CONTROL DE LA ABSORCIÓN DE AGUA EN BLOQUES COMPRIMIDOS DE SUELO-CEMENTO

Lucía Elizabeth Arias

Ingeniero Civil, Docente-Investigador FAU-UNT, LEME-CRIATiC, ely_arias@hotmail.com

Carlos Eduardo Alderete

Ingeniero Civil, Docente-Investigador FAU-UNT, LEME-CRIATiC, calderete18@hotmail.com

Rafael Francisco Mellace

Arquitecto, Docente-Investigador FAU-UNT, Director LEME-CRIATiC, rfmellace@herrera.unt.edu.ar

Resumen

El aprovechamiento de las cualidades físicas-mecánicas de la tierra como material de construcción permite significativas ventajas económicas, energéticas y ambientales. Así lo evidencia el importante porcentaje de viviendas rurales en nuestra región que utilizan este material en sus construcciones. Sin embargo, estas cualidades son en ocasiones alteradas por la acción directa del agua, modificando la durabilidad, estabilidad estructural y condiciones de confort en perjuicio de la calidad de vida de sus moradores.

En tal sentido, el objetivo de este trabajo consiste en analizar la posible reducción de los porcentajes de absorción de agua en bloques comprimidos de suelo-cemento a partir de la adición de productos hidrófugos incorporados en su masa o aplicados superficialmente. Para ello se utilizan dos tipos de tierra diferentes y dos productos comerciales de uso frecuente en la albañilería tradicional de ladrillo cerámico.

Los resultados en laboratorio permiten concluir que, con los tratamientos estudiados es posible reducir la absorción entre el 70% y el 90 %, medida después de 24 horas de inmersión de las probetas en agua fría, en relación con muestras patrón sin tratamiento alguno.

Abstract

Significant contributions have been obtained from the use of earth as a construction material. Its physical and mechanical properties provide various advantages concerning to economical, energetic and environmental issues. A striking proof of this is the increasing percentage of rural housing in the NOA region, which include earth as a main material. This properties, however, are often altered by the direct action of water, affecting its durability, structural stability, well-being and, consequently, the quality of life of their residents.

This work aims, in that sense, to minimize water absorption rates by including non-absorbent materials, either as a surface or structural constituent of earth-cement- compressed blocks.

Two types of earth were employed -different materials frequently used in the traditional ceramic-brick construction-.

The results obtained from the procedures described in this work, allow to determine that a reduction of absorption, between 70 % and 90 %, after 24 h. immersion in cold water can be achieved. All the data collected was compared to blocks which had received no treatment, taken as reference samples.

Palabras claves: absorción/ tierra/ tecnología/ vivienda

Introducción

El hombre necesita desarrollar sus actividades y satisfacer sus necesidades en espacios físicos acordes a tal fin, delimitados por envolventes verticales y horizontales capaces de proveer privacidad, seguridad y confort. En consecuencia, estas envolventes deben ser conformadas por elementos constructivos resueltos con materiales seleccionados a partir de sus propiedades físicas, mecánicas y tecnológicas, con la condición de que estas permanezcan inalterables y durables en el tiempo. Cuando el material adoptado es la tierra cruda, la condición de inalterabilidad y durabilidad cobra mayor importancia si se tiene en cuenta que el agua, en tiempos muy inferiores a los requeridos por otros materiales, la afecta severamente comprometiendo no sólo requisitos de confort sino también estructurales.

El agua actúa sobre los materiales y elementos constructivos de diferentes formas: por capilaridad; por acción directa en forma de lluvia y escorrentías superficiales o como vapor de agua. El efecto capilar se puede controlar con disposiciones constructivas adecuadas y tradicionalmente conocidas –sobrecimientos, capas aisladoras, etc.- pero la acción directa por efecto de lluvia o condensación intersticial o superficial requiere un estudio particular que considere el volumen de agua, la dirección de incidencia, el tiempo de contacto y las dimensiones de las superficies expuestas (por el costo que esto implica).

El presente trabajo reseña el comportamiento de diferentes componentes de suelo-cemento comprimido, con la inclusión y adición de materiales y técnicas de conocida eficacia en construcciones tradicionales, con el objeto de determinar comparativamente su efecto en el control de la absorción de agua.

Objetivo

Analizar la absorción de agua y su variación en función del tiempo, en probetas prismáticas de suelo-cemento comprimido de 5x5x14 cm, elaboradas con dos tipos de tierra, identificadas como Ti-I y Ti-II cuando se incorporan materiales hidrófugos en su masa, cuando son aplicados como revestimiento superficial o con la combinación de ambas técnicas.

Metodología

A los efectos señalados se siguió la siguiente metodología:

- Determinación de las características particulares de los dos tipos de tierra Ti-I y Ti-II, mediante ensayos normalizados IRAM Nºs: 1520, 1050/12, 10515, 10501/2 y 10511.
- Elaboración de probetas prismáticas de 5x5x14 cm comprimidas en la máquina CINVA-RAM, incorporando en el proceso de mezclado productos hidrófugos comerciales seleccionados a partir de antecedentes de calidad, rendimiento y costos.

- Ensayos de muestras, mediante el proceso de inmersión total, a fin de eliminar variables ambientales como: temperatura, humedad, circulación del aire, etc., debido al tiempo de duración de la experiencia (7 días).

- Transformación de los valores absolutos obtenidos de cada medición en datos porcentuales, con el objeto de facilitar el análisis comparativo de resultados.

Procedimiento

1. Identificación de las tierras

Los dos tipos de tierra, de características físicas bien diferenciadas denominadas tierra I y tierra II, se identificaron mediante ensayos normalizados según normas IRAM Nºs: 1520, 1050/12, 10515, 10501/2 y 10511. Los resultados se consignan en Tabla I.

2. Preparación de las muestras

Identificadas las tierras, se mezclan con cemento portland en proporciones 1:10:1 (cemento-tierra:agua), utilizando una mezcladora de paletas universal de dos velocidades y se moldea una serie de 8 probetas de 5x5x14 cm. Siguiendo el mismo procedimiento, se moldea una segunda serie de probetas, con la adición del 10 % de hidrófugo líquido –hidrófugo en pasta fabricado s/ IRAM 1572 -CERESITA-IGGAM, identificado como hidrófugo A- incorporado al agua de amasado. Una tercera serie se prepara, con idéntico procedimiento, modificando solamente el tipo de hidrófugo utilizado, Siliston-IGGAM, identificado como hidrófugo B (Impermeabilizante siliconado). Los resultados se consignan en Tabla II y III para tierra Ti-I y Ti-II respectivamente.

De la misma manera, se prepara una cuarta serie de probetas sin la incorporación de hidrófugos en su masa, las cuales se revisten con dos manos de pintura a base de resinas poliuretánicas , aplicadas cada 24 horas y se dejan secar 7 días al aire antes de ser ensayadas. Los resultan se consignan en tabla IV para Ti-I y Ti-II respectivamente.

3. Ensayos

Las probetas se pesan y colocan en un recipiente con agua asegurando que permanezcan completamente sumergidas. Con el auxilio de un reloj y una balanza electrónica (apreciación: 0,1 g), se registran los datos según los intervalos de tiempo detallados en Tabla II, III y IV durante 7 días .

Análisis de resultados

1. Identificación de tierras

EXAMEN	Muestra A "Ti – I"		Muestra B "Ti – II"	
PESO UNITARIO IRAM Nº 1520	1,06 Kg/dm^3.		0,96 Kg/dm^3.	
GRANULOMETRIA IRAM Nºs 10507/12	V. Húmeda	Mf = 0,43	V. Húmeda	Mf = 0,26
SEDIMENTOMETRÍA IRAM Nº 10515	Arena = 42 % Limo = 30 % Arcilla = 28 %		Arena = 70 % Limo = 28 % Arcilla = 0,2 %	
LIMITES ATTERBERG IRAM Nºs 10501 / 2	Límite Líquido Límite Plástico Indice Plasticidad	LL = 29,4 % LP = 16,0 % IP = 13,4 %	Límite Líquido Límite Plástico Indice Plasticidad	LL = 45,0 % LP = 29,4 % IP = 15,6 %
PRUEBA DE ALCOK	Molde ABCP (40x85x600 mm)	21 mm= 3,5 % Nº grietas = 3	Molde ABCP (40x85x600 mm)	8 mm= 1,2 % Nº grietas = 0
RETRACCIÓN	Molde CINVA-RAM (40x40x600 mm)	20 mm= 3,2 % Nº grietas = 2	Molde CINVA-RAM (40x40x600 mm)	21 mm= 1,2 % Nº grietas = 1
COMPACTACION NORMAL (Próctor) IRAM Nº 10511	Peso unit. máx. = 1.550 Kg/dm^3 Humedad óptima = 21 %		Peso unit. máx. = 1.600 Kg/dm^3 Humedad óptima = 22 %	

TABLA 1 - Identificación de tierras Ti-I y Ti-II: Ensayos Normalizados

2. Variación de la absorción de agua en función del tiempo

2.1 Tratamiento con hidrófugo A y B incorporado en la masa

a) Tierra I

		Tiempo de inmersión									
Probeta	**Peso(g)**	**1 m**	**5 m**	**10 m**	**15 m**	**30 m**	**1 h**	**2 h**	**24 h**	**48 h**	**7 d**
I-P	811	2,5	6,1	8,5	10,31	11,12	11,13	11,14	11,2	11,2	11,2
I-A	636	4,17	8,88	11,71	13,36	14,46	14,7	14,86	15,64	16,51	16,82
I-B	637,5	4,23	8,39	11,05	12,7	13,72	13,8	13,88	14,82	15,06	15,45

Tabla II: Absorción de agua en función del tiempo para tierra Ti-I

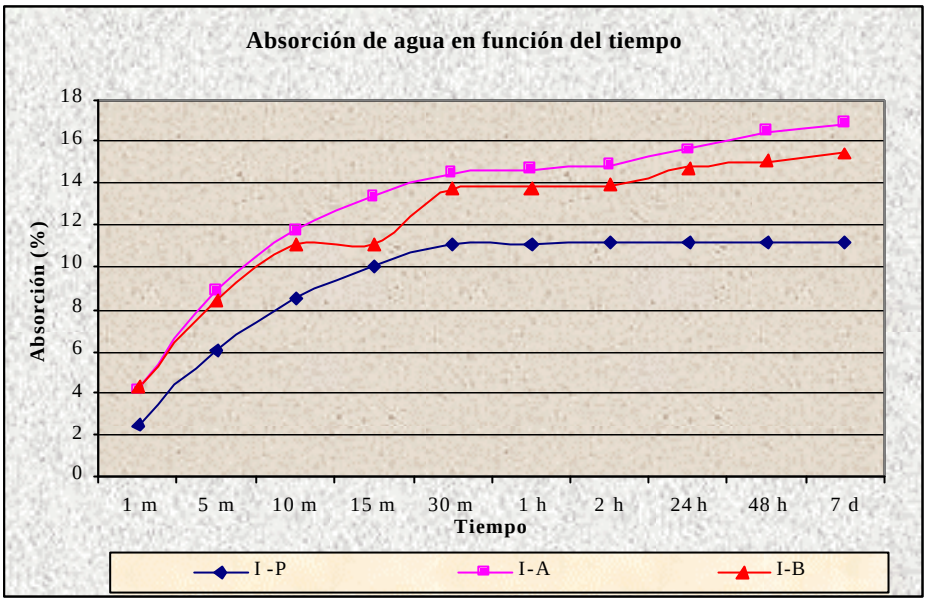

Fig. 1: Variación de la absorción para tierra Ti-I

Las curvas indican porcentualmente el comportamiento de las muestras en función del tiempo, según sean probetas con y sin aditivos (probetas patrón). En todos los casos la cantidad de agua absorbida crece rápidamente en los primeros 30 minutos, incorporando en su masa entre el 80% y el 90 % del total absorbido a los 7 días. Luego, el incremento es marcadamente lento, pudiéndoselo considerar asintótico. Después de 7 días de sumergidas, las probetas sólo absorben entre el 10 % y el 20 %.

Las probetas elaboradas con los aditivos hidrófugos incrementan entre el 30 % y el 50 % la absorción, respecto de la muestra patrón (sin aditivos), según los distintos tiempos de registro realizados.

La concordancia de los resultados para ambos tipos de hidrófugos, induce a pensar que la variación registrada en el comportamiento de la mezcla suelo-cemento, no se debe a la calidad hidrófuga del aditivo sino al aumento de la porosidad.

Con el objeto de verificar esta observación, se moldean probetas cilíndricas de 10 cm x 20 cm, compactadas en 3 capas (según el mismo procedimiento que se utiliza en el ensayo de Próctor). Se preparan 3 series: una patrón de referencia y dos con los aditivos estudiados, con idénticos porcentajes en la mezcla de suelo-cemento y aditivos incorporados anteriormente.

Los resultados son evidentes a simple vista, tan pronto como los mismos comienzan a evaporar el agua de mezclado hasta equilibrarla con la humedad ambiente. Las probetas con aditivos, muestran porosidad superficial y pequeña expansión diametral (2 mm a 4 mm) no presentes en las muestras patrones. Se comprueba entonces que los aditivos utilizados generan un mayor porcentaje de vacíos en la masa,

incrementando la cantidad de agua absorbida por las muestras. Provocando por lo tanto, un efecto contrario al inicialmente supuesto.

b) Tierra II

		Tiempo de inmersión									
Probeta	**Peso (g)**	**1 m**	**5 m**	**10 m**	**15 m**	**30 m**	**1 h**	**2 h**	**24 h**	**48 h**	**7 d**
II-P	797,5	2,88	6,64	9,3	10,97	11,72	11,85	11,91	12,54	12,8	13,04
II-A	547,5	6,03	12,51	16,89	19,18	21	21,55	21,73	22,65	23,01	23,38
II-B	575,5	4,07	11,9	15,9	18,42	20,33	20,59	20,76	21,63	22,07	22,41

Tabla III: Absorción de agua en función del tiempo para tierra Ti-II

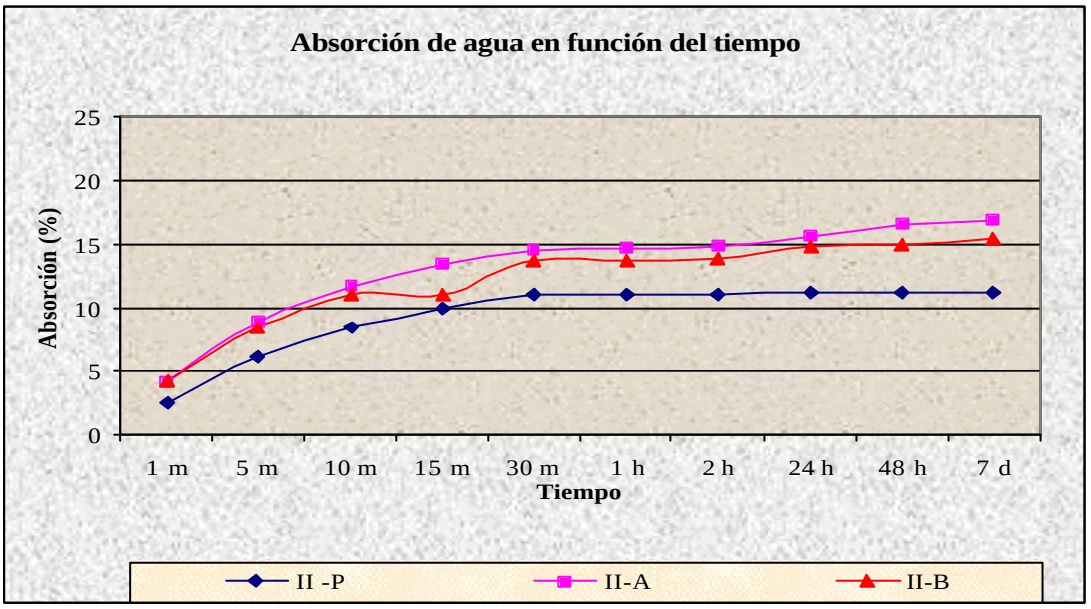

Fig.2: Variación de la absorción para tierra Ti-II

En la Fig. 2 se observa un comportamiento similar al descripto para las muestras realizadas con tierra I. Se observa un aumento de la absorción de las probetas para los tres casos, con sólo haber modificado una sola variable –el tipo de tierra-.

Las muestras patrones (sin aditivos) lo hacen en un 15 % promedio, mientras que las preparadas con hidrófugo, incrementan la absorción en un 40 % aproximadamente. La justificación se encuentra al analizar las propiedades físicas de ambas tierras:

a) Según se observa en las planillas de identificación de las tierras (Tabla I), el peso unitario de la tierra II es un 10 % más liviano que la tierra I; esto indica que se trata de partículas más livianas o de mayor

porcentaje de vacíos contenido en la masa de las muestras.

b) Del ensayo de sedimentación se desprende que la tierra II carece de arcilla, es decir, no contiene la fracción granular más fina; en consecuencia, la distribución granulométrica de la tierra II, genera una curva menos extendida que la tierra I, lo cual conceptualmente equivale a decir, que la tierra I permite obtener mayor compacidad.

c) Desde el punto de vista químico, las arcillas se comportan como un aglomerante natural que envuelven los granos de arena y limo impermeabilizándolos, disminuyendo en el caso de la tierra I el volumen de vacíos que puede ocupar el agua absorbida.

d) El uso de aditivos origina el mismo comportamiento que para la tierra I, aumentando el porcentaje de absorción en ambos casos, respecto de la muestra patrón en un 80 % aproximadamente.

Estas consideraciones refuerzan el razonamiento sobre el efecto provocado por la incorporación de hidrófugos por lo siguiente: las arcillas poseen la propiedad de aglutinar partículas generando tensiones de adherencia intergranular, responsables de la cohesión de la tierra; la cantidad y composición química de las mismas determinan la magnitud de estas fuerzas. Por lo tanto, como la tierra II no contiene arcilla, el efecto causado por los aditivos (incremento de la porosidad) resulta mayor por la baja cohesividad de la tierra.

2.2 Tratamiento superficial

Se propone estudiar el mecanismo de absorción de agua en probetas elaboradas con tierra de diferentes características (Tierra I y Tierra II), tratadas con resinas poliuretánicas de aplicación posterior a la ejecución de mamposterías.

			Tiempo de inmersión									
Tierra	**Probeta**	**Peso (g)**	**1 m**	**5 m**	**10 m**	**15 m**	**30 m**	**1 h**	**2 h**	**24 h**	**48 h**	**7 d**
Ti-I	I-P	811	2,5	6,1	8,5	10,31	11,12	11,13	11,14	11,2	11,2	11,2
	I-Pb	815	0,12	0,12	0,24	0,24	0,36	0,48	0,73	3,8	4,6	6,6
Ti-II	II-P	797,5	2,88	6,64	9,3	10,97	11,72	11,85	11,91	12,54	12,8	13,04
	II-Pb	737	0,06	0,13	0,22	0,33	0,47	0,67	0,88	3,72	4,67	7,04

Tabla IV: Absorción de agua en función del tiempo para tierra Ti-I y tierra Ti-II, para probetas patrón y son tratamiento superficial

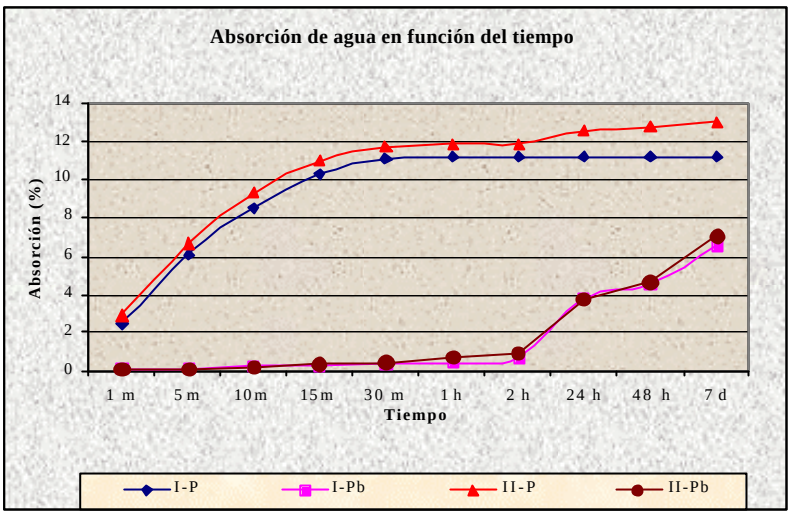

Fig. 3: Variación de la absorción para tierra Ti-I y tierra Ti-II, para probetas patrón y con tratamiento superficial

En la tabla IV se observa una importante reducción de la cantidad de agua que absorben las muestras en cada intervalo de tiempo de medición. A los 30 minutos, la absorción es inferior a 0,5 % en peso, mientras que a los 7 días no supera el 7 % para ambos tipos de tierra (50% a 60 % menos que sin tratamiento superficial).

Los valores de absorción de las muestras tratadas superficialmente responden a una variación aproximadamente lineal, mientras que en las muestras patrón se asemeja a una curva parabólica (Fig. 3), alcanzando aproximadamente el valor total a los 30 minutos. Esto resulta importante, si se tiene en cuenta el tiempo de contacto directo del agua de lluvia sobre el material respecto de la cantidad de agua medida en peso, que puede llegar a absorber en ese lapso.

Conclusiones y Recomendaciones

a) La absorción de agua de probetas de suelo-cemento comprimido, sin recubrimiento o incorporación de hidrófugos en su masa (muestra patrón), alcanza valores entre el 10 % y el 14 % del peso original en estado seco del componente expuesto al aire, dependiendo del tipo de tierra empleada. Si bien estos valores son resultados a 7 días, se comprueba que el 80 % al 90 % del total de agua se absorbe hasta los primeros 30 minutos.

b) La experiencia con materiales hidrófugos, de uso masivo y reconocida eficacia en el medio, incorporados en la mezcla, durante el proceso de elaboración, muestra que la acción de los mismos produce un incremento del 40 % al 50 % de la cantidad de agua absorbida con respecto a las muestras patrón para ambos tipos de tierra, por este motivo no es aconsejable el control de la absorción de agua a través de este procedimiento.

c) El uso de recubrimiento exterior en bloques comprimidos de suelo-cemento, reduce considerablemente

la cantidad de agua absorbida a valores máximos del 6 % al 7 % a los 7 días, significando un 40 % menos que en aquellas probetas sin pinturas.

Bibliografía

CYTED-HABITED (1993) – Red Temática Habiterra "Sistematización del uso de la tierra en viviendas de interés social". Lima. Perú – Salvador, Bahía, Brasil.

GALLEGOS, Héctor (1989). "Albañilería Estructural". Pontificia Universidad Católica del Perú. Fondo Editorial. 2ª Edición corregida y aumentada.

MELLACE Rafael; ALDERETE, Carlos (1996). "Ensayos Físico-mecánicos de suelos y componentes constructivos de Tierra Cruda". Publicaciones LEME, Serie: Componentes Constructivos de la Envolvente. FAU-UNT, Tucumán.