

Fabricación de Componentes Modulares para la Construcción de Viviendas de Bajo Costo Utilizando Suelo-Cemento

Klees, Delia R. - Natalini, Mario B.

*Departamento de Estabilidad - Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional del Nordeste
Av. Las Heras 727 - (3500) Resistencia - Chaco - República Argentina
Tel./Fax: +54 (03722) 420076 - E-mail: dklees@ing.unne.edu.ar -*

ANTECEDENTES

Desde que se inventaron las ciudades, hace unos 10.000 años, los hombres han utilizado la tierra para edificar ciudades enteras: fortificaciones, templos y viviendas.

El arquitecto francés Francois Cointeraux (1740-1830) fue quien en 1787 inventó diversos procedimientos para "estabilizar" la tierra y hacerla más resistente en el aspecto mecánico o químico.

A comienzos del siglo XX este tipo de arquitectura comienza a decaer ante la aparición de los materiales industriales como el acero, el cemento y el hormigón armado.

A partir de 1972 la crisis energética y económica internacional obligó a cambios en la forma de pensar y comenzaron a surgir métodos alternativos, especialmente destinados al ahorro energético en la construcción.

Existen experiencias recientes de construcciones realizadas en países desarrollados como Francia y también en países latinoamericanos como Chile, Brasil y Paraguay.

La construcción de la primera vivienda en nuestro país estuvo a cargo de los ingenieros Adolfo Grissi y Victor Carri, del Laboratorio de Ensayos de la Provincia de Buenos Aires - 1943 -.

Existen experiencias con mampuestos de suelo-cemento en numerosas provincias argentinas: Chaco en 1960, Tucumán en 1967, Jujuy en 1969, Buenos Aires en las localidades de Lobos en 1971 y Junín en 1973, en Mendoza en 1977, en Salta en 1981, en Chaco en 1991, con muy buenos resultados.

Si bien la construcción de tierra es una técnica conocida desde hace muchos años, no se utiliza en la actualidad en nuestra zona salvo en poblaciones indígenas y de bajo recursos económicos.

El mampuesto de suelo-cemento utiliza como materia prima tierra no fértil: ladrillo ecológico.

La tierra no se cuece ya que al incorporarle cemento éste modifica el comportamiento de sus partículas y mejora su estabilidad, le confiere mayor resistencia y durabilidad.

Para esta propuesta se necesita como único equipamiento, una prensa manual para fabricar mampuestos según un procedimiento sencillo, donde el constructor no necesita ser personal calificado de la construcción.

Los elementos modulares de suelo - cemento brindan la racionalidad de su proceso de fabricación y sus cualidades técnicas tales como buena resistencia mecánica y al paso de la humedad, regularidad dimensional y competitivo costo con respecto al ladrillo cocido.

De ello surge que utilizando una técnica actualizada y proyectos adecuados es posible conseguir viviendas de bajo costo con buenas condiciones térmicas, acústicas y con buena durabilidad.

MATERIALES Y MÉTODOS

El suelo

Técnicamente, todo suelo exento de materia orgánica, puede ser usado para ser estabilizado con cemento.

Debe estar formado por una mezcla de arena, limo y arcilla; estos dos últimos en proporción tal que den cohesión suficiente a la mezcla y buena composición granulométrica, sin que se originen contracciones perjudiciales.

Para conocer los distintos porcentajes de los constituyentes básicos del suelo se recurre al análisis mecánico del mismo. Este análisis determina la cantidad de partículas entre dos valores límites. Esa cantidad se expresa en porcentaje del peso total del material considerado. Límites entre fracciones - Ver Cuadro N° 1-

Cuadro N° 1: Sistema de Clasificación de Suelos del M.I.T(Massachusetts Institute of Technology)

ARENA			LIMO			ARCILLA		
Gruesa	Mediana	Fina	Grueso	Mediano	Fino	Gruesa	Mediana	Fina (coloides)

2.0 0.6 0.2 **0.06** 0.02 0.006 **0.002** 0.0006 0.0002
Tamaño de partículas en mm.

Algunos investigadores e instituciones que estudiaron el tema, aconsejan límites dentro de los cuales se hallan los suelos más aptos: Arena: entre 40 y 85% y la suma de Arcilla y Limo entre 15 y 60 %, con lo que se llega a la conclusión que la tolerancia de proporciones es bastante amplia.- Ver Cuadro N° 2 –

Cuadro N° 2: Fracciones recomendadas para elaborar suelo-cemento

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

El estudio granulométrico de un suelo no basta para definir su aptitud para ser usado como suelo-cemento. Muchos suelos tienen características granulométricas similares y su comportamiento tecnológico es distinto.

El cemento

El cemento que se emplea generalmente y en particular en este estudio es el denominado portland.

La determinación práctica del porcentaje de cemento en las mezclas utilizadas se realiza experimentalmente variando la proporción del volumen de cemento entre un 8 % y un 12 %. Usando suelos con un porcentaje de arena del 50%, se puede asegurar su estabilización con un 10% de cemento.

El agua

La cantidad de agua que se utiliza es un factor fundamental. La falta o exceso de agua exige un mayor trabajo en la compactación, dificultando la cohesión de los componentes de la mezcla. También afecta la resistencia y durabilidad del material.

Cada tipo de suelo requiere un grado de humedad determinado para su correcta compactación. La cantidad de agua total oscila generalmente entre el 8 y el 16%. Se utiliza agua potable o agua libre de impurezas.

Elaboración y ensayos de mampuestos:

Se considera como zona de estudio el Area Metropolitana del Gran Resistencia. Se obtienen muestras de varios suelos, de la zona elegida, en este caso la suroeste. - Suelo A: Av. Castelli altura 3.000 - Suelo B: cercana al riacho Arazá - Suelo C: La Rubita, terrenos del ejército.- Ver Cuadro N°3 -.

Cuadro N°3: Composición porcentual de Arena, Limo y Arcilla de los Suelos Naturales

Suelos	Arena %	Limo %	Arcilla %
Suelo Natural A	9,4	69,1	21,5
Suelo Natural B	52,5	25,0	22,5
Suelo Natural C	48,0	28,0	24,0

Para ajustar las condiciones de los suelos disponibles a los que se consideran como óptimos para ser estabilizados se modifica la granulometría del Suelo A y C. Se incorporan distintos porcentajes de arena

El Suelo B se puede utilizar en su estado natural sin incorporarle arena, debido a que el porcentaje de la misma supera el 50%.

Cuando se cuenta con el suelo en condiciones de ser empleado, se le incorpora el cemento para obtener el material con el que se elaboran los componentes modulares. Se trabaja con 8% , 10% y 12 % cemento para los distintos suelos en estudio. Ver Cuadro N°4.

Trabajando con la mezcla de 9 partes de suelo con 1 parte de cemento en volumen se cubren las necesidades para estabilizar todos los suelos definidos como óptimos.

Mediante un sencillo ensayo de campo, se determina prácticamente la humedad óptima de la mezcla.

La compactación de los mampuestos se realiza en una bloquera. Se utiliza una prensa construida en el Departamento de Estabilidad., similar a la versión mejorada de la conocida prensa manual CINVA-RAM y BREPACK PRESS.

Se elaboran mampuestos con las distintas mezclas que a continuación se detallan:

Cuadro N° 4: Dosificaciones utilizadas para elaborar los mampuestos.

Identificación	Suelos	Cemento %
A ₂	S Natural + 30% arena	8
		10
		12
A ₃	S Natural + 40% arena	8
		10
		12
B	Suelo natural	10
C ₂	S Natural + 40% arena	10

La bloquera, básicamente es una caja rectangular en donde se deposita el suelo a ser prensado y permite fabricar tres bloques en forma simultánea, con lo que se agiliza la producción. Figura N° 1.

En el fondo de la caja se colocan elementos troncopiramidales que sirven para ahuecar los ladrillos al ser prensados, reduciendo el peso y facilitando su manipuleo. Figura N° 1.

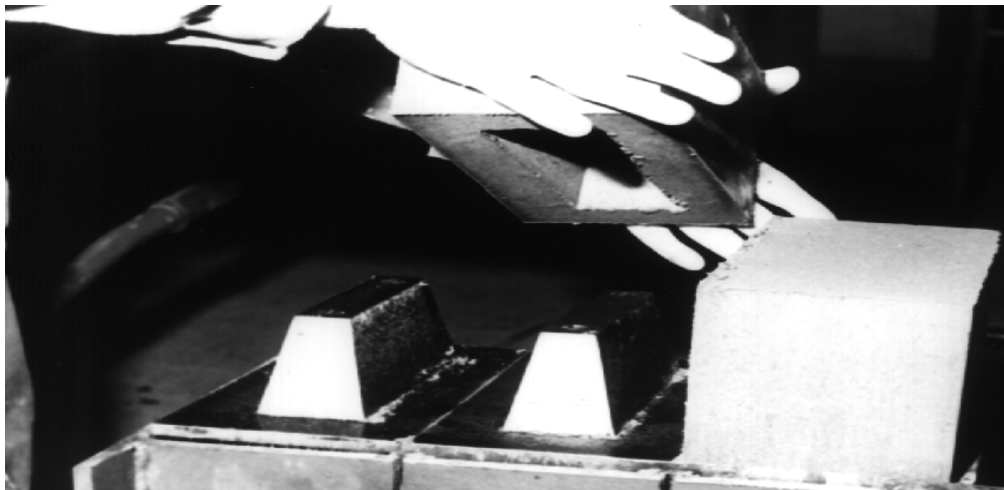


Figura N° 1: Extracción del mampuesto. Se observan los cuerpos troncopiramidales.

Para asegurar un fraguado eficiente a los bloques se los protege del sol y de la lluvia. Se los acopia en un lugar cubierto y bien ventilado. Se los somete a un riego de agua, en forma de lluvia fina a baja presión.

Después de 14, 21 y 28 días de fabricación se ensayan los bloques a compresión simple. Se utiliza este ensayo como uno de los parámetros a considerar para comprobar la aptitud de las mezclas de suelo cemento, ya que el esfuerzo al que se encuentran sometidos los bloques en la mampostería es el esfuerzo de compresión. Se realizan los ensayos siguiendo las directivas de las normas IRAM N° 1549/66.

Se emplea la máquina de Ensayo Universal marca SUZPECAR MUE 100 con velocidad de carga controlada.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los resultados obtenidos, con la metodología propuesta, son considerados positivos. Las dosificaciones que dieron mejor resistencia a la compresión son las que corresponden a los Suelos B y C. Son los que poseen mayor porcentaje de arena.

Durante el proceso de secado natural no se detectaron fisuras por retracción con ninguno de los tres suelos utilizados.

Como se puede comprobar algunos suelos de nuestra región necesitan la incorporación de arena para optimizar su comportamiento, de lo contrario necesitarían mayor porcentaje de cemento para lograr buena resistencia y durabilidad, lo que incidiría en el costo del producto.

La resistencia a la compresión aumenta en función de la edad. Si no lo hace, se tiene la certeza que el suelo posee alguna sustancia que ataca al cemento. Los bloques elaborados con suelo B y Suelo C2 ensayados a los 28 días alcanzaron una tensión promedio de 27,92 y 28.39 Kg/cm² respectivamente.

CONCLUSIONES

La adición de cemento al suelo permite obtener un material que reúne las siguientes ventajas:

- Reducido cambio volumétrico, por absorción o pérdida de humedad.
- Excelente acabado. Aristas firmes.
- Inalterabilidad al sumergirlo en agua.
- Resistencia a la compresión similar y hasta superior a la del ladrillo común de arcilla cocida.
- Economía. La producción de este material ocupa casi exclusivamente recursos locales, en cuanto a mano de obra y materia prima, lo que permite reducir los costos.

Con la simple incorporación de arena se consiguen suelos artificiales que pueden ser estabilizados con cemento. Sólo es necesario realizar el reconocimiento del tipo de suelo con el que se va a trabajar, para definir la necesidad o no de la incorporación de arena y determinar el porcentaje de cemento a utilizar.

La relación 9 partes de suelo – 1 parte de cemento brinda óptimos resultados

La construcción de la bloquera con tres moldes permite incrementar la producción de bloques por jornada de trabajo lo que reduce sensiblemente el costo unitario.

La calidad de los bloques puede ser controlada fácilmente ya que la operación de la máquina es muy simple y requiere mínimo de experiencia. La humedad del moldeo y el curado desempeñan un papel relevante en la resistencia a la compresión de los mampuestos.

Los ladrillos curados al aire presentan una retracción promedio menor a 0,02% valor bastante bajo, lo que permite prever un buen comportamiento en la mampostería.

La colocación de estos bloques es similar a la del método tradicional de ladrillos cocidos o ladrillos de adobe usando un mortero de barro.

Los resultados de los ensayos realizados permiten comprobar que con este material se pueden conseguir buena resistencia, buen aspecto y economía.

BIBLIOGRAFÍA

- Centro de Tecnología Apropiada: - *Producción y Ensayos de Bloques de Suelo Prensado*. Ed. Facultad de Ciencias y Tecnología, Universidad Católica “Nuestra Señora de la Asunción”, Asunción, Paraguay, 1985, p. 35.
- Centro de Tecnología Apropiada: *Construcción de vivienda económica con bloques de suelo compactado-Prototipo A*- Ed. Facultad de Ciencias y Tecnología, Universidad Católica “Nuestra Señora de la Asunción”, Asunción, Paraguay, 1984, p. 35.
- Centro de Tecnología Apropiada: *Construir con barro*, Ed. Facultad de Ciencias y Tecnología Universidad Católica “Nuestra Señora de la Asunción” Asunción, Paraguay, 1987, p. 30.
- Instituto Provincial de Desarrollo Urbano y Vivienda: *Tecnología del suelo-cemento*, Sistema Constructivo “SU-MA” Dirección de Investigación Tecnológica Aplicada, Provincia del Chaco, 1991, p. 27.
- Martínez de Aza, M. - 1994 - *Las construcciones de tierra cruda hoy* - Revista Vivienda - Buenos Aires, Argentina.
- Mchenry, Paul G.: *ADOBE, cómo construir fácilmente*, trad. Rubén Castillo, México, Ed. Trillas, 1996, p. 229.
- Etchichurry, D. - *El suelo como material de construcción* - Instituto del Cemento Portland Argentino - Revista Casa Nueva - Buenos Aires, Argentina.
- Gatani, Mariana: *Ladrillos de suelo-cemento*, en Vivienda, La revista de la construcción, N° 410, Ed. Revista Vivienda S.R.L., 1996, pp 68-70.
- Merrill, A.F.: *Casas de Tierra apisonada y Suelo-cemento*, Ed. Windsor, Buenos Aires, Argentina, 1949, 243 p.
- Romeral, J. et al - 1986 - *Primeros Resultados del trabajo de investigación sobre la tierra como material de construcción* - Ed. Instituto Eduardo Torroja.