

LADRILLOS DE SUELO-CEMENTO ELABORADOS CON SUELOS SUPERFICIALES Y BARROS DE EXCAVACIÓN PARA PILOTES

**Hugo Begliardo* - Mirta Sánchez - M. Cecilia Panigatti
Silvia Casenave - Gerardo Fornero**

Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Rafaela
Bv. Roca 989 – 2300 Rafaela (SF) – Tel/Fax (03492)-32710/432702
laboratorio.civil@frfa.utn.edu.ar - www.frfa.utn.edu.ar

Palabras clave: ladrillos de suelo-cemento - viviendas de interés social - barros de excavación

Resumen

En el centro-oeste santafesino, al igual que en otras regiones de la República Argentina, el suelo es el recurso natural más abundante, sino el único, para ser utilizado como material de construcción. Tradicionalmente ha sido aprovechado para la confección de ladrillos cocidos comunes de elaboración artesanal, técnica ampliamente difundida en la región. Su utilización en condición cruda y estabilizada es resistida y hasta desconocida en las distintas esferas de la población, sea por razones de uso, costumbres constructivas o bien culturales. En las dos últimas décadas, el aprovechamiento conforme al uso tradicional ha presentado complicaciones en algunas zonas, debido al significativo ascenso de la capa freática hasta niveles cercanos a la superficie. Este hecho, además, ha generado pérdida en la capacidad portante del terreno y cambios en las conductas tradicionales de cimentación de las construcciones, lo que implicó el paso de fundaciones superficiales a profundas mediante pilotes, aún en edificaciones de pequeño a mediano porte.

La técnica empleada en la ejecución de pozos para pilotes colados *in situ* involucra la inyección de agua, generando barros de excavación que constituyen un residuo de construcción y demolición (RCD) de estado inicial líquido, donde el contenido de agua es del orden del 50% del peso seco del suelo. Este tipo de residuo no es aceptado en rellenos sanitarios, fundamentalmente si se hallan contruidos en positivo, como se da en la ciudad de Rafaela, cabecera de dicha región.

En razón de estas circunstancias, desde el año 2003 la U.T.N. F.R.Ra. ha venido practicando investigaciones sobre ladrillos de suelo altamente comprimido, estabilizado con cemento, tendientes a promover su uso en vivienda de interés social.

El objetivo del presente trabajo es comparar resultados de ensayos de laboratorio sobre este tipo de ladrillos, confeccionados a partir de suelos superficiales de naturaleza arcillosa, pertenecientes al horizonte "B", y mezclas de suelos más profundos (hasta 12 m.) provenientes del secado de los señalados barros de excavación, cuya naturaleza es predominantemente limosa, pertenecientes en forma mayoritaria a la formación pampa y, en menor grado, a los horizontes "B" y "C".

El modelo de ladrillo confeccionado, dado su configuración y acabado, permite elaborar mamposterías económicas al no requerir de mezcla de asiento ni revoque exterior. Las investigaciones se han centrado en lograr durabilidad, resistencia y buen aspecto de los especímenes.

Introducción

El suelo-cemento, o suelo estabilizado con cemento, es un material que tiene características propias y un comportamiento particular que lo distingue de otros materiales compuestos.

Se han ensayado muchas definiciones del mismo, sin haberse llegado a un acuerdo pleno entre los investigadores o Instituciones que operan con él.

La más aceptada, aunque a veces adoptada con ligeras variantes, es la propuesta por la PCA (Portland Cement Association): *"el suelo-cemento es una mezcla íntima de suelo, convenientemente pulverizado, con determinadas porciones de agua y cemento que se compacta y cura para obtener mayor densidad. Cuando el cemento se hidrata la mezcla se*

transforma en un material duro, durable y rígido. Se le usa principalmente como base en los pavimentos de carreteras, calles y aeropuertos” ^[1]. Entre otros, O’Flagerty (Londres, 1968) lo ha definido como *“un material endurecido formado por el curado de una mezcla íntima de suelo, cemento y agua que se compacta”* ^[2].

En todos los casos han sido definiciones rígidas, imprecisas y hasta confusas, si se las toman en sentido estricto y se las compara con las de otros materiales compuestos que también reciben cemento como adición, como la del hormigón (o concreto) dada por algunos Organismos ^[N1].

La tendencia más reciente es la de identificarlo como **“suelo tratado con cemento”**, con lo cual se evita la rigidez de las definiciones que se han propuesto, otorgando la flexibilidad necesaria para hacer clasificaciones más objetivas.

Si bien se tiene conocimiento que este material comenzó a ser utilizado por los constructores al comienzo del uso del cemento pórtland, para la confección de pisos y muros, su aplicación en forma metódica y científica se originó entre 1910 y 1920, de manera casi simultánea e independiente en E.U.A. e Inglaterra, recibiendo el gran impulso en ocasión de la Segunda Guerra Mundial, al ser utilizado en la construcción de 130 aeropuertos con fines militares. Asimismo, su uso se volvió a ver fortalecido a partir de la crisis energética y económica internacional de 1972, como alternativa de ahorro de energía, frente a materiales como el acero y el hormigón armado ^{[1], [3]}.

El **suelo** tratado con cemento puede ser hecho con:

- Suelo granular limpio.
- Mezcla de suelos granulares y finos, predominantemente limosos.
- Mezcla de suelos granulares y finos, predominantemente arcillosos.
- Suelos limosos.
- Suelos arcillosos.

Sin embargo, el suelo ideal para la confección de ladrillos de suelo cemento es el de naturaleza arenosa, con una proporción de finos tal que le confiera cierta plasticidad para su moldeado en bloques ^{[4], [5]}. En ese sentido, una proporción adecuada sugerida por Roseto ^[5] es:

- Arcilla: 5-10%
- Limo: 10-20 %
- Arena: 60-80%

Klees y Natalini ^[3] presentan una tabla en la que se insertan las sugerencias de distintos Organismos e investigadores (Tab. 1).

Es conveniente evitar aquellos suelos con contenidos de sales que afecten el cemento (como los sulfatos) y con materia orgánica. Sin embargo, se registran trabajos sobre suelos contaminados con diferentes contenidos de materia orgánica, con valores aceptables de resistencia a la compresión, para tenores de ésta inferiores al 3% ^[6].

Criterio de	Composición porcentual		
	Arena	Arcilla	Limo
ICPA	70 a 85	5 a 10	10 a 20
HOUBEN	40 a 70	20 a 30	0 a 30
CINVA	45 a 80	Suma: 20 a 55	
MERRIL	Más de 50	Suma: Menor de 50	

Tabla 1: Fracciones recomendadas para elaborar suelo-cemento

En cuanto al **cemento**, en principio todo aquél del tipo pórtland es apto. Frente a la presencia de sulfatos, se debe recurrir a cementos con propiedades especiales (Norma IRAM 50001), como el MRS (Moderadamente Resistente a los Sulfatos) ó ARS (Altamente Resistente a los Sulfatos), puesto que estas sales influyen decididamente en la durabilidad y resistencia a la compresión simple.

Asimismo, está comprobado que los cementos expansivos, contribuyen a reducir la fisuración cuando el suelo cemento está compuesto de un significativo porcentaje de finos plásticos.

El **agua** de amasado debe cumplir las mismas exigencias que las demandadas para la elaboración de hormigones (Reglamento CIRSOC 201; Norma IRAM 1601). En tal sentido, el agua potable es apta. Su función es la de aportar trabajabilidad a la mezcla y la de hidratar el cemento. El porcentaje de agua óptimo en relación al peso seco del suelo es uno de los aspectos más críticos y, por lo tanto, más buscado en las investigaciones por cuanto, entre otras razones, guarda estrecha relación con la apariencia y textura final del ladrillo ^[7]. A diferencia de lo que se considera suelo “ideal” para la confección de ladrillos de suelo-cemento, esta investigación se ha orientado en hacerlo utilizando mayor proporción de suelos finos, tras el objetivo de tornar aprovechables en el mayor grado posible nuestro recurso natural más abundante: el suelo limo-arcilloso del lugar.

Equipos y procedimientos empleados

Para la elaboración de los ladrillos se empleó una prensa motorizada de accionamiento hidráulico, con presión de trabajo del orden de los 115 kg/cm² y capacidad de elaborar dos modelos de mampuesto (Tab.2, Fig. 1).

Tabla 2: Tipos y medidas nominales de los ladrillos de SC

Designación	Ancho (mm)	Largo (mm)	Alto (mm)
Tipo 1	141,5	280,0	115,0
Tipo 2	220,0	280,0	115,0

Los suelos analizados proceden de los siguientes lugares:

- Experiencias de Tomasini y Olivero (2003) ^[8] : dos muestras tomadas en dos puntos del ejido urbano de la ciudad de Rafaela (prof. 0,30 a 0,70 m), distantes 6000 m entre sí.
- Experiencias de Begliardo y otros. (2006) ^[7]: mezcla de pozos excavados en un mismo predio, del B° Villa Rosas de la ciudad (prof. 0,40 a 12m).

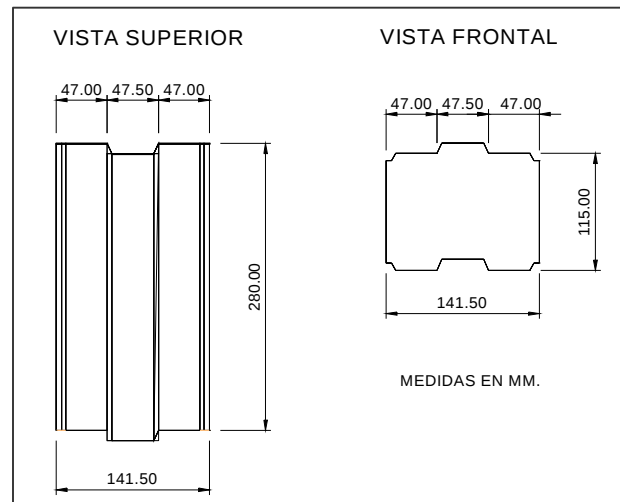


Figura 1 – Ladrillo SC Tipo 1

Tomasini y Olivero, quienes trabajaron con suelos arcillosos del horizonte “B”, relacionaron la energía de compresión aportada por la prensa con la de un ensayo de compactación Proctor, de molde y pisón estándar, modificado en el número de capas (4) y golpes (46), al que designaron “*Proctor Modificado 4 x 46*”. En sus investigaciones establecieron para el ladrillo Tipo 1 que el tenor de humedad ideal para fabricar ladrillos de suelo cemento de características físico-mecánicas homogéneas, respondía a un punto de la rama “húmeda” de la curva, desplazado en un Δw (%) del orden de 3,5 % al 5%, para mezclas con el 6% y 10% de cemento pórtland sobre suelo seco, respectivamente (Fig. 2) ^{[8], [9]}.

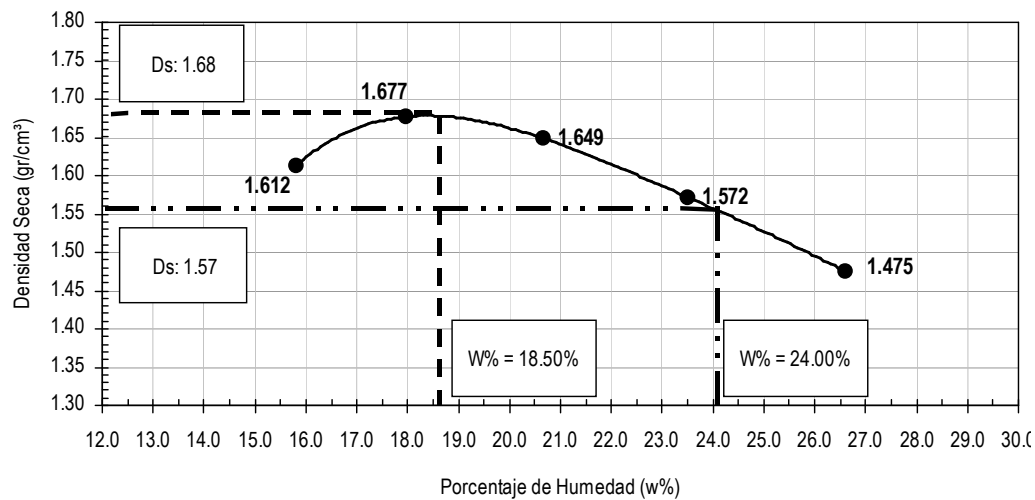


Figura 2- Humedad-Densidad Seca
Ensayo "Proctor Modificado 4x46"

Suelo del lugar (CL) - cemento 10 % - arena fina 10

Al trabajarse con barros tomados de la excavación de pilotes [7] se aplicó la misma metodología con la finalidad de comparar resultados de experiencias sobre suelos finos diferentes.

En Laboratorio se practicaron los siguientes ensayos [N2]:

- Sobre *suelos*: identificación (Límites de Atterberg); clasificación según el S.U.C.S. (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos) y el H.R.B. (Highway Research Board); determinación cuantitativa del contenido de sulfatos inorgánicos (extracción con KH_2PO_4 y determinación de sulfato por Método Turbidimétrico con espectrofotómetro a 420 nm).
- Sobre *agregados finos*: análisis mecánico (granulométrico); módulo de finura y absorción.
- Sobre *mezcla de suelo-cemento*: ensayo "Proctor Modificado 4x46" (procedimiento propio)
- Sobre *ladrillos de suelo-cemento*: compresión simple, empleando una prensa de accionamiento hidráulico y carga continua CIFIC de 150 T; absorción por inmersión y densidad; comprobaciones de adherencia; ascensión capilar; estabilidad dimensional; apreciaciones de su aspecto.

Las composiciones adoptadas en cada caso, han sido las siguientes (Tab.3):

Material	Experiencias Tomasini-Olivero (2003)	Experiencias Begliardo y otros (2006)
Suelo (del lugar)	Superficial (0,30 a 0,70 m. b/ n.t.n.). Grupo CL	Profundo (mezcla) (0,40 a 12 m) Grupo ML
Arena fina (Río Paraná), seca.	10 %	10 %
Cemento Portland	10 % CP40 (no especific .tipo)	10 % CPF 40

Tabla 3: Composición de las mezclas.

Los porcentajes de la Tabla están referidos al peso seco del suelo. Éste fue zarandeado a través del tamiz IRAM 4,65 mm (ASTM N° 4).

La arena fue llevada a estado seco al aire, preservándola del humedecimiento por condiciones atmosféricas (humedad, lluvia) y de la contaminación de agentes extraños o nocivos.

La humedad de la mezcla se ajustó a los resultados obtenidos en los respectivos ensayos Proctor Modificado 4x46, con las correcciones sugeridas por Tomasini-Olivero. Al agua de amasado surgida de ello, se le restó el contenido de humedad del suelo.

Para los ladrillos conteniendo suelos superficiales, del grupo CL, se elaboraron pastones con la humedad “ideal” del 24%. Para aquellos en los que se empleó suelo de excavación del tipo ML, se confeccionaron con humedad variable del 21% al 26%. Este último porcentaje respondería al “ideal”, basándose en la corrección hallada a partir del “Proctor Modificado 4x46”. Asimismo, algunos ejemplares se fabricaron con hidrófugo de masa incorporado al agua de empaste, a fin de evaluar su comportamiento en condiciones de inmersión parcial.

Resultado de los ensayos

1. Ensayos sobre suelos

En Tabla 4 se vuelcan las determinaciones practicadas sobre los suelos utilizados en las experiencias.

Determinaciones	Ensayos Clasificación	Suelo CL (superficial) Tomasini-Olivero (2003)		Suelo ML (Barros de excavación)
		Muestra 1	Muestra 2	Begliardo y otros(2006)
Límites de Atterberg	LL	37,34	35,70	32,62
	LP	23,59	23,24	25,07
	IP	14,25	12,46	7,55
Clasificación	SUCS	CL (arcilla inorgánica de mediana compresibilidad)		ML (limo inorgánico de mediana compresibilidad)
		Color: pardo claro		Color: pardo claro
	HRB	A6		A4
Sulfatos ^[N3]	Determinación de azufre inorgánico *	No determinada		S = 119,2mg S/100 g suelo SO ₄ = 357,6 mg SO ₄ /100 g suelo.

Tabla 4: Identificación y Clasificación de los suelos

La identificación de los barros coincide con lo descrito por Russo y otros (1979) ^[10] sobre los suelos típicos de *formación pampa* ^[N4].

2. Ensayos sobre agregados finos

En ambas experiencias la arena utilizada ha sido la identificada comercialmente como “fina”, procedente de Santa fe (Río Paraná), de uso habitual en la zona. Tomasini-Olivero no han practicado determinaciones. Los valores hallados se describen en Tabla 5.

Tipo de análisis	Norma de aplicación	Suelo CL Tomasini-Olivero (2003)	Suelo ML Begliardo y otros (2006)
Módulo de Finura	IRAM 1505:87	No ensayado	0,86
Absorción	IRAM 1520:02	No ensayado	0,18 %

Tabla 5: Ensayos sobre Arena Fina (Río Paraná)

Se destacan la baja absorción y módulo de finura. Las mezclas que las contienen se tornan propensas a la retención de agua entre sus granos, la que al evaporar en el período de secado generan fisuras en la masa de los materiales compuestos que integran. Este es una

patología muy frecuente observable en revoques de cemento-arena y en hormigones. Por tales antecedentes, no se presenta como el agregado más indicado para la elaboración de ladrillos de suelo-cemento.

3. Ensayos sobre mezcla de suelo-cemento

En Tabla 6 se vuelcan los resultados del ensayo “Proctor Modificado 4x46” sobre las mezclas empleadas en cada una de las experiencias.

Determinación	Procedimiento (interno de laboratorio)	Suelo CL superficial Tomasini-Olivero (2003)		Suelo ML Barros de excavación Begliardo y otros (2006)
		Muestra 1	Muestra 2	
Densidad seca máxima (g/cm ³)	Ensayo “Proctor Modificado 4x46”	1,68	1,69	1,614
Humedad óptima (%)		18,50	19,30	21

Tabla 6: Ensayo “Proctor Modificado 4x46”
Humedad óptima-Densidad seca máxima

Se observa en los resultados el comportamiento homogéneo alcanzado con los suelos superficiales arcillosos, aún cuando fueron tomados de puntos muy distantes entre sí, y el mayor grado de compactación en relación a los limosos. No hay diferencias significativas en el contenido óptimo de humedad entre ambos tipos.

4. Ensayos sobre ladrillos de suelo-cemento

4.1. Ensayos de compresión simple

La resistencia a la compresión simple, para distintas edades, se registra en Tabla 7.

Descripción	Suelo CL superficial Tomasini- Olivero (2003)		Suelo ML Barros de excavación Begliardo y otros (2006)			
			10 %			
Contenido de cemento	10%	6%				
Edad de Ensayo (días)	28	28	7	14	21	28
Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)	75,00	56,50	31,03	48,99	46,300	51,40

Tabla 7: Resistencia a la compresión simple (valores medios)
Condición de ensayo: 7 días de curado húmedo bajo film de polietileno.
Luego, secos al aire en ambiente de laboratorio.

Los resultados de ensayos en la experiencia con suelos arcillosos han sido satisfactorios, para las condiciones en las que se ejecutaron, aún para muestras conteniendo un 6% de cemento en peso.

En las muestras con limo, se aprecia estabilización de los resultados a partir de la edad de ensayo de 14 días. Ante la detección de sulfatos en los análisis posteriores al mismo, se presume que ello pudo haber sido una de las causas determinante o concurrente.

En todos los casos, corresponde ampliar la base de datos efectuando ensayos de los ejemplares, aumentando los días de curado y en condiciones húmedas.

4.2. Densidad y absorción

En Tabla 8 se indican los rangos obtenidos, comparándolos con la de ladrillos comunes de venta en plaza.

Ensayo	Ladrillos de suelo-cemento				Ladrillos comunes
	Suelo CL superficial Tomasini-Olivero (2003)		Suelo ML Barros de excavación Begliardo y otros (2006)		
	Sin hidrófugo		Sin hidrófugo	Con hidrófugo	
	Muestra 1	Muestra 2			
Densidad (g/cm³)	1,57 a 1,58	1,56 a 1,60	1,68 a 1,71		1,29 a 1,65
Absorción (sobre peso seco)	Sin datos	22,2 % a 22,8 %	18,2 % a 19,6%	10,5 % a 12,8 %	14,9 % a 29 %

Tabla 8: Rangos de Densidad y Absorción (valores medios).

Tanto para los suelos superficiales como para los más profundos, se observa que las densidades alcanzadas en los ejemplares han sido muy homogéneas, siendo mayores para estos últimos.

Del mismo modo, la absorción también ha registrado valores homogéneos para los dos casos en análisis, llamando la atención el hecho de haber sido menor para los suelos limosos. En aquellos de estas características en los que se empleó hidrófugo de masa en el agua de empaste, ésta se vio reducida notoriamente.

Para los ejemplares conteniendo suelos de excavación, confeccionados con la humedad “ideal” del (26%), no ha podido comprobarse la correspondencia entre la densidad alcanzada con la que surge de la curva “Proctor Modificada 4x46” para dicho valor, hecho que manifiestan lograr Tomasini-Olivero en sus trabajos.

Los especímenes enteros fabricados con menor contenido de humedad han sido de mayor longitud, con tendencia a desgranarse en la porción menos densa. Ello ratifica aún más la importancia de lograr, mediante ensayos de laboratorio, la humedad óptima para su elaboración. Los métodos empíricos basados en la apreciación visual o táctil, otorgan menos seguridad en el logro de calidades homogéneas en todos los pastones y en las sucesivas jornadas de trabajo.

En los dos casos descriptos, la baja dispersión de los valores hallados, tanto para las densidades como para la absorción, torna a estos ladrillos previsibles en su comportamiento. No es ese el caso de los ladrillos comunes ensayados (última columna de la Tabla 8), en los que se registraron extremos de variación del orden del 28 % y 95 % para las mediciones de densidad y absorción, respectivamente.

4.3. Ascensión capilar

Este tipo de ensayo sólo se practicó con los ejemplares elaborados con suelos limosos extraídos de los barros de excavación.

A fin de obtener una apreciación pronta de la respuesta del hidrófugo de masa en la confección de los ladrillos, se confeccionaron sólo cinco especímenes. Tres de ellos fueron curados durante 24 horas y luego sometidos a una prueba de ascensión capilar, procediéndose a colocarlos en un recipiente conteniendo un nivel de 2 cm de agua. Los otros dos, a la hora de fabricados, fueron secados en horno a 105 °C, tras lo cual se los sometió a la misma prueba. El ensayo se completó sometiendo también ladrillos confeccionados sin hidrófugo al mismo tratamiento.

Se observó en los primeros ejemplares que la absorción luego de 24 hs. no llegó a humedecer la cara superior, para luego iniciar una regresión de dicho nivel, con tendencia a aumentar el volumen de secado. En cambio, en los secados en horno, ésta progresó lentamente hasta alcanzar una media del 16 % sobre peso seco. La Foto 1 ilustra sobre este ensayo (los dos de la izquierda, con hidrófugo; el restante, sin hidrófugo).



Foto 1; Ascensión capilar

4.4. Inmersión

Se han practicado ensayos de inmersión prolongada de hasta 40 días, sobre ladrillos enteros elaborados con barros de excavación, de densidad homogénea en toda su masa, y sobre trozos o roturas de ensayos a compresión simple, sin observarse degradación o desgranamiento. Las Fotos 2 y 3 muestran el resultado de esta prueba sobre un trozo de ladrillo de SC (bandeja izquierda) y el de un ejemplar similar, pero confeccionado sin la adición de cemento ni arena (bandeja derecha), al inicio del mismo y luego de 24 hs. Este último comenzó a degradarse al momento de sumergírselo.

Experiencias similares desarrollaron Tomasini-Olivero en sus pruebas con suelos del grupo CL, superando el tiempo arriba indicado con un comportamiento igualmente satisfactorio.

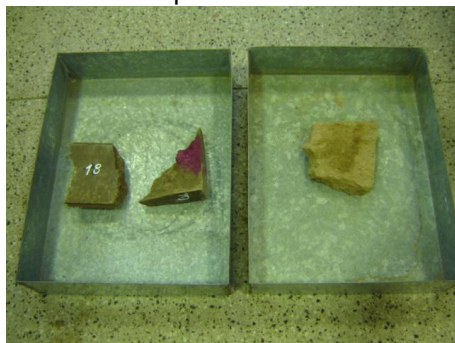


Foto 2: Inmersión (al comienzo)

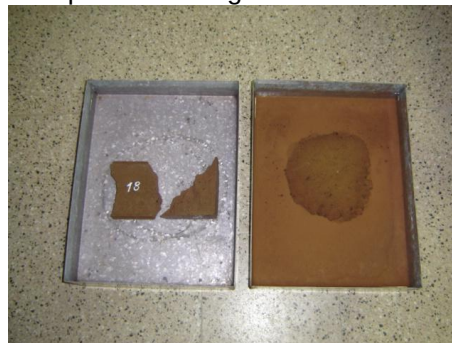


Foto 3. Inmersión (a las 24 hs.)

La coloración rojiza del trozo de la bandeja izquierda (Foto N° 6), revela la presencia y La difusión del cemento en la masa de los ejemplares, al sometérselo a la prueba de la fenoltaleína. Bajo la misma prueba no se observa reacción en el de la bandeja derecha.

4.5. Aspecto

Los ejemplares hechos con barros de excavación y elaborados con 26% de humedad, valor próximo al óptimo corregido del Proctor Modificado 4x46, han dado lugar a ladrillos de aspecto bueno a muy bueno. Los restantes han comenzado a presentar fisuras del orden de 0,1 a 0,3 mm luego del período de secado, aún en ambiente de laboratorio. Estando los especímenes en permanente observación, se comprobó en días sucesivos su sensibilidad a la humedad ambiente conforme esta se incrementaba, mejorando su aspecto por cierre de las mismas.

Los ejemplares elaborados por Tomasini-Olivero presentan un aspecto muy bueno, sin fisuras apreciables luego de tres años de confeccionados y resguardados en ambiente de laboratorio, notándose también leve sensibilidad a las condiciones higrotérmicas.

4.6. Estabilidad dimensional

El cambio de longitud registrado, sea de acortamiento por contracción debido al secado, o alargamiento por saturación en agua, ha sido inferior al 0,4% para los elaborados con limos. No se detectaron diferencias sensibles en aquellos elaborados con suelos arcillosos superficiales.

4.7. Adherencia

No se han realizado ensayos específicos normados sobre ellos, salvo simples pruebas con un concreto 1:3 (cemento: arena fina), aplicándolo sobre la superficie expuesta de los mampuestos como revoque fino de escasos milímetros y como mezcla de asiento. Para ello se empleó una emulsión adhesiva del tipo vinílico incorporada al agua de amasado, de uso generalizado en plaza.. Dentro de lo cualitativo de las apreciaciones, tanto en los ensayos de Tomasini-Olivero como en los de Begliardo y otros, el comportamiento a temprana edad ha sido excelente.

Conclusiones

Frente a la presencia de sulfatos detectada en los suelos empleados, causa aparente o concurrente en la estabilización del incremento de la resistencia a la compresión a partir de los 14 días de los ejemplares elaborados con suelos de excavación, se prevé continuar las investigaciones sustituyendo el cemento fillerizado empleado por otro resistente a los sulfatos.

El excelente comportamiento de los ejemplares en condiciones sumergidas, sin degradarse, configura un claro indicio de durabilidad en estas condiciones extremas.

Es necesario continuar con los ensayos de ejemplares confeccionados con hidrófugo de masa incorporado al agua de empaste, observando su desempeño a mediano y largo plazo.

Su destacado comportamiento los tornaría aptos para su empleo como hilada (capa) aisladora de la humedad ascendente de las fundaciones.

Tomasini-Olivero han obtenido buenos resultados con su procedimiento para los suelos arcillosos superficiales (CL). Corresponde seguir realizando pruebas y ajustes del mismo cuando se utilicen limos de baja plasticidad (ML), como el contenido en los barros de excavación del subsuelo rafaélino. No obstante ello, el método provee un camino racional que puede ser aplicado a otros tipos de prensa o modelo de ladrillos, con los ajustes correspondientes a la energía entregada por el equipo disponible.

La homogeneidad en las constantes físicas y comportamiento mecánico registrado en los ladrillos ensayados, factores estrechamente vinculados al control racional en la elaboración de las mezclas, asegura una mejor calidad del producto final, permitiendo disminuir el coeficiente de seguridad aplicado a las tensiones admisibles de resistencia a compresión, a valores muy por debajo del coeficiente $\gamma = 10$ habitualmente utilizado en los ladrillos comunes cocidos.

El aumento de la población de datos permitirá determinar valores característicos, útiles para la elaboración de normativas sobre este material.

Agradecimientos

A la Lic. Viviana Navarro, profesora de “Geología Aplicada” de nuestra Facultad, por sus aportes en el conocimiento del subsuelo rafaélino.

Al Sr. Eliseo Acastello, por su generosa disposición para con la UTN FRRa y a los Sres. Juan Carlos y César Gasser, por su desinteresada y necesaria colaboración. Sin todo ello, estas investigaciones iniciales no hubiesen sido posibles.

Notas y citas

[N1]. En la versión ACI 318-83 se define al concreto como a la “*mezcla de cemento pórtland o cualquier otro cemento hidráulico, agregado fino, agregado grueso y agua con o sin aditivos*” (de ref. [1], pág.14). Ciertamente, como lo señala de la Fuente Lavalle, “...*debe considerarse que los agregados finos y gruesos son una parte, total o parcial, de los componentes que existen en los suelos, y que son muy frecuentes los suelos puramente granulares*”.

[N2]. Los ensayos que se describen son no sólo convenientes sino posibles de realizar, a un costo relativo bajo, en cualquier Laboratorio específico. Incluso deberían tenerse por exigibles toda vez que el destino de los ladrillos sea el de viviendas de interés social financiadas por organismos oficiales: la calidad del producto final va asociada al conocimiento profundo de las propiedades y comportamiento de los materiales componentes, y de su atinado empleo. Un producto de calidad incrementa la vida útil de las viviendas, contribuyendo a paliar de manera efectiva el déficit habitacional.

[N3]. La determinación de la presencia de sulfatos en los suelos profundos, se realizó con posterioridad a los ensayos de compresión simple de los especímenes, tras detectarse la falta de incremento en la resistencia a los 14 y 28 días.

[N4] “Formación Pampa. Constituida fundamentalmente por depósitos loessicos y limoarenosos, rojizos a castaños que hacia la parte inferior comienzan a intercalar areniscas finas a muy finas, friables, con leve reacción calcárea. Se encuentran también concreciones carbonáticas y material yesífero rellenando oquedades o dispuestos en delgadas venillas” (Ref. [10]). Suelos de esta formación son motivo de investigación, actualmente, en el Laboratorio de Ingeniería Civil de la U.T.N. F.R.Ra.

Bibliografía

*DE LA FUENTE LAVALLE, Eduardo. *Suelo-Cemento. Usos, propiedades y aplicaciones*, Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto A.C. México. 1995.

*O’FLAGERTY, L.A. y ANDREWS, D.C.. “Frost effects in lime and cement treated soils”. H.R.R. 235. E.U.A.. 1968.

*KLEES, Delia; NATALINI, Mario. “Fabricación de Componentes Modulares para la Construcción de Viviendas de Bajo Costo Utilizando Suelo-Cemento”. Dpto. Estabilidad, Fac. Ingeniería, U.N.N.E., Resistencia, Argentina.

*ETCHICHURY, Dardo; ROSETO, Omar. “Producción de Bloques Hipercomprimidos con Mezclas de Suelo-Cemento y Residuos Industriales”. Instituto del Cemento Pórtland Argentino. Buenos Aires, Argentina.

*ROSETO, Omar. “Bloques con Mezclas Hipercomprimidas de Suelo-Cemento”. En: *Revista Cemento*. Año 2. N°7. Instituto del Cemento Pórtland Argentino. Buenos Aires. Argentina. Págs. 11-13.

*RODRIGUEZ DERAS, Jorge; NÁJERA, Aníbal. “Comportamiento de mezclas de suelo-cemento fluido”. Ministerio de Obras Públicas, Transporte, Vivienda y Desarrollo Urbano, Viceministerio de O.Públicas. Unidad de Investigación y Desarrollo Vial. San Salvador. El Salvador. [http:// www.mop.gob.sv/uidv](http://www.mop.gob.sv/uidv).

*Begliardo, Hugo; Casenave, Silvia; Sanchez, Mirta; Fornero, Gerardo. “Aprovechamiento de Barros de Excavación para Pilotes”. *4º Encuentro Proyecto Integrador PROCQMA - San Rafael (Mendoza)*. Edic. U.T.N. F.R. La Plata. Argentina. 2006.

*TOMASINI, Gabriel; OLIVERO, Fernando. “Diseño Racional de Ladrillos de Suelo-Cemento y Análisis para su utilización en Viviendas de Interés Social”. *Proyecto Integrador*. U.T.N. F.R.Ra. Rafaela. Argentina. 2003.

*TOMASINI, Gabriel; OLIVERO, Fernando; Begliardo, Hugo. “Diseño Racional de Ladrillos de Suelo-Cemento y Análisis para su utilización en Viviendas de Interés Social”. *Seminario-Taller de Construcción con Tierra* - UNL-FADU; UTN-F.R.S.F. Santa Fe. Argentina. 2004.

*RUSSO, Aniello, FERELLO, Roberto y CHEBELI, Gualter. “Llanura Chaco Pampeana”. *Segundo Simposio de Geología Regional Argentina*. Vol. I. Córdoba. Argentina.. 1979. Pág. 175.