

29
165



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

CEMENTOS DE MAMPOSTERIA

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER
EL TITULO DE
INGENIERO CIVIL
PRESENTA

LORENZO REYES IBARRA



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.



UNIVERSIDAD NACIONAL

INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA

EXAMENES PROFESIONALES

60-1-323

Al Pasante señor LORENZO REYES IBARRA,
P r e s e n t e .

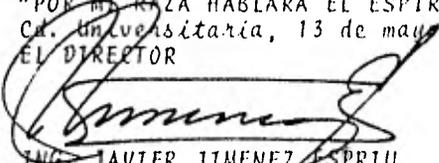
En atención a su solicitud relativa, me es grato transcribir a usted a continuación el tema que aprobado por esta Dirección propuso el Profesor Ing. Miguel Madinaveitia Jurgenson, para que lo desarrolle como tesis en su Examen Profesional de Ingeniero CIVIL.

"CEMENTOS DE MAMPOSTERIA"

1. Introducción.
2. Descripción de pruebas realizadas.
3. Cementantes de cemento-cal y morteros comerciales.
4. Cementantes que contienen tierra arcillosa.
5. Conclusión.

Ruego a usted se sirva tomar debida nota de que en cumplimiento de lo especificado por la Ley de Profesiones, deberá prestar Servicio Social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito indispensable para sustentar Examen Profesional; así como de la disposición de la Dirección General de Servicios Escolares en el sentido de que se imprima en lugar visible de los ejemplares de la tesis, el título del trabajo realizado.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria, 13 de mayo de 1982
EL DIRECTOR


ING. JAVIER JIMENEZ ESPRIU

JJE/08/H/ser

I N D I C E

	Pág.
1. INTRODUCCION.	1
2. DESCRIPCION DE PRUEBAS REALIZADAS.	4
2.1 Resistencia a Compresión.	4
2.2 Retención de Agua.	6
2.3 Contracción.	7
2.4 Tiempo de Fraguado.	8
2.5 Resistencia al Goteo.	9
2.6 Prueba de Secado.	11
2.7 Prueba de Adherencia (como junta y como aplanado).	12
2.8 Agrietamiento.	15
3. CEMENTANTES DE CEMENTO-CAL-ARENA Y MORTEROS COMERCIALES.	17
3.1 Resistencia a Compresión.	18
3.2 Resistencia - tiempo de empleo, tiempo de fraguado.	21
3.3 Adherencia y agrietamiento.	31
3.4 Retención de agua y su relación con otras pruebas.	38
4. CEMENTANTES QUE CONTIENEN TIERRA ARCILLOSA.	46
4.1 Características de la tierra arcillosa empleada en el estudio.	46
4.2 Proporcionamiento de los morteros de cemento-tierra arcillosa-arena.	47
4.3 Resistencia a compresión.	48
4.4 Resistencia - tiempo de empleo, tiempo de fraguado.	54
4.5 Adherencia y agrietamiento.	63

	Pág.
4.6 Retención de agua y su relación con otras pruebas.	70
5. CONCLUSION.	78
6. BIBLIOGRAFIA.	81

1. INTRODUCCION

En el presente estudio se analiza el empleo de cementantes en los morteros, siendo éstos una mezcla de uno o varios cementantes con arena y agua. Las propiedades más importantes con que debe cumplir un mortero son: resistencia a la compresión, adherencia con los materiales y trabajabilidad.

Los materiales que tradicionalmente se han empleado - como cementantes son: tierra, cal y yeso y más recientemente cemento Portland. Además en las ciudades se han comercializado productos con los nombres de cementos de albañilería, cementos de adición o indebidamente llamados - morteros comerciales*, siendo éstos productos algún proporcionamiento patentado de cementantes.

En el estudio se presentan morteros empleados comúnmente como los que contienen entre sus cementantes al cemento, a la cal, o alguna combinación de ellos, así como algunos morteros comerciales existentes en la ciudad de México, todos ellos combinados con arena en proporción -- 1:3 (cementante : arena). Otros morteros poco usuales -- que también se analizan, son aquellos que entre sus cementantes contienen tierra arcillosa, debido a que en algunos lugares se dispone fácilmente de ella y se logra con su empleo alguna economía en la obra. No se emplea en -- ninguno de los morteros que se analiza el yeso, debido a que endurece muy rápido y hace difícil su empleo.

Los principales empleos que se les dá a los morteros son: como junta de mampostería y como aplanado.

Como junta proporciona rigidez a la mampostería como

* En el desarrollo del presente estudio se empleará éste nombre, para designar a estos cementantes, por ser así más comúnmente conocidos.

elemento unión entre las piezas que la forman y como aplanado proporciona protección a las mamposterías.

La norma de morteros para mampostería C-270 de la American Society for Testing and Materials (A.S.T.M.) señala como características con que debe cumplir un mortero a la resistencia a la compresión y a la retención de agua, dependiendo estas características del tipo de cementantes empleados en el mortero y del contenido de arena, a la cual por ejemplo se limita entre 2 1/4 y 4 veces la suma de cementantes en volumen. Además según la norma de cementos para mampostería C-91 de la A.S.T.M., los cementantes deben cumplir con tiempo de fraguado, sanidad y finura.

Como hemos visto las normas para morteros y de cementantes no proporcionan especificación o recomendación acerca de la adherencia, la cual resulta interesante investigar. La adherencia como junta de mampostería no es un factor importante, debido a que los muros se encuentran sujetos principalmente a cargas de compresión, no presentándose en ellos esfuerzos de tensión en los cuales se requiera de la adherencia entre la junta de mortero y los mampuestos. Como aplanado presenta además del problema de la adherencia al muro, el problema del agrietamiento, problemas que se encuentran relacionados y que se ha intentado resolver en algunas ocasiones poniendo rajuelas o piedrecillas entre las juntas de la mampostería o en otros casos poniendo tela de alambre clavada al muro, proporcionando así mejor anclaje al aplanado y restringiendo el agrietamiento.

Para investigar a los cementantes en los morteros se efectuaron las pruebas que se enumeran a continuación, con la finalidad de relacionarlas y obtener de ellas

orientaciones acerca del empleo de cementantes en los morteros.

Prueba de resistencia a la compresión.

Prueba de retención de agua.

Prueba de tiempo de fraguado (Vicat y Gillmore).

Prueba de secado.

Prueba de adherencia (como junta y como aplanado).

Agrietamiento.

Prueba de goteo (resistencia a la lluvia) e intemperismo.

2. DESCRIPCION DE PRUEBAS REALIZADAS

En este capítulo se describen las pruebas que se efectuaron para obtener orientaciones del empleo de cementantes en morteros para mampostería.

2.1. RESISTENCIA A COMPRESION

Es la característica más importante que debe tener -- un mortero cuando se le emplea como junta de mampostería.

En el presente estudio se han efectuado cinco tipos - distintos de prueba para conocer la resistencia a compresión de los morteros en diferentes circunstancias:

Prueba rápida (P), que tiene por objeto el valuar la resistencia del mortero en forma rápida, sirviendo de índice de la resistencia que adquirirá con el tiempo.

Prueba sumergida (P'), tiene por objeto el valuar la resistencia del mortero cuando se encuentran expuesto a humedad.

Prueba curada (P''), sirve de índice con respecto a - las resistencias que indican los reglamentos y normas para morteros.

Prueba a largo plazo (P'''), califica la resistencia de los morteros transcurridos varios meses desde su fabricación.

Prueba a largo plazo y luego sumergida (P^{iv}), tiene - por objeto el valuar la hidraulicidad de los morteros de varios meses de edad.

Para realizar estas pruebas se elaboraron cilindros - de mortero con un tubo metálico que se empleó de molde, -

teniendo la característica de ser el doble de largo que de ancho. El cilindro empleado en este estudio tiene -- 10.8 cm. de largo por 5.4 cm. de diámetro.

El cilindro metálico se llenó en varias capas, compactándolo a mano. Una vez lleno el molde, se le dió un acabado para luego extruir el cilindro de mortero con -- ayuda de un apoyo, siguiendo luego algunos de los siguientes tratamientos:

- En P los cilindros se exponen frente al ventilador durante 48 horas, para ser ensayados.
- En P' los cilindros luego de seguir el mismo tratamiento que en P, se sumergieron en agua durante 24 horas antes de ser ensayados.
- En P'' los cilindros fueron puestos en el interior de la cámara de curado inmediatamente después de ser extruidos, permaneciendo en ella 7 días, para antes de ser ensayados, exponerlos frente al ventilador por 24 horas.
- En P''' los cilindros han tenido el mismo tratamiento que en P'', permaneciendo en el ambiente 5 meses aproximadamente para ser ensayados.
- En P^{iv} los cilindros luego de seguir el mismo tratamiento que en P''', se sumergieron en agua durante 24 horas antes de ser ensayados.

2.2. RETENCION DE AGUA

De acuerdo a las normas de morteros para mampostería, esta es una de las pruebas de laboratorio con que debe -- cumplir un mortero, con la posible finalidad de conocer -- la capacidad que tiene para retener agua durante su em- -- pleo en obra.

En general la prueba se desarrolla en la siguiente -- forma, de acuerdo a la norma C-91 A.S.T.M.:

Se prepara una mezcla con una fluidez de $110 \pm 5\%$, - para ponerla en un extractor de agua por vacío, durante_ un minuto, determinándose nuevamente la fluidez de la -- mezcla. La relación entre la segunda y primera fluidez_ recibe el nombre de "retención de agua". Debiendo cum-- plir de acuerdo a la norma antes mencionada con una "re- tención de agua" del 70% como mínimo.

2.3. CONTRACCION

Tiene por objeto el cuantificar la variación de volumen que tienen los cementantes en el mortero.

Para efectuar esta prueba se emplean los cilindros de mortero de las pruebas P y P'' para conocer la contracción que han tenido los cementantes en los morteros con estos tratamientos. Siendo su equivalente en esta prueba las iniciales C y C''.

Primeramente se obtiene el peso de los cilindros en seco, luego se les sumerge en cera fundida (para evitar que absorban agua cuando se sumerjan en ella) y se obtiene nuevamente el peso de los cilindros (ahora encerados), se les sumerge en agua dentro de una red que se encuentra suspendida de una báscula para determinar el peso sumergido de los cilindros o sea su volumen de acuerdo al principio de Arquímedes que dice: "Todo cuerpo sumergido en un líquido experimenta un empuje vertical ascendente igual al peso del volumen del líquido desalojado".

Con los datos así obtenidos se procede de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} (\text{peso del cilindro encerado} - \text{peso del cilindro seco}) &= \text{peso de la cera} \\ (\text{peso del cilindro seco} - \text{peso del cilindro sumergido} - \text{peso de la cera}) & \\ &= \text{volumen del cilindro} \end{aligned}$$

$$\frac{(\text{volumen del molde} - \text{volumen del cilindro})}{\text{volumen del molde}} \times 100 = \% \text{ de contracción}$$

* El volumen del molde con el cual se han elaborado los cilindros se calcula fácilmente, ya que sus medidas son conocidas.

2.4. TIEMPO DE FRAGUADO

De acuerdo a la A.S.T.M. esta prueba se efectúa solo a la pasta de cementantes.

Para determinar el tiempo de fraguado inicial existen dos procedimientos aceptados por la A.S.T.M. que son: la prueba Vicat y la prueba Gillmore, normas C-187 y C-266 -- A.S.T.M. respectivamente.

Para determinar el tiempo de fraguado final de los cementantes solo se acepta la prueba Gillmore de fraguado final, norma C-266 A.S.T.M.

En la norma de cementos para mampostería (C-91 A.S.T.M.) se especifica un tiempo de fraguado inicial mínimo de 2 horas y un tiempo máximo de 24 horas para el fraguado -- final, ambos tiempos en relación a la prueba Gillmore.

2.5. RESISTENCIA AL GOTEO E INTEMPERISMO

Se han elaborado placas (de 2 x 6.5 x 9 cm.) con la finalidad de conocer la resistencia a la lluvia que tienen los morteros. Una vez elaboradas las placas siguieron el mismo tratamiento que los cilindros P, P' y P'', siendo su equivalente para esta prueba las iniciales G, G', G''.

Luego de cada uno de los tratamientos correspondientes, las placas se colocaron bajo una gota de agua, que cae desde una altura de 2.6 m., con una frecuencia de una gota -- por segundo. Si la placa se daña con el golpe de la gota hasta perforarla, se considera que el material no tiene resistencia a la lluvia, determinándose además el tiempo en que ésto ocurre.

Para comparar y saber que tan representativa era la -- prueba de goteo, se pusieron colados o aplanados en forma horizontal expuestos a la intemperie, de esta manera recibieron el golpe directo de la lluvia, el sol y el aire durante más de 9 meses.



Figura 2.5.

Aplanados o colados puestos horizontalmente a la intemperie para comparar su resistencia a la lluvia con la prueba de goteo.

2.6. PRUEBA DE SECADO

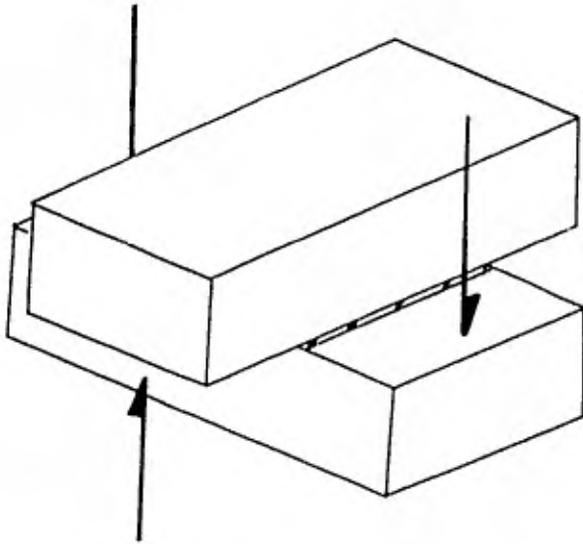
Esta prueba se efectuó con la finalidad de relacionar la "retención de agua" de los morteros con la cantidad de agua que pierden las mezclas por secado al permanecer en el ambiente. Para ésto se preparan mezclas con un revestimiento de 1 cm., en relación al cilindro con que han sido elaborados los especímenes del ensayo a compresión, -- controlándose de esta manera la cantidad de agua en la -- mezcla. Se procede a elaborar placas (de 2 x 6.5 x 9 cm.) iguales a las placas de la prueba de goteo, determinándose el peso de ellas, para luego ponerlas frente al ventilador durante 24 horas, obteniéndose los pesos de las placas 2, 12 y 24 horas después de haber sido elaboradas.

2.7. ADHERENCIA

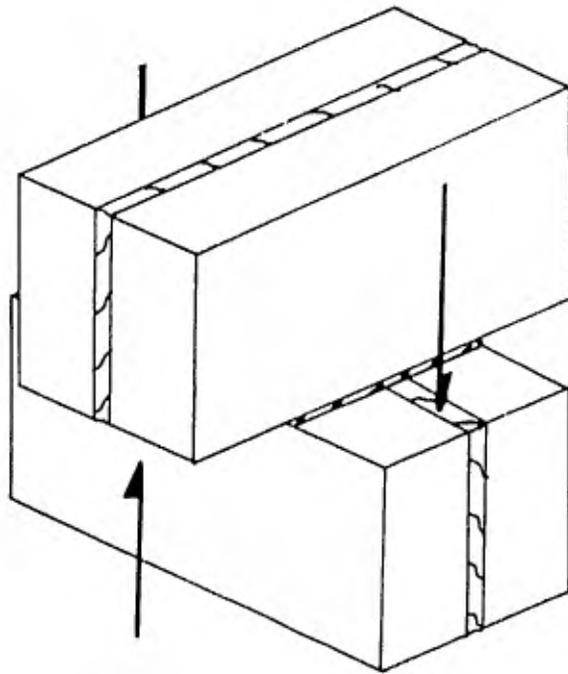
Como se mencionó en la introducción la adherencia entre el mampuesto y la junta de mortero no es esencial, pero sí muy interesante, debido a que puede ocurrir que en un muro las piezas se encuentren sobrepuestas rodeadas por la junta sin estar adheridas a ella, pudiendo tal vez quitar alguna de las piezas dejando el hueco rodeado por la junta.

Para el aplanado hemos mencionado que, además del problema de la adherencia, presenta el problema del agrietamiento por contracción de los cementantes del mortero, -- que en algunos casos no permite que el aplanado adhiera a la superficie del muro, por el movimiento de contracción, despegándose fácilmente el aplanado. Se ha mencionado -- además que en ocasiones se ponen rajuelas o tela de alambre para proporcionar más puntos de apoyo al aplanado, mejorando la adherencia y disminuyendo la contracción. Siendo interesante estudiar el anclaje o apoyo que proporciona la junta de mampostería al aplanado sin elementos auxiliares como los mencionados. Para esto se propuso efectuar pruebas que orienten acerca de la adherencia que se puede obtener entre el ladrillo y el mortero como junta de mampostería, así como de la importancia que puede tener la junta de la mampostería del muro en la adherencia del aplanado.

La prueba de la junta se efectúa cruzando dos ladrillos unidos por la junta de mortero, como se aprecia en la figura 2.7.1.a. Y para conocer la adherencia que puede tener el aplanado por la junta de la mampostería, se propone el espécimen que se muestra en la figura 2.7.1.b., que es una modificación al anterior. En él, la junta que hay entre los ladrillos dobles supone ser la junta de la



(a)



(b)

Figura No. 2.7.1.

mampostería en un muro, la cual proporciona apoyo al aplanado el cual sería la junta que une a los ladrillos dobles cruzados.

Se aplicarán cargas a los especímenes que tiendan a separar a los ladrillos, como se observa en la figura 2.7.1.a y b. Una vez obtenida la carga de falla, se divide entre el área de contacto del ladrillo y la junta de mortero, obteniéndose de esta manera la adherencia entre el mortero y las piezas de mampostería.

Como junta de mampostería se obtiene la adherencia en ladrillos rojos, adobe, tabicón y ladrillo de concreto, permaneciendo los especímenes en el ambiente durante 7 días para ser ensayados.

Para la adherencia del aplanado en muro, se emplean especímenes solo de ladrillo rojo y de adobe, que permanecen también 7 días en el ambiente para ser ensayados.

Se estudia además la importancia que tiene la humedad en los mampuestos en el momento de ser pegados, para lo cual se elaboraron especímenes con ladrillos pegados en seco y en húmedo.

2.8. AGRIETAMIENTO

Tiene por objeto el cuantificar el agrietamiento que - por contracción de los cementantes sufren los morteros - - cuando se les emplea como aplanado. Para ésto se han construido dos muros, uno de ladrillo rojo y otro de adobe, sobre los cuales se han puesto aplanados en áreas de 1 x -- 0.75 m. (figura 2.8).

Sobre el muro de ladrillo rojo se han puesto los mis-- mos aplanados de uno y otro lado, humedeciendo la superfi-- cie del muro, con la diferencia de que uno de los lados al tener puestos los apalandos se curó durante 9 días, mediante una manta que se humedecía frecuentemente, en tanto que el otro lado del muro permaneció sin tratamiento de curado. Comparando el agrietamiento de los aplanados de uno y otro lado.

Sobre el muro de adobe se colocaron los mismos aplana-- dos que en el muro de ladrillo rojo. En uno de los lados_ los apalandos fueron puestos humedeciendo la superficie -- del muro, mientras que en el otro lado los aplanados fue-- ron puestos sin humedecer la superficie del muro. Sin re-- cibir ninguno de los lados tratamiento de curado.

Para cuantificar el agrietamiento de cada uno de los - aplanados, se trazó una cuadrícula (con una separación - - aproximada de 20 cm.), midiendo el ancho de cada una de -- las grietas que cruzan cada línea de la cuadrícula, suman-- do el ancho de todas las grietas del aplanado y dividiendo ésta suma entre la longitud total de las líneas de la cua-- drícula, obteniéndose así el porcentaje de agrietamiento - para cada uno de los aplanados.

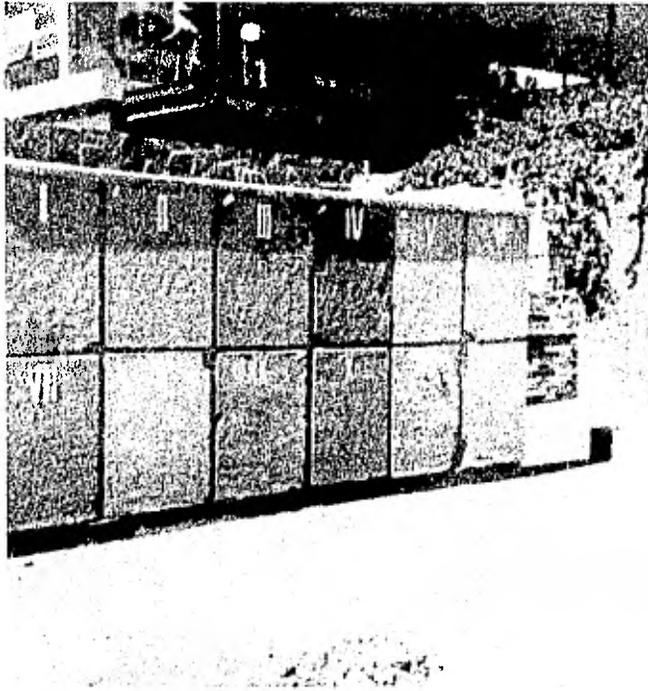


Figura 2.8
Muro sobre el cual se pusieron aplanados
para medir el agrietamiento de los morteros
ros.

3. MORTEROS DE CEMENTO-CAL-ARENA Y MORTEROS COMERCIALES-ARENA

En ciudades el empleo de morteros es muy común en todo tipo de edificaciones; se les emplea como junta de mampostería o como aplanado (en acabados o como protección para algunas mamposterías).

Entre los morteros más empleados se encuentran los que resultan de mezclar cemento, cal y arena en distintas proporciones o simplemente cemento con arena. Existiendo la posibilidad de sustituir a la cal por los llamados morteros comerciales o cementos de albañilería, que son un proporcionamiento de cementantes, cuyas características mecánicas no están determinadas. Por lo que morteros de distintas marcas tienen diferentes propiedades, siendo difícil dar una recomendación para su empleo en general. Restringiéndose éste a elementos no estructurales de mampostería cuando se les emplea como único cementante.

En el presente capítulo se estudian las características de los morteros de cemento-arena, cemento-cal-arena y morteros comerciales-arena. Empleándose en todos ellos - una proporción de arena igual a tres veces la suma de cementantes en volumen.

3.1. RESISTENCIA A COMPRESION

A continuación se presentan los resultados de ensayos a compresión en cinco tipos de prueba, realizadas en morteros de cemento-arena, cemento-cal-arena y morteros comerciales-arena, recordando que la proporción de arena es tres veces la suma de cementantes en volumen.

3.1.1 Morteros de cemento-cal-arena.

En la tabla 3.1.1 el primer renglón corresponde al mortero de cemento-arena, a partir del cual podemos comparar resultados. Los renglones siguientes corresponden a las distintas proporciones de cemento-cal-arena y el último renglón al mortero de cal-arena.

El mezclar cal al mortero de cemento-arena aún en pequeñas cantidades da como resultado la disminución de resistencia de este mortero, como en la proporción 1 : 1/10 : 3 1/3 (cemento-cal-arena), en la cual la resistencia en la prueba P es del 71% con respecto a la obtenida en el mortero de cemento-arena. Siguiendo este comportamiento de disminución de resistencia al incrementarse la cantidad de cal en la mezcla. Para cuando se tiene un mortero a base de cal-arena, éste tiene una resistencia del 15.25% con relación a la resistencia del mortero de cemento-arena.

Para las pruebas P' y P'' el efecto de la cal sobre el cemento es similar, como se observa en la tabla 3.1.1. Se observa también que la resistencia aumenta de acuerdo al tipo de prueba efectuada en el siguiente orden: P, P' y P''.

La prueba a largo plazo P''' presentó un incremento de resistencia con respecto a las pruebas anteriores,

aún en proporciones mínimas de cemento. Se observa además que el mortero de cal-arena no incrementó su resistencia, sino que presenta una disminución de ella con respecto a las pruebas anteriores y si la comparamos con la resistencia obtenida en esta prueba en el mortero de cemento-arena ésta es del 3%.

Para la prueba a largo plazo y luego sumergida P^{iv} , las resistencias han disminuido en la mayor parte de los proporcionamientos en relación a la prueba P''' . En el mortero de cemento-arena la resistencia se ha mantenido sin cambio. Para la proporción 1:1/3:4 se presentó un incremento de resistencia con respecto a la prueba anterior y a partir de la proporción 1:1/2:4 1/2 las resistencias disminuyen al aumentar el contenido de cal en el mortero.

Podemos decir que el agregar cal al cemento aún en pequeña cantidad reduce la resistencia en todas las pruebas y que a partir de la proporción 1:1/2:4 1/2 la resistencia se reduce en más del 50% con respecto al mortero de cemento-arena en cualquier tipo de prueba (tabla 3.1.1.).

3.1.2 Morteros comerciales.

En la tabla 3.1.2 se presentan los resultados de los ensayos a compresión de los morteros comerciales (recordando que éstos no se comparan ni combinan con el cemento por las razones mencionadas en la introducción al capítulo).

Observamos en la columna correspondiente a la prueba rápida P, que las resistencias de los morteros A, B, C y D tienen semejanza entre sí, solo el mortero E tiene una resistencia menor, aproximadamente del 50% con respecto a los otros morteros.

Para la prueba P' los morteros A, B y D tienen resis--

M o r t e r o			Prueba Rápida	Prueba Sumergida	Prueba Curada	Prueba a largo plazo	Prueba a largo plazo y sumergida
Cemento	C a l	Arena	P (Kg/cm ²)	P' (Kg/cm ²)	P'' (Kg/cm ²)	P''' (Kg/cm ²)	P ^{iv} (Kg/cm ²)
1		3	54.8	78.0	172.7	275.6	275.0
1	1/10	3 1/3	38.9	58.2	144.7	257.0	-
1	1/6	3 1/2	36.2	54.4	139.0	225.0	-
1	1/3	4	29.5	44.3	101.2	173.0	182.0
1	1/2	4 1/2	24.5	36.2	78.8	145.0	130.0
1	1	6	17.5	24.8	50.5	93.0	81.0
1	2	9	13.2	17.5	34.0	68.7	60.0
1	3	12	11.7	14.5	27.8	-	-
1	4	15	10.9	13.5	25.0	42.0	31.5
	1	3	8.3	9.2	15.5	8.1	-

Tabla No. 3.1.1 Resistencia a compresión de morteros de cemento-cal-arena.

M o r t e r o C o m e r c i a l		Prueba Rápida	Prueba Sumergida	Prueba Curada	Prueba a largo plazo	Prueba a largo plazo y sumergida
		P (Kg/cm ²)	P' (Kg/cm ²)	P'' (Kg/cm ²)	P''' (Kg/cm ²)	P ^{iv} (Kg/cm ²)
A		8.7	9.7	56.5	62.5	12.0
B		9.4	10.3	35.6	36.3	28.0
C		7.6	3.7	11.7	26.0	6.1
D		9.2	9.0	13.3	24.6	12.0
E		4.4	3.7	4.0	19.7	6.1

Tabla No. 3.1.2 Resistencia a compresión de morteros comerciales-arena.

tencias semejantes entre sí y con los resultados obtenidos en la prueba anterior. El mortero C en esta prueba presenta una disminución de resistencia aproximadamente de 50% - con respecto a la resistencia obtenida en la prueba P. En el mortero E la resistencia también ha disminuido, siendo ahora ésta el 84% con respecto a la resistencia obtenida - en la prueba anterior.

En la prueba curada P'' se presentan incrementos de resistencia en los morteros A, B, C y D siendo mayor el incremento en los dos primeros. Solo el mortero E ha mantenido su resistencia prácticamente igual que en las pruebas - anteriores.

La prueba a largo plazo P''' presenta incrementos de - resistencia en todos los morteros, aún en el mortero E en el cual alguno de sus elementos aumenta de resistencia con el tiempo. Siendo además mínimo el incremento de resistencia en el mortero B.

Para la prueba P^{iv} todas las resistencias han disminuido en diferente forma (tabla 3.1.2), siendo mayor la reducción en el mortero A y menor en el mortero B.

3.2. RESISTENCIA - TIEMPO DE EMPLEO TIEMPO DE FRAGUADO

A continuación se presentan gráficas correspondientes a la variación de resistencia a compresión al retrasarse - el tiempo de empleo de una mezcla en las pruebas P y P'' - en especímenes elaborados en un tiempo $t = 0$ horas (que es cuando la mezcla se acaba de preparar) y los elaborados horas después ($t = 1, 2, 3...$) de la misma mezcla sin agregar agua. Se presenta además en las mismas gráficas con - líneas discontinuas, los tiempos de fraguado inicial Vicat y Gillmore de los cementantes.

3.2.1.1 Morteros de cemento-cal-arena.

Al igual que en la prueba anterior comenzamos el análisis de la variación de la resistencia a la compresión al retrasar el empleo de la mezcla con el mortero de cemento-arena, el cual disminuye de resistencia al retrasarse su tiempo de empleo, como se observa en la gráfica 3.2.1.1.a. Para la prueba rápida P los cilindros elaborados 1 1/2 horas después de iniciada la prueba tienen el 58.2% de resistencia y los cilindros elaborados en $t = 3 \frac{1}{2}$ horas el 53.4% en relación a la resistencia obtenida al inicio de la prueba. Para la prueba curada P' los cilindros elaborados en los mismos tiempos que en la prueba anterior P, tienen el 73 y 67% de resistencia comparados también con los cilindros elaborados al inicio de la prueba. Los porcentajes obtenidos en la prueba P' son mayores que los obtenidos en la prueba P, posiblemente debido a que en P' los cilindros al estar en la cámara de curado (con humedad del $95 \pm 5\%$), tomaron de esta humedad para rehidratar al cementante, mejorando el fraguado y consecuentemente mejorando su resistencia, en cambio en la prueba P los cilindros se han expuesto al ventilador secándose aún más rápido, afectando seguramente su fraguado.

La trabajabilidad de este mortero al inicio de la prueba fué buena, pero al transcurrir el tiempo, la mezcla se tornó granular y seca, dificultándose la elaboración de los cilindros.

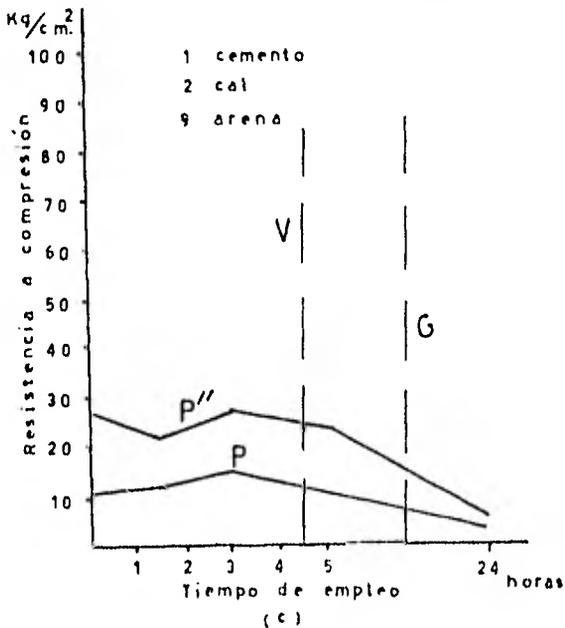
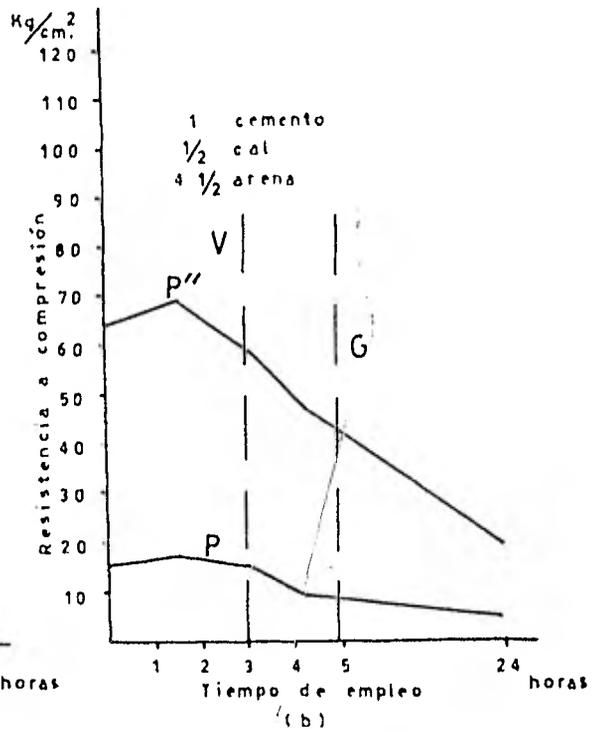
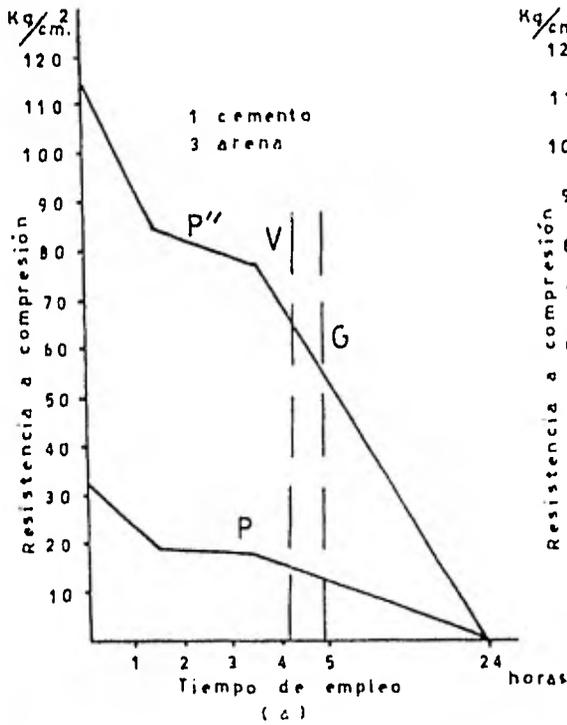
La posibilidad de emplear el mortero de cemento-arena al día siguiente es nula, ya que el material ha endurecido por lo que el remezclado agregando agua es muy difícil y si se logra, el formar los cilindros es igualmente difícil, debido a que se desbaratan al ser extruidos o al ser removidos cuando el material se encuentra seco.

Para los morteros de cemento-cal-arena en la proporción 1:1/2:4 1/2 como se observa en la gráfica 3.2.1.1.b. las pruebas P y P'' presentan un incremento de resistencia en los cilindros elaborados 1 1/2 horas después de -- iniciada la prueba, disminuyendo luego al transcurrir el tiempo de empleo de la mezcla.

Para el mortero 1 : 2 : 9 (cemento-cal-arena) se observó un comportamiento semejante al de la proporción anterior en la prueba P, en cambio para la prueba curada -- P'' se presenta un decremento de resistencia en los cilindros elaborados 1 1/2 horas después de iniciada la prueba, para luego incrementar de resistencia y volver a decrecer en los cilindros elaborados 5 horas después del inicio de la prueba.

En las gráficas anteriores observamos como las curvas que representan la variación de resistencia de la -- prueba P y P'' tienden a juntarse cuando aumenta la proporción de cal en el mortero, debido probablemente a que el tiempo de fraguado de la cal es muy largo cuando se encuentra en un ambiente húmedo como el de la cámara de curado, adquiriendo más su resistencia a los cilindros de la prueba P'' por el secado que tienen frente al ventilador (como en la prueba P), cuando domina el efecto de la cal sobre el del cemento, dependiendo ésto de la proporción de cal en el mortero.

La posibilidad de emplear estos morteros al día siguiente depende de la cantidad de cal en la mezcla (empezando a ser posible en la proporción 1:1/3:4), elaborando con cierta dificultad los cilindros y sin obtener en algún proporcionamiento una resistencia igual a la del día anterior.



P : Prueba rápida.
 P : Prueba curada.
 V : Tiempo de fraguado inicial Vicat.
 G : Tiempo de fraguado inicial Gillmore

Resistencia a compresión - Tiempo de empleo
 Gráfica No. 3.2.1.1

La manejabilidad de los morteros de cemento-cal-arena en el primer día de prueba fué buena, mejorando ésta al incrementarse la proporción de cal en el mortero.

3.2.1.2 Morteros comerciales-arena.

La variación de resistencia al transcurrir el tiempo_ de empleo de la mezcla en los morteros comerciales A, C, - D y E en la prueba rápida P fué mínima, solo el mortero B presentó mayor variación de resistencia, como se observa - en la gráfica 3.2.1.2.

Para la prueba P'' se ha tenido un comportamiento más variado entre los morteros comerciales.

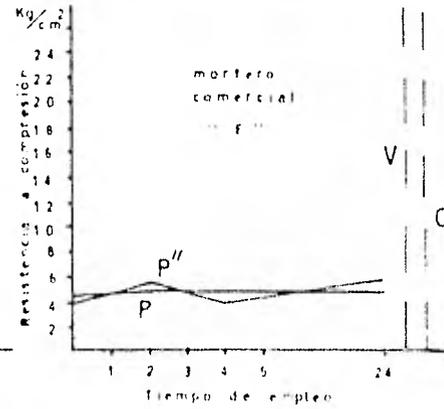
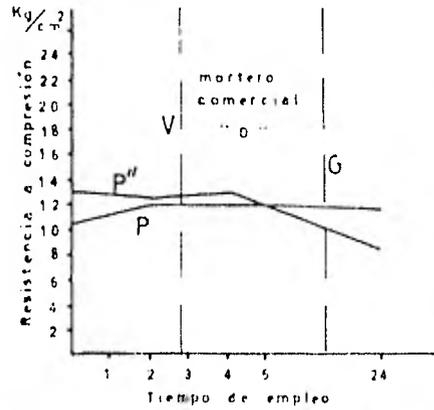
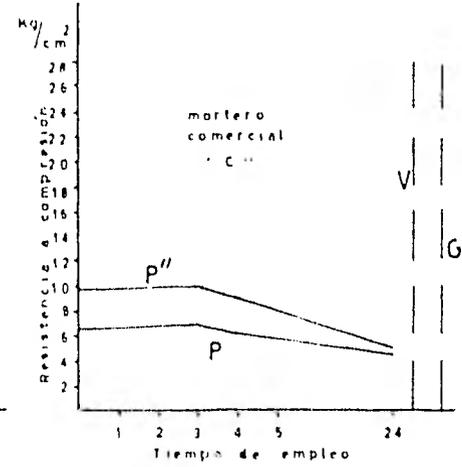
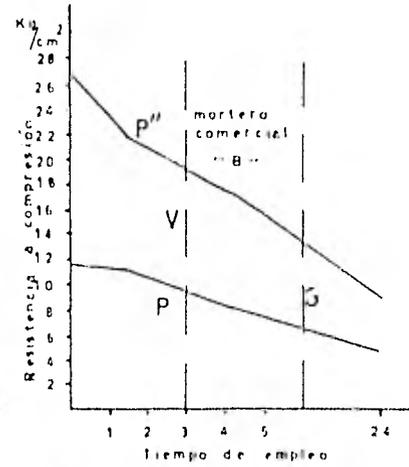
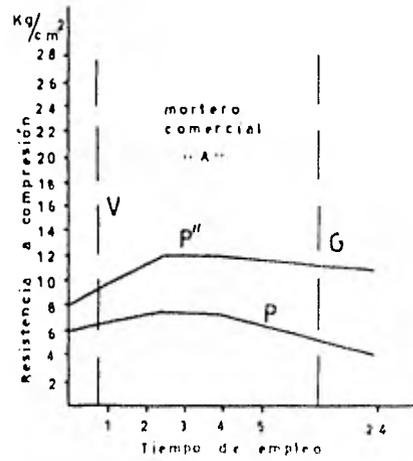
El mortero A presenta un incremento de resistencia en los cilindros elaborados 2 1/2 horas después de iniciada - la prueba para luego mantenerse constante (gráfica 3.2.1.2. a).

El mortero B presenta al igual que en la prueba P una disminución de resistencia casi constante al transcurrir - el tiempo de empleo de la mezcla.

En los morteros C y D las variaciones de resistencia fueron pequeñas durante el desarrollo de la prueba (gráficas 3.2.1.2.c y d).

El mortero E presenta un incremento de resistencia en los cilindros elaborados 2 horas después de iniciada la - prueba, para luego descender la resistencia en los cilin--dros elaborados 4 horas después de iniciada la prueba (grá_fica 3.2.1.2.e).

Al día siguiente los morteros A, B y C en la prueba - rápida P tuvieron resistencias menores que las obtenidas - en el primer día de prueba. En los morteros D y E se ob-



- P Prueba rápida
- P'' Prueba curada
- V tiempo de fraguado inicial Vicat
- G tiempo de fraguado inicial Gilmore

Resistencia a compresión - Tiempo de empleo
Gráfica No 3212

servó que mantuvieron su resistencia prácticamente igual - que el día anterior.

En cuanto a su trabajabilidad, los morteros comerciales mantuvieron buena consistencia durante el primer día - de la prueba, disminuyendo un poco al día siguiente.

3.2.2 Tiempo de Fraguado.

Las tablas de tiempo de fraguado constan de tres co-- lumnas, la primera corresponde al fraguado inicial según - Vicat (Fi V), la segunda y tercera son el fraguado inicial (Fi G) y final (Ff G) según Gillmore.

3.2.2.1 Cementantes de cemento-cal.

En la tabla 3.2.2.1 se sigue el mismo orden que en - pruebas anteriores, comenzando con el cemento, luego con - las diferentes proporciones de cemento-cal y al último la cal.

En la prueba Vicat las proporciones que varían de -- 1:1/10 a 1:1 (cemento-cal) han tenido un tiempo de fragua- do inicial menor que el del cemento solo, en la proporción 1:2, el tiempo de fraguado inicial es equivalente al del - cemento y en proporciones mayores de cal, el tiempo de fra- guado se incrementa. Correspondiendo a la cal sola un -- tiempo de fraguado que podemos considerar infinito, 90 ho- ras.

La prueba Gillmore dá un comportamiento de fraguado - similar al anterior. El tiempo de fraguado inicial (Fi G) se reduce con respecto al cemento en las proporciones que_ varían de 1:1/10 a 1:1/3 y para el fraguado final (Ff G) - en las proporciones 1:1/10 y 1:1/6. Se igualan los tiempos de fraguado al del cemento en la proporción 1:1/2 para el

fraguado inicial y en 1:1/3 para el fraguado final. Para las otras proporciones los tiempos de fraguado inicial y final se incrementan al aumentar la proporción de cal en el mortero. Para la cal sola, el tiempo de fraguado inicial Gillmore es prácticamente igual al tiempo de fraguado Vicat, 96 horas. Correspondiendo al fraguado final un tiempo de 2 meses.

De lo anterior podemos decir que el combinar cal con el cemento en poca cantidad acelera el tiempo de fraguado y lo prolonga en proporciones altas de cal. Cumpliendo las proporciones de cemento-cal analizadas con la norma C-91 - A.S.T.M. en lo referente al tiempo de fraguado, con la excepción de la proporción 1:4 que tiene un tiempo de fraguado final mayor al especificado en la norma antes mencionada.

3.2.2.2 Morteros comerciales.

Para estos morteros observamos en la tabla 3.2.2.2 - que para la prueba Vicat los morteros A, B y D han tenido tiempos de fraguado cortos en comparación con los tiempos de fraguado correspondientes a los morteros C y E.

Para la prueba Gillmore los tiempos de fraguado inicial y final tienen correspondencia entre sí, ya que los morteros A, B y D han tenido menores tiempos de fraguado en ambas pruebas y los mayores tiempos corresponden a los morteros C y E. No cumpliendo ninguno de ellos con los tiempos de fraguado que pide la norma C-91 A.S.T.M.

En las gráficas de resistencia-tiempo de empleo hemos visto como no existe una relación constante entre la variación de resistencia al transcurrir el tiempo de empleo de la mezcla y el tiempo de fraguado inicial de los

cementantes, debido a que los morteros que han tenido un tiempo de fraguado corto deberían ser aquellos que disminuyeran más rápido su resistencia al transcurrir el tiempo, por el fraguado de sus cementantes.

Cementante		Fraguado inicial Vicat	Fraguado inicial Gillmore	Fraguado final Gillmore
Cemento	C a l	Fi. V. (horas)	Fi. G. (horas)	Ff. G. (horas)
1	-	4 : 20	4 : 50	6 : 40
1	1/10	2 : 40	4 : 20	5 : 40
1	1/6	2 : 00	2 : 40	5 : 40
1	1/3	2 : 30	4 : 00	6 : 30
1	1/2	2 : 50	4 : 40	9 : 30
1	1	3 : 20	7 : 00	12 : 00
1	2	4 : 30	9 : 00	16 : 00
1	3	5 : 20	12 : 00	20 : 00
1	4	8 : 00	13 : 00	27 : 00
-	1	90 horas	96 horas	2 meses

Tabla No. 3.2.2.1. Tiempos de fraguado de los cementantes cemento-cal.

Cementante	Fraguado inicial Vicat	Fraguado inicial Gillmore	Fraguado final Gillmore
Comercial	Fi V. (horas)	Fi. G. (horas)	Ff. G. (horas)
A	0 : 45	8 : 30	30 : 00
B	3 : 10	6 : 30	27 : 00
C	26 : 00	52 : 00	168 : 00
D	2 : 40	9 : 00	50 : 00
E	47 : 00	216 : 00	∞

Tabla No. 3.2.2.2. Tiempos de fraguado de los cementantes comerciales.

3.3. ADHERENCIA Y AGRIETAMIENTO

A continuación se estudia el comportamiento de los --- morteros en contacto directo con las mamposterías. En las tablas que se presentan, se encuentran los resultados de las pruebas de: adherencia (como junta y como aplanado), agrietamiento, contracción, goteo, intemperismo y resistencia a la compresión, la cual ya ha sido analizada en la -- sección 3.1.

3.3.1 Mortero de cemento-arena.

En la prueba de adherencia como junta de mampostería - cuando se empleó el mortero de cemento-arena para pegar ta bicones y ladrillos de concreto tuvo buena adherencia (ta- bla 3.3.1). En su empleo en ladrillo rojo y en adobe la - adherencia dependió de la humedad de estos materiales, -- siendo que cuando fueron pegados en seco la adherencia que se obtuvo fué mínima o nula, mejorando cuando fueron pega- dos en húmedo. En el caso del adobe, éste debe tener una - humedad superficial, ya que podría desbaratarse con hume-- dad en exceso.

En la prueba de adherencia como aplanado (ladrillos do- bles), el mortero de cemento-arena tuvo mejor adherencia - cuando los ladrillos rojos y los adobes fueron pegados en húmedo (tabla 3.3.1).

Cuando se despegó el aplanado de cemento-arena de la - prueba de agrietamiento del muro de tabique rojo, se obser- vó en él buena adherencia, siendo necesario emplear marti- llo y cincel para despegarlo. En cambio en el aplanado de cemento-arena que se encontraba sobre el muro de adobe la_ adherencia fué mínima, siendo solo necesario emplear una - cuchara de albañil para despegarlo.

Cuando se empleó como aplanado su apariencia en general fué buena, el agrietamiento que presentó fué mínimo pero apreciable a simple vista, presentando mayor agrietamiento cuando se empleó sobre el muro de adobe que sobre el muro de ladrillo rojo (tabla 3.3.1).

En la prueba de resistencia a la lluvia (goteo), las placas que se elaboraron con este mortero no sufrieron daño alguno al golpear una gota de agua su superficie durante dos horas, por lo que se considera que las placas de cemento-arena tienen resistencia a la lluvia y se perforan en un tiempo infinito.

Otra característica de este mortero es su buena resistencia al intemperismo, debido a que los aplanados o colados que se pusieron en forma horizontal no sufrieron daño alguno al permanecer más de 9 meses a la intemperie.

3.3.2 Morteros de cemento-cal-arena.

En general estos morteros han tenido menor resistencia en todas las pruebas que el mortero de cemento-arena, siendo la causa directa la proporción de cal en el mortero.

Cuando se emplearon morteros de cemento-cal-arena como junta de mampostería en adobe y ladrillo rojo su adherencia dependió de la humedad de estos materiales y de la proporción de cal en el mortero. Cuando se encuentran secos o se emplea un mortero con gran contenido de cal, la adherencia es nula. En el tabicón y ladrillo de concreto la adherencia fué buena, variando con el contenido de cal en el mortero (tabla 3.3.1).

En la prueba de adherencia como aplanado en general

se obtuvieron buenas adherencias, menos en la proporción 1:4:15 que no adhirió cuando el material se pegó en seco. Podemos decir además que se observaron mejores adherencias cuando el material fué pegado en húmedo.

Para cuando se despegaron los aplanados de la prueba de agrietamiento, se observó que para desprenderlos tanto del muro de ladrillo rojo como de adobe fué necesario emplear martillo y cincel lo cual indica buena adherencia, con excepción del mortero con proporción 1 : 4 : 15 en el cual se empleó una cuchara de albañil para despegarlo fácilmente de ambos muros.

En su empleo como aplanado en general tuvieron buena apariencia, el agrietamiento que presentaron se distingue a simple vista, dependiendo éste de el material sobre el que se encuentra de el contenido de cal en el morteo y de la humedad de el muro en el momento de ser aplanado (tabla 3.3.1).

En cuanto a su resistencia al goteo fué buena en todas las proporciones de cemento-cal-arena, considerándose un tiempo infinito para ser dañadas. En su resistencia al intemperismo ninguna de las proporciones sufrió daño alguno en el tiempo que duró el estudio (tabla 3.3.1).

3.3.3 Morteros comerciales-arena.

Como junta de mampostería podemos decir en general que ninguno de los morteros comerciales analizados tuvo adherencia en el adobe, sin importar la humedad de éste en el momento de ser pegado.

Cuando se emplearon los morteros A o C como junta de mampostería en ladrillos rojos pegados en seco la

adherencia obtenida fué mínima y nula en los otros morteros. Para el ladrillo rojo pegado en húmedo mejoraron -- las adherencias de todos los morteros comerciales (tabla 3.3.2).

En el tabicón se obtuvieron las mejores adherencias de estos morteros, siendo en algunos de ellos mejor la adherencia cuando el material fué pegado en seco.

Para el caso de el ladrillo de concreto pegado en seco el mortero E se obtuvo la mejor adherencia y para los morteros A, B y C se obtuvieron adherencias semejantes entre sí. Para cuando el ladrillo de concreto fué pegado en húmedo las adherencias mejoraron en los morteros A y B, disminuyó en el mortero E y fueron nulas en los morteros C y D (tabla 3.3.2).

En la prueba de adherencia como aplanado, el mortero C fué el único que tuvo adherencia en el ladrillo rojo pegado en seco, para cuando el material era pegado en húmedo se obtuvieron buenas adherencias en los morteros B y D y mínimas adherencias en los otros morteros. Para el adobe pegado en seco solo el mortero D tuvo mínima adherencia en él y para cuando el adobe fué pegado en húmedo solo los morteros A y B tuvieron adherencia.

Para cuando se despegaron los aplanados de la prueba de agrietamiento se empleó la misma herramienta en ambos muros, siendo necesario el empleo de martillo y cincel para desprender a los morteros A, B y D y de una cuchara de albañil para los otros morteros que de desprendieron fácilmente.

En su empleo como aplanado, su apariencia en general fué buena, siendo el mortero A el de menor agrietamiento y el mortero C el de mayor agrietamiento.

Tabla No. 1.3.2. (Continúa) (Continúa)

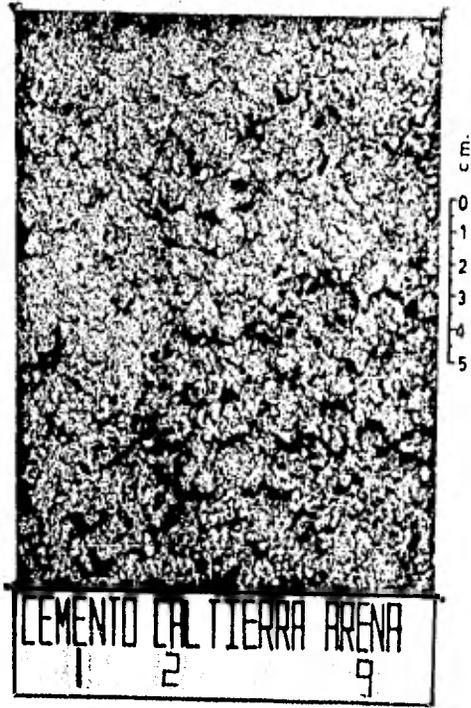
Mortero	Adherencia con junta (Kg/cm ²)								Adherencia con aplanado (Kg/cm ²)				Herramienta necesaria para despegar los aplanados*				Tipo de arretamien- to en aplanado		Gates ** (mm)			Inter- perfora- ción***		Contra- ción (%)		Resistencia a compresión **** (Kg/cm ²)				
	S i m p l e s								D o b l e s																					
	Rojo		Adobe		Tubo		Cemento		Rojo		Adobe		Rojo		Adobe															
Seco	Húmedo	Seco	Húmedo	Seco	Húmedo	Seco	Húmedo	Seco	Húmedo	Seco	Húmedo	Seco	Húmedo	Seco	Húmedo	M.C.	C.	S.	Rojo	Adobe	P	P'	P''	P'''	P'V					
A	0.06	0.50	0	0	0.32	0.20	0.08	0.50	0	0.07	0	0.36	M	-	-	M					1	B	12.2	9.0	8.7	9.70	56.5	62.5	12.0	
B	0	0.35	0	0	0.07	0.83	0.43	0.09	0.90	0	0.76	0	0.66	M	-	M					1	-	12.3	7.0	9.4	10.3	35.6	36.3	28.0	
C	0.16	0.10	0	0	0.23	0	0.10	0	0.20	0.03	0	0	C	-	-	C					B	-	18.5	18.9	2.6	3.7	12.7	26.0	6.1	
D	0	0.27	0.01	0.06	0.13	0.23	0	0	0	0.57	0.06	0	M	-	M					B	B	17.0	12.7	4.2	9.0	12.3	34.6	12.0		
E	0	0.03	0	0	0.10	0.10	0.35	0.15	0	0.09	0	0	C	-	-	C					B	-	16.0	8.2	4.4	3.7	4.0	19.7	6.1	

* M.C.; martillo y cincel
C.; cuchara de albañil
S; solo.

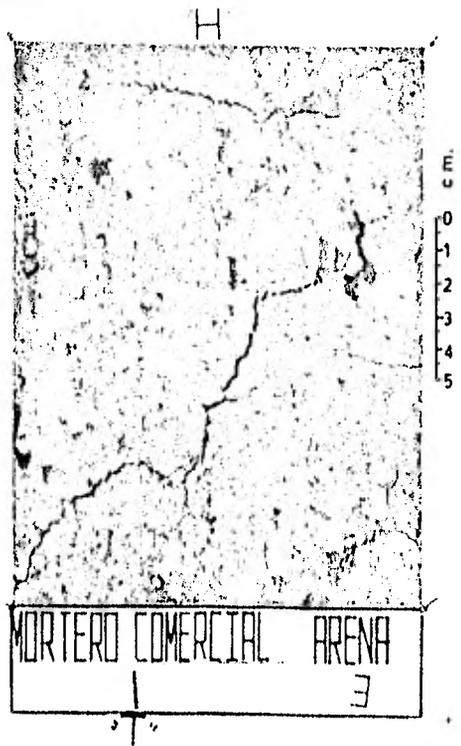
*** B; la superficie del aplanado
P; superficie del muro

** ∞ ; las placas no se perforaron
(ver sección 2.5)

**** P; prueba rápida
P'; prueba sumergida
P''; prueba curada
P'''; prueba a largo plazo
P'V; prueba a largo plazo y
luego sumergida.



Agrietamiento 0.03%



Agrietamiento 0.41%
Mortero comercial "D"

Figura No. 3.3
Agrietamiento en aplanados

La resistencia a la lluvia (prueba de goteo) fué buena en todos los morteros comerciales analizados, así como su resistencia al intemperismo (tabla 3.3.2).

3.4. RETENCION DE AGUA Y SU POSIBLE RELACION CON OTRAS PRUEBAS

A continuación se analiza la retención de agua en -- los morteros de cemento-cal-arena y morteros comerciales.

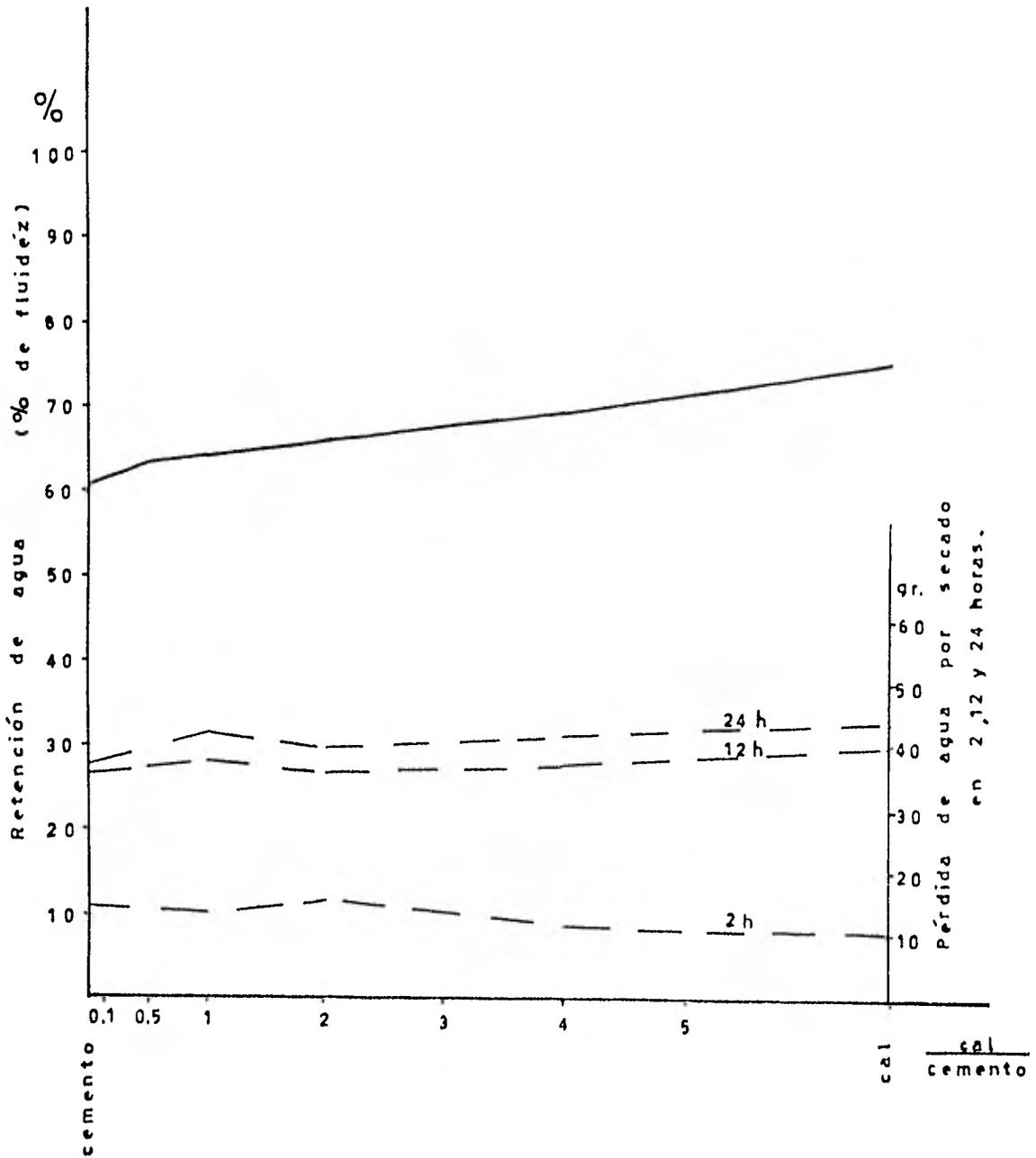
3.4.1.1 Morteros de cemento-cal-arena.

En la gráfica 3.4.1.1 las ordenadas representan el porcentaje de "retención de agua" y las abscisas el proporcionamiento cemento-cal-arena. En estas gráficas además se representa con líneas discontinuas la pérdida de agua (en peso) que por secado tuvieron placas elaboradas de algunos de estos morteros.

Observamos en la gráfica 3.4.1.1 que la "retención de agua" aumenta al incrementarse la proporción de cal en el mortero, así varía del 60.5% para el mortero de cemento-arena al 75% para el mortero de cal-arena. No cumpliendo ninguno de los proporcionamientos de cemento-cal-arena analizados con la "retención de agua" mínima que pide la norma C-91 A.S.T.M., solo el mortero de cal-arena tuvo una "retención de agua" que cumplió con la norma antes citada.

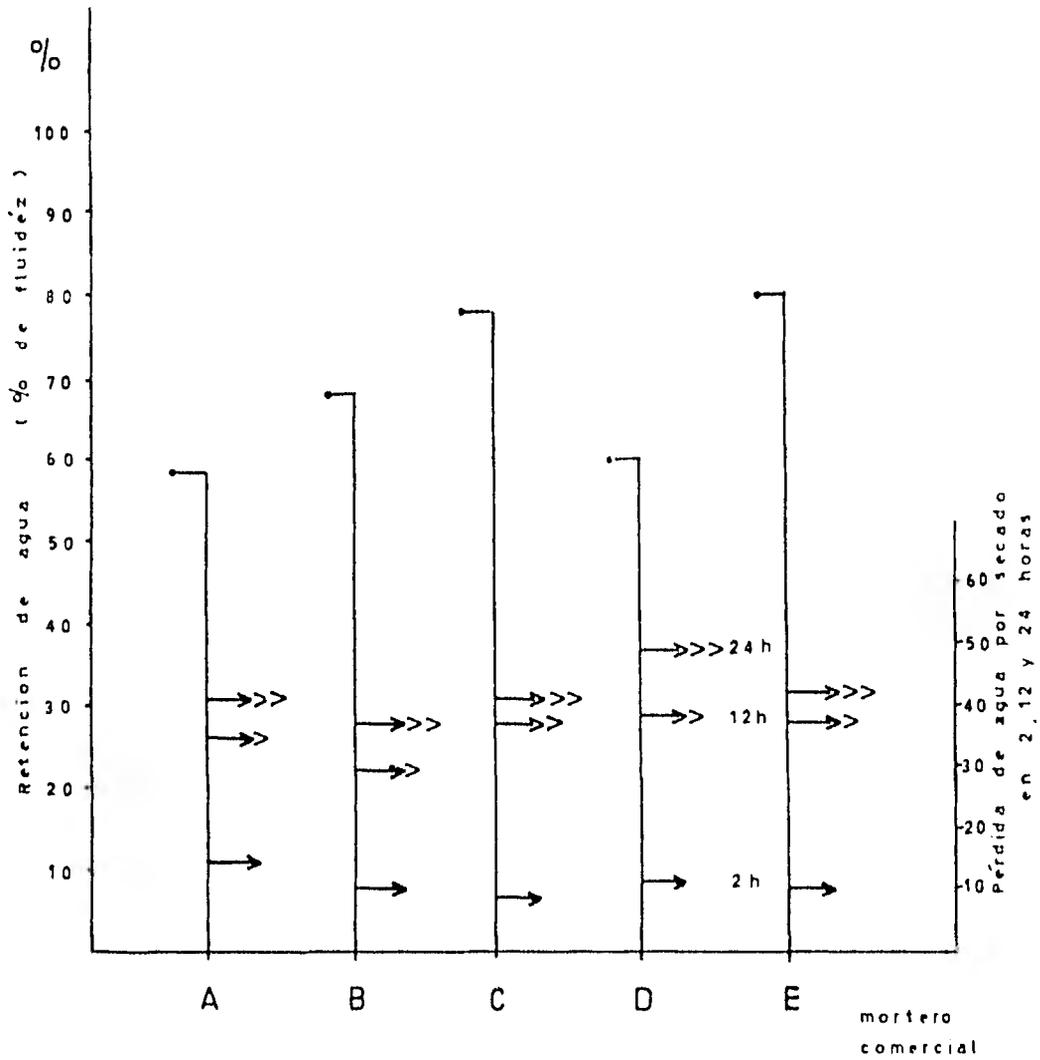
3.4.1.2 Morteros comerciales.

En la gráfica 3.4.1.2 se encuentra representada la "retención de agua" de los morteros comerciales así como la pérdida de agua (en peso) que por secado tuvieron estos morteros.



Retención de agua y pérdida de agua

Gráfica No. 3.4.1.1



Retención de agua y pérdida de agua

Gráfica No. 3.4.1.2.

La "retención de agua" de los morteros comerciales - varía en cada uno de ellos, dependiendo de las propiedades de los cementantes empleados en su fabricación. Observamos en la gráfica 3.4.1.2 como solo los morteros C y E cumplen con la norma C-91 A.S.T.M.

3.4.2.1 Relación de la retención de agua con otras pruebas

A continuación se analiza la posible relación entre la "retención de agua" y el tiempo de fraguado inicial - de los cementantes.

3.4.2.1.1 Morteros de cemento-cal-arena.

En la gráfica 3.4.2.1.1 las ordenadas corresponden - al tiempo de fraguado inicial (en horas) y las abscisas al porcentaje de "retención de agua", además se indica - en ellas las proporciones correspondientes de cada mortero.

Observamos que los tiempos de fraguado inicial Vicat y Gillmore disminuyen inicialmente al aumentar la proporción de cal en el mortero, hasta la proporción 1:1/6 - (cemento-cal) para luego incrementarse en proporciones - mayores de cal, en tanto que la "retención de agua" va--ría en forma más o menos constante al incrementarse el - contenido de cal en el mortero, sin relación alguna con el tiempo de fraguado inicial.

3.4.2.1.2 Morteros comerciales.

Para estos morteros el establecer una relación o comparación entre ellos es difícil, debido a que como se ha explicado anteriormente cada uno de los morteros comer--

ciales tiene distintas propiedades. Además hay que establecer un punto o característica común a todos ellos en la cual basar las comparaciones.

Para los morteros comerciales parece existir cierta relación entre el tiempo de fraguado inicial y la "retención de agua", correspondiendo a los morteros con menor tiempo de fraguado inicial la menor "retención de agua" y viceversa, como se observa en la gráfica 3.4.2.1.2, -- salvo la excepción del tiempo de fraguado inicial Gillmore del mortero B que no cumple con lo anterior.

De la relación entre la "retención de agua" y el tiempo de fraguado podemos decir que no es válida para todos los morteros como hemos visto en las comparaciones anteriores.

Otra posible relación de la "retención de agua" es con la pérdida de agua por secado de los morteros cuando se encuentran en el ambiente, esta relación se basa en lo siguiente: los morteros que tienen mayor "retención de agua" son aquellos que por secado pierden menor cantidad de agua al permanecer en el ambiente.

En las gráficas de "retención de agua" se encuentran tres líneas discontinuas que corresponden a la pérdida de agua (en peso) que por secado pierden los morteros 2, 12 y 24 horas después de haber sido preparadas las mezclas.

3.4.2.2.1 Morteros de cemento-cal-arena.

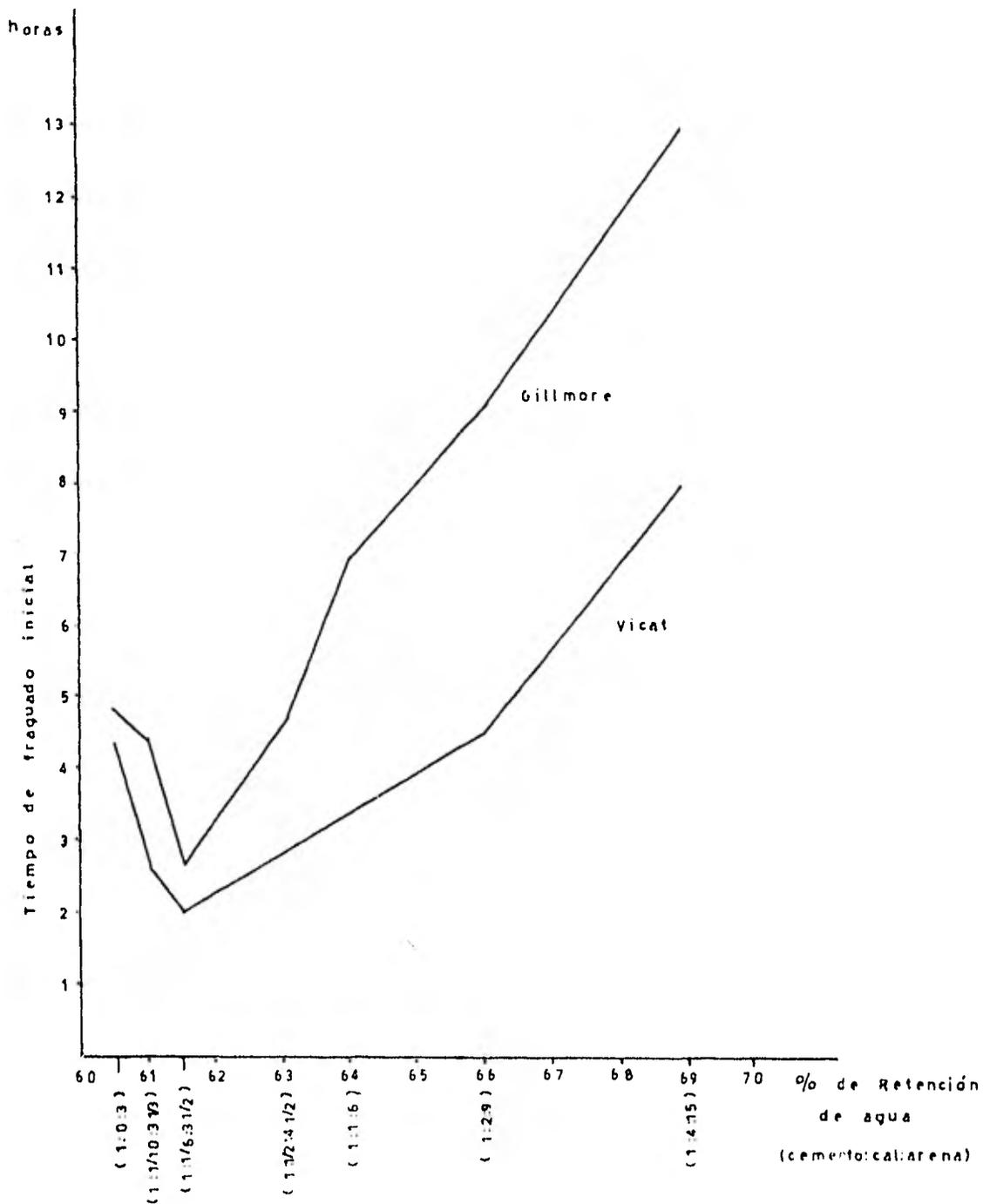
Observamos en la gráfica 3.4.1.1 que la idea en que hemos basado la relación entre la "retención de agua" y la pérdida de agua por secado solo se cumple parcialmen-

te en algunos de los proporcionamientos de cemento-cal-arena en la línea que corresponde a la pérdida de agua por secado 2 horas después de haber sido preparadas las mezclas, como en las proporciones 1 : 1 : 6 y 1 : 4 : 15, en las cuales al tener mayor "retención de agua" tuvieron menor pérdida de agua por secado. Las líneas -- que representan el secado 12 y 24 horas después de haber sido preparadas las mezclas siguen una tendencia semejante a la de la línea que representa a la "retención de agua".

3.4.2.2.2 Morteros comerciales.

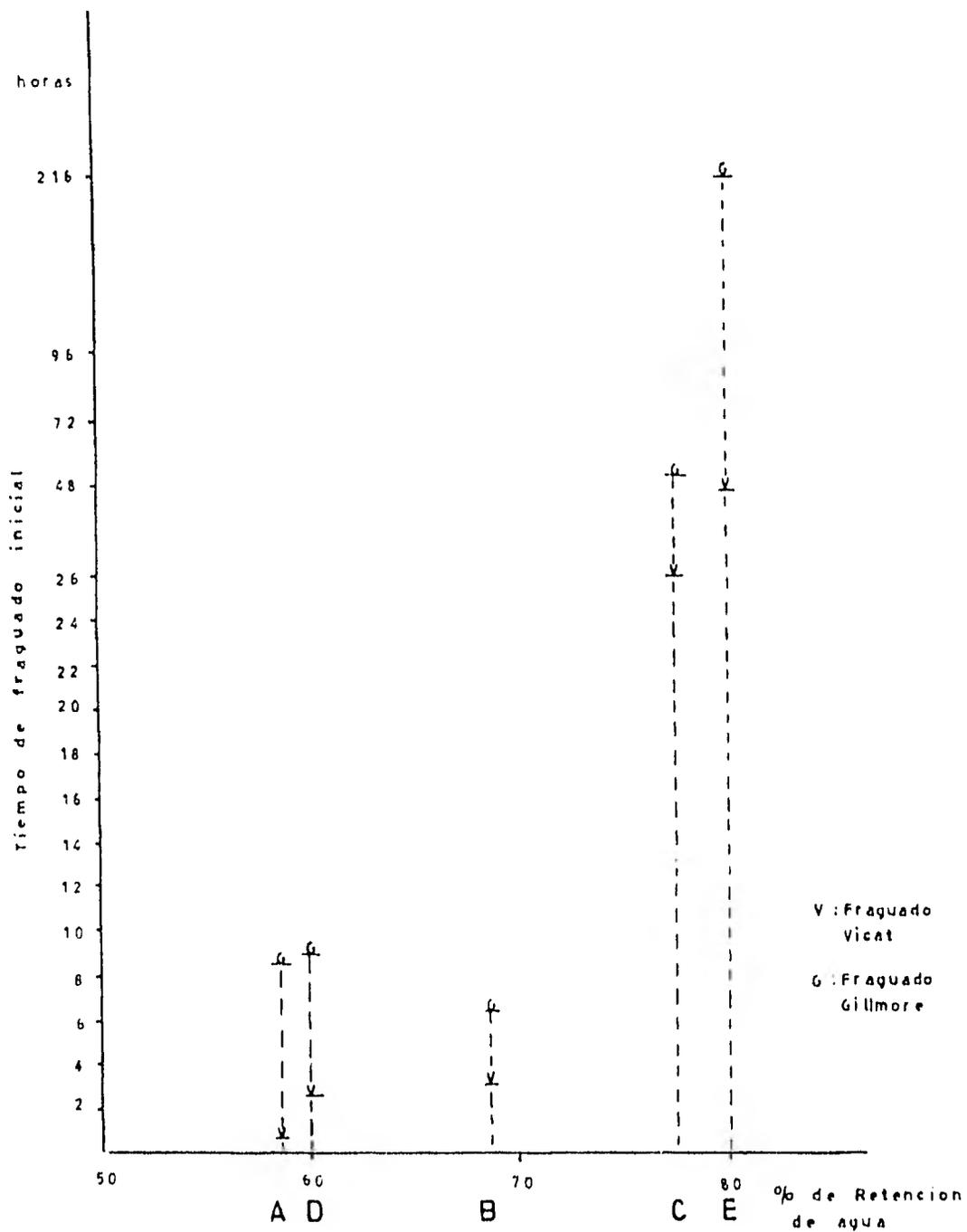
Para estos morteros no es posible establecer una -- relación constante y válida para todos ellos entre la - "retención de agua" y la pérdida de agua por secado debido a sus diferentes propiedades y la dificultad que - hay para basar la comparación, pudiendo hacerse una comparación individual entre los morteros o en conjunto. Pero en forma general podemos decir que existe relación entre la "retención de agua" y la pérdida de agua por - secado de los morteros comerciales.

De la relación anterior podemos decir que no es vá- lida para todos los morteros como hemos visto en el ca- so de los morteros de cemento-cal-arena.



Retención de agua – Tiempo de fraguado

Gráfica No.3.4.2.1.1.



Retención de agua—Tiempo de fraguado

Gráfica No.34.212.

4. MORTEROS CON TIERRA ARCILLOSA

En éste capítulo se estudia la posibilidad de emplear tierra arcillosa combinada con el cemento o con cal para preparar el cementante de los morteros de mampostería, debido a que en algunas áreas metropolitanas y zonas rurales se dispone fácilmente de ella, lográndose con su empleo alguna economía en el costo total de la obra.

Se estudia además la posibilidad de emplear mezclas -- sólo de éstos cementantes sin agregar arena al mortero, debido a que en algunas obras económicamente no es posible disponer de ella.

4.1 CARACTERISTICAS DE LA TIERRA ARCILLOSA EMPLEADA EN EL ESTUDIO

La tierra arcillosa que se empleó ha sido extraída del cerro Zacatepetl en el Distrito Federal que tiene las siguientes propiedades:

límite líquido.....	45.6%
límite plástico.....	30.45%
índice plástico.....	15.17%
porcentaje que pasa la malla # 200.....	50.6%
resistencia en seco.....	media-alta
tenacidad.....	media
dilatancia.....	muy lenta
color.....	amarillo
olor.....	no tiene

De acuerdo a lo anterior y al Sistema Unificado de -- Clasificación de Suelos (S.U.C.S.), éste material es: ML (limo de baja compresibilidad).

Se efectuó además la prueba de actividad puzolánica de

la tierra arcillosa de acuerdo a la norma C-437 A.S.T.M., empleandose el siguiente proporcionamiento en volúmen:

tierra arcillosa	cal	arena
1	4	6

De acuerdo a la norma antes mencionada para que una -- arcilla se considere puzolánica debe tener una resistencia a la compresión de 42 kg/cm², obteniéndose de la arcilla - empleada en éste estudio una resistencia de 4.1 kg/cm², no cumpliendo con la norma C-437 A.S.T.M. para ser considera- da una arcilla puzolánica.

4.2 PROPORCIONAMIENTO DE LOS MORTEROS DE CEMENTO-TIERRA ARCILLOSA-ARENA

En el proporcionamiento de éstos morteros suponemos - que el 50% de la tierra arcillosa (parte que pasa la ma-- lla # 200) es cementante y el otro 50% es arena. Recordan- do además que la proporción de arena en el mortero es - - tres veces la suma de cementantes en volúmen.

Así por ejemplo la cantidad de arena para la propor-- ción 1 cemento : 1 tierra arcillosa: 4 arena se obtuvo de la siguiente manera:

$$\begin{array}{r}
 \text{total de cementantes en el mortero:} \\
 \begin{array}{r}
 \text{cemento} \qquad \text{tierra arcillosa} \\
 1 \qquad \qquad + \qquad \qquad 0.5 \qquad \qquad = 1.5
 \end{array} \\
 \text{total de arena que debe tener el mortero:} \\
 1.5 \times 3 = 4.5
 \end{array}$$

total de arena de mina que hay que poner en el mortero:

$$4.5 - 0.5 = 4$$

4.3 RESISTENCIA A LA COMPRESION

A continuación se hace el análisis de la resistencia a compresión de los morteros de cemento-tierra arcillosa-arena, cemento-tierra arcillosa y cal-tierra arcillosa en cinco tipos de prueba.

4.3.1 Morteros de cemento-tierra arcillosa-arena.

Los resultados de los ensayos a compresión de los morteros de cemento-tierra arcillosa-arena, se encuentran en la tabla 4.3.1 la cual se inicia con el mortero de cemento-arena, a partir del cual podemos hacer comparaciones.

En la columna correspondiente a la prueba P, observamos como el mezclar tierra arcillosa al mortero de cemento-arena en mínima cantidad dá como resultado disminución de resistencia, como en la proporción 1: 1/8 : 3 1/8 (cemento-tierra arcillosa-arena) cuya resistencia disminuye al 75% de la obtenida en el mortero de cemento-arena en esta prueba. Se observa además que a partir de la proporción 1 : 1 : 4 las resistencias obtenidas fueron menores del 50% con respecto a la resistencia del mortero de cemento-arena.

Para cuando se tuvo un mortero a base de tierra arcillosa arena, la resistencia fué del 18% en relación a la obtenida en el mortero de cemento-arena en ésta prueba.

Para la prueba P' se presentaron incrementos de resistencia en los morteros de cemento-tierra arcillosa-arena hasta la proporción 1 : 2 : 5, disminuyendo en proporciones mayores de tierra arcillosa en el mortero.

En el mortero de tierra arcillosa-arena ésta prueba no se puede efectuar, debido a que los cilindros al ser sumergidos en agua se desbaratan en unos minutos.

Para la prueba curada P" se obtuvieron incrementos de resistencia con respecto a las pruebas anteriores, aún en proporciones con poco cemento. Para el caso de la tierra arcillosa-arena la resistencia que presentó fué prácticamente la misma que en la prueba rápida P, debido al secado que tuvieron los cilindros al permanecer 24 horas frente al ventilador. (Tabla 4.3.1).

En la prueba a largo plazo P''', se observa que a partir de la proporción 1 : 2 : 5 (cemento-tierra arcillosa-arena), las resistencias obtenidas con el tiempo disminuyeron en relación a la prueba curada P", probablemente por el alto contenido de tierra arcillosa que ha tenido mayores cambios volumétricos, rompiendo parcialmente la estructura formada por la mínima proporción de cemento en el mortero. Para la tierra arcillosa-arena la resistencia en esta prueba fué la misma que en pruebas anteriores, siendo del 3.3% en comparación con el mortero de cemento-arena.

Para los morteros en que se efectuó la prueba P^{iv}, todas las resistencias obtenidas fueron menores que en la prueba P''', siendo nula la resistencia para la tierra arcillosa-arena por las razones que se han mencionado anteriormente.

De lo anterior podemos decir que el mezclar tierra arcillosa al mortero de cemento-arena disminuye la resistencia a compresión aún en proporciones bajas de tierra arcillosa.

4.3.2 Morteros de cemento-tierra arcillosa.

La resistencia que presentan éstos morteros en las proporciones analizadas, en la prueba P fueron superiores a las obtenidas en los morteros de cemento-tierra arcillosa-arena, siendo comparable la resistencia de la proporción 1:2 (cemento-tierra arcillosa) con la obtenida en el

mortero de cemento-arena. (Tabla 4.3.2.)

En la prueba P' las resistencias disminuyeron en relación a la prueba anterior, probablemente por el contenido de tierra arcillosa en la mezcla, llegando a tener resistencias semejantes las proporciones de cemento-tierra arcillosa analizadas.

Para la prueba P'' las resistencias se incrementaron al aumentar la proporción de cemento en la mezcla. (Tabla 4.3.2).

En la prueba a largo plazo P''' las resistencias disminuyeron en relación a la prueba P'', siendo mayor el decremento de resistencia en proporciones con mayor contenido de tierra arcillosa en la mezcla.

En la prueba a largo plazo y luego sumergida P^{iv} el mortero 1 : 2 incrementó su resistencia probablemente por efecto del cemento y conservándose la misma resistencia en la proporción 1 : 4 que en la prueba anterior.

De lo anterior podemos decir que los morteros hechos con cemento y tierra arcillosa tuvieron variaciones de resistencia difíciles de predecir, por lo que conviene efectuar pruebas con éstos materiales cuando se emplen.

4.3.3 Morteros de cal-tierra arcillosa.

Otra forma de preparar morteros es combinando cal con tierra arcillosa en distintas proporciones, como se presenta en la tabla 4.3.3. Iniciándose ésta con la cal como único cementante.

Observamos en la tabla que en la prueba P la menor resistencia se presentó en el mortero a base solo de cal y que al combinar cal con tierra arcillosa la resistencia a la compresión se incrementa. Obteniéndose la mayor resistencia de ésta combinación en la proporción 1 : 2 (cal-

tierra-arcillosa). (Tabla 4.3.3).

Para que el mortero a base de tierra arcillosa la resistencia a compresión obtenida fué mayor que en cualquiera de las proporciones de cal-tierra arcillosa analizadas. Siendo ésta aproximadamente de 19 kg/cm^2 .

Para la prueba sumergida P' observamos en la tabla 4.3.3 que la cal y la tierra arcillosa no tuvieron resistencia a la compresión, ya que los cilindros se desbaratan luego de permanecer unos minutos sumergidos en agua.

Resulta interesante señalar como, cuando se combinaron la cal y la tierra arcillosa en diferentes proporciones, se logra tener resistencia al agua (con excepción de la proporción 1 : 1/4) siendo que éstos materiales por separado como hemos visto no la tienen.

Para la prueba P' se obtuvo la mayor resistencia en la proporción 1 : 1, pero siendo ésta resistencia menor que la obtenida en la prueba P.

En la prueba P" la cal tampoco tiene resistencia, desbaratándose los cilindros al tacto luego de permanecer 24 horas frente al ventilador. En ésta prueba se obtuvieron incrementos de resistencia con respecto a las pruebas anteriores, menos para la tierra arcillosa sola, que disminuyó de resistencia con relación a P y cuya resistencia es debida al secado que tuvieron los cilindros frente al ventilador. Obteniéndose la mayor resistencia en ésta prueba en la proporción 1 : 2. (Tabla 4.3.3).

En la prueba a largo plazo P''' se presentaron incrementos de resistencia para casi todas las proporciones de cal-tierra arcillosa, con excepción de la proporción 1 : 4 que tuvo disminución de resistencia. Obteniéndose en la proporción 1 : 1 la mayor resistencia en ésta prueba.

Mortero			Prueba Rápida	Prueba Sumergida	Prueba Curada	Prueba a largo plazo	Prueba a largo plazo y sumergida
Cemento	Tierra arcillosa	Arena	P (Kg/cm ²)	P' (kg/cm ²)	P'' (kg/cm ²)	P''' (Kg/cm ²)	P ^{iv} (kg/cm ²)
1		3	54.8	78.0	172.7	275.6	275.0
1	1/8	3 1/8	37.0	63.3	155.0	225.0	198.0
1	1/4	3 1/4	33.4	81.0	130.5	189.0	127.0
1	1/2	3 1/2	30.5	54.4	105.0	148.3	100.0
1	1	4	23.4	33.0	92.0	120.2	105.0
1	2	5	17.5	20.0	61.5	32.2	-
1	4	7	14.0	12.5	39.0	23.6	10.0
1	8	11	12.0	5.5	21.2	9.5	-
	1	1	9.9	0.0	9.5	9.2	0.0

Tabla No. 4.3.1 Resistencia a compresión de morteros de cemento-tierra arcillosa-arena.

Mortero		Prueba Rápida	Prueba Sumergida	Prueba Curada	Prueba a largo plazo	Prueba a largo plazo y sumergida
Cemento	Tierra arcillosa	P (Kg/cm ²)	P' (Kg/cm ²)	P'' (Kg/cm ²)	P''' (kg/cm ²)	P ^{iv} (Kg/cm ²)
1	2	58.0	36.0	122.0	85.0	99.0
1	4	40.0	33.0	69.0	51.0	51.0

Tabla No. 4.3.2 Resistencia a compresión de morteros de cemento-tierra arcillosa.

Mortero		Prueba Rápida	Prueba Sumergida	Prueba Curada	Prueba a largo plazo	Prueba a largo plazo y sumergida
Cal	Tierra arcillosa	P (Kg/cm ²)	P' (Kg/cm ²)	P'' (Kg/cm ²)	P''' (Kg/cm ²)	P ^{iv} (Kg/cm ²)
1		2.2	0.0	0.0	3.4	-
1	1/4	4.3	0.0	7.6	19.3	-
1	1/2	9.9	9.1	30.0	56.6	35.0
1	1	13.5	11.7	39.3	65.8	-
1	2	15.1	10.3	44.0	56.0	28.0
1	4	11.4	10.0	23.8	10.0	-
	1	19.0	0.0	12.0	20.0	0.0

Tabla No. 4.3.3 Resistencia a compresión de morteros de cal-tierra arcillosa.

Para la prueba a largo plazo y luego sumergida P^{iv} las resistencias de los morteros en que se hizo ésta prueba -- disminuyeron aparentemente de acuerdo al contenido de tierra arcillosa en el mortero. No obteniéndose resistencia - en el mortero de tierra arcillosa por desbaratarse los cilindros en el agua.

4.4 RESISTENCIA-TIEMPO DE EMPLEO TIEMPO DE FRAGUADO

Se presenta a continuación la variación de resistencia al retrasarse el empleo de mezclas hechas con morteros de cemento-tierra arcillosa-arena, cemento-tierra arcillosa y cal-tierra arcillosa. Así como su relación con los tiempos de fraguado, para lo cual se presenta además en las gráficas de resistencia tiempo de empleo con líneas discontinuas los tiempos de fraguado inicial Vicat y - - Gillmore de los cementantes.

4.4.1.1 Mortero de cemento-arena.

A continuación se presenta una breve descripción de la variación de resistencia al retrasarse el tiempo de empleo de el mortero de cemento-arena para facilitar el comparar con los morteros de cemento-tierra arcillosa-arena.

En la gráfica 4.4.1.1 a se observa que al retrasarse - el empleo de la mezcla la resistencia del mortero de cemento-arena disminuye en las pruebas P y P".

La posibilidad de emplear éste mortero al día siguiente es nula, debido a que el material ha endurecido, siendo muy difícil su remezclado y la elaboración de los cilindros.

La trabajabilidad inicial de éste mortero fué buena, - pero al transcurrir el tiempo la elaboración de los cilin-

dros se hizo difícil.

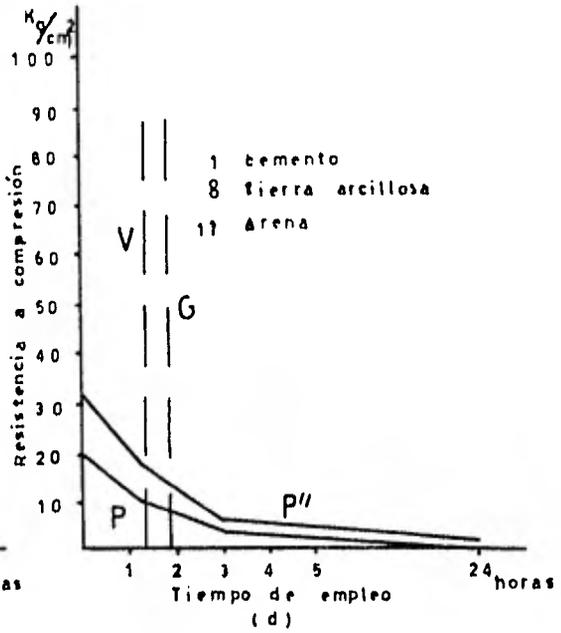
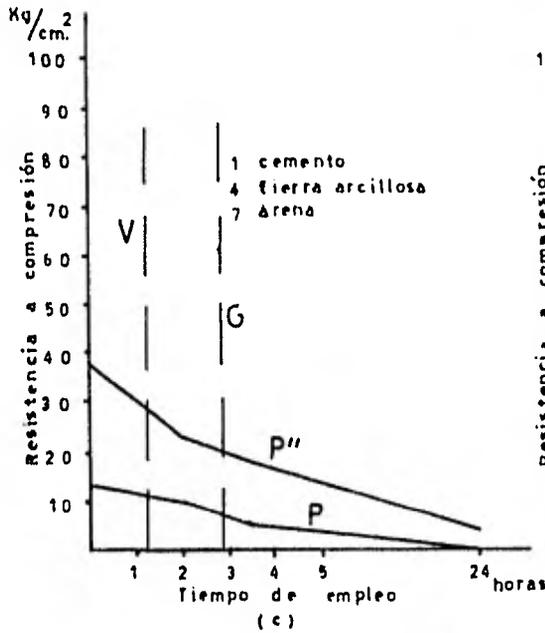
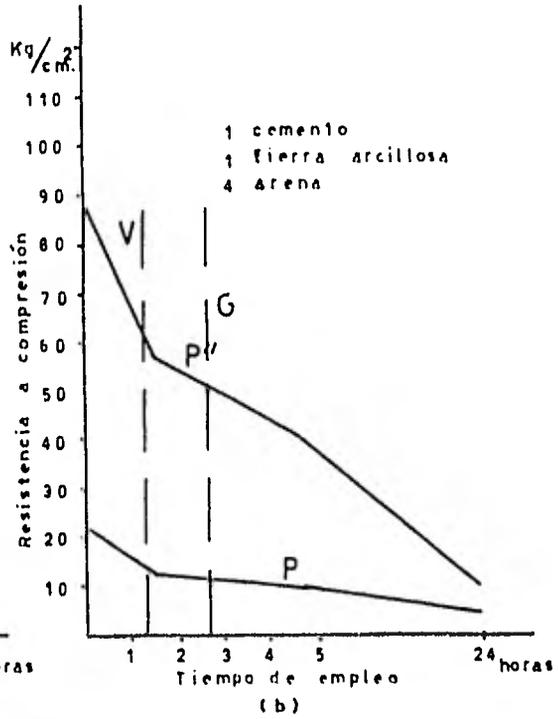
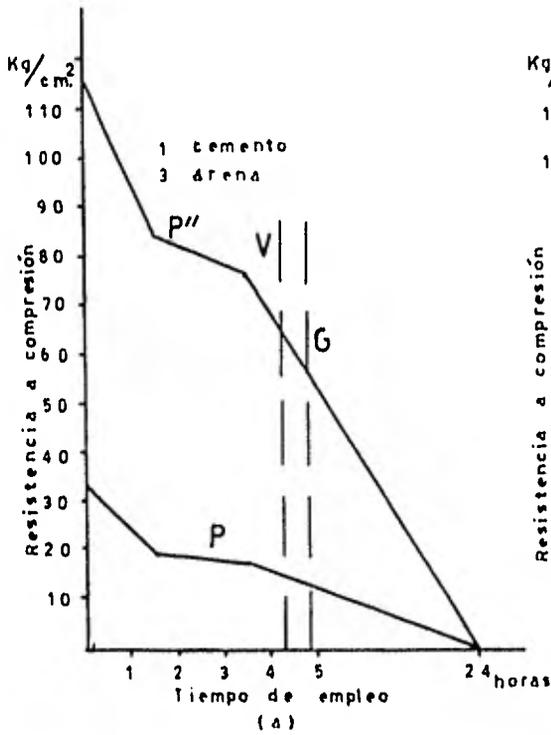
4.4.1.2 Morteros de cemento-tierra arcillosa-arena.

Como se observa en la gráfica 4.4.1.1 b la proporción-1 : 1 : 4 (cemento-tierra arcillosa-arena) disminuyó su resistencia al transcurrir el tiempo de empleo de la mezcla en ambas pruebas presentando mayor variación de resistencia en la prueba P, lo cual es lógico debido a que éstos cilindros al estar frente al ventilador pierden mayor cantidad de agua en menor tiempo, afectando al fraguado y consecuentemente a la resistencia.

Es posible el empleo de éste mortero al día siguiente - remezclando agregando agua, pero obteniendo menores resistencias que en el primer día de prueba. En cuanto a su trabajabilidad, inicialmente fué buena, tornándose granular y seca en el transcurso de la prueba, dificultándose la elaboración de los cilindros.

Para el mortero 1 : 4 : 7 la variación de resistencia - en la prueba P fue menor que en la prueba P" como se observa en la gráfica 4.4.1.1 c. La elaboración de especímenes al día siguiente con éste mortero fué posible, pero los cilindros de la prueba P se desbarataron cuando el material se encontraba seco, en cambio los cilindros de la prueba - curada P" al día siguiente tuvieron bajas resistencias en compresión en comparación con la resistencia obtenida el día anterior, por lo que no se recomienda el empleo de éste mortero al día siguiente. En cuanto a su trabajabilidad es semejante a la descrita para el mortero 1 : 1 : 4.

Para el mortero 1 : 8 : 11 la disminución de resistencia en ambas pruebas fué mayor que en la proporción anterior (gráfica 4.4.1.1. d). Además hay que hacer notar como al incrementarse la proporción de tierra arcillosa en -



P: Prueba rápida ; P'': Prueba curada ; V: Fraguado inicial Vicat ; G: Fraguado inicial Gillmore

Resistencia a compresión—Tiempo de empleo

Gráfica No. 4.4.1.1

el mortero, la curva de la prueba P" tiende a juntarse con la curva de la prueba P, debido probablemente a que domina el efecto de la tierra arcillosa sobre el del cemento, adquiriendo (de acuerdo a la proporción de tierra arcillosa) más su resistencia por secado (de la tierra arcillosa) que por fraguado (de el cemento), favoreciendo el secado y la resistencia por éste efecto al poner frente al ventilador los cilindros durante 24 horas.

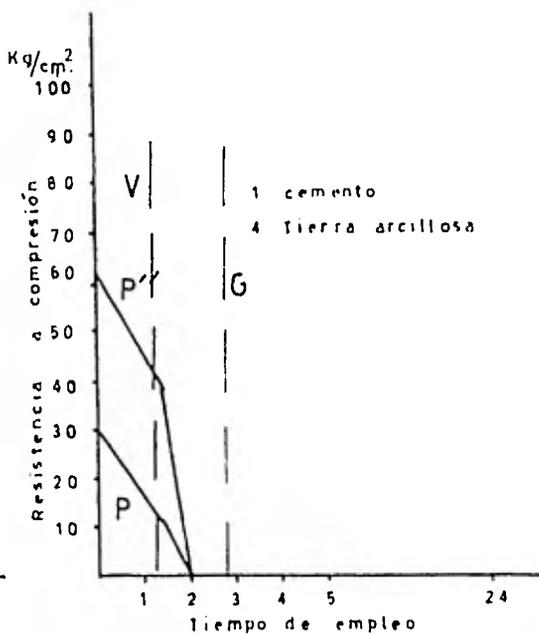
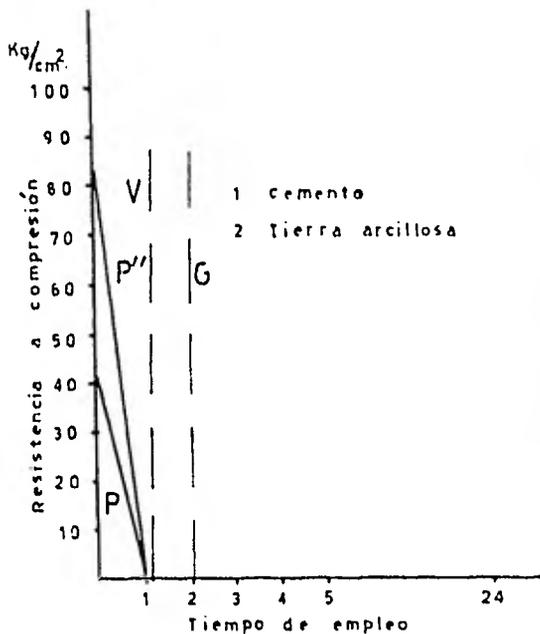
4.4.1.3 Morteros de cemento-tierra arcillosa.

En éstos morteros al retrasarse el tiempo de empleo -- de las mezclas la resistencia disminuyó rápidamente como se aprecia en las gráficas 4.4.1.3 a y b que corresponde a las proporciones 1:2 y 1:4 (cemento:tierra arcillosa). Su trabajabilidad fué difícil por su pronto endurecimiento, - siendo imposible la elaboración de los especímenes 1 o 2 - horas después de iniciada la prueba. En cuanto a su empleo al día siguiente fué imposible, debido a su endurecimiento. Si se emplean morteros de cemento-tierra arcillosa, deberá hacerse en el menor tiempo posible una vez preparada la mezcla.

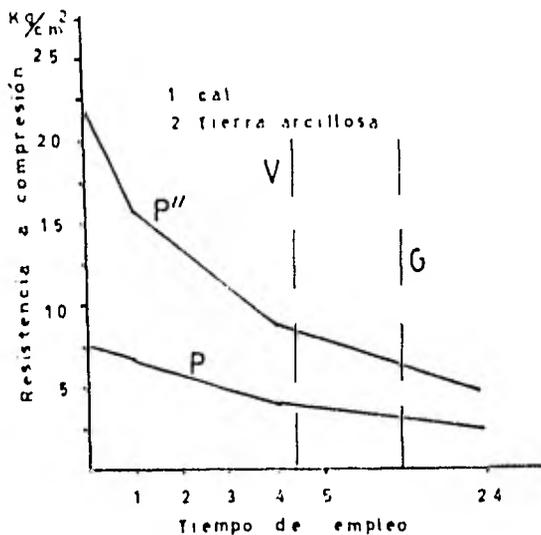
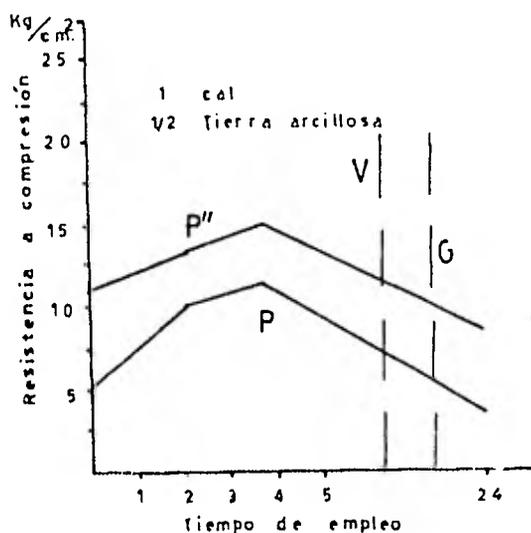
4.4.1.4 Morteros de cal-tierra arcillosa.

Para éstos morteros en la proporción 1: 1/2 (cal-tierra arcillosa) se presentaron incrementos de resistencia - en los cilindros elaborados 2 y 3 1/2 horas después de - - iniciada la prueba en P y P". (Gráfica 4.4.1.4). En cambio para la proporción 1:2 se presentó disminución de resistencia al transcurrir el tiempo de empleo de la mezcla en ambas pruebas. (Gráfica 4.4.1.4).

La resistencia que se obtuvo al día siguiente en la - proporción 1: 1/2 es semejante a la resistencia obtenida



Resistencia a compresión Tiempo de empleo
Gráfica No.4.4.13



P: Pueba rápida : P'': Pueba curada : V: Fraguado inicial Vicat : G: Fraguado inicial Gilimore

Resistencia a compresión—Tiempo de empleo
Gráfica No.4.4.14

en el inicio de la prueba en P y P". Para la proporción -- 1:2 la resistencia al segundo día fué bastante menor que - la del primer día en ambas pruebas.

En cuanto a la trabajabilidad de éstos morteros fué - buena durante todo el desarrollo de la prueba.

4.4.2 Tiempo de fraguado.

Debemos recordar que la prueba de tiempo de fraguado - se efectúa solo a la pasta de cementantes de acuerdo a las normas A.S.T.M., correspondiendo los mismos tiempos de fraguado a los morteros de cemento-tierra arcillosa-arena y - cemento-tierra arcillosa.

4.4.2.1 Cementantes de cemento-tierra arcillosa.

En la tabla 4.4.2.1 el primer renglón corresponde al - cemento a partir del cual y como en otras pruebas tomamos como base para comparar resultados. Los renglones siguientes son de las diferentes proporciones de cemento-tierra - arcillosa y el último renglón corresponde a la tierra arcillosa sola.

Observamos en los resultados de la prueba Vicat que el mezclar tierra arcillosa al cemento en pequeñas o grandes cantidades reduce el tiempo de fraguado inicial de el ce--mento. Observamos además la mínima variación en tiempos de fraguado que tienen las proporciones que varían de 1:1 a - 1:8.

Para la tierra arcillosa corresponde un tiempo de fraguado infinito, debido a que en las condiciones en que se efectúa la prueba la tierra arcillosa no "fragua". (El término fraguado para la tierra arcillosa no es adecuado, debido a que la resistencia que adquiere es por secado y no

por fraguado).

Para la prueba de fraguado inicial Gillmore éstos cementantes tuvieron una variación de tiempos de fraguado - semejante a la obtenida en la prueba Vicat, pero menos -- violenta. El tiempo de fraguado de todas las proporciones de cemento-tierra arcillosa fué menor que el del cemento. Siendo infinito para la tierra arcillosa (tabla 4.4.2.1).

El tiempo de fraguado final Gillmore se reduce tam- bién al agregar tierra arcillosa al cemento, hasta la proporción 1:2 para luego incrementarse de acuerdo al conte- nido de tierra arcillosa en la mezcla. Correspondiendo -- consecuentemente también en ésta prueba un tiempo de fra- guado final infinito a la tierra arcillosa.

4.4.2.2 Cementantes de cal-tierra arcillosa.

Los resultados de los tiempos de fraguado de los cementantes de cal-tierra arcillosa se encuentran en la ta- bla 4.4.2.2.

Antes de analizar los tiempos de fraguado de las distintas proporciones de cal-tierra arcillosa, comentaremos los tiempos de fraguado de la cal y de la tierra arcillo- sa. A la cal sola le corresponde un tiempo de fraguado - largo, 90 horas de acuerdo a la prueba Vicat y de 96 ho- ras según la prueba Gillmore, tiempos que podemos conside- rar infinitos. Y para la tierra arcillosa que no "fragua" en las condiciones en que se realiza la prueba podemos - considerar que tiene un tiempo de fraguado infinito. Al - combinarse la cal y la tierra arcillosa se obtienen tiem- pos de fraguado cortos debido a la reacción química entre ambos elementos.

El mezclar tierra arcillosa en pequeña cantidad a la cal reduce el tiempo de fraguado de la cal en la prueba -

Vicat hasta la proporción 1:1 para luego incrementarse en proporciones mayores de tierra arcillosa. (Tabla 4.4.2.2).

En la prueba de fraguado inicial Gillmore se presentó también una reducción en el tiempo de fraguado de la cal al aumentar la cantidad de tierra arcillosa en la mezcla, hasta la proporción 1:2 (cal-tierra arcillosa), para luego incrementarse en proporciones mayores de tierra arcillosa. (Tabla 4.4.2.2).

En la prueba de fraguado final Gillmore se presentó un comportamiento de fraguado de los cementantes semejante al tiempo de fraguado inicial Gillmore.

De lo anterior tenemos que los cementantes de cemento-tierra arcillosa cumplen con la especificación de tiempo de fraguado que pide la norma C-91 A.S.T.M., con excepción de la proporción 1:8 que no cumple con el tiempo de fraguado final.

De las proporciones de cal-tierra arcillosa analizadas ninguna de ellas cumple con la norma de tiempo de fraguado en lo referente al tiempo de fraguado final.

Observamos en las gráficas de resistencia-tiempo de empleo como no existe una relación válida entre la variación de resistencia al transcurrir el tiempo de empleo y el tiempo de fraguado inicial de los cementantes. Hemos visto por ejemplo que corresponden los mismos tiempos de fraguado a los morteros de cemento-tierra arcillosa-arena y cemento-tierra arcillosa por tener los mismos cementantes, pero la variación de resistencia al transcurrir el tiempo de empleo es mucho mayor en mezclas hechas con morteros de cemento-tierra arcillosa que con mezclas que contienen arena.

Cementante		Fraguado inicial Vicat	Fraguado inicial Gillmore	Fraguado final Gillmore
Cemento	Tierra arcillosa	Fi. V. (horas)	Fi. G. (horas)	Ff. G. (horas)
1		4 : 20	4 : 50	6 : 40
1	1/8	2 : 35	4 : 00	6 : 00
1	1/4	2 : 20	3 : 40	5 : 40
1	1/2	2 : 00	3 : 00	4 : 50
1	1	1 : 25	2 : 40	4 : 45
1	2	1 : 10	2 : 00	4 : 30
1	4	1 : 20	2 : 50	4 : 50
1	8	1 : 15	1 : 50	5 : 00
	1	∞	∞	∞

Tabla No. 4.4.2.1. Tiempos de fraguado de los cementantes cemento-tierra arcillosa

Cementante		Fraguado inicial Vicat	Fraguado inicial Gillmore	Fraguado final Gillmore
Cal	Tierra arcillosa	Fi. V. (horas)	Fi. G. (horas)	Ff. G. (horas)
1		90 : 00	96 : 00	2 meses
1	1/4	16 : 00	58 : 00	152 : 00
1	1/2	8 : 45	12 : 00	122 : 00
1	1	4 : 00	10 : 30	56 : 00
1	2	4 : 20	10 : 00	60 : 00
1	4	4 : 45	10 : 30	68 : 00
	1	∞	∞	∞

Tabla No. 4.4.2.2. Tiempo de fraguado de los cementantes cal-tierra arcillosa

4.5 ADHERENCIA Y AGRIETAMIENTO

Se estudia a continuación el comportamiento de algunos de los morteros que resultan de combinar cemento, cal, tierra arcillosa y arena, en contacto directo con los mampuestos.

En la tabla que se presenta se encuentran los resultados de las pruebas de: adherencia (como junta y como aplanado), agrietamiento, goteo, intemperismo y resistencia a la compresión.

4.5.1 Mortero de cemento-arena.

Para éste mortero se hace referencia a la sección 3.3.1, en la cual se ha descrito su comportamiento en contacto con las mamposterías.

4.5.2 Morteros de cemento-tierra arcillosa-arena.

Cuando se emplean éstos morteros como junta de mampostería en ladrillo rojo se obtuvieron bajas adherencias cuando el ladrillo era pegado en seco, mejorando la adherencia cuando el material se humedecía previamente.

Para el adobe las adherencias varían de acuerdo a la cantidad de tierra arcillosa en el mortero, siendo en general bajas y prácticamente iguales con el material pegado en seco o en húmedo. (Tabla 4.5.2).

En el tabicón en general se obtuvieron buenas adherencias que dependen de la humedad del tabicón y de la proporción de cementantes empleada, siendo en algunos proporcionamientos mejores las adherencias que se obtuvieron cuando el material fué pegado en seco.

En el ladrillo de concreto se obtuvieron buenas - - adherencias con el material pegado en seco, siendo meno-- res cuando el ladrillo de concreto se humedecía para ser pegado. Solo para la proporción 1: 8: 11 no se obtuvo --- adherencia en ningún caso.

Para la tierra arcillosa con arena (1 : 1) solo se - tuvo adherencia en el ladrillo rojo pegado en seco. En el adobe las adherencias fueron mínimas en ambos casos. Para el tabicón y ladrillo de concreto las adherencias fueron nulas sin importar la humedad del material en el momento de ser pegado.

La adherencia que presentaron los morteros de cemento-tierra arcillosa-arena en la prueba de adherencia como aplanado en general fué mayor que las adherencias obtenidas en la prueba de adherencia como junta de mampostería. Para los ladrillos rojos se obtuvo mejor adherencia cuando el material se humedece previamente, salvo cuando se empleó tierra arcillosa con arena con la cual se obtuvo mayor adherencia con el ladrillo rojo pegado en seco. Para el adobe se tiene un comportamiento similar en los morteros de cemento-tierra arcillosa-arena y en la tierra arcillosa con arena, los cuales tuvieron mejor adherencia con el adobe pegado en húmedo.

En cuanto a la adherencia que presentaron los aplanados de la prueba de agrietamiento cuando fueron despegados de los muros de ladrillo rojo y de adobe fué buena, - siendo necesario emplear martillo y cincel para desprenderlos. En cambio el mortero de tierra arcillosa con arena tuvo mala adherencia en los muros, siendo solo necesario emplear una cuchara de albañil para despegarlo con - facilidad. (Tabla 4.5.2).

El agrietamiento que presentan los morteros de cemento-tierra arcillosa-arena fué mayor en el muro de ado-

be. En cambio para el mortero de tierra arcillosa con -- arena el agrietamiento fué mayor en el muro de ladrillo - rojo. (Tabla 4.5.2).

En las pruebas de goteo y de intemperismo los morteros de cemento-tierra arcillosa-arena tuvieron buena re-- sistencia, en cambio para el mortero de tierra arcillosa con arena la resistencia a la lluvia fué nula, debido a que las placas se perforaron en 20 minutos y las superficies de los aplanados o colados puestos horizontalmente - se deslavarón al permanecer a la intemperie durante el -- tiempo que duró el estudio.

4.5.3 Morteros de cemento-tierra arcillosa.

Para éstos morteros la adherencia que tuvieron como junta de mampostería en general fué buena, dependiendo - del material en que se empleen y de la humedad de las pie zas en el momento de ser pegadas. (Tabla 4.5.2).

Como aplanado las adherencias que tuvieron en el la- drillo rojo son mayores cuando el material fué humedecido para ser pegado, dependiendo además de la proporción de tierra arcillosa en la mezcla. Para el adobe se obtuvieron también buenas adherencias, siendo mejores en el adobe pe gado en seco. (Tabla 4.5.2.)

En cuanto a la adherencia observada en los aplanados de la prueba de agrietamiento cuando fueron despegados -- fué mínima, empleándose tan solo una cuchara de albañil - para desprenderlos tanto del muro de ladrillo rojo como - el muro de adobe, debido probablemente al gran agrietamien to que tuvieron. (Tabla 4.5.2).

Presentaron además buena resistencia en la prueba de goteo (lluvia) y al intemperismo.

4.5.4 Morteros de cal-tierra arcillosa.

La adherencia que presentaron en general éstos morteros fué mala.

Para el ladrillo rojo pegado en seco la adherencia - como junta de mampostería fué nula en la mayor parte de los proporcionamientos, solo en la proporción 1: 4 (cal-tierra arcillosa) se tuvo adherencia. Para cuando el ladrillo rojo se humedecía para ser pegado, se obtuvieron diversas adherencias entre los proporcionamientos de - - cal-tierra arcillosa.

Para el adobe podemos decir que los morteros de - - cal-tierra arcillosa no tienen adherencia en él, sin importar la humedad del adobe en el momento de ser pegado. (Tabla 4.5.3).

En el tabicón se obtuvo adherencia para un mayor número de proporciones, como se aprecia en la tabla 4.5.3, pero siendo en general adherencias bajas.

En la prueba de adherencia como aplanado las adherencias que se obtuvieron fueron nulas en la mayor parte de las proporciones de cal-tierra arcillosa analizadas. - Para el ladrillo rojo pegado en húmedo se obtuvo adherencia para las proporciones 1: 1/2 y 1:4. Y para el adobe, solo se obtuvo mínima adherencia con el material pegado - en húmedo en la proporción 1:4.

En su empleo como aplanado podemos decir que tiene - agradable textura, pero un gran agrietamiento, debido - - probablemente a la falta de arena en la mezcla.

La adherencia que tuvieron los aplanados fué míni- - ma, se desprendieron fácilmente de los muros empleando - una cuchara de albañil.

Tabla No. 4.5.2 (Mortero: cemento-tierra arcillosa-arena; cemento-tierra arcillosa).

Mortero			Adherencia con junta (kg/cm ²)								Adherencia con aplastado (kg/cm ²)				Adherencia con aplastado (kg/cm ²)				Costo ** (mln)			Intemperismo ***		Contracción (%)		Resistencia a compresión **** (kg/cm ²)						
			S i m p l e s								D e b i l e s				D e b i l e s				G	T	U	B	A	C	C'	P	P'	P''	P'''			
Cemento	Tierra arcillosa	Arena	Rojo		Adobe		Tabicón		Concreto		Rojo		Adobe		Rojo		Adobe													Rojo	Adobe	C
			Seco	Húmedo	Seco	Húmedo	Seco	Húmedo	Seco	Húmedo	Seco	Húmedo	Seco	Húmedo	Seco	Húmedo	Seco	Húmedo	Seco	Húmedo												
1	-	3	0.19	0.90	0.02	0.24	1.27	1.15	1.00	1.08	0.63	1.61	0.33	0.42	M	-	C	0.02	-	-	0.37	∞	∞	∞	B	B	9.5	7.3	54.8	78.0	172.7	275
1	1/8	3 1/8	No se elaboraron	No se elaboraron																												
1	1/4	3 1/4	0.20	0.70	0.30	0.33	1.20	1.12	1.70	1.26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	∞	∞	∞	-	-	10.5	9.7	37.6	63.3	155.0	225	
1	1/2	3 1/2	0.13	0.68	0.20	0.27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	∞	∞	∞	-	-	11.0	12.7	33.4	81.0	130.5	185	
1	1	4	0.16	0.67	0.10	0.10	1.27	0.40	1.15	0.70	0	0.81	0.16	0.27	M	-	C	0.02	-	-	0.20	∞	∞	∞	-	-	12.6	8.6	23.4	33.0	92.0	120
1	2	5	0.06	0.52	0.14	0.10	0.90	0.82	1.00	0.52	0.39	0.68	0.24	0.3	-	-	-	-	-	-	∞	∞	∞	-	-	15.2	11.4	17.5	20.0	61.5	32	
1	4	7	0.07	0.31	0.18	0.14	0.49	1.13	0.76	0.30	0.20	0.42	0.30	0.28	M	M	M	0.02	0.02	0.40	0.34	∞	∞	∞	B	B	17.5	13.0	14.0	12.5	39.0	23
1	8	11	0.06	0.23	0.02	0.07	0.35	0.31	0	0	-	-	-	-	M	-	C	0.12	-	-	0.47	∞	∞	∞	-	-	16.3	13.8	12.0	5.5	21.2	9
-	1	1	0.11	0	0.04	0.07	0	0	0	0	0.12	0.93	0.18	0.20	C	C	C	1.90	0.20	1.10	0.44	∞	∞	∞	B	D	20.2	15.2	99.0	0	9.55	9
1	2	-	0.03	0.45	0.1	0.1	1.09	1.2	0.3	0	0.45	0.80	0.66	0.40	C	-	C	0.40	-	-	0.98	∞	∞	∞	B	B	7.4	3.7	58.0	36.0	122.0	85
1	4	-	0.75	1.50	0.55	0.13	0.45	0.40	0.13	0.47	0.35	0.45	0.45	0.20	C	-	C	0.90	-	-	1.11	∞	∞	∞	P	B	9.7	5.4	40.0	33.0	69.0	51

* M.C.; martillo y cincel
C.; cuchara de albañil
S.; solo

** ∞ ; las placas no se perforan (ver sección 2.5)

*** B; la superficie no sufrió daño
D; la superficie dañada

**** P; prueba rápida
P'; prueba sumergida
P''; prueba curada
P'''; prueba a largo plazo
P''''; prueba a largo plazo y luego sumergida.

Tabla No. 4.5.2 (Mortero; cemento-terra arcillosa-arena; cemento-terra arcillosa).

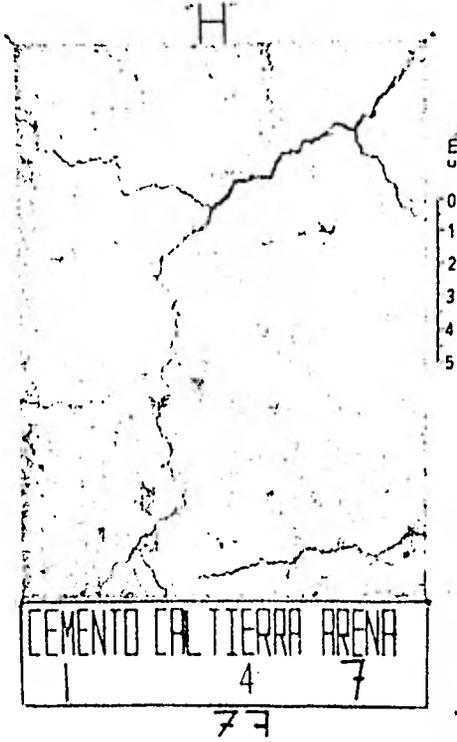
Adherencia como junta (kg/cm ²)				Adherencia como apla- nado (kg/cm ²)				Herramien- ta necesari- a para - despegar - los aplana- dos.				- de aprietamiento - en - - aplanaados.				Grosor ** (mm)			Integ- ridad no. ***		Contra- ción (%)		Resistencia a compresión **** (kg/cm ²)						
S i m p l e s				D o b l e s																									
Tabicón		Concreto		Rojo		Adobe		Rojo		Adobe		Rojo		Adobe															
Húmedo	Seco	Húmedo	Seco	Húmedo	Seco	Húmedo	Seco	Húmedo	Curado	Seco	Húmedo	Curado	Seco	Húmedo	Curado	Seco	Húmedo	Seco	Húmedo	P	P'	P''	P'''	P''''					
02	0.24	1.27	1.15	1.00	1.08	0.63	1.61	0.33	0.42	M	-	-	C	0.02	-	-	0.37	0	0	0	B	B	9.5	7.3	54.6	38.0	172.7	275.0	275.0
Laboraron muestras																													
30	0.33	1.20	1.12	1.70	1.26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	-	-	11.0	12.7	33.4	81.0	130.5	189.0	127.0
30	0.27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	-	-	14.0	10.8	30.5	54.5	105.0	148.0	100.0
20	0.10	1.27	0.40	1.18	0.70	0	0.81	0.16	0.23	M	-	-	C	0.07	-	-	0.27	0	0	0	-	-	12.0	8.6	23.4	33.0	93.0	120.0	105.0
34	0.10	0.90	0.82	1.00	0.52	0.30	0.68	0.24	0.32	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	-	-	15.2	11.4	17.5	20.0	61.5	32.2	-
18	0.14	0.49	1.13	0.76	0.30	0.20	0.42	0.30	0.28	M	M	M	M	0.05	0.00	0.40	0.27	0	0	0	B	B	17.0	13.6	14.0	12.5	39.0	23.6	10.0
02	0.07	0.35	0.31	0	0	-	-	-	-	M	-	-	M	0.12	-	-	0.27	0	0	0	-	-	10.3	11.8	12.0	5.5	21.2	9.5	-
04	0.07	0	0	0	0	0.12	0.03	0.18	0.20	C	C	C	C	0.00	0.30	1.10	0.44	0	0	0	B	B	20.2	15.2	99.0	0	9.5	9.2	0
1	0.1	1.09	1.2	0.3	0	0.45	0.80	0.66	0.40	C	-	-	C	0.09	-	-	0.38	0	0	0	B	B	7.4	3.7	38.0	30.0	122.0	85.1	99.0
55	0.13	0.45	0.40	0.13	0.47	0.35	0.45	0.45	0.30	C	-	-	C	0.06	-	-	1.11	0	0	0	B	B	9.7	5.4	46.0	33.0	69.0	51.0	51.0

el
il

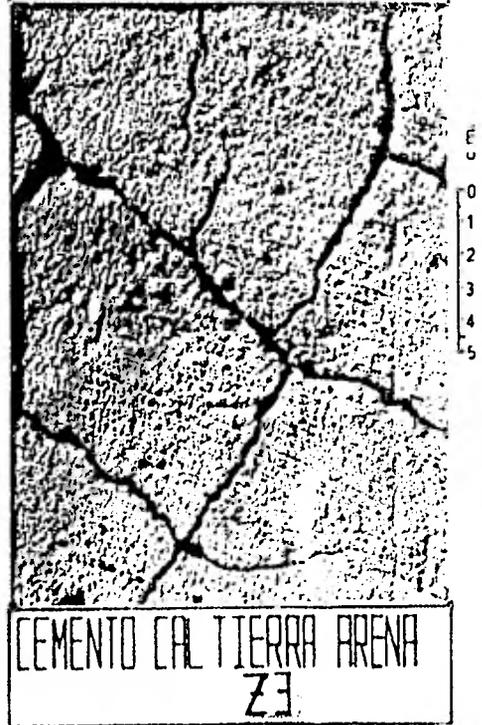
*** B; la superficie no sufrirá da-
o; la superficie deslavada

**** P; prueba rápida
P'; prueba sencilla
P''; prueba curado
P'''; prueba a largo plazo
P''''; prueba a largo plazo y luego
simplificada.

se perforan
5)



agrietamiento 0.34%



agrietamiento 3.2%

Figura No. 4.5 Agrietamiento en aplanados.

En cuanto a su resistencia a la lluvia y al intemperismo las proporciones analizadas tuvieron buena resistencia. (Tabla 4.5.3).

4.5.5 Morteros de tierra arcillosa.

Cuando se les emplea como junta de mampostería solo tiene adherencia en ladrillos rojos y en adobe. (Tabla -- 4.5.3).

En la prueba de adherencia como aplanado, la adherencia que tuvo fué nula tanto en ladrillo rojo como en adobe, despegándose los especímenes cuando fueron movidos para ser ensayados.

En cuanto a la adherencia que tuvieron los aplanados de la prueba de agrietamiento fué nula, desprendiéndose -- solos algunos fragmentos de los aplanados, debido probablemente a su gran agrietamiento.

Su resistencia a la lluvia y al intemperismo también es nula, las placas de la prueba de goteo se perforaron -- en 30 minutos y la superficie de los aplanados o colados -- puestos horizontalmente se deslavarón al permanecer a la intemperie.

4.6 RETENCION DE AGUA Y SU RELACION CON OTRAS PRUEBAS

Se analiza a continuación la "retención de agua" -- de los morteros que contienen entre sus cementantes tierra arcillosa. En las gráficas que se presentan las ordenadas son la "retención de agua" en porcentaje y las abscisas son los diferentes proporcionamientos de cementantes. Se presenta además en las mismas gráficas la pérdida de agua (en peso) que por secado tuvieron placas hechas de algunos de los morteros.

4.6.1.1 Morteros de cemento-tierra arcillosa-arena.

En la gráfica 4.6.1.1 observamos como la "retención de agua" de los morteros de cemento-tierra arcillosa-arena se incrementa al aumentar la proporción de tierra arcillosa en el mortero, variando del 60.5% para el mortero de cemento-arena al 96% en la tierra arcillosa con arena.

4.6.1.2 Morteros de cal-tierra arcillosa.

Estos morteros inicialmente al agregar tierra arcillosa a la cal en poca cantidad reduce la "retención de agua" del 97% para la cal, al 75% en la proporción 1:1 (cal-tierra arcillosa) para luego incrementarse al aumentar la cantidad de tierra arcillosa en el mortero, llegando a ser del 91.5% para la tierra arcillosa sola. (Gráfica 4.6.1.2).

4.6.2. Relación de la retención de agua con otras pruebas.

Se analiza a continuación la posible relación entre la "retención de agua" y el tiempo de fraguado inicial de los cementantes.

En las gráficas que se presentan las ordenadas corresponden al tiempo de fraguado inicial Vicat y Gillmore (en horas) y las abscisas son el porcentaje de "retención de agua", además se indica en ellas las proporciones de los morteros.

4.6.2.1.1 Morteros de cemento-tierra arcillosa-arena.

Observamos en la gráfica 4.6.2.1.1 que los tiempos de fraguado inicial se reduce en forma regular al aumen--

tar la cantidad de tierra arcillosa en la mezcla hasta la proporción 1: 2 (cemento-tierra arcillosa), para luego incrementarse los tiempos de fraguado y reducirse nuevamente. En tanto que la "retención de agua" se incrementa en relación al contenido de tierra arcillosa en el mortero - sin relación con el tiempo de fraguado inicial de los cementantes.

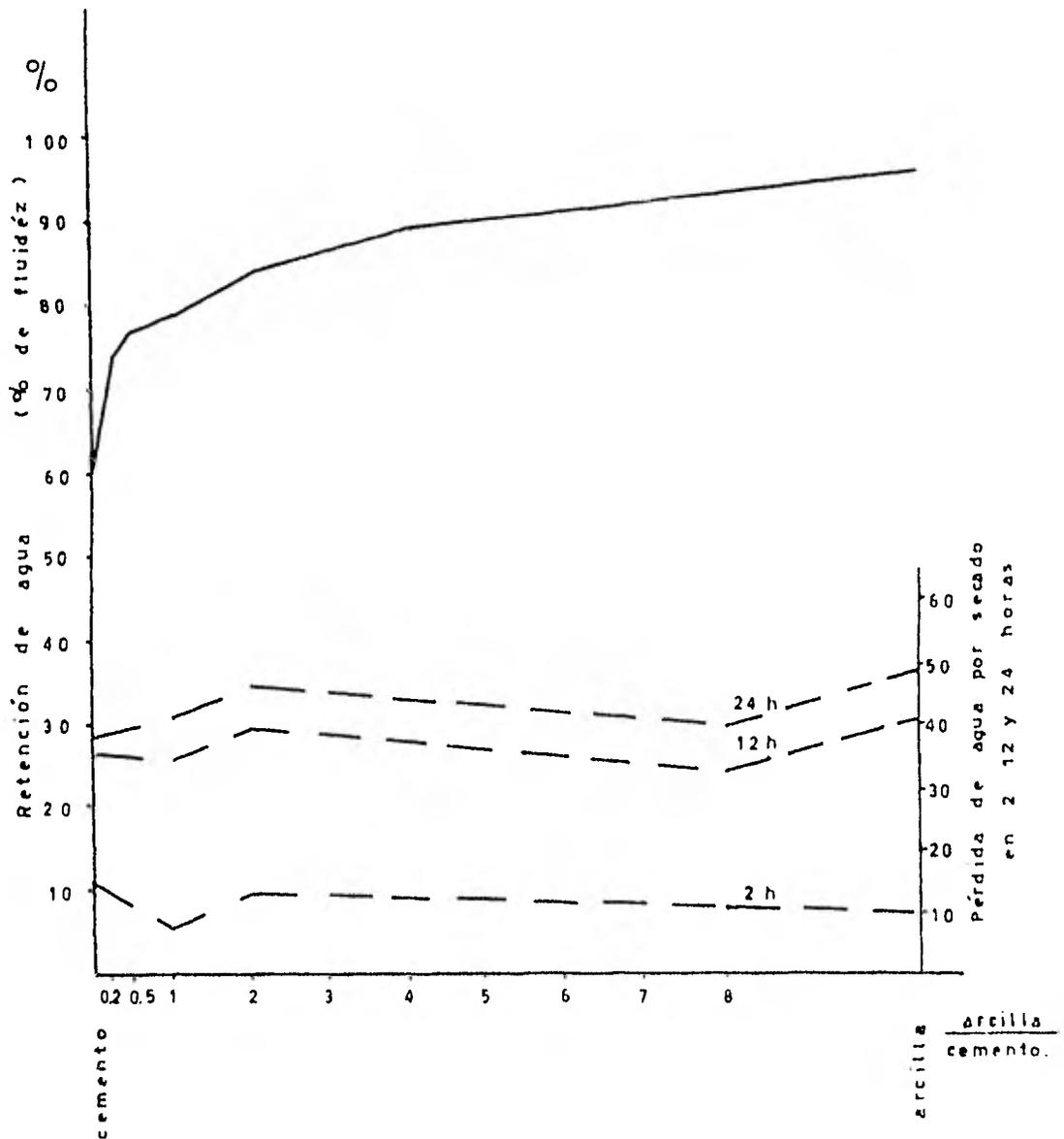
4.6.2.1.2 Morteros de cal-tierra arcillosa.

En éstos morteros parece existir cierta relación entre el tiempo de fraguado inicial y la "retención de - - agua".

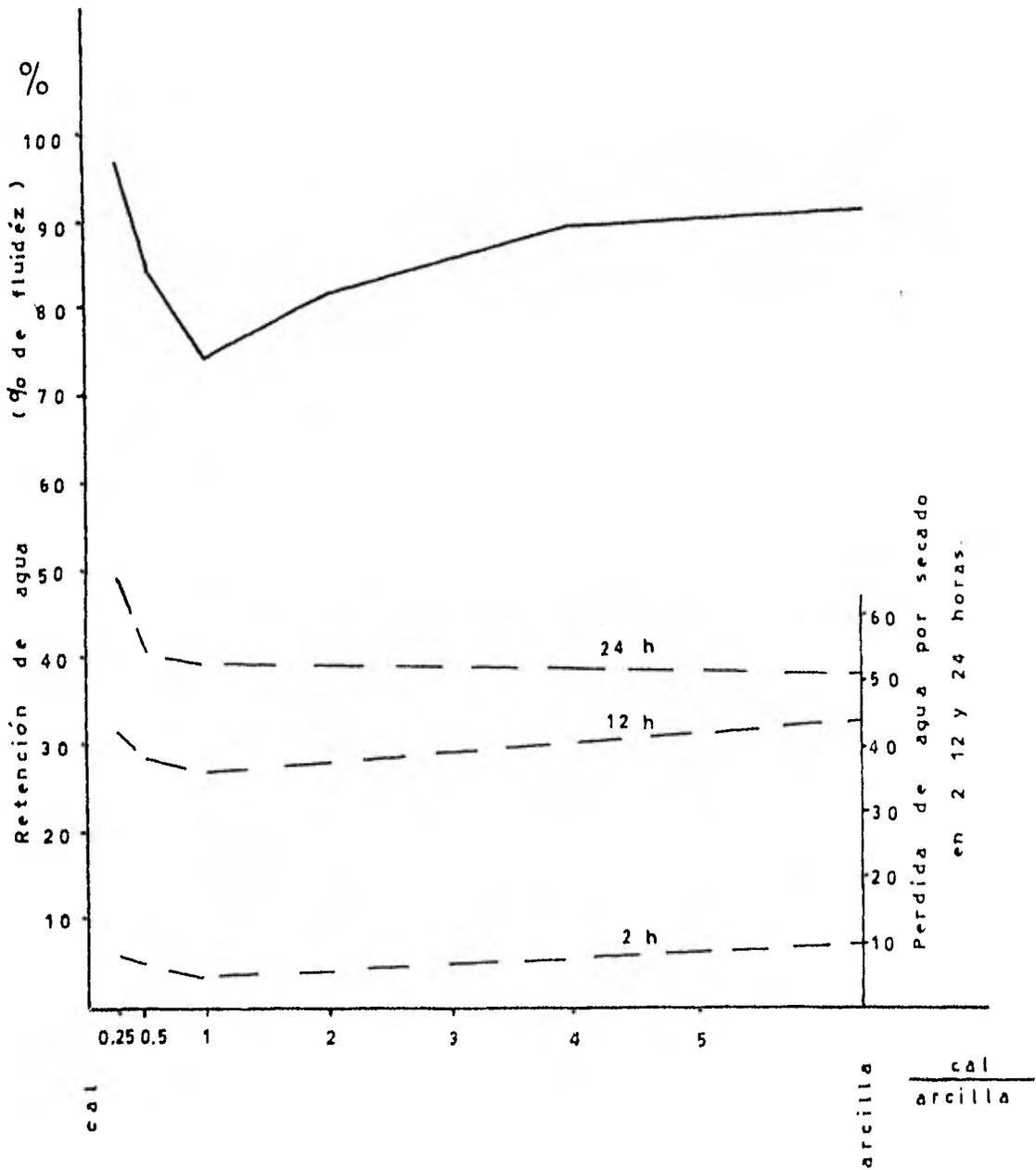
El tiempo de fraguado inicial se reduce inicialmente al agregar tierra arcillosa a la cal hasta la proporción 1:1 según Vicat y en 1:2 según Gillmore, incrementándose luego los tiempos de fraguado al aumentar la proporción de tierra arcillosa en el mortero. En tanto que la "retención de agua" tiene una variación semejante, -- inicialmente se reduce al aumentar la cantidad de tierra arcillosa en el mortero hasta la proporción 1:1 a partir de la cual se incrementa la "retención de agua" de acuerdo a la cantidad de tierra arcillosa en el mortero. (Figura 4.6.2.2.1).

Se ha mencionado anteriormente que puede existir relación entre la "retención de agua" y la pérdida de agua por secado de los morteros cuando se encuentran en el ambiente de acuerdo a lo siguiente: los morteros con mayor "retención de agua" son aquellos que por secado pierden menor cantidad de agua al permanecer en el ambiente.

Para ésto en las gráficas de "retención de agua" se representa con líneas discontinuas la pérdida de agua - - de los morteros 2, 12 y 24 horas después de haber sido - preparadas las mezclas.



Retención de agua y pérdida de agua
Gráfica No. 4.6.1.1.



Retención de agua y pérdida de agua
Gráfica No.4.6.1.2.

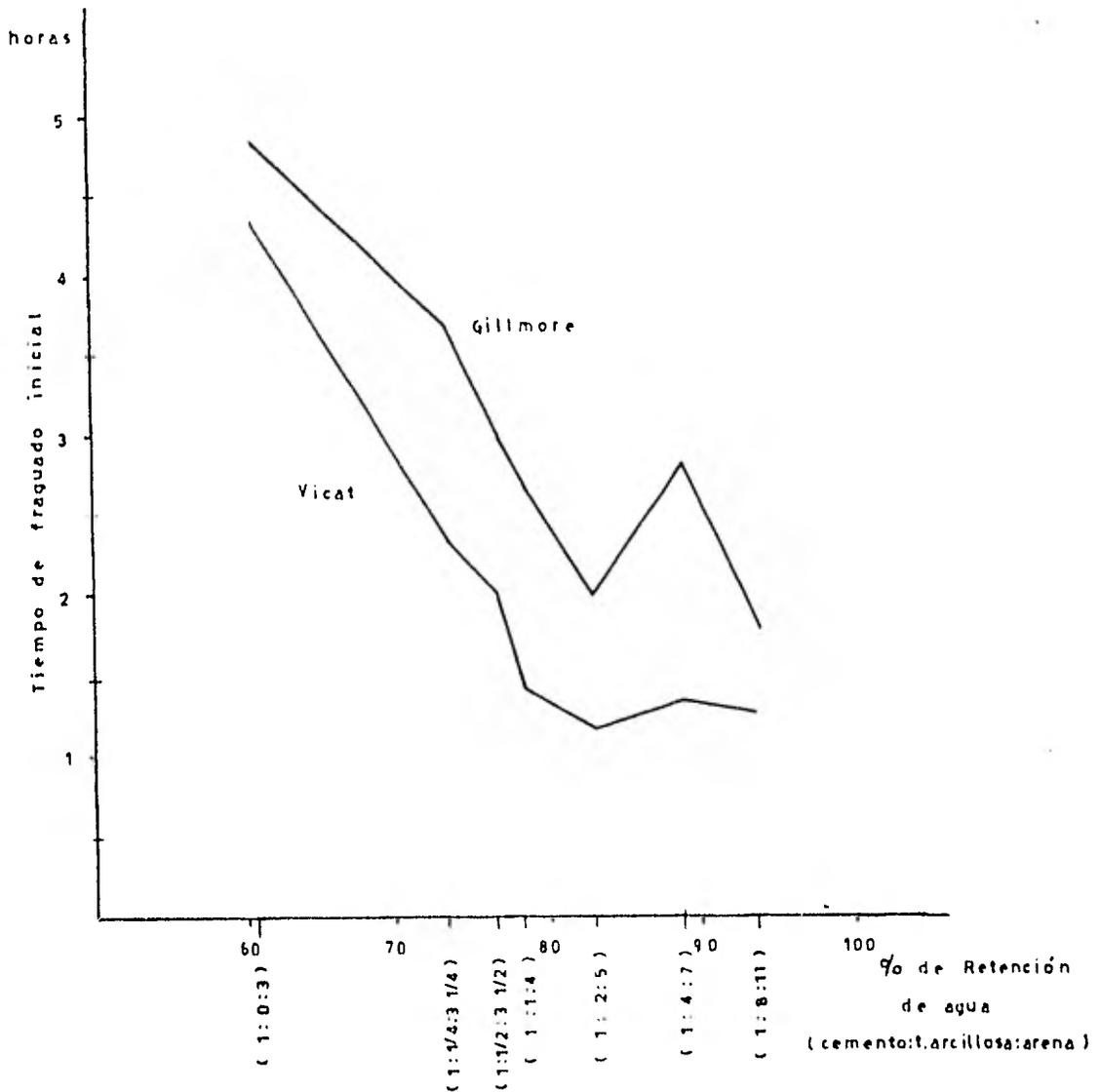
4.6.2.2.1 Morteros de cemento-tierra arcillosa-arena.

En la gráfica 4.6.1.1 observamos que en la línea que representa la pérdida de agua por secado 2 horas después de haber sido preparadas las mezclas, lo expresado anteriormente se cumple en algunos proporcionamientos. Para las líneas de 12 y 24 horas parece haber variado tal relación en algunos morteros.

4.6.2.2.2 Morteros de cal-tierra arcillosa.

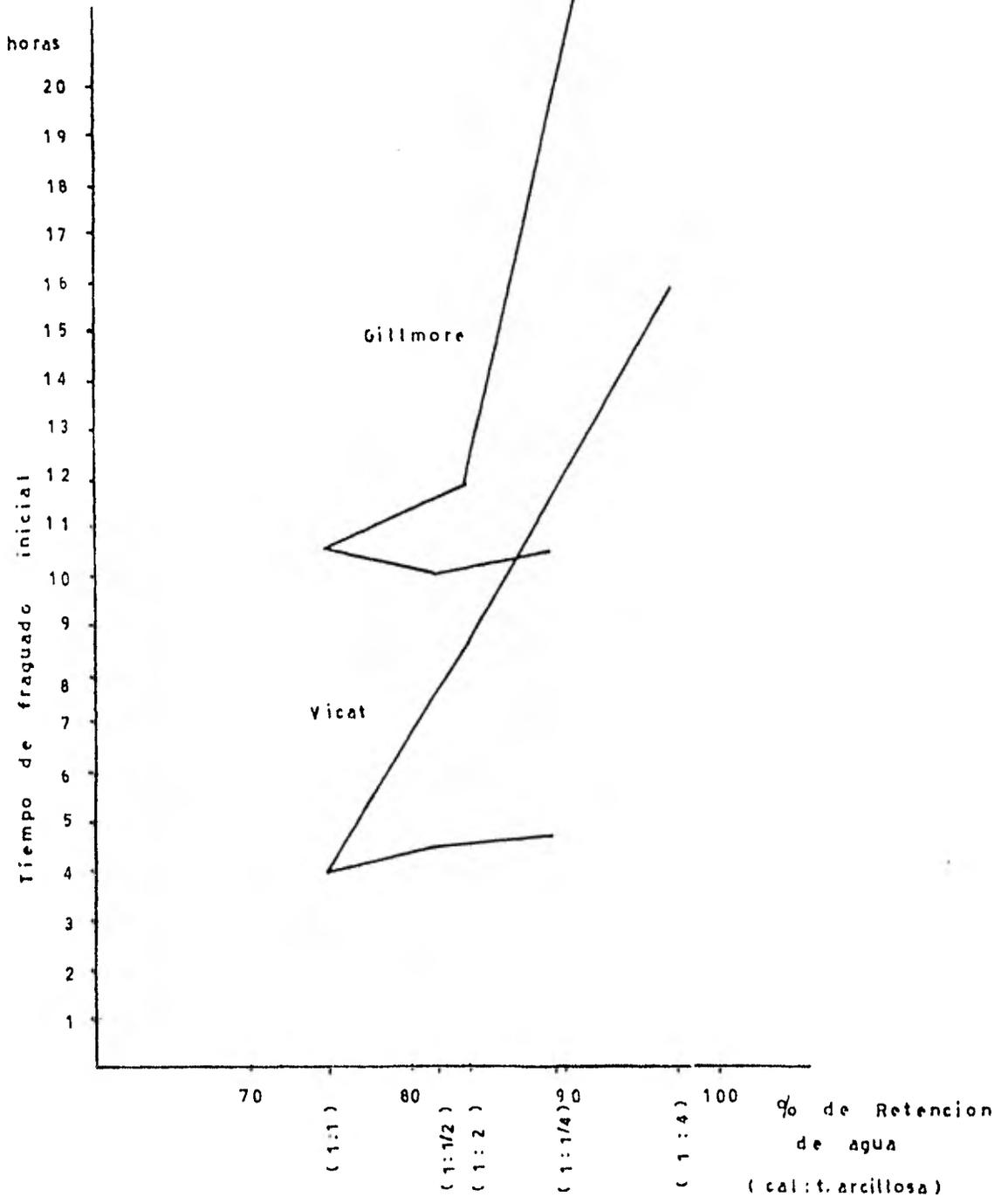
Observamos en la gráfica 4.6.1.2 como, las líneas -- que representan la pérdida de agua de los morteros en 2, 12 y 24 horas son semejantes entre sí y siguen una variación parecida a la línea que representa a la "retención-- de agua", no existiendo relación entre éstas pruebas para los morteros de cal-tierra arcillosa.

Al igual que para otros morteros la "retención de -- agua" no tuvo una relación constante con el tiempo de fraguado inicial de los cementantes y con la pérdida de agua por secado de los morteros.



Retención de agua—Tiempo de fraguado

Gráfica No.4.6.2.1.1



Retención de agua—Tiempo de fraguado
Gráfica No. 4.6.2.2.1

5. CONCLUSION

Este capítulo, lo dividimos en dos partes: primero - haremos una crítica a las pruebas efectuadas para conocer si fueron adecuadas para el estudio de los cementantes en los morteros y segundo se presenta una tabla con comentarios de los resultados obtenidos en los cementantes en algunas de las pruebas realizadas.

5.1 CRITICA A LAS PRUEBAS EFECTUADAS

Los cinco tipos de prueba de resistencia a la compresión efectuadas tuvieron por objeto valuar la resistencia de un mortero en diferentes circunstancias. Así la prueba P sirvió de índice de resistencia de la resistencia que se puede llegar a obtener con el tiempo, como la obtenida en la prueba a largo plazo P''' , no pudiendo llegar a establecer una relación directa y válida entre ambas pruebas como ocurre también entre las pruebas P' y P^{IV} , debido a que las resistencias de los morteros varían de acuerdo a las propiedades y proporcionamiento de los cementantes empleados.

De la prueba de resistencia - tiempo de empleo podemos decir que fué adecuada para conocer la variación de resistencia que tuvieron las mezclas al retrasarse su empleo. Además para conocer la resistencia que se puede obtener al usar mezclas que no se emplearon oportunamente y se emplean al día siguiente remezclando agregando agua.

El objeto de efectuar la prueba de tiempo de fraguado fué el relacionar el tiempo que tardan los cementantes en fraguar con el agrietamiento que presentan los morteros, pero se observó que no existe tal relación. El agrietamiento dependió de la cantidad de arena en el mortero, de la humedad y tipo de material del muro en que se

ponen los aplanados. Se observó además que en todos los casos el tiempo de fraguado Vicat fué menor que el tiempo de fraguado Gillmore. Una de las posibles causas de la diferencia de tiempos de fraguado puede ser que la prueba Gillmore es una prueba en la cual la apreciación de el laboratorista es muy importante, debido a que se considera que el cementante ha tenido su fraguado inicial (o final) cuando la aguja no deja marca sobre la superficie de la pasta.

Además la A.S.T.M. en la norma C-91 hace referencia al empleo de las agujas de Gillmore para determinar el tiempo de fraguado de los cementantes.

Durante los ensayos de la prueba de adherencia se observó que entre especímenes de un mismo tipo y con el mismo tratamiento se obtenían diferencias entre los resultados, lo cual se debe a factores desconocidos que alteran la adherencia. Por lo que se considera que los resultados que se obtienen de las pruebas de adherencia -- propuestas solo son orientadores de las adherencias que se puede obtener como junta y como aplanado.

De la prueba de agrietamiento podemos decir que en apariencia es rápida y simple y en sí, lo es, el problema es tener que hacer muros en los cuales se pondrán los aplanados y esperar algún tiempo para medir el agrietamiento de los aplanados, lo cual requiere de tiempo y consecuentemente de un costo.

De la prueba de goteo diremos que se puede hacer fácilmente y que es representativa de la resistencia que puede tener un mortero a la lluvia, debido a que cuando las placas de la prueba de goteo no se dañaron en un tiempo de dos horas, los aplanados o colados puestos horizontalmente expuestos a la intemperie tampoco sufrieron daño y que cuando las placas fueron dañadas o perforadas,

las superficies de los aplanados o colados se deslavarón con el tiempo.

De la prueba de contracción podemos decir que no fué representativa de la variación volumétrica de los cementantes, debido a que influyó en ella la cantidad de agua que se empleó en la revoltura con la cual se prepararon los cilindros de prueba, así como de la compactación que se dió a cada uno de ellos.

La prueba de "retención de agua" es difícil de efectuar y no tiene un comportamiento representativo de lo -- que pretende ser en su relación con otras pruebas, como -- con el tiempo de fraguado inicial y la pérdida de agua -- por secado de los morteros, aunque éstos cumplan con "la retención de agua" que pide la norma C-91 A.S.T.M.

Tabla No. 5.2 Comentarios de Resultados

Mortero Cementante	Arena	Resistencia a la compresión		Ede. de variación de resistencia a compresión al retrasar el empleo de la mezcla 2 horas.*	Resistencia a la compresión al emplear la mezcla al día siguiente. (Kg/cm ²)	Resistencia al - ***	Adherencia (Kg/cm ²) ***				Herramienta necesaria para desprender los aplanados de los muros.	Agricultamiento en aplanados ****
		A largo plazo P ^{III} (Kg/cm ²)	A largo plazo y sumergida P ^{IV} (Kg/cm ²)				Ladrillo	Albañil	Taladro	Ladrillo de concreto.		
Tierra arcillosa	sin	20	0	-	20	nula	0.11-0.07	0.04	0.00	0.00	ninguna	Grande
Tierra arcillosa	con	10	0	-	10	nula	0.11-0.07	0.07-0.04	0.00	0.00	Cuchara de albañil	Poco
Tierra arcillosa+cemento	sin	20-80	0-100	-19	0	nula alta	1.50-0.00	0.50-0.10	1.20-0.40	0.47-0.0	Cuchara de albañil	Grande
Tierra arcillosa+cemento	con	10-220	0-200	-47	6-0	nula alta	0.30-0.05	0.30-0.00	1.25-0.30	1.70-0.00	Martillo y cincel	Poco
Tierra arcillosa+cal	sin	20-3	0-30	-6	10-3	nula alta	0.20-0.00	0.05-0.00	0.14-0.00	0.00	Cuchara de albañil	Grande
Cemento	con	270	270	-42	0	alta	0.00-0.20	0.24-0.00	1.15-1.27	1.00	Martillo y cincel	Mínimo
Cemento + cal	con	150-40	200-30	14	0-4	alta	0.00-0	0.35-0.00	1.40-0.25	1.00-0.20	Martillo y cincel	Mínimo
Cal	con	90	3.0	0	0	alta	0.00	0.00	0.20-0.15	0.43-0.20	Cuchara de albañil	Mínimo
Comerciales	con	V.C.M.	V.C.M.	V.C.M.	V.C.M.	alta	V.C.M.	V.C.M.	V.C.M.	V.C.M.	V.C.M.	V.C.M.

V.C.M., Variable en cada marca.

* (+) Incremento de resistencia
(-) Decremento de resistencia

** Alta, cuando las placas no se dañan en dos horas
Nula, cuando las placas se perforan a menos de 30 minutos
(consultar secciones 3.3 y 3.4)

*** Consultar secciones 3.3 y 3.4

**** Grande > 20
Poco > 10
Mínimo < 10

6. BIBLIOGRAFIA

- Normas del American Society for Testing and Materials (A.S.T.M.).
- Reinforced brick masonry and lateral force design. by Plummer and Blume.
- Factors affecting bond strength and resistance to moisture penetration of brick masonry. by T. Ritchie and J.J. Davison. National Research Council (Canada).
- Sobre las propiedades mecánicas de los morteros para mampostería. Tesis profesional de Enrique Mendoza Barron. México, 1970.
- Tratado de construcción. Propiedades de los materiales aglomerantes: fabricación, aplicación y usos. Tomo I. De Antonio Miguel Saad. Editorial C.E.C.S.A.