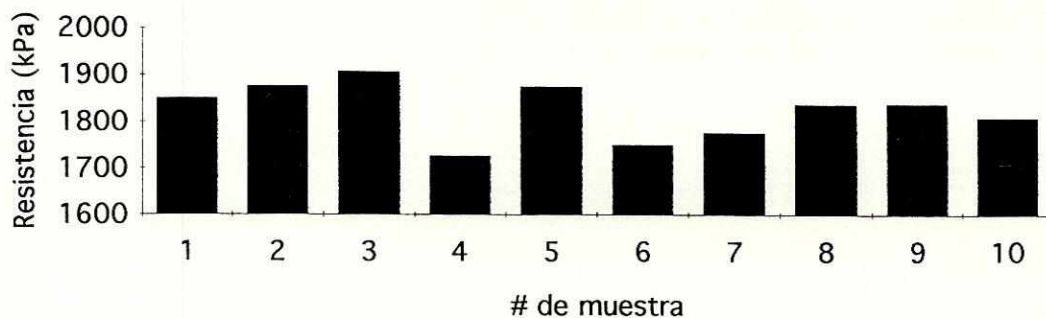


Fig. 15 Gráfica de resistencia en aislante producido
formulación 1



AISLANTE PRODUCIDO FORMULACION 2
(YESO + Ca(OH)₂ + VIRUTA DE MADERA + AGUA)

TABLA 6. Resultados aislante producido formulación 2

Muestra	Masa (g)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Espesor (mm)	Densidad aparente (g/cm ³)	Resistencia (kPa)
1	3382.40	60.00	59.20	13.00	0.73	1522.9
2	3356.80	60.00	59.20	13.00	0.73	1480.8
3	3450.40	60.00	58.80	18.00	0.54	1459.2
4	3468.00	60.00	59.20	15.00	0.65	1421.9
5	3600.80	59.60	59.20	21.00	0.49	1642.6
6	3787.20	60.00	59.20	15.00	0.71	1508.2
7	3564.80	60.40	59.20	13.00	0.77	1483.4
8	3280.00	59.60	58.80	14.00	0.67	1520.0
9	3414.40	60.90	59.10	14.80	0.66	1471.0
10	3558.20	59.90	59.10	15.80	0.66	1538.6
Media	3486.30	59.95	59.10	15.30	0.66	1504.9
Desv. Std	138.53	0.22	0.15	0.24	0.08	56.42
% C. Var.	3.97	0.36	0.26	15.79	12.46	3.75

Fig. 16 Gráfica espesor aislante producido formulación 2



Fig. 17 Gráfica de densidad aparente aislante producido formulación 2

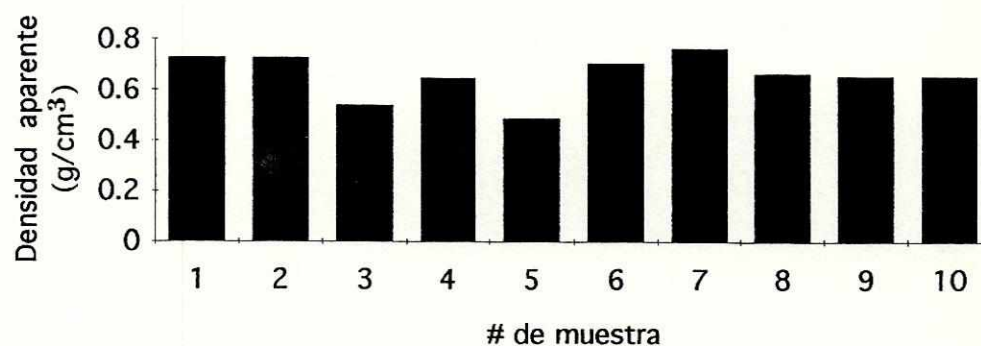
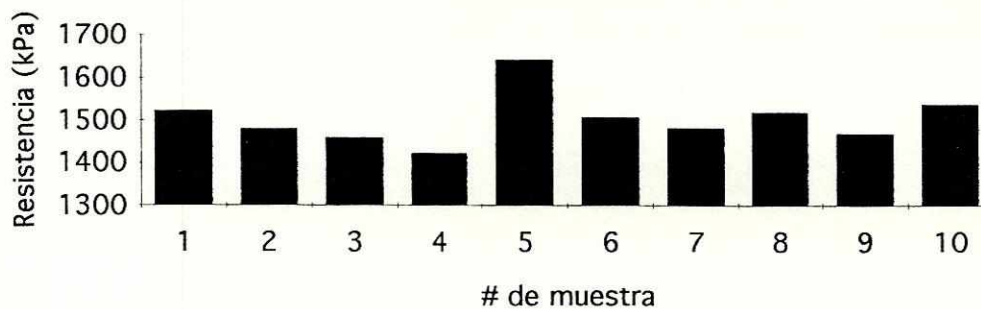


Fig. 18 Gráfica de resistencia en aislante producido formulación 2



AISLANTE PRODUCIDO FORMULACION 3
(YESO + CaCO₃ + RESINA + VIRUTA DE MADERA + AGUA)

TABLA 7. Resultados aislante producido formulación 3

Muestra	Masa (g)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Espesor (mm)	Densidad aparente (g/cm ³)	Resistencia (kPa)
1	2996.80	59.60	59.60	14.00	0.60	2152.5
2	3071.20	60.40	59.20	13.00	0.66	2118.2
3	2575.20	60.00	59.20	16.00	0.45	2116.2
4	2542.40	59.60	59.60	15.00	0.48	2152.5
5	3057.60	60.00	59.20	16.00	0.54	2113.3
6	3057.60	60.40	59.60	15.00	0.57	2115.3
7	3034.00	60.00	59.40	13.50	0.63	2135.9
8	2558.80	59.80	59.40	15.50	0.47	2133.9
9	3057.60	60.20	59.40	15.50	0.55	2114.3
10	2796.40	59.90	59.40	14.50	0.55	2134.9
Media	2874.76	59.99	59.40	14.80	0.55	2128.7
Desv. Std	220.30	0.27	0.15	0.10	0.07	14.63
% C. Var.	7.66	0.45	0.26	16.62	12.07	0.69

Fig. 19 Gráfica de espesor en aislante producido formulación 3

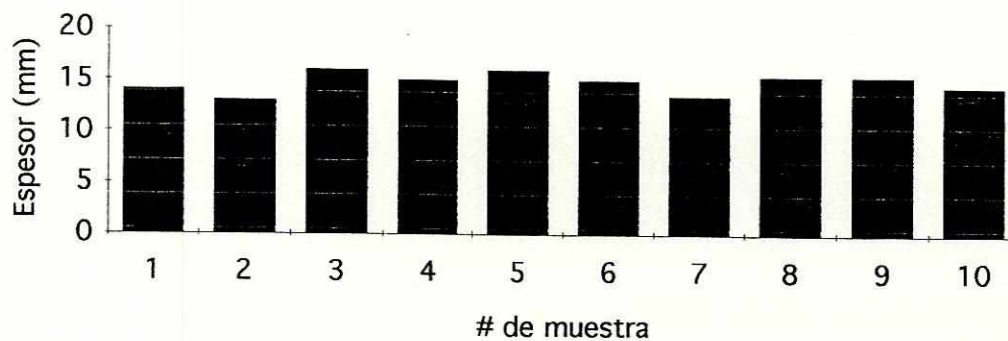


Fig. 20 Gráfica de densidad aparente en aislante producido formulación 3

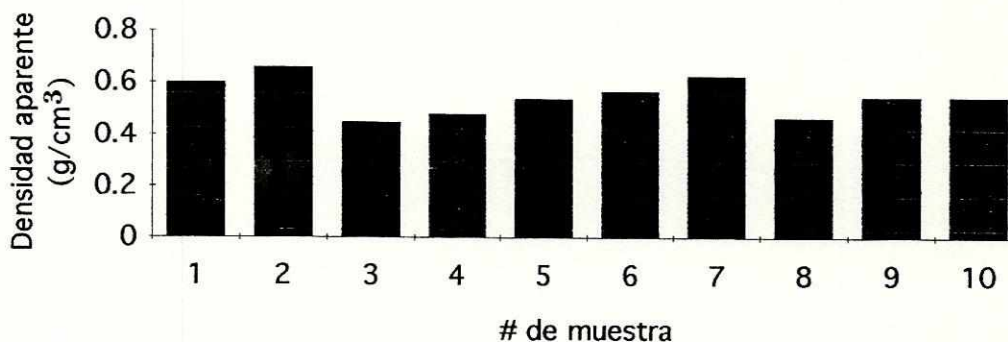


Fig. 21 Gráfica de resistencia en aislante producido formulación 3

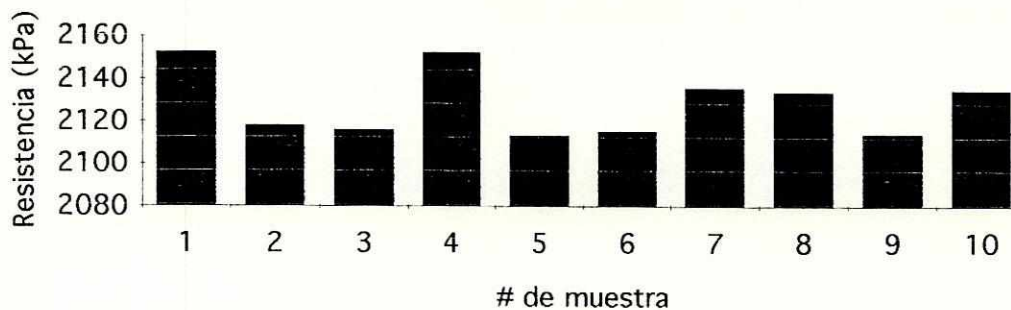


Fig. 22 Gráfica comparativa de espesor en conglomerados aislantes

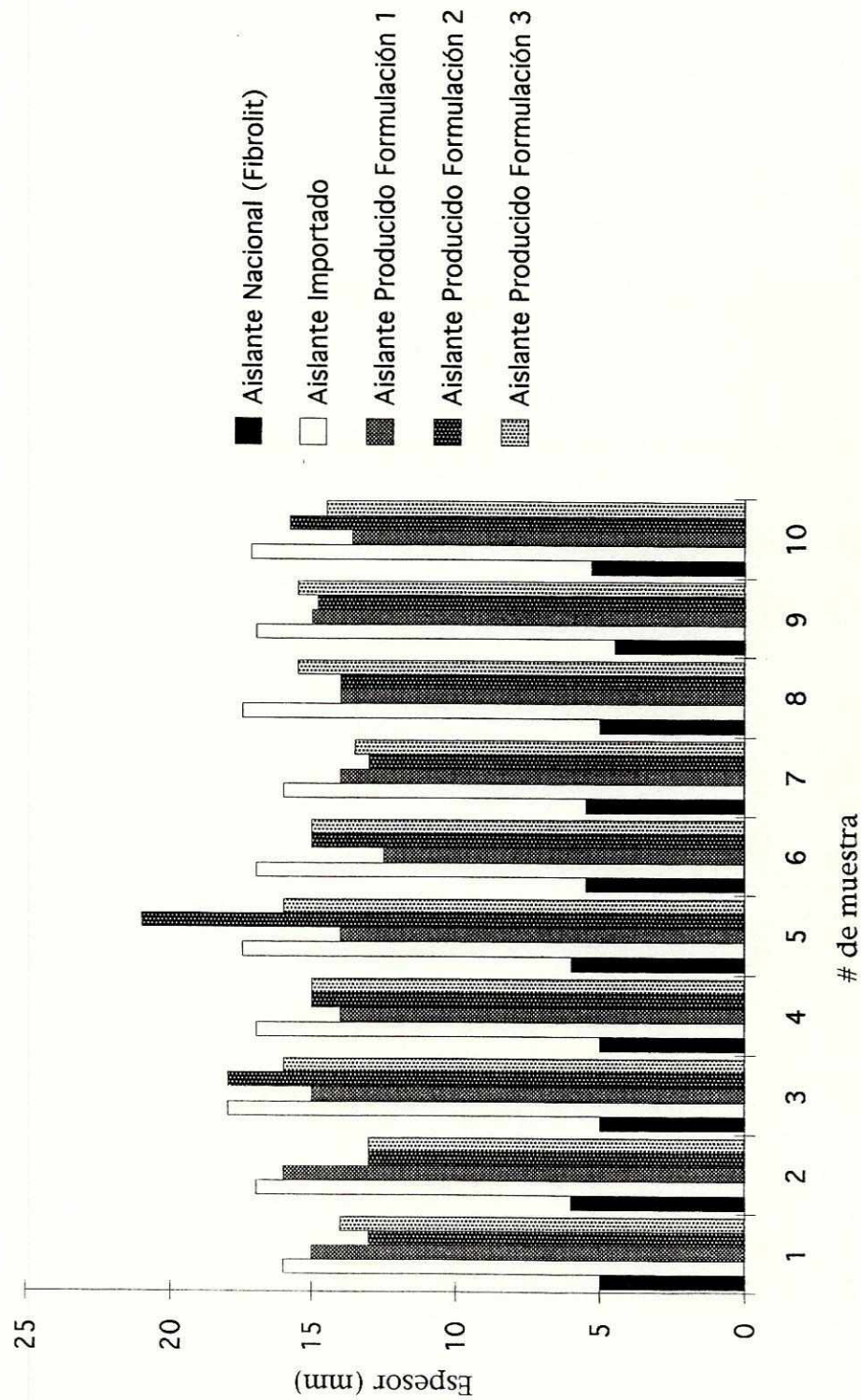


Fig. 23 Gráfica comparativa de densidad aparente en conglomerados aislantes

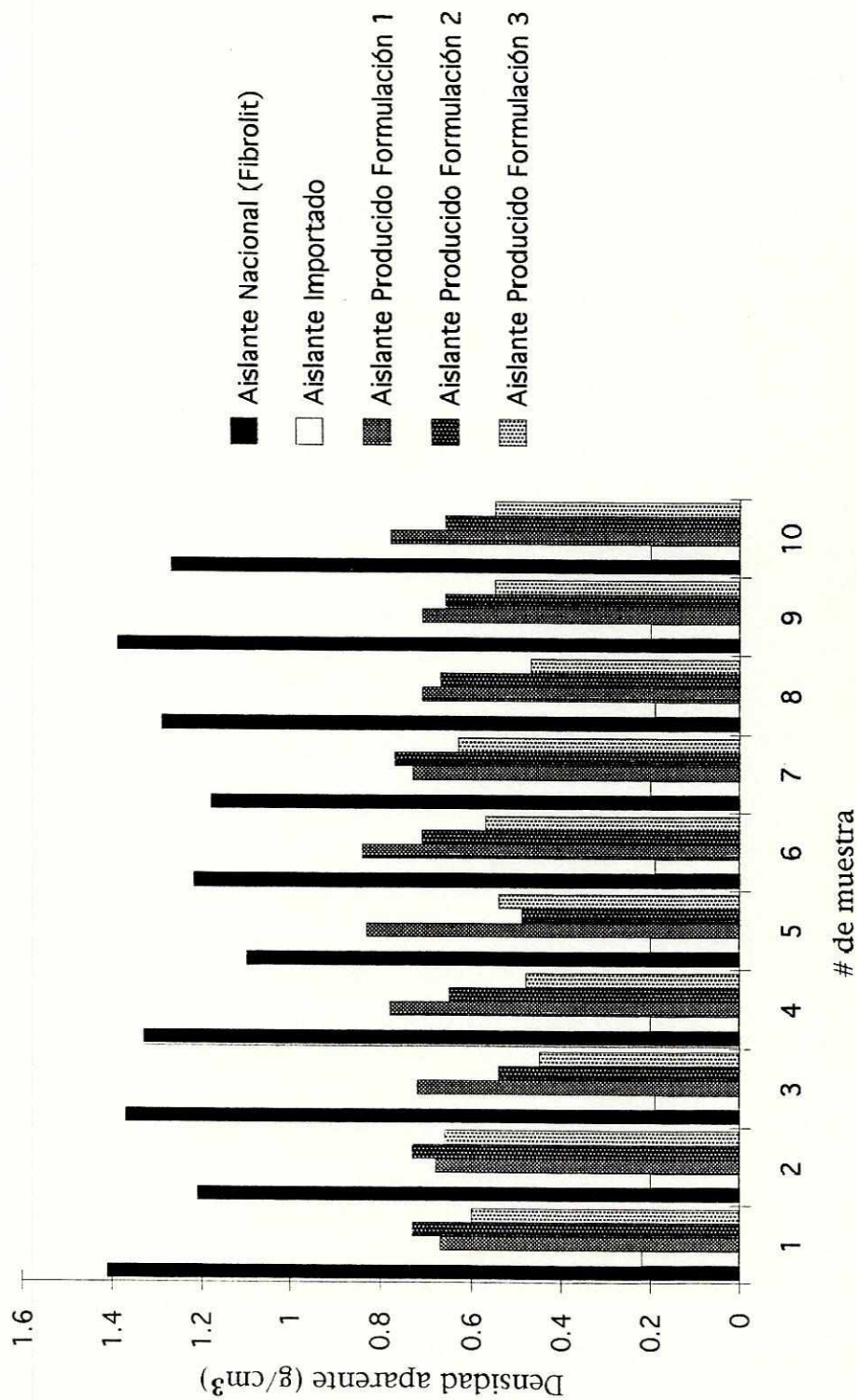
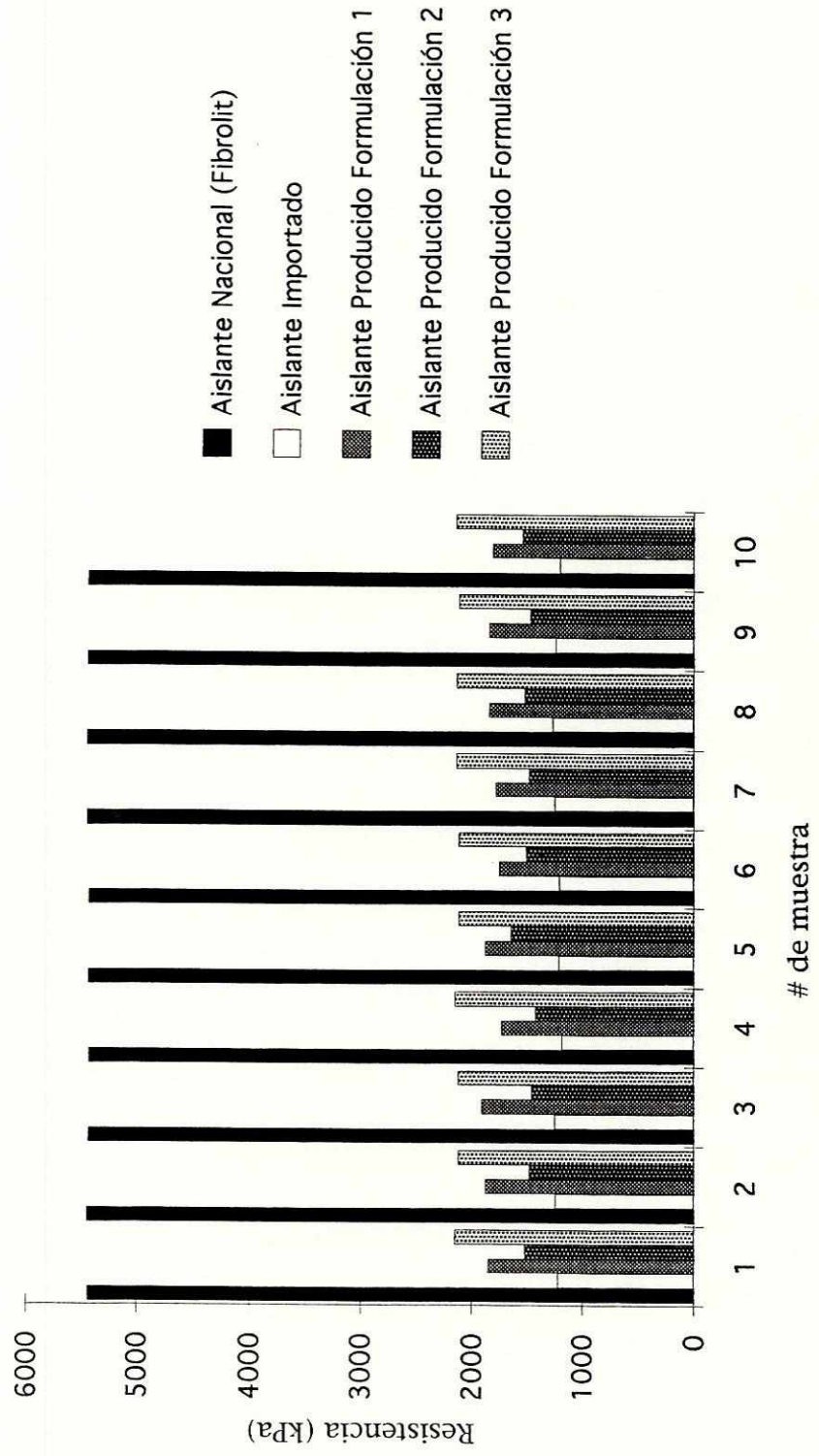


Fig. 24 Gráfica comparativa de resistencia en conglomerados aislantes



VIII. DISCUSION DE RESULTADOS

El análisis químico de materias primas muestra claramente que el yeso nacional utilizado es un material de óptima calidad para los fines, obteniéndose en promedio un 87.28 % de sulfato de calcio, comparado con un sulfato de calcio grado analítico que dió 98.66 %, de un 99.0 % de pureza. En el mercado se puede obtener yeso de mejor calidad, como se puede observar en la tabla 8 de la sección de anexos, pero se debe tomar en cuenta el factor costo. Sin embargo, en nuestro caso no es necesaria una pureza tan elevada. La determinación de carbonatos en el yeso muestra, indica que el material contiene carbonatos en un nivel despreciable, por lo que se considera que el aglutinamiento del yeso no proporciona una buena resistencia. Es por ello que debe utilizarse un material que dé cohesividad al yeso y proporcione las características de dureza deseadas.

El conglomerado aislante fabricado en el país presenta una gran diferencia en todos los parámetros estudiados respecto del conglomerado importado. Esto se debe básicamente a la diferencia en los materiales de su fabricación, el nacional, que es producido de fibra de celulosa con cemento; mientras que el conglomerado importado es de fibra mineral con un

aglutinante no determinado.

Se debe tomar en cuenta que, además de la fuerza mecánica que junta las partículas, existe la formación de una red de partículas provocada por una sustancia determinada, que en el caso del aislante nacional (Fibrolit), es el cemento. Para el aislante importado no se pudo determinar la sustancia causante de la formación de esta red. Como se puede observar en la sección de resultados (tabla #2), la diferencia en la resistencia del aislante importado y nacional es bastante grande, 1231.9 y 5436.9 kPa respectivamente. La diferencia en la densidad aparente también es bastante grande 0.20 y 1.27 g/cm³ y el espesor, la otra característica en la que estos dos materiales difieren considerablemente, es 17.00 y 5.30 mm.

Al comparar las características físicas de los dos tipos de aislante (Importado y Nacional) y después de hacer el análisis de varianza, se estableció que las diferencias entre ambos conglomerados eran bastante significativas. Con estos datos se pudo definir las características que deseábamos conferir a nuestro producto, entonces se procedió a la formulación y fabricación del conglomerado aislante. El conglomerado producido mostró características que, comparándolas con las de los conglomerados aislantes analizados, produjo los siguientes resultados:

Es más resistente que el aislante importado (2128.7/1231.9

kPa), con una densidad aparente bastante cercana a la del material importado ($0.55/0.20 \text{ g/cm}^3$) y con un espesor similar al del material importado (14.8/17.0 mm). El espesor tan reducido del aislante nacional no proporciona un buen aislamiento, aunque se esté utilizando fibra de celulosa como material aislante.

En cuanto al aglutinante, se trató de determinar entre varias opciones cuál era el aglutinante que proporcionaba las mejores características de resistencia y que proporcionara la menor densidad aparente. Los materiales utilizados fueron cal hidratada, carbonato de calcio y una mezcla de carbonato de calcio y una resina sintética producida por Química Hoechst de Guatemala.

Prácticamente los métodos de fabricación fueron similares, con el único cambio en el aglutinante y sin cambios en las proporciones. Ya no se utilizó el almidón como aglutinante puesto que éste, al secarlo con calor, daba una coloración amarillenta poco uniforme, por lo que se decidió cambiarlo por una resina sintética. La idea de usar una mezcla de carbonato de calcio con la resina se tomó de las industrias que se dedican a aplicar revestimientos en paredes y tabiques, en una proporción de 20 % en volumen de resina. Como se muestra en la sección de resultados (tabla #2), la mayor resistencia se logró con ésta mezcla como aglutinante. Además se quería un

material que fuera ignífugo y que resistiera la humedad, estas son dos características que no se determinaron en el presente trabajo pero, por experiencia, se sabe que uno de los problemas del aislante importado es su baja resistencia a la humedad y algunos aislantes nacionales como el duroport. Por otro lado, tiene la característica de ser altamente combustible, por ello se determinó que la resina utilizada daba las características de impermeabilidad deseadas y el yeso las características de material ignífugo deseadas. La cal hidratada daba buenas características de resistencia, pero en el secado daba una coloración amarilla poco uniforme como el almidón y dejaba que el yeso se despolvoreara al contacto con la mano, por lo que no se eligió como el mejor aglutinante. El carbonato de calcio (CaCO_3), aglutina las moléculas de sulfato de calcio confiriéndoles mayor unidad estructural y por consiguiente mayor dureza y resistencia a la fractura, mientras la resina proporciona mayor cohesividad e impermeabilidad entre las moléculas de yeso y la viruta de madera. Además, la resina proporciona espacios de aire, lo cual se puede observar en los resultados, ya que las pruebas realizadas muestran que la densidad aparente del producto se ve considerablemente reducida, con respecto a las muestras que sólo utilizaban carbonato de calcio como aglutinante.

Como se explicó en la parte de antecedentes, las dos

características más importantes en un material aislante del sonido son el tamaño y la longitud del poro, las cuales se relacionan directamente con las características más mensurables: densidad aparente y espesor. Entonces, si consideramos que el material importado cumple con estas características, podemos comparar con buen acierto el material producido, ya que la densidad aparente obtenida es de 0.55 g/cm³, bastante similar a la del material importado, 0.20 g/cm³ y casi un tercio de la densidad aparente del aislante nacional, 1.27 g/cm³. Mientras que el espesor obtenido es de 14.8 mm, casi tres veces mayor que el espesor del aislante nacional que dio 5.3 mm y bastante cercano al del importado, cuyo resultado fue de 17.0 mm. Con estos resultados podemos asegurar que nuestro producto cumple con las características más adecuadas, pudiéndose comparar en calidad con el aislante importado.

Como se mencionó en la introducción, las ventajas principales de los conglomerados importados sobre los nacionales son la calidad en la presentación (textura), baja densidad, resistencia y la variedad de colores en los que se presentan. El color natural del conglomerado producido es blanco debido al yeso y el carbonato de calcio utilizados en su producción; mientras que el color del importado y el nacional (fibrolit) es gris. Debe hacerse notar que el

importado tiene una capa de pintura para darle el color y la textura a la superficie expuesta, mientras que el conglomerado nacional es pintable para darle el color, pero la textura de la superficie expuesta, no se puede cambiar.

La industria del yeso para escritura presenta productos con una variedad de colores, los cuales provienen de distintos pigmentos, que se podrían utilizar para dar coloración al conglomerado producido.

En cuestión de costos, la resina no adiciona un costo significativo al material, ya que esta resina se produce en grandes cantidades en Guatemala para la industria de pinturas y revestimientos a un costo bastante bajo (Q. 7.35/Kg), comparado con las grandes ventajas que ésta proporciona y la poca cantidad que se agrega al conglomerado (una solución al 20 % en agua).

IX. CONCLUSIONES

- A. Los análisis físicos de los conglomerados aislantes nacional e importado muestran diferencias considerables, pudiéndose inferir que el material que se utiliza actualmente por algunas empresas, no es un material adecuado como aislante; especialmente en ambientes expuestos a altas temperaturas, como techos de lámina metálica.
- B. El aislante importado es mucho menos denso que cualquiera de los materiales producidos, por ello se asume que el aglutinante que se utiliza en su fabricación es alguna espuma adhesiva que proporciona la densidad aparente que posee.
- C. Como compuesto aglutinante que dé las características de resistencia, cohesividad, no combustible y resistente a la humedad, se puede utilizar una mezcla de CaCO_3 y una resina sintética (Mowilith DM 21).

- D. Es posible hacer en Guatemala conglomerados aislantes de calidad similar y con algunas características mejoradas que los importados. Sin embargo, el proceso de manufactura desarrollado a nivel de laboratorio debe perfeccionarse para producirlo a gran escala.
- E. No es posible alcanzar en el conglomerado producido en el presente trabajo, la compactación del conglomerado nacional (fibrolit) sin un proceso de fabricación eficiente en donde se utilicen moldes prensa.
- F. Es posible utilizar materia prima proveniente de los recursos minerales del país, en su totalidad, para producción de un conglomerado aislante. Este conglomerado podría llegar a presentarse con diferentes texturas y, además de blanco, en otros colores.

X. RECOMENDACIONES

En virtud de los resultados obtenidos en el presente trabajo, se presentan las siguientes recomendaciones:

- A. Hacer pruebas de aislamiento con los conglomerados, en ambientes expuestos a altas temperaturas, como techados de lámina metálica.
- B. Determinar si en el mercado existen otras resinas o espumas que puedan sustituir el carbonato de calcio (CaCO_3), con lo que se podría reducir la densidad aparente del material.
- C. Tomar como base el proceso de manufactura desarrollado en el presente trabajo, para hacer pruebas a nivel de planta piloto con miras a una producción a gran escala.
- D. Mejorar el método de compactación en el conglomerado producido, utilizando moldes metálicos y una prensa como mínimo del tamaño de los moldes.

E. Introducirse en el campo de la producción de conglomerados aislantes de colores y diferentes texturas con recursos minerales naturales del país, por ejemplo: Hematita (óxido de hierro) para producir el color rojo; Malaquita (hidrato básico de carbonato de cobre, $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$) para aislantes de color verde; Azurita (carbonato básico de cobre, $2\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$) para aislantes de color azul, etc. Estos minerales se encuentran en Guatemala en grandes cantidades y no se explotan ni aprovechan.

XI. BIBLIOGRAFIA

1. ASTM. Annual book of ASTM standards. 04.01:360-1988 374, 453-454, 04.02:31-33, 04.04:353-363, 04.05:346-349, 380-382, 04.06:45-48, 239-241, 540-542.
2. Austin, G. Manual de procesos químicos. 5a Ed. Mexico 1988 McGraw-Hill publishing Co. 219 pp.
3. Billington, N. Thermal properties of buildings. 1952 London. Cleaver Hume, 50, 100-120, 270-300 pp.
4. Bush, V. Handbook of the uniform building code. USA 1988 International Conference of building officials, 253-265 pp.
5. Dana, E. Tratado de mineralogía. México. Editorial 1976 Continental, 123-124, 456-459, 845 pp.
6. Detalles. Recubrimientos de madera en paredes y techos. 1978 Barcelona. Editorial Blume, 100-120 pp.
7. Diamant, R. Aislamiento térmico de edificios. Madrid. 1967 Editorial Blume, 192-195 pp.
8. Dirección General de Minería e Hidrocarburos. Nómina de muestras minerales de Guatemala. 1965. Guatemala. Tipografía Nacional, 68, 57 pp.
9. Downie, H. Métodos estadísticos aplicados. México. 1973 Editorial Harla, 567, 373-382 pp.
10. Gardner, W. Handbook of chemical synonyms and trade names. U.S.A. CRC press Inc. 665 pp.
11. Gasquet, R. Aislamiento térmico industrial. Madrid. 1968 Gráficas Canales; S.C., 54-58, 164-174. pp.
12. Hayness, W. American chemical industry. USA. D. Van 1947 Nostrand Inc., 6:55,746

13. Henglein, F. Chemical Technology. 1st English Ed., 1969 Germany. Pergamon Press, 118-119, 428 pp.
14. ICAITI. Informe sobre la industria de madera en Centro América. Guatemala. ICAITI, 1-17 pp. 1977
15. ICAITI. Posibilidad de instalar en Centro America una fábrica de tableros de madera. Guatemala. ICAITI, 5-7 pp. 1977
16. Kern, D. Procesos de transferencia de calor. México. CECSA, pp. 15, 37. 1980
17. Kirk, R. "Aislamiento térmico y acústico en edificios" 1961 Enciclopedia de tecnología química. (México); Unión tipográfica Ediciones Hispano-Americanas, 1a edición,
18. Knudsen, J. Heat transfer. En: Perry, R. & D. Green. Perry's chemical engineers' handbook. 6th Ed., U.S.A. McGraw-Hill Publishing Co. 10.2-10.52. 1984
19. McCabe, W. & J. Smith. Unit operations of chemical engineering. 4th Ed, U.S.A. McGraw-Hill publishing Co., 258 pp. 1985
20. Merrit F. Enciclopedia de la construcción para Arquitectura e Ingeniería. España. Grupo Editorial Oceano, 1:14, 83-84, 2:103-122, 4:554, 5:795-850, 6:965-1025. 1990
21. Navias, L. Chalk stick making. 1st printing, U.S.A. 1969 Vita Inc. Publications, pp. 2-15, 58.
22. Negro, L. In the manufacture of chalk. Chem. Abs.; 1913 662-329:2464.
23. Peitsch, W. Roll pressing. 2nd Ed. England. Pouders advisory centre. 57-62 pp. 1979
24. Plaister, C. Floors and floor covering. U.S.A. 1979 Library equipment studies. 2:24-67.

25. Sander, L. The action of lime in chalk used in putty.
1932 Chem. Abs. 26:2558.
26. SBCCI. Standard building code. U.S.A. Southern
1988 building code congress international, Inc.,
123-124, 703-704 pp.
27. Ullman, F. Enciclopedia de química Industrial.
1931 Barcelona Editorial Gustavo Gilli, S.A.,
2:2545, 568-572.

ANEXOS

ANEXO A

ANALISIS QUIMICO DE MATERIAS PRIMAS

TABLA 8. Resultados análisis químico de sulfato de calcio en yeso (CaSO_4)

Muestra	Masa (g) muestra	Masa papel filtro (g)	Masa papel + muestra (g)	% S	% CaSO_4
1	0.5027	1.0211	1.7678	20.41	85.07
2	0.5032	1.0223	1.7796	20.68	86.20
3	0.5053	1.0204	1.7844	20.77	86.60
4	0.5052	1.0423	1.8059	20.81	86.74
5	0.4856	1.0171	1.7413	20.49	85.42
6	0.4954	1.0049	1.7495	20.65	86.09
7	0.4599	1.0088	1.6865	20.25	84.40
8	0.4596	1.0385	1.7259	20.55	85.66
9	0.4440	1.0059	1.6606	20.26	84.45
10	0.4821	1.0109	1.7477	21.00	87.53
11	0.4889	1.0515	1.8558	22.60	94.22
12	0.4353	1.0175	1.7521	23.19	96.66
13	0.4991	1.0170	1.7953	21.43	89.31
14	0.5058	1.0370	1.8018	20.78	86.60
15	0.4170	0.9982	1.6115	20.21	84.24
MEDIA					87.28
STD. DESV.					3.47
% C. VAR.					3.98

TABLA 9. Resultados de análisis de sulfato de calcio en yeso analítico (CaSO_4)

Muestra	Masa (g) muestra	Masa papel filtro (g)	Masa papel + muestra (g)	% S	% CaSO_4
1	0.4826	1.0468	1.7000	18.60	98.04
2	0.4686	1.0094	1.6500	18.78	99.02
3	0.4483	1.0266	1.6389	18.77	98.93
MEDIA					98.66
STD. DESV.					0.44
% C. VAR.					0.45

TABLA 10. Resultados análisis químico de CaCO_3 en yeso

Muestra	Masa (g)	ml NaOH	% CaCO_3
1	0.4477	98.90	1.37
2	0.5071	99.10	1.13
3	0.4354	98.60	1.75
4	0.4149	98.80	1.50
5	0.4265	98.80	1.50
6	0.4422	98.90	1.37
7	0.4365	99.40	0.75
8	0.4317	98.60	1.75
9	0.4076	98.50	1.88
10	0.4861	98.90	1.37
11	0.5112	98.50	1.88
12	0.4074	98.60	1.75
13	0.4373	98.80	1.50
14	0.4275	98.45	1.94
15	0.4427	98.30	2.13
Media			1.57
Std. Desv.			0.34
% C. Var.			21.59

TABLA 11. Resultado de análisis químico de CaCO_3 en yeso analítico

Muestra	Masa(g)	ml NaOH	% CaCO_3
1	0.4069	99.80	0.25
2	0.4500	99.80	0.25
3	0.4118	99.80	0.28
Media			0.26
Std. Desv.			0.01
% C. Var.			5.44

Fig. 25 Gráfica de análisis químico de sulfato de calcio en yeso

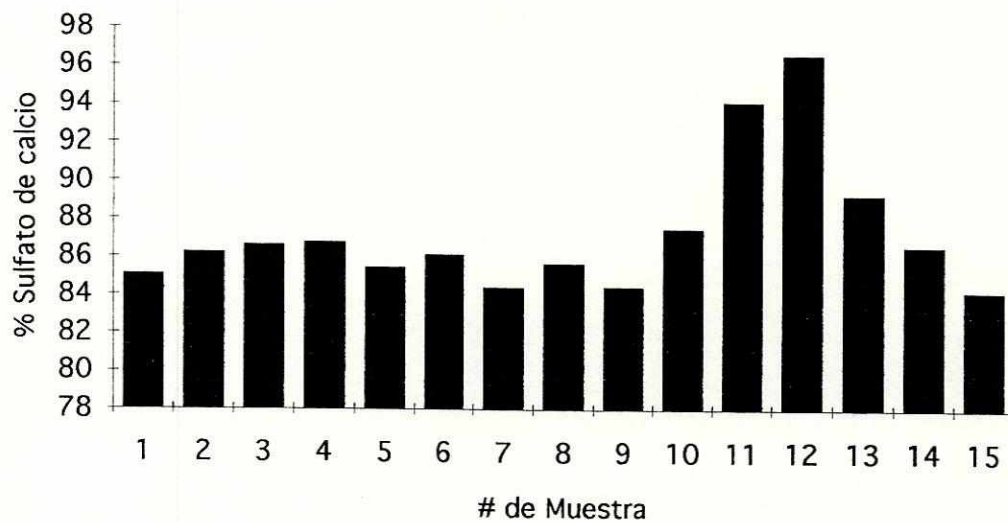
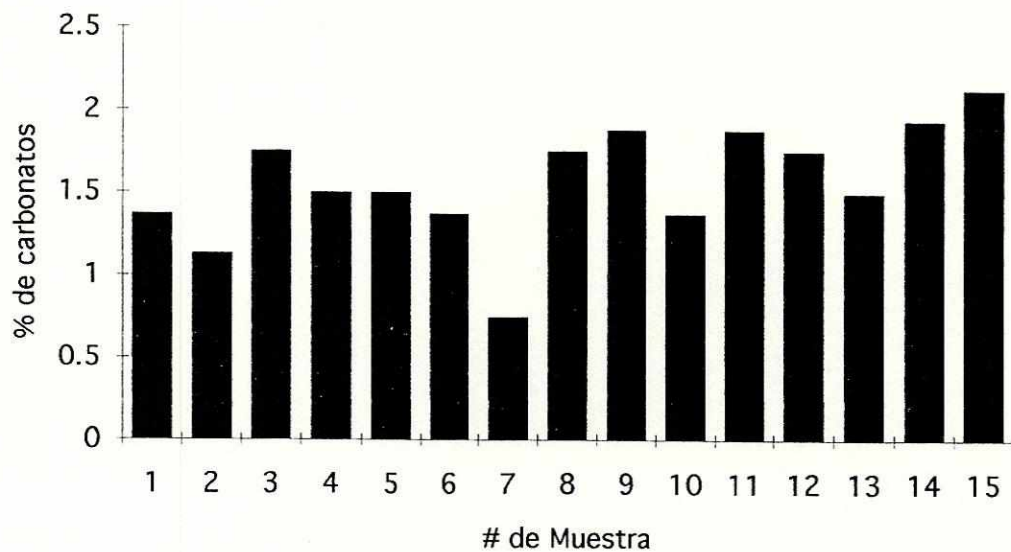


Fig. 26 Gráfica de análisis químico de carbonatos en yeso



ANEXO B.**DETALLE DE LOS METODOS EXPERIMENTALES****A. Fabricación de conglomerado aislante:****1. Formulación 1:**

Preparar una lechada de carbonato de calcio (saturada) y guardar para luego mezclar con el yeso en proporción de 6:1 o 10:1 (yeso:lechada) según se prefiera. Agregar viruta de madera en relación 6:1 (yeso:viruta de madera) agitar vigorosamente evitando que frague. Colocar la masa en los moldes y dejar fraguar (endurecer), luego retirar de los moldes y almacenar al aire.

2. Formulación 2:

Preparar una lechada de cal (saturada) y guardar para luego mezclar con el yeso en proporción de 6:1 o 10:1 (yeso:lechada) según se prefiera. Agregar viruta de madera en relación 6:1 (yeso:viruta de madera) agitar vigorosamente evitando que frague. Colocar la masa en los moldes y dejar fraguar (endurecer), luego retirar de los moldes y almacenar al aire.

3. Formulación 3:

Mezclar en mortero yeso y carbonato de calcio en relación 10:1 (yeso:carbonato de calcio) mezclar hasta completa homogeneidad de la mezcla y agregar viruta de madera 6:1 (yeso:viruta de madera) y mezclar, agregar la solución de resina Mowillith DM21 al 20 % en agua, a la mezcla, agitar muy bien y colocar la masa en los moldes, dejar fraguar y secar al aire con aire caliente.(21)

B. Análisis

1. Análisis químico de materias primas

a. Sulfato de calcio.

Por triplicado, en un beacker de 500 ml se hierven de 0.15 a 0.50 g de yeso con 100 a 150 ml de agua y 5 ml de HCl concentrado, durante 20 minutos, con el beacker tapado, Se diluye con agua caliente hasta 400 ml, se hierve por otros 10 minutos y se precipita el sulfato con una solución de $BaCl_2$ al 10 % hirviendo. Se deja en baño maría por media

hora, agitando con frecuencia se enfría y se deja precipitar todo el sulfato de bario formado (BaSO_4), se filtra, seca, incinera en una mufla y luego se pesa en una balanza analítica y finalmente se calcula el resultado de CaSO_4 en base al BaSO_4 obtenido.

b. Carbonatos en yeso.

Pesar por triplicado 0.5 g de muestra y colocarlos en un erlenmeyer de 125 ml, agregar con una pipeta volumétrica 25 ml de HCl de concentración conocida (0.5 N), dejar reposar por 1 hora. Hacer la titulación con fenolftaleína como indicador utilizando como solución titulante NaOH de concentración conocida (0.25 N) previamente estandarizada.

2. Análisis físico

a. Densidad aparente.

Se toma la muestra del aislante y con la ayuda de una cinta métrica, se mide la longitud, el ancho y el espesor de la pieza. Se determina la masa de la pieza en una

balanza, para luego calcular el volumen de la pieza de aislante según la fórmula:

$$V = L * A * E$$

donde

V = Volumen de la pieza de aislante (cm³)

L = Largo de la pieza de aislante (cm)

A = Ancho de la pieza de aislante (cm)

E = Espesor de la pieza de aislante (cm)

Luego se procede a calcular la densidad aparente según la fórmula:

$$D = M/V$$

donde

M = Masa de la pieza de aislante (g)

V = Volumen de la pieza de aislante (cm³)

b. Espesor.

Se toma una pieza de material aislante y con la ayuda de una cinta métrica se determina el espesor en mm .

3. Análisis de resistencia

a. Resistencia de una pieza de aislante.

Utilizando una prensa hidráulica se procede así: Se coloca el material en forma transversal sobre el eje vertical de la prensa, colocada sobre sus respectivos soportes. Se ajusta la pieza y se procede a hacer presión sobre ella, se anota la lectura del manómetro en el momento que ésta sufra fractura y se anota la lectura en kPa (1).

ANEXO C.

Hoja técnica de resina sintética Mowillith DM-21

Hoechst 

Hoechst Resins

Technical data sheet

Mowillith DM 21 approx. 50%
 Mowillith DM 211 approx. 50%
 Mowillith DM 22 approx. 50%

Filling instructions
 Ring binder "Synthetic resins and
 emulsions for the paint and building
 industries"
 Section 11 Emulsions

DESCRIPTION

Mowillith DM 21 approx. 50%, Mowillith DM 211 approx. 50% and Mowillith DM 22 approx. 50% are non-plasticized copolymer emulsions of vinyl acetate and the vinyl ester of a long-chain branched carboxylic acid. They are of medium-particle size and have a high pseudo viscosity.

USE

Mowillith DM 21
 high-polymer compounds
 Mowillith DM 211
 high-polymer compounds
 Mowillith DM 22
 high-polymer compounds

Uses

Mowillith DM 21 approx. 50%, Mowillith DM 211 approx. 50%, and Mowillith DM 22 approx. 50% have a good pigment-binding power and are particularly suitable as binders for emulsion paints and resin-bound plasters.

Mowillith DM 211 approx. 50% is similar in many respects to Mowillith DM 21 approx. 50%, but has the advantages of improved water resistance and good adhesion in moist conditions (wet adhesion).

	Unit	Mowillith DM 21 approx. 50%	Mowillith DM 211 approx. 50%	Mowillith DM 22 approx. 50%
Solids content (DIN 53 189)	%	approx. 50	approx. 50	approx. 50
Mean particle diameter	μm	0.1-1.5	0.1-1.5	0.1-1.5
Viscosity at 23 °C				
Contraves rheometer STV (MS-C II) (DIN 53 019)	mPa · s	2 000-5 000	2 000-5 000	2 500-6 000
Brookfield viscometer RVT Spindle No. 5, 20 rpm (ISO 2555)	mPa · s	9 000-15 000	9 000-15 000	8 000-15 000
pH-Wert (DIN 53 785)		3.5-4.5	4-5	4-5
Acid value (DIN 53 402)	mg KOH/g	< 3	< 3	< 3
Frost resistance (laboratory test)	°C	-5	-18	0
Minimum film-forming temperature (MFT) (DIN 53 787)	°C	10	9	0

VALUES FOR SOLIDS CONTENT, pH AND VISCOSITY ARE THE EX-FACTORY DELIVERY SPECIFICATION. ALL OTHER FIGURES ARE PHYSICAL PROPERTIES WHICH ARE NOT CONTINUOUSLY CHECKED AS PART OF THE PRODUCTION AND ARE GUIDE VALUES.

Mowillith DM 21

Mowillith DM 211

The test methods for determining the constants are fully described in the Analytical methods of determination

	Unit	Mowilith DM 21 approx. 50%	Mowilith DM 211 approx. 50%	Mowilith DM 22 approx. 50%
Properties of a 0.5 mm film dried at 20 °C and 65% rel. humidity				
Density (DIN 53 479)	g/cm ³	approx. 1.11	approx. 1.11	approx. 1.11
Water absorption after 24 hours' immersion in water (DIN 53 495)	%	approx. 30	approx. 15	approx. 30
Tensile strength at 20 °C and 65% rel. humidity (with reference to DIN 53 455)	N/mm ²	approx. 3	approx. 2	approx. 0.5
Elongation at break at 20 °C and 65% rel. humidity (with reference to DIN 53 455)	%	approx. 500	approx. 550	approx. 1200
Glass transition point (T _g) (DTA; heating rate 10 °C/min)	%	approx. 13	approx. 11	approx. -1

Properties and uses

Mowilith DM 21 approx. 50%, Mowilith DM 211 approx. 50%, and Mowilith DM 22 approx. 50% have a good pigment stability and good pigment-binding power. All three Mowilith emulsions have a high pseudo viscosity and a distinct yield point. These are not affected by low shear forces but by high shear forces or the addition of water.

The emulsions form clear films with good flexibility. Films of Mowilith DM 21 approx. 50%, Mowilith DM 211 approx. 50%, and Mowilith DM 22 approx. 50% exhibit good water and alkali resistance.

The minimum film-forming temperature of Mowilith DM 21 approx. 50% is about 12 °C, and that of Mowilith DM 211 approx. 50% about 9 °C. These have to be reduced for most applications to ensure that the finished products form a perfect film even at low temperatures.

Mowilith DM 211 approx. 50% has good adhesion in moist conditions, even on less porous substrates (wet adhesion).

Mowilith DM 21 approx. 50%, Mowilith DM 211 approx. 50%, and Mowilith DM 22 approx. 50% are compatible with most emulsions used in the manufacture of emulsion paints; relevant tests, however, are advisable, anyway.

Mowilith DM 21 approx. 50%, Mowilith DM 211 approx. 50%, and Mowilith DM 22 approx. 50% are particularly suitable as binders for emulsion paints and resin-bound plasters with good weathering resistance because of their good pigment compatibility and pigment-binding power. They are also very suitable as binders for interior scrub-resistant, washable emulsion paints and textured coatings.

Because of their good adhesion on various plastics such as polyvinyl chloride, polystyrene and expanded polystyrene, Mowilith DM 21 approx. 50%, and Mowilith DM 22 approx. 50% can be used for the manufacture of adhesives (building and flocking adhesives).

Processing

For pigmentation the usual titanium dioxides and extenders can be used. The procedure is the normal one. Pigments and extenders are mixed into a paste together with the usual additives and water and then incorporated into the emulsion, which has previously been adjusted to a neutral pH. Another method is to mix the emulsion into the pigments, extenders and additives. In both cases the required ultimate fineness can be obtained by using a dissolver, colloid mill, or other suitable agitator.

Suitable wetting agents for the pigment mix are sodium hexametaphosphate or polyphosphate (e.g. *Calgon N). Additions of up to 0.2% are sufficient (relative to the weight of the pigment/extender mixture), added as a 10% aqueous solution. In some cases salts of the low-molecular polyacrylic

acids commonly used as dispersants (e.g. *Additol XW 330) must also be added to obtain sufficient stability, especially during prolonged storage.

Cellulose derivatives with delayed swelling (e.g. Tylose MHB 10 000 yp or H 30 000 yp) can be used to adjust the viscosity of paints and improve their brushability. Aqueous solutions of cellulose derivatives such as methyl cellulose (e.g. Tylose MH 6 000 K and higher grades) can of course also be used.

The usual preservative agents can be used when manufacturing emulsion paints, but their compatibility and effectiveness must be checked. Information on the quantities to be used is provided by the manufacturers concerned.

The minimum film-forming temperature of the emulsions can be reduced by using a mixture of 1.5% dibutyl phthalate (*Genomoll 140) and 1.5% butyl diglycol acetate, or 3–5% turpentine or butyl diglycol acetate, relative to the emulsion. Other solvents, such as white spirit, toluene, xylene, ethanol, ethyl glycol, ethylene glycol or hexylene glycol, can also be incorporated in the emulsions. The minimum film-forming temperature of Mowilith DM 22 approx. 50% is above 0 °C. Since this figure may be raised to higher temperatures by the addition of pigments and extenders, 2–5% of the above film-coalescing agents (relative to the emulsion) should be added when manufacturing paints, as in the case of Mowilith DM 21 approx. 50% or Mowilith DM 211 approx. 50%.

For defoaming Mowilith DM 21 approx. 50%, Mowilith DM 211 approx. 50%, and Mowilith DM 22 approx. 50%, we particularly recommend *Nopco MXZ. Other defoamers such as *Dehydran K or *Byk 040 can also be used. Preliminary trials are always necessary to test the compatibility. The amounts to be added vary between 0.05 and 1% relative to the finished product. Suitable concentrations must be determined by tests. For special paints, defoaming with Nopco 8034 plus white spirit may be advantageous.

*Colanyl pigments are suitable organic tinting pigments for paints based on Mowilith DM 21 approx. 50% or Mowilith DM 22 approx. 50%. The use of Mowilith DM 211 approx. 50% reduces the occasional formation of glossy streaks. Mixing with other emulsion paints and resin-bound plasters generally presents no problems.

Storage

Mowilith DM 21 approx. 50%, Mowilith DM 211 approx. 50%, and Mowilith DM 22 approx. 50% should not be stored for more than six months before use, preferably at an even average temperature of 5–25 °C.

The frost resistance quoted above is determined by a laboratory test and is of only limited practical value. It depends to a great extent on the rate of freezing and other factors. The

emulsions should therefore be protected from frost and stored in frost-proof conditions when outdoor temperatures are low.

Distinguishing features

Mowilith DM 22 approx. 50% has a more elastic (softer) film than Mowilith DM 21 approx. 50%, but the uses are the same.

Mowilith DM 211 approx. 50%, on the other hand, offers improved water resistance and good adhesion under moist conditions (wet adhesion). Mowilith DM 211 approx. 50% is particularly suitable as a binder for emulsion paints and resin-bound plasters, especially full-shade and tinting paints.

Special remarks

The composition of Mowilith DM 21 approx. 50% complies with Bundesgesundheitsamt (Federal Health Office) Recommendation XIV (Polymer emulsions) of 1 August 1978.

Safety at work and environmental

General recommendation relating to the handling of synthetic resins are contained in the ring binder in the section "Safety at work and environmental protection".

A safety data sheet is available on request.

GLOSARIO

- **Alumbre:** Es un sulfato doble de aluminio y un metal monovalente.
- **Azurita:** Carbonato básico de cobre mineral, su fórmula es $2\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$.
- **Bórax:** Tetraborato de sodio.
- **Cielo Falso** o Cielo Suspendido o Plafón: Planchas aislantes suspendidas por debajo del entrepiso de una construcción.
- **Duroport:** Espuma de poliestireno extendido.
- **Elastómero:** Polímeros con propiedades elásticas.
- **Enlucido:** Capa de yeso o estuco con que se alisa la superficie de las paredes, fachadas y techos; normalmente se le llama blanqueado.
- **Fonoabsorbente:** Materiales absorbentes del sonido.
- **Fraguado:** Término utilizado para especificar endurecimiento.
- **Hematita:** Roca de óxido de hierro.
- **Ignífugo:** Materiales que protegen contra incendios.

- **Malaquita:** Es un hidrato básico de carbonato de cobre, su fórmula es $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$.
- **Travertino:** Con aspecto poroso.