



FONDO SECTORIAL DE DESARROLLO CIENTÍFICO Y TECNOLÓGICO
PARA EL FOMENTO DE LA PRODUCCIÓN Y FINANCIAMIENTO
DE VIVIENDA Y EL CRECIMIENTO DEL SECTOR HABITACIONAL

GOBIERNO
FEDERAL

MÉXICO
2010



Primer Encuentro Académico CONAVI-CONACYT



MÉXICO, D.F. 2 Y 3 DE FEBRERO 2010





FONDO SECTORIAL DE DESARROLLO CIENTÍFICO Y TECNOLÓGICO
PARA EL FOMENTO DE LA PRODUCCIÓN Y FINANCIAMIENTO
DE VIVIENDA Y EL CRECIMIENTO DEL SECTOR HABITACIONAL



Dr. Inocente Bojorquez Báez

Universidad de Quintana Roo

**Análisis de los comportamientos físicos y
de durabilidad de muros construidos
con fibras leñosas de la región**

CONAFOVI-2002-C01-7935



Consejo Nacional de
Ciencia y Tecnología



UNIVERSIDAD DE QUINTANA ROO

FONDO DE DESARROLLO CIENTÍFICO Y TECNOLÓGICO PARA EL FOMENTO DE LA PRODUCCIÓN Y FINANCIAMIENTO DE VIVIENDA Y EL CRECIMIENTO DEL SECTOR HABITACIONAL

Clave del proyecto: CONAFOVI-2002-C01-7935

Convocatoria: SEDESOL/CONAFOVI-CONACYT 2002/01



Consejo Nacional de
Ciencia y Tecnología

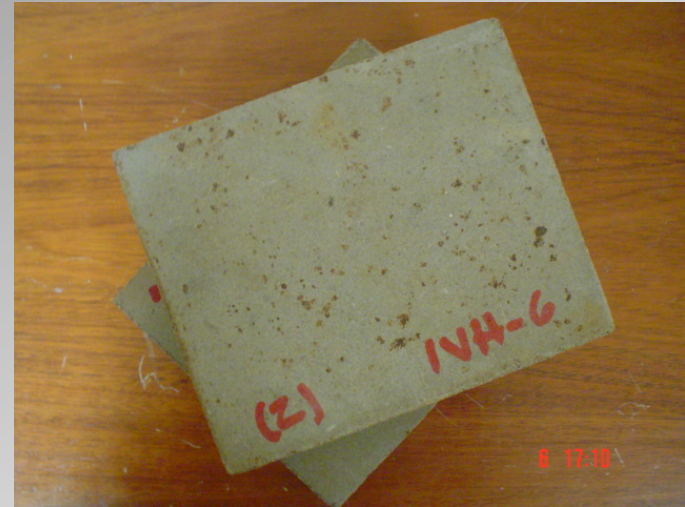


UNIVERSIDAD DE QUINTANA ROO

ANÁLISIS DE LOS COMPORTAMIENTOS FÍSICOS Y DE DURABILIDAD DE MUROS CONSTRUIDOS CON FIBRAS LEÑOSAS DE LA REGIÓN

Inocente Bojórquez, Ma. Milagrosa Pérez, José A. Domínguez

CARACTERIZACIÓN DEL MATERIAL



Materia prima:

Cemento Pórtland

Fibra de Caoba (*Swietenia macrophylla*)

Silicato de Sodio (Na_2SiO_4)

Agua

Relación a/f : 0.5

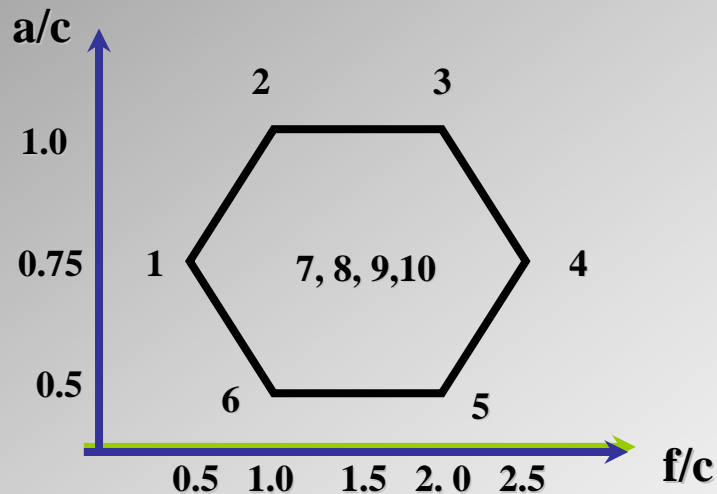
DISEÑO DE EXPERIMENTO

Para este estudio se tomó un modelo de 2° orden en donde los factores se planearon en tres niveles: superior (+1), medio (0) e inferior (-1)

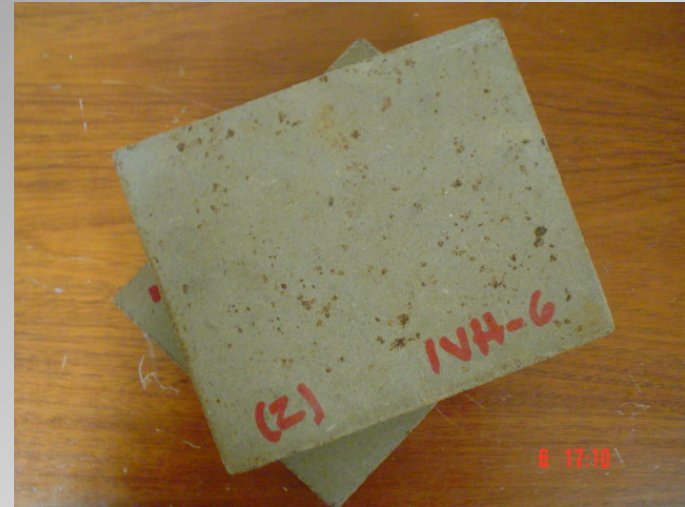
$$\hat{Y} = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_{12}x_1x_2 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2$$

DISEÑO DE EXPERIMENTO

Para el estudio más completo de uno de los factores se utilizó un modelo multitabla en un hexágono.

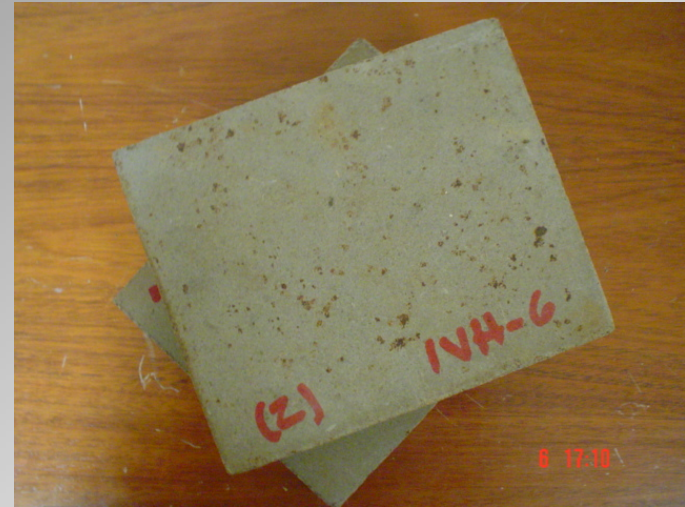


PROPIEDADES MECÁNICAS



Resistencia a la compresión: 33 Mpa
Resistencia a la flexión: 4.15 MPa

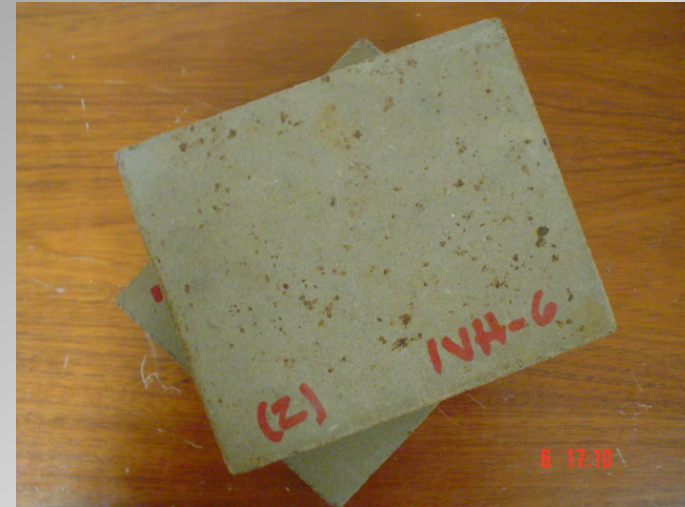
PROPIEDADES MECÁNICAS



Resistencia a la compresión: 33 Mpa

Resistencia a la flexión: 4.15 MPa

PROPIEDADES FÍSICAS



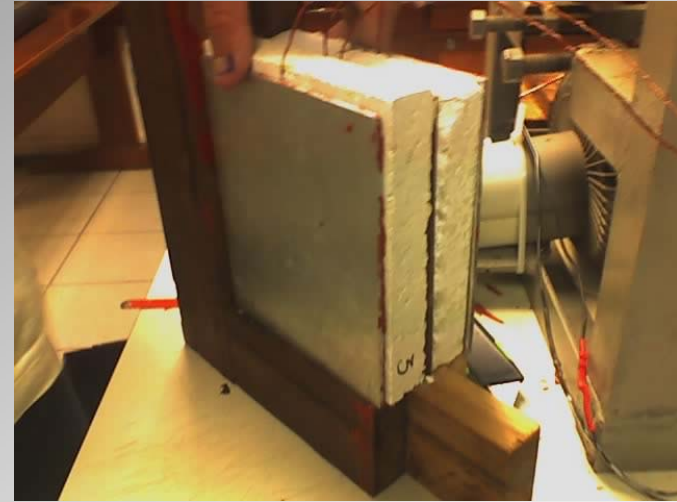
NORMA ASTM C 1185-99

Densidad: 1,150 (kg/m³)

Absorción: 25.5 %

Porosidad: 18.5 %

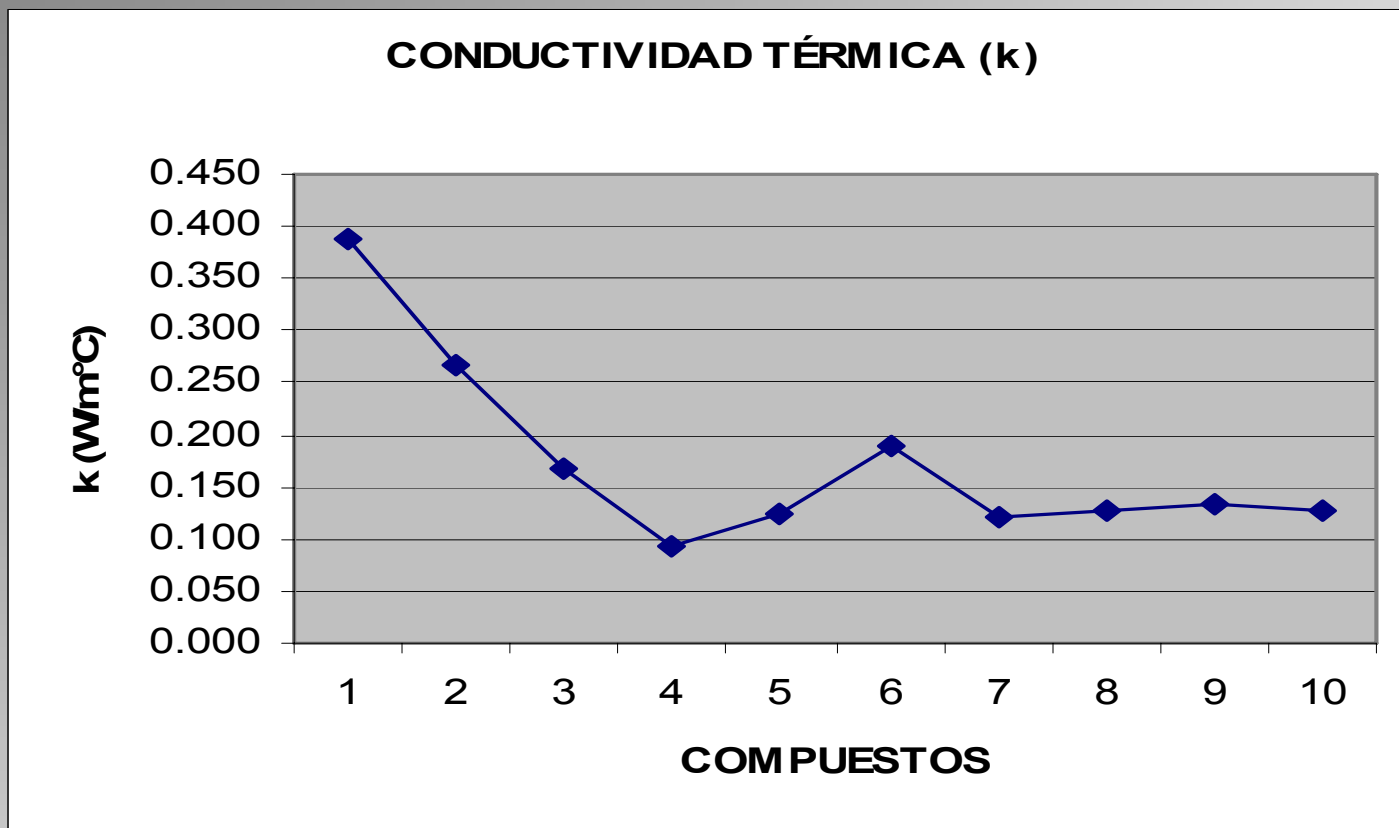
PROPIEDADES TERMOFÍSICAS



ASTM C 177 97

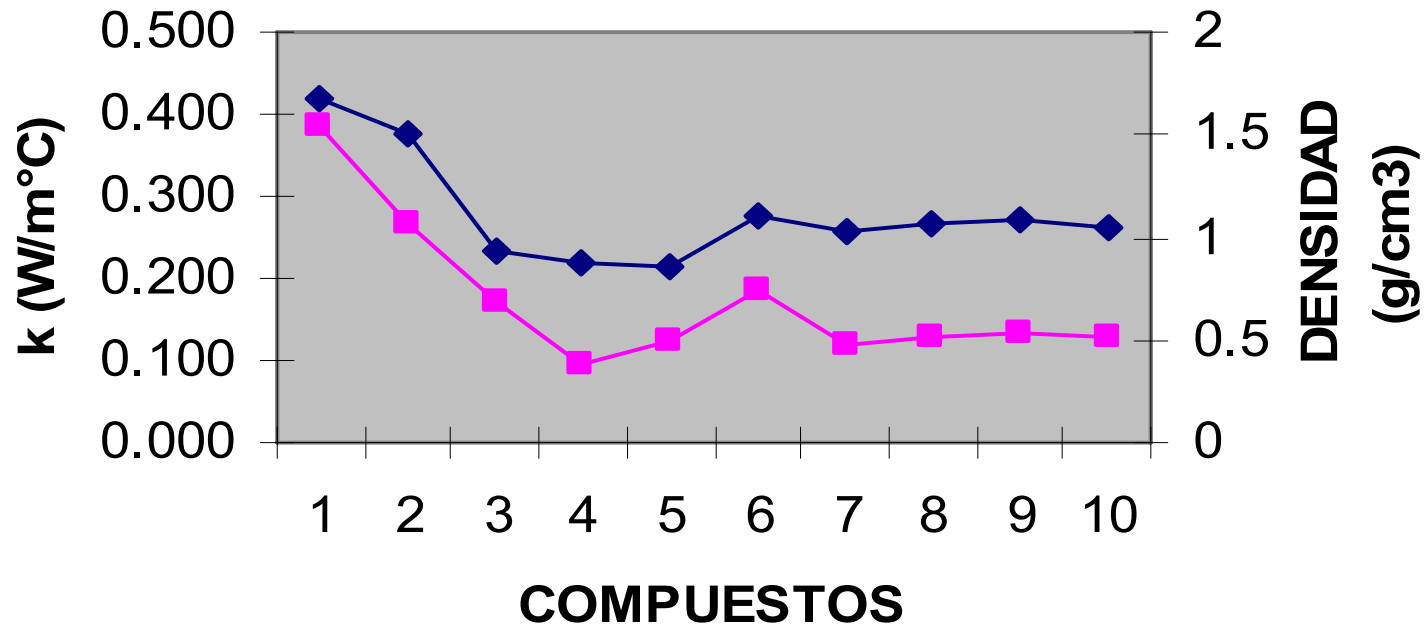
$$k = \frac{Q(L_1 + L_2)}{2A(\Delta T_1 + \Delta T_2)}$$

PROPIEDADES TERMOFÍSICAS



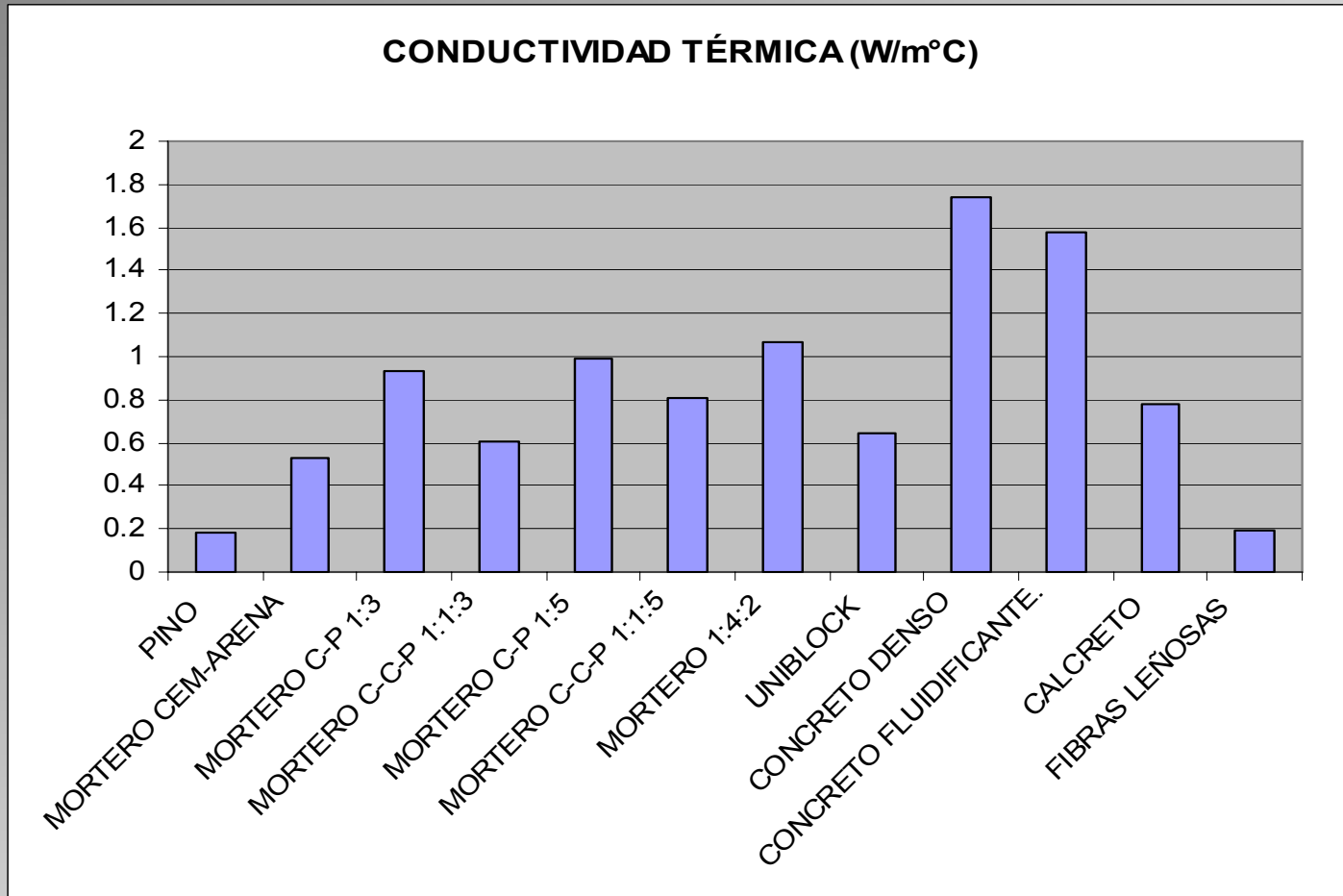
PROPIEDADES TERMOFÍSICAS

CONDUCTIVIDAD-DENSIDAD

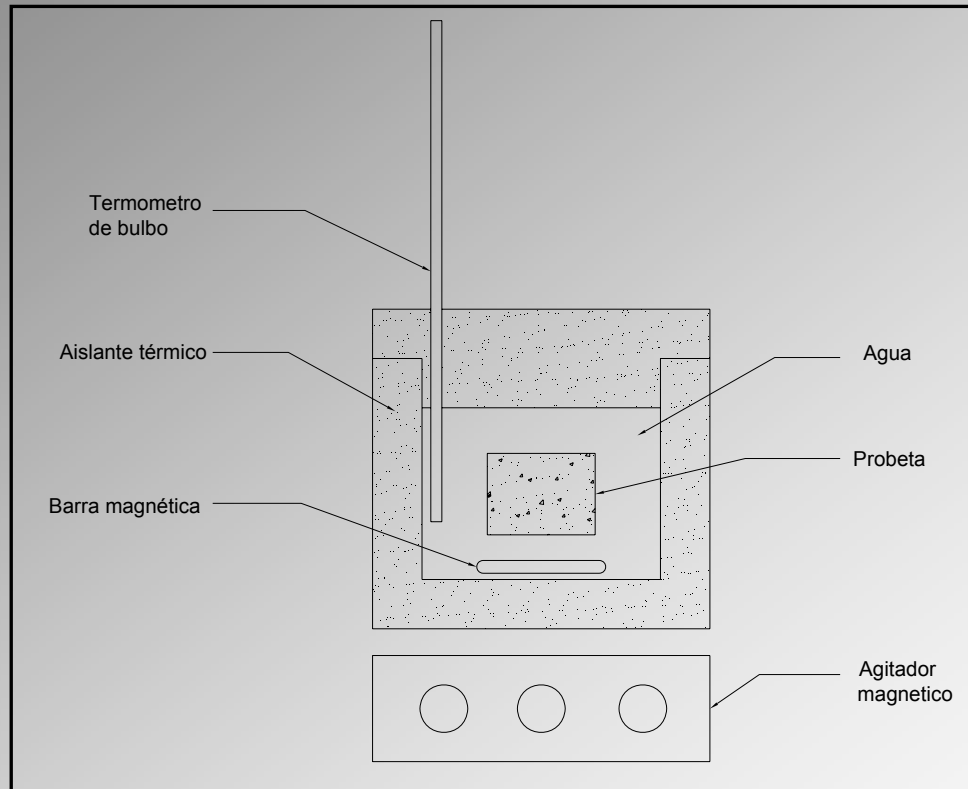


—■— CONDUCTIVIDAD —◆— DENSIDAD

PROPIEDADES TERMOFÍSICAS



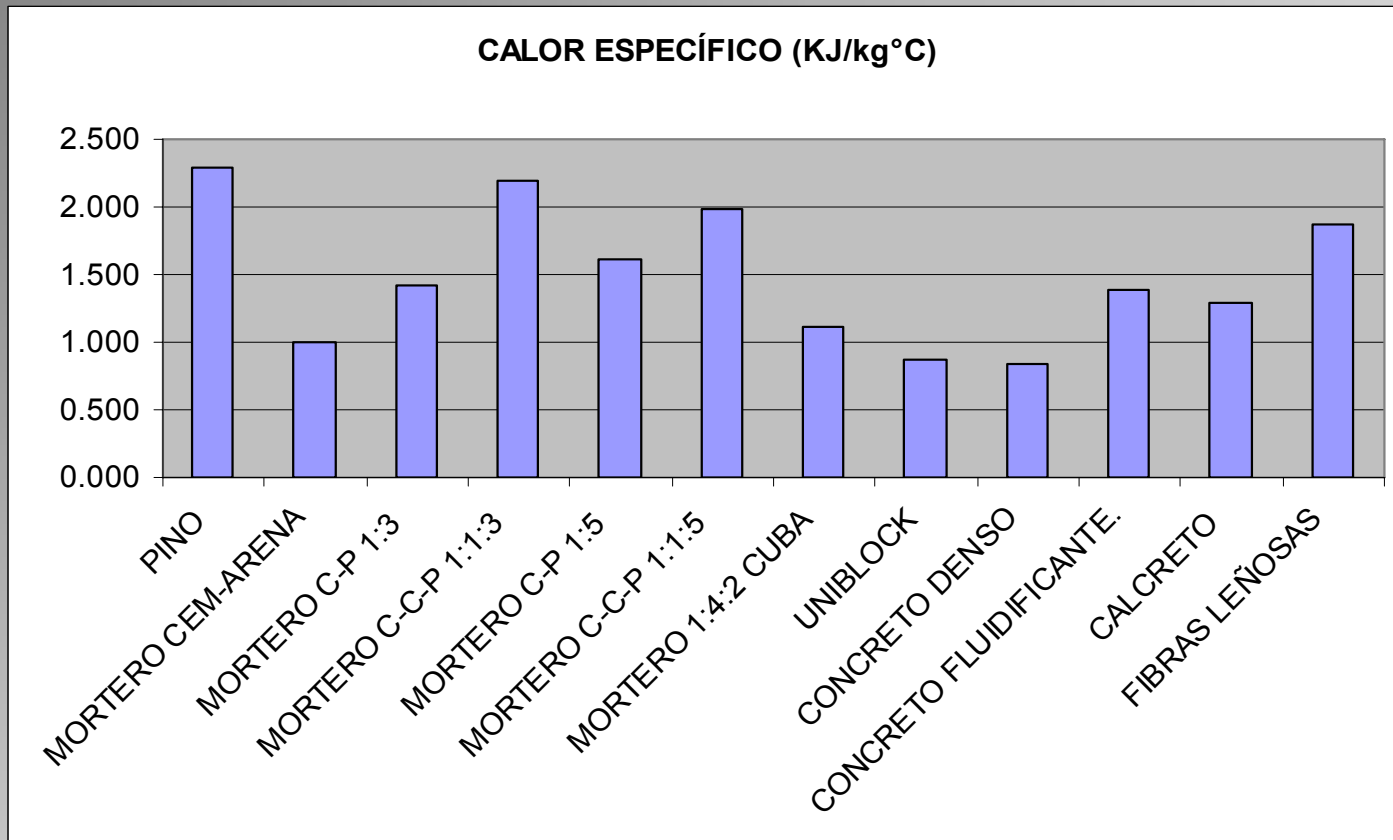
PROPIEDADES TERMOFÍSICAS



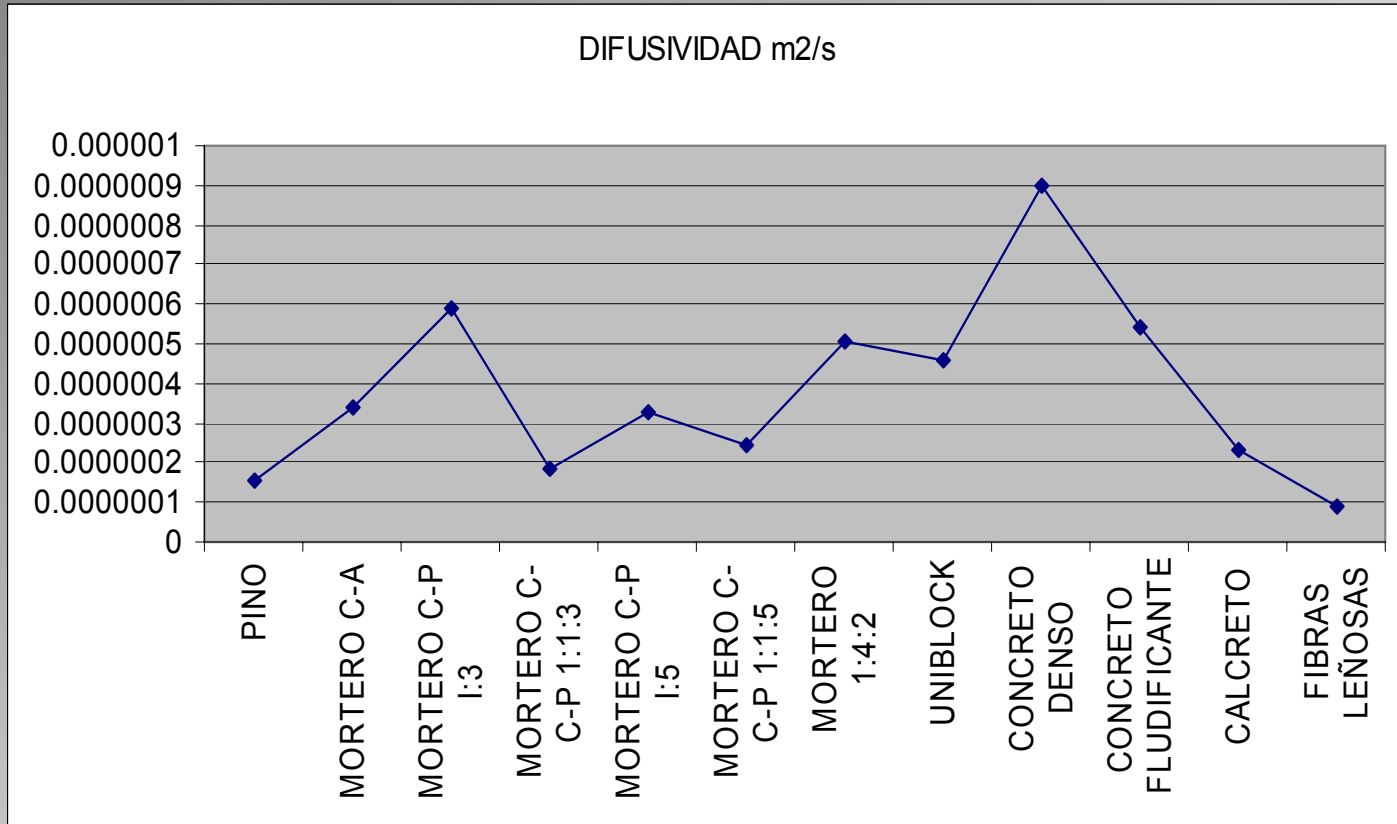
ASTM C 351 92

Esquema de funcionamiento del calorímetro para la medición del Calor específico (C_p)

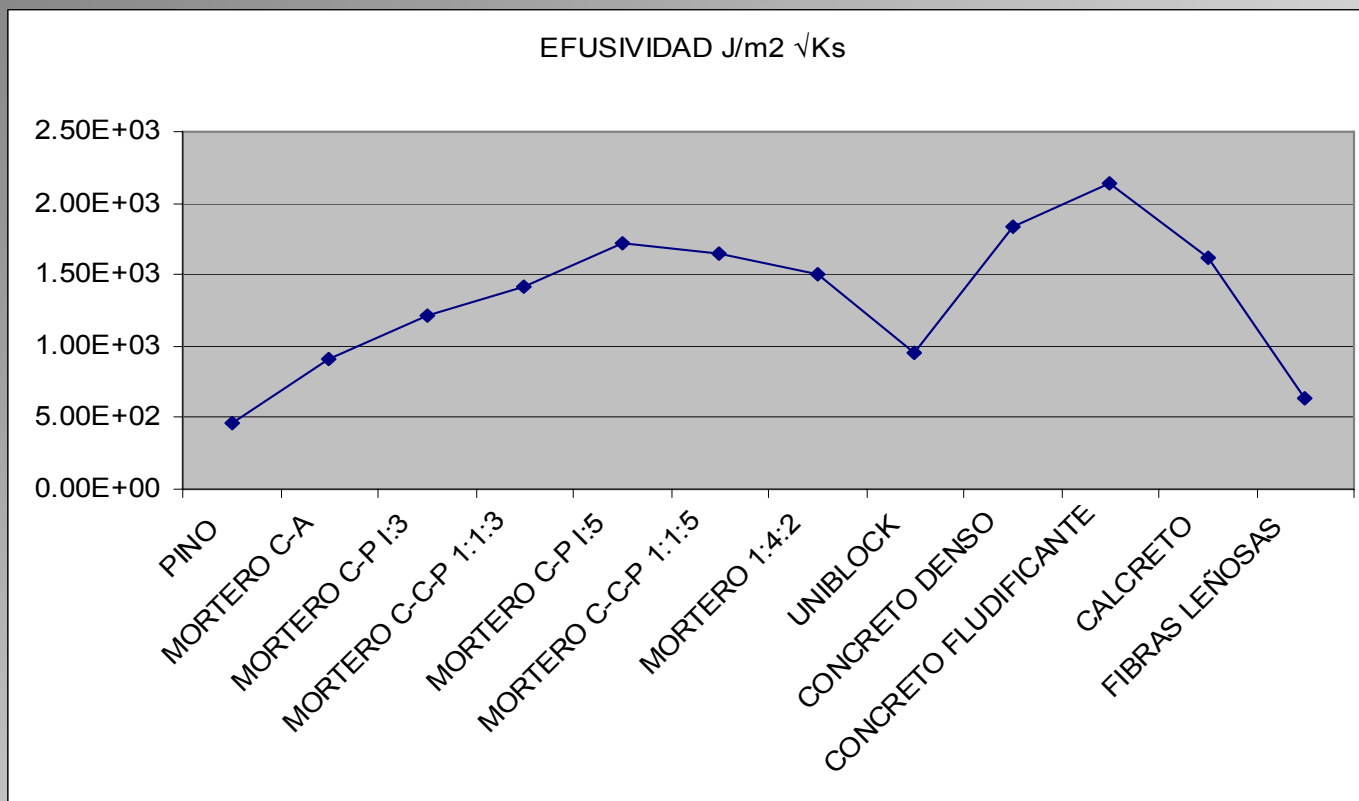
PROPIEDADES TERMOFÍSICAS



PROPIEDADES TERMOFÍSICAS



PROPIEDADES TERMOFÍSICAS



ESTUDIOS DE DURABILIDAD

LA METODOLOGÍA DESARROLLADA CONSIDERÓ TRES CRITERIOS

INCOMPATIBILIDAD QUÍMICA

Producto de la descomposición del elemento orgánico

INCOMPATIBILIDAD FÍSICA

entre matriz y refuerzo

ENVEJECIMIENTO NATURAL

ESTUDIOS DE DURABILIDAD

INCOMPATIBILIDAD QUÍMICA

Producto de la descomposición del elemento orgánico



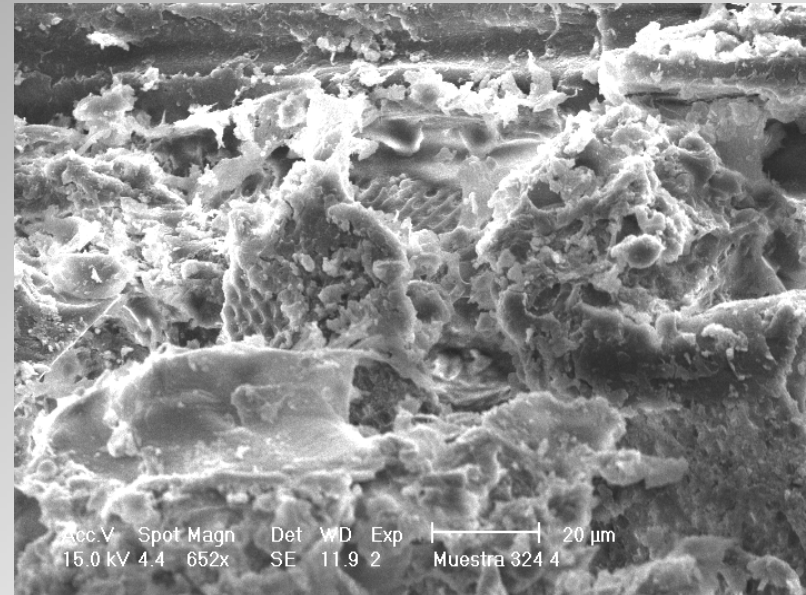
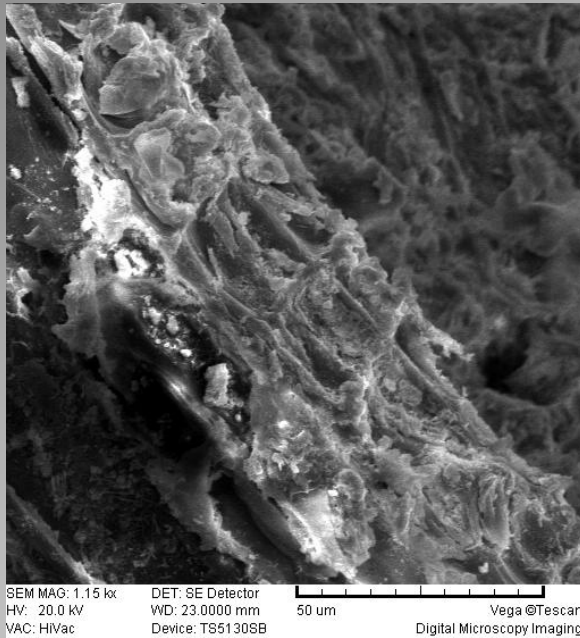
**MICROSCOPIO ELECTRÓNICO DE BARRIDO (MEB)
MCA. PHILIPS, MOD. XL 20 (1995) (En la fibra, en la zona de
transición y en la matriz)**

**ANALIZADOR DE RAYOS "X" (EDS) MCA. OXFORD,
MODELO LINK PENTAFET (para la composición química)**

ESTUDIOS DE DURABILIDAD

INCOMPATIBILIDAD QUÍMICA

Producto de la descomposición del elemento orgánico

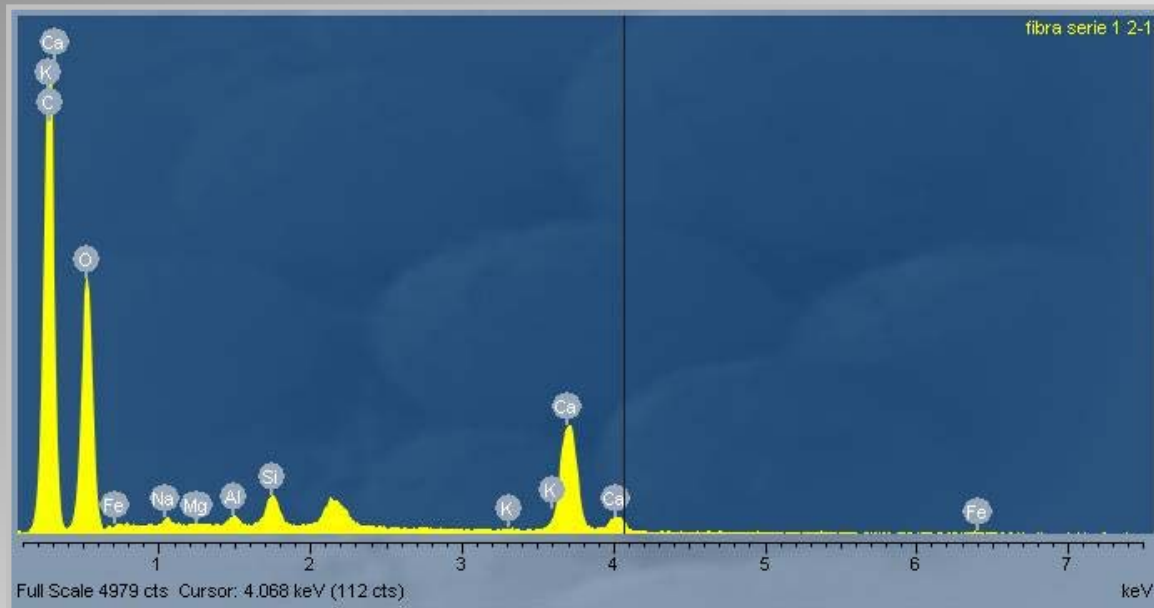


**MICROSCOPIO ELECTRÓNICO DE BARRIDO (MEB)
MCA. PHILIPS, MOD. XL 20 (1995)**

**ANALIZADOR DE RAYOS "X" (EDS) MCA. OXFORD,
MODELO LINK PENTAFET**

ESTUDIOS DE DURABILIDAD

Análisis químico puntual de Rayos “X” por energía dispersa (EDS) en una muestra de 36 meses de edad



Espectro de rayos X (EDS) en la fibra.

ESTUDIOS DE DURABILIDAD

Análisis químico puntual de Rayos “X” por energía dispersa (EDS) en una muestra de 36 meses de edad

ELEMENTOS	FIBRA	ZONA DE TRANSICIÓN	MATRIZ
C	41,72	12,36	13,11
O	47,15	50,24	51,23
Na	0,40	0,45	0,43
Si	1,04	4,09	6,95
S			
K	0,13	0,25	0,37
Ca	8,74	25,79	25,08
Al	0,28	0,72	0,84
Mg		0,35	0,35
Fe		0,75	0,91

ESTUDIOS DE DURABILIDAD

INCOMPATIBILIDAD FÍSICA

Coeficiente de Ablandamiento y

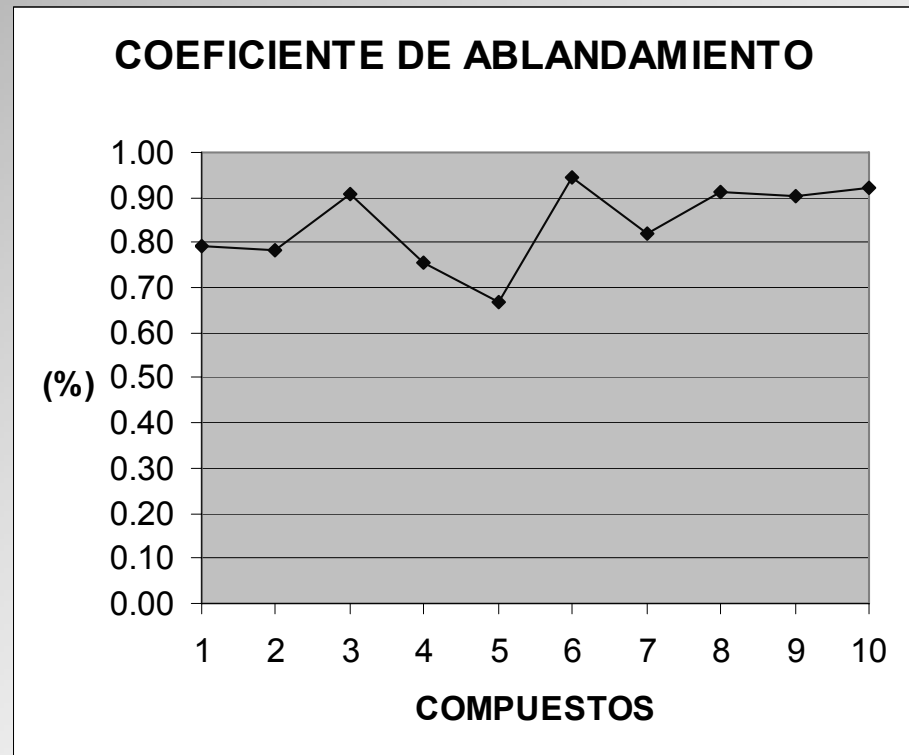
Ciclos de Humedecimiento y Secado

ESTUDIOS DE DURABILIDAD

INCOMPATIBILIDAD FÍSICA

Coeficiente de Ablandamiento

$$R_c = \frac{R_c w}{R_c d} \longrightarrow 0.5 \leq R_c \leq 1.0$$



ESTUDIOS DE DURABILIDAD

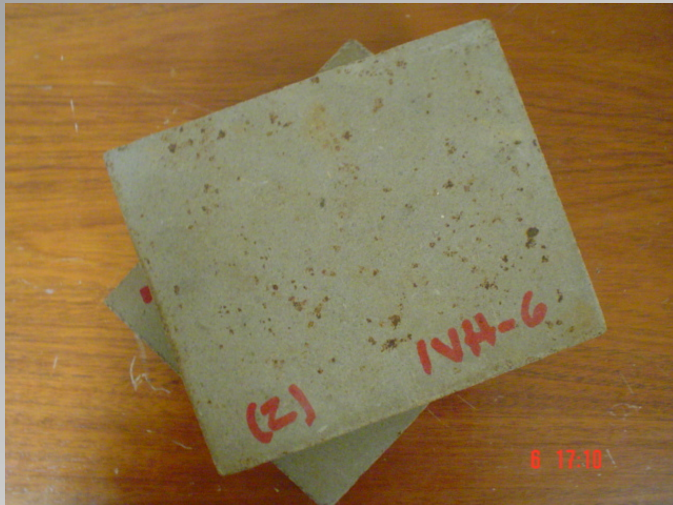
INCOMPATIBILIDAD FÍSICA

Ciclos de Humedecimiento y Secado

ASTM D 559-96

Recomendaciones de la Inter American Housing
and Planning Center (CINVA)

12 ciclos de 48 horas cada una, mismos que consisten de tres pasos:



ESTUDIOS DE DURABILIDAD

INCOMPATIBILIDAD FÍSICA

Ciclos de Humedecimiento y Secado

ASTM D 559-96

**Recomendaciones de la Inter American Housing
and Planning Center (CINVA)**

- 1.- Un primer período de 5 horas en donde las muestras permanecen sumergidas en agua a temperatura ambiente ($21^{\circ}\text{C} \pm 2$)**
- 2.- Un segundo período de 42 horas en donde las muestras se someten a un secado en horno a una temperatura de $70^{\circ}\text{C} (\pm 2)$**
- 3.- Un período de una hora aplicando el proceso de cepillado en las caras de la muestra, consistente en 20 pasadas con un cepillo de cerdas de acero aplicando una presión de aproximadamente 13.3 N y seis más para cada uno de los lados.**

ESTUDIOS DE DURABILIDAD

INCOMPATIBILIDAD FÍSICA

Ciclos de Humedecimiento y Secado

ASTM D 559-96

Recomendaciones de la Inter American Housing
and Planning Center (CINVA)

$$M = \left(\frac{W_i - W_f}{W_f} \right) 100$$

Donde:

M = Pérdida de masa (%)

W_i = Peso inicial (g)

W_f = Pesos final (g)

ESTUDIOS DE DURABILIDAD

INCOMPATIBILIDAD FÍSICA

Ciclos de Humedecimiento y Secado

ASTM D 559-96

Recomendaciones de la Inter American Housing
and Planning Center (CINVA)

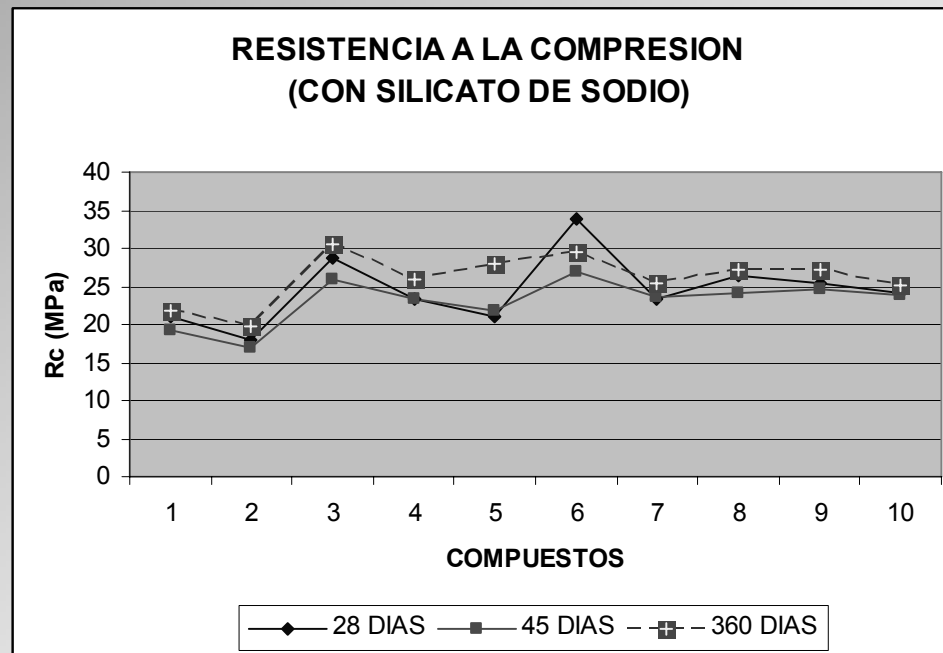
$$M = \left(\frac{W_i - W_f}{W_f} \right) 100$$

MUESTRA	W inicial (g)	W final (g)	Pérdida de masa (%)
1	757	711	6,47
2	810	779	3,98
3	785	743	5,65

ESTUDIOS DE DURABILIDAD

ENVEJECIMIENTO NATURAL

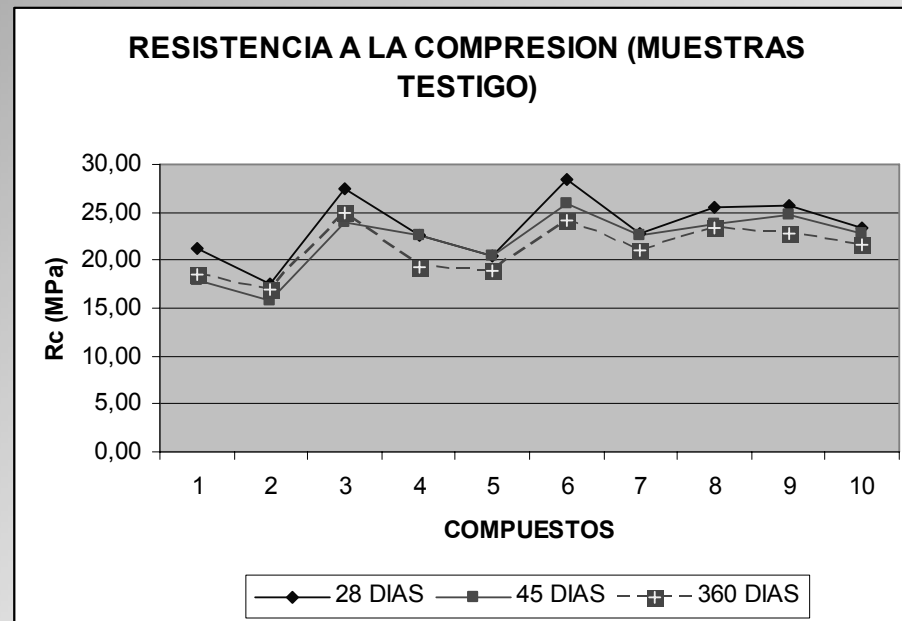
Con el propósito de corroborar la acción del Na_2SiO_4 se realizaron los ensayos de R_c a dos grupos de probetas de tres diferentes edades: Uno de los grupos estaba impregnado con el agente.



ESTUDIOS DE DURABILIDAD

ENVEJECIMIENTO NATURAL

Con el propósito de corroborar la acción del Na_2SiO_4 se realizaron los ensayos de R_c a dos grupos de probetas de tres diferentes edades: Uno de los grupos estaba impregnado con el agente.



ESTUDIOS DE DURABILIDAD

ENVEJECIMIENTO NATURAL

Se dejaron muestras expuestas al intemperismo.



ESTUDIOS DE DURABILIDAD

ENVEJECIMIENTO NATURAL

Se dejaron muestras expuestas al intemperismo.



RESULTADOS

PROPIEDADES TERMOFÍSICAS

Los valores de Conductividad térmica (k) son función de la longitud de equilibrio de enlace de las fibras (a_0) y ésta depende a su vez, del diámetro y de la fracción volumétrica de las mismas.

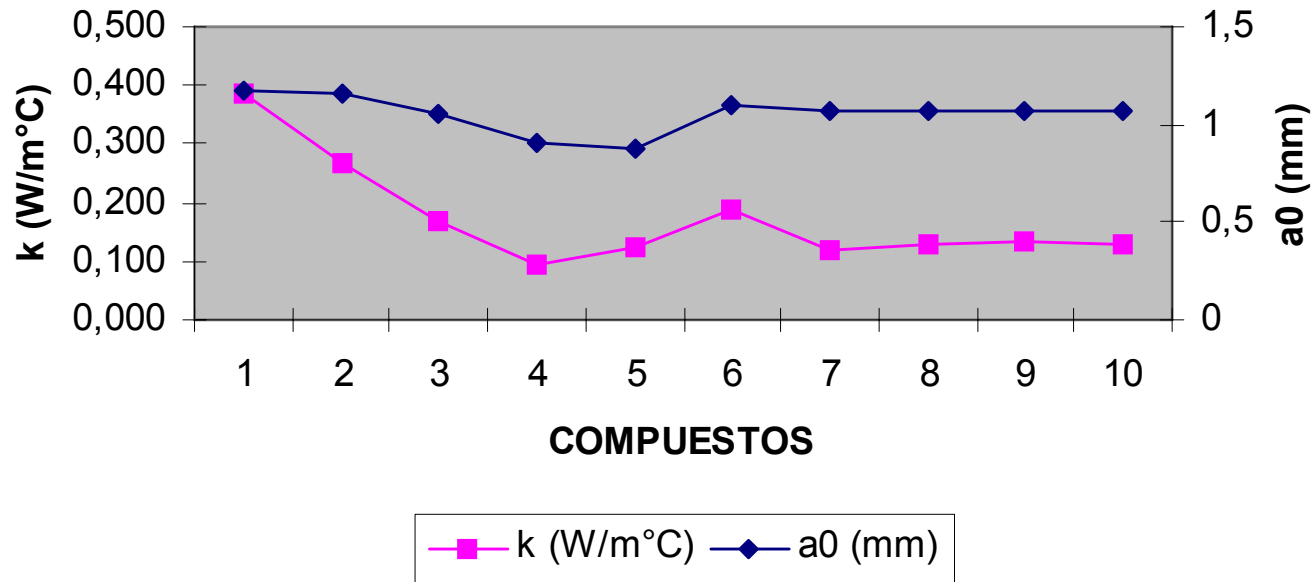
La expresión que define esta distancia es:

$$a_0 = \left(\frac{d}{\sqrt{V_f}} \right)^k$$

k = Cociente que resulta de la relación $V_f/\Sigma(V_m + V_w)$

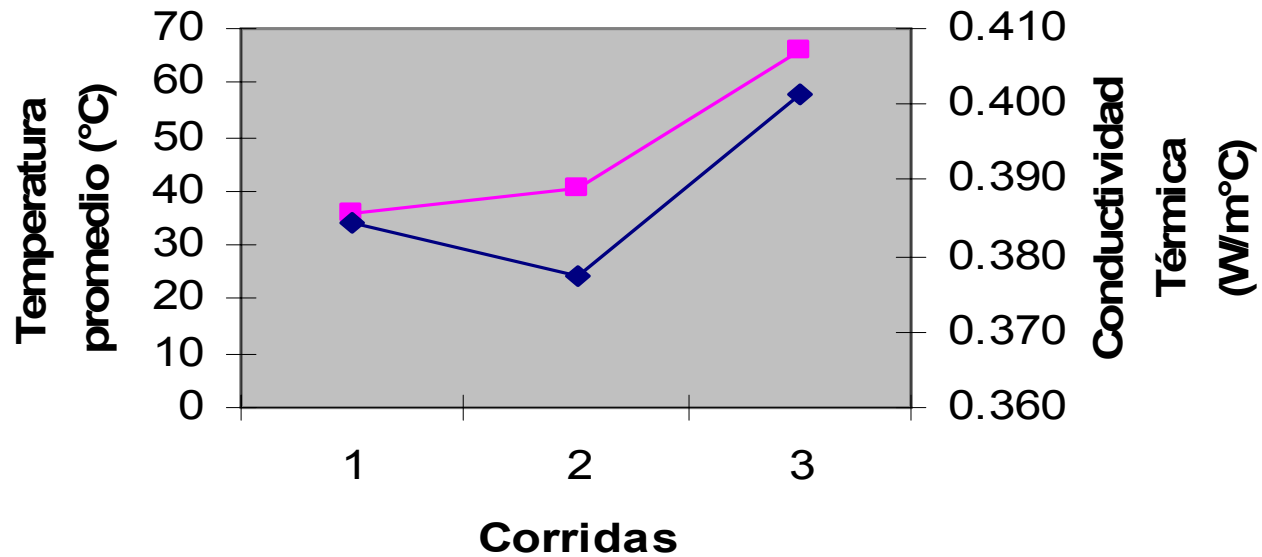
PROPIEDADES TERMOFÍSICAS

CONDUCTIVIDAD TERMICA-DISTANCIA ENTRE FIBRAS



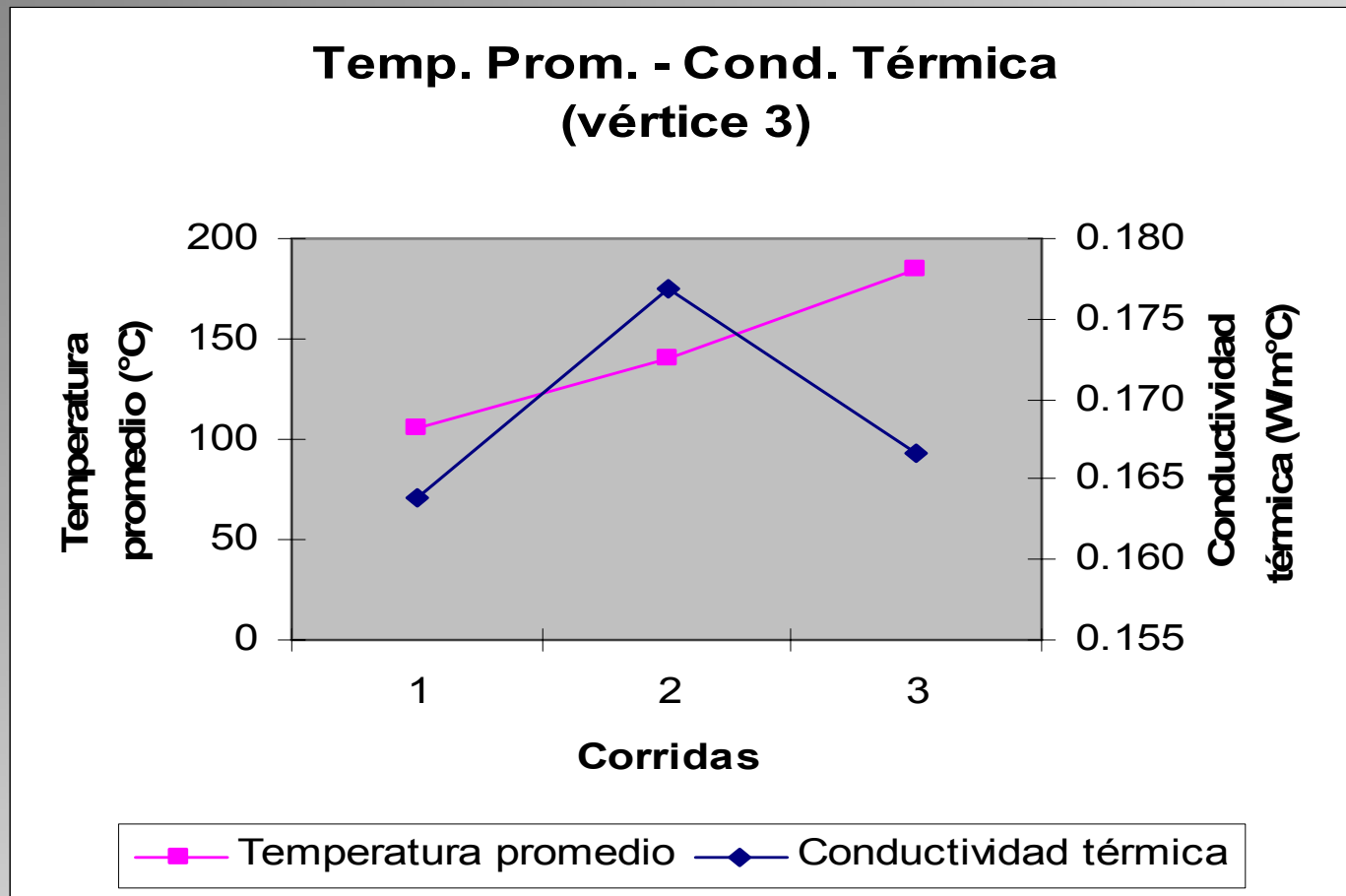
PROPIEDADES TERMOFÍSICAS

Temp. Prom - Cond. Térmica (vértice 1)

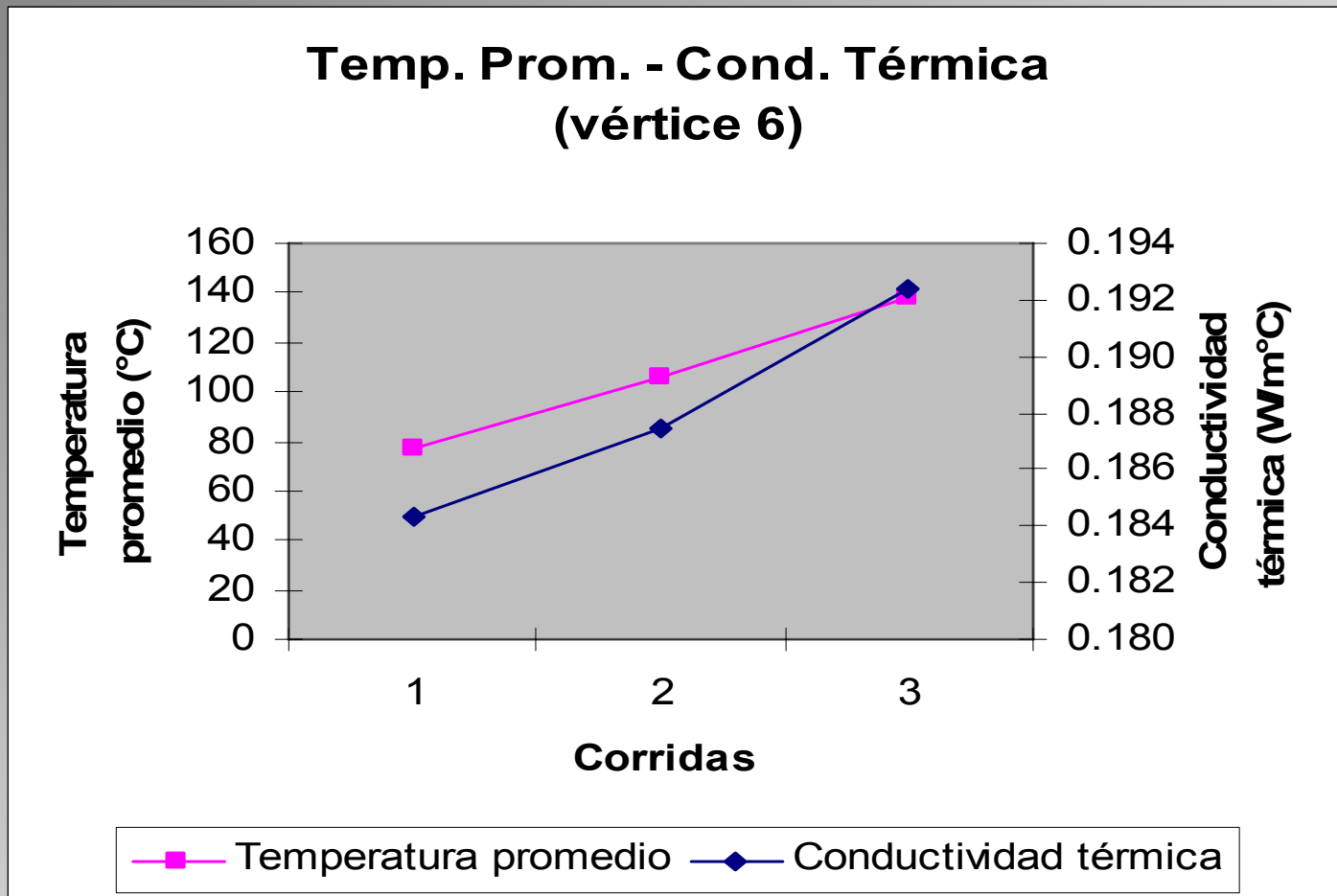


■ Temp. Prom. ◆ Cond. Térm. (k)

PROPIEDADES TERMOFÍSICAS



PROPIEDADES TERMOFÍSICAS



ESTUDIOS DE DURABILIDAD

Los estudios de MEB permitieron observar el comportamiento de las tres interfases.

Se pudo observar la zona de transición y con ello la acción del Silicato de sodio que al reaccionar con los cristales de Ca(OH)_2 , forma el Silicato de calcio.

La composición química a través de rayos “X” (EDS) mostró una zona de refuerzo con un porcentaje elevado de Carbono y Oxígeno.

En la región de la matriz una relación Ca/Si de 3.61 indica ausencia de grandes concentraciones de cal libre

ESTUDIOS DE DURABILIDAD

Los resultados del Coeficiente de Ablandamiento, arrojan valores dentro del margen especificado.

Lo mismo los de Humedecimiento y Secado.

Los ensayos de R_c a través del tiempo, mostraron que en las probetas testigo, esta propiedad tendió a disminuir