

APORTES A LA TECNOLOGIA PARA LA FABRICACIÓN DEL B T C

Fernando L. Galíndez

Facultad de Arquitectura y Urbanismo – Universidad Católica de Salta

Av. Entre Ríos 451–P.A.-Tel-Fax 0387-4214537

ecosol@ucasal.net - gpestudio@uolsinectis.com.ar

Palabras clave: tierra - cemento - presión

Resumen

Esta investigación está orientada al análisis y validación de técnicas de fabricación de Bloques de Tierra Comprimida, para el caso de suelos arcillosos.

Objetivos Generales

Aportar al desarrollo de la tecnología para la fabricación de BTC, basada en una investigación de los materiales componentes, la dosificación y los procesos de fabricación.

Objetivos Específicos

Optimizar el procedimiento de fabricación para lograr las mejores cualidades mecánicas posibles con el menor costo, en los mampuestos en que el componente suelo este constituido por arcillas, sin aumentar la cantidad de cemento, ni agregar arena.

METODOLOGÍA

Hipótesis Sustantiva:

Se pueden fabricar mampuestos comprimidos de suelo-cemento con suelos arcillosos y obtener comportamientos físicos y mecánicos recomendables, adicionando un 5% de cemento en peso del mampuesto y aplicando presión de compactación adecuada, teniendo en cuenta la teoría de Proctor y racionalizando el sistema de curado.

VARIABLES

VARIABLES INDEPENDIENTES	TIPO DE SUELO	
	PRESIÓN AL COMPACTAR	
	MÉTODO DE CURADO	
VARIABLES DEPENDIENTES	PROPIEDADES FISICAS	ABSORCIÓN DE AGUA
	PROPIEDADES MECÁNICAS	RESISTENCIA COMPRESIÓN
		RESISTENCIA ABRACIÓN

PROCEDIMIENTOS

- Se hizo la clasificación de suelos, según la Norma Iram 10509, tratando de contar con un suelo arenoso y otro arcilloso, a fin de establecer comparaciones.
- En los 2 tipos de suelos seleccionados, se determinó por medio del ensayo tipo Proctor (energía aplicada por presión no por golpes), el contenido óptimo de humedad, para obtener el máximo peso unitario seco, variando la energía, 2 kg/cm² (presión que se estima se obtiene con la máquina SIMVA-RAM), 3 kg/cm², 4kg/cm² y 5 kg/cm².
- Ensayos para la determinación de la resistencia a la compresión. Se hicieron dos series de ensayos de treinta probetas cada una. En cada serie se hicieron lotes de tres probetas con cada uno de los tipos de suelo. Primero se ensayaron las probetas testigos, con 10% de cemento y 2kg/mc² de presión de compactación. Luego se ensayaron las restantes, realizadas con 5% de cemento y variando la presión: 2 kg/cm², 3 kg/cm², 4 kg/cm² y 5 kg/cm².

De estos ensayos se pudo comprobar que la resistencia de las probetas fabricadas con el 5% de cemento, creció aproximadamente en forma lineal con el aumento de la presión de compactación, llegando en las probetas de suelo arcilloso, a la resistencia de las probetas testigo con 10% de cemento. De esta manera quedaría probada la hipótesis.

Como la presión obtenida con las máquinas manuales, tipo SINVA-RAM, es de 2 Kg/cm² como máximo y no se la puede variar controladamente, la investigación incluyó el desarrollo de una máquina manual, modificada, donde la presión se obtiene mediante un mecanismo hidráulico, que nos permite controlar la presión, pudiendo llegar a valores de 11Kg./cm², para mampuestos de 15x30 cm.

Desarrollo

FUNDAMENTOS

Generalmente para la fabricación de los BTC se considera que las tierras con mucho contenido de arcillas no son aptas, debido a que para obtener resistencias aceptables se debe adicionar mayor cantidad de cemento que a las tierras arenosas. Esto se refleja por ejemplo en las Normas IRAM que especifican que para la fabricación de suelo cemento en caso de suelos arcillosos adicionar hasta el 15% de cemento. Debido a esto quedan excluidos en la fabricación de BTC, grandes cantidades de suelos, al menos que tengamos la posibilidad de adicionarlos con arenas o lo que es peor con mayor cantidad de cemento. Esto a su vez implica mayores costos económicos y ambientales.

OBJETIVOS

Objetivo General

Aporte al desarrollo de la tecnología para la fabricación de BTC, basada en una investigación de los materiales componentes, la dosificación y los procesos de fabricación.

Objetivos Específicos

Mejorar la calidad de los BTC, en los que el componente suelo este constituido por arcillas, sin aumentar la cantidad de cemento, ni agregar arena.

Desarrollo de una máquina manual para compactar los bloques, a presiones mayores que las que se usan actualmente y con indicadores para controlar dicha presión.

PROPÓSITO

Contribuir a la difusión del Bloque de Tierra Comprimida, como una alternativa válida para la construcción de edificios, que reúne cualidades de un material sustentable, con un comportamiento físico y mecánico recomendable.

MARCO TEÓRICO

La formación del suelo deviene de la desintegración de la roca madre, formado una capa de sección variable encima de ella. Considerando que el suelo es un complejo de tres fases (sólida, líquida y gaseosa), en su fase sólida está compuesto por partículas de variados tamaños. Las de mayor tamaño son fracciones de rocas con todos los componentes de esta, los intermedios generalmente minerales que componen las rocas. Ambos se pueden considerar elementos inertes. Pero no es así con las partículas minerales más pequeñas, sobre todo las arcillas, ya que son elementos activos. Las arcillas son plásticas, cambian de volumen y son aglomerantes. Este comportamiento lábil de las arcillas frente a la presencia de agua las hace peligrosas desde el punto de vista constructivo, de allí la necesidad de estabilizarlas.

La acción que produce el cemento es doble, por un lado es un poderoso conglomerante de partículas y por otro lado, debido al Hidrato de Calcio que se genera ante la combinación con el agua, libera iones de calcio que estabilizan a la arcilla al robarle moléculas de agua contenidas entre sus laminillas. El resultado de este proceso es la disminución de la porosidad y de la plasticidad y el aumento de la resistencia y de la durabilidad.

Respecto a la reacción de los suelos finos con mucho contenido de arcillas (CL – CH), debemos tener en cuenta que el tamaño de la mayoría de las partículas de arcillas es menor

que las de cemento, por lo tanto una vez hidratada la mezcla, tenderán a unirse primero las partículas de arcillas entre sí para luego ser captadas por las mayores de cemento.

En cuanto al comportamiento del suelo húmedo frente a la compresión no drenada se considera que existe una cantidad de agua óptima en función del tipo de suelo y la energía a aplicar. Esto se debe a que el agua actúa como lubricante entre las partículas, pero al no drenarse, cuando se satura la mezcla pasa a ser incompresible (1933, R.R. Proctor).

METODOLOGÍA

La investigación se desarrolló en los siguientes ámbitos:

En el Laboratorio de ensayo de Suelos y Materiales, de las Facultades de Ingeniería y Arquitectura de la U.C.S, realización de todos los análisis y ensayos necesarios.

En campo, selección de distintos tipos de suelos.

En gabinete, análisis y elaboración de los datos e informes.

Hipótesis Sustantiva:

Se pueden fabricar mampuestos comprimidos de suelo-cemento y obtener comportamientos físicos y mecánicos recomendables, con cualquier tipo de suelos granulares (arenas) o finos (incluyendo arcillas), exceptuando los con alto contenido de materia orgánica (sobre todo los suelos ácidos) y/o sales que afecten las reacciones químicas del cemento, solamente adicionando un 5% de cemento en peso del mampuesto, aplicando presión de compactación adecuada según el tipo de suelo, mayor para los suelos arcillosos, (teniendo en cuenta la teoría de Proctor) y racionalizando el sistema de curado.

Hipótesis de Trabajo:

Si se fabrican mampuestos comprimidos de suelo-cemento, teniendo en cuenta las siguientes condiciones:

Clasificando correctamente los suelos, determinando los tipos de arcillas en cada uno de ellos.

A los suelos con contenido de arcillas (CH o CL), aumentar la presión de compactación, a fin de lograr un aumento en el peso unitario seco, considerando la humedad óptima, en función a la energía a aplicar, para así lograr el mayor acercamiento entre partículas (Proctor).

Teniendo especial cuidado en la etapa de curado del mampuesto, usando como método de curado, el cubrir el tendal de mampuestos con una película de polietileno, lo más herméticamente posible a fin de evitar las filtraciones de viento, durante 7 días.

Se obtendrán comportamientos físicos (absorción de agua) y mecánicos (resistencia a la compresión y a la abrasión hídrica) recomendables, con cualquier tipo de suelos granulares (arenas) o finos (incluyendo arcillas), exceptuando los con alto contenido de materia orgánica (sobre todo los suelos ácidos) y/o sales que afecten las reacciones químicas del cemento, solamente adicionando un 4% de cemento en peso del mampuesto.

Se establecen las variables independientes y dependientes. Dentro del conjunto de variables dependientes se tendrá en cuenta las propiedades físicas, mecánicas. En cuanto a las variables independientes en principio se proponen el tipo de suelo, la presión al compactar y el método de curado.

CUADRO DE VARIABLES

VARIABLES INDEPENDIENTES		TIPO DE SUELO
		PRESIÓN AL COMPACTAR
		MÉTODO DE CURADO
VARIABLES DEPENDIENTES	PROPIEDADES FÍSICAS	ABSORCIÓN DE AGUA
	PROPIEDADES MECÁNICAS	RESISTENCIA COMPRESIÓN
		RESISTENCIA ABRACIÓN

La primera etapa comprendió el estudio de la variable Resistencia a la Compresión.

Los ensayos de laboratorio, referidos a los suelos y mezclas se harán según y conforme lo especificado en las siguientes Normas IRAM:

IRAM 10500 Mecánica de suelos. Preparación de muestras.

IRAM 10501 Mecánica de suelos. Métodos de determinación del límite líquido y del índice de fluidez.

IRAM 10502 Mecánica de suelos. Método de determinación del límite plástico e índice de plasticidad.

IRAM 10509 Mecánica de suelos. Clasificación de suelos, con propósitos ingenieriles.

IRAM 10512 Mecánica de suelos. Métodos de análisis granulométrico.

IRAM 10535 Mecánica de suelos. Descripción de suelos mediante análisis tactovisual.

PROCEDIMIENTOS

1º Etapa:

Clasificación de Suelos. Se tomaron muestras de tres tipos distintos de suelos y se los clasificó según la Norma Iram 10509, tratando de contar con un suelo arenoso y otro arcilloso, a fin de establecer comparaciones.

Determinación del máximo Peso Unitario seco – Porcentaje de humedad. Se tomaron muestras de los dos tipos suelos ya clasificados (arenoso y arcilloso). Se determinó por medio del ensayo tipo Proctor (la energía se aplicó por presión no por golpes), el contenido óptimo de humedad para obtener la máximo peso unitario seco, variando la energía y según el tipo de suelo. Los resultados del porcentaje óptimo se aplicaron en los siguientes ensayos, así el contenido de humedad quedó definido como una constante. Se aplicaron cuatro presiones distintas, 2 kg/cm² (presión que se estima se obtiene con la máquina SIMVA-RAM), 3 kg/cm², 4kg/cm² y 5 kg/cm², lo que hicieron 24 ensayos. En el procedimiento para estos ensayos si bien se aplica la teoría de Proctor se modifica el método. Se utilizar una Prensa de carga (CBR) y con ella se compacta la probeta a las presiones estipuladas, confinadas dentro de un cilindro de acero (CBR).

Ensayos para la determinación de la resistencia a la compresión en función de la Clase de suelo y la presión de compactación. Las probetas son cilíndricas de 10 cm de diámetro, obtenidas en la prensa de carga para medir exactamente la presión de compactación a que son sometidas. En todos los casos el curado se hizo tapando con plásticos. Primero se elaboraron las probetas testigos, con una presión de compactación de 2 kg/cm², agregados con un 10% de cemento en peso, con los dos tipos de suelos seleccionados. Luego estas probetas fueron ensayadas a la compresión, a fin de tomar los valores obtenidos como testigos o resistencia de referencia (Rr), para compararlos con la resistencias de otras probetas. Luego se fabricaron una serie de 18 probetas con la presiones de compactación de 3 kg/cm², 4kg/cm² y 5 kg/cm², respetando en cada caso la humedad definida por el ensayo Proctor y se redujo el porcentaje de cemento al 5%. A los veintiocho días fueron sometidas a ensayos de compresión.

RECOLECCIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS

Clasificación de Suelos. Se tomaron muestras de distintos tipos de suelos y se los clasificó según la Norma Iram 10509, tratando de contar con un suelo arenoso y otro arcilloso, a fin de establecer comparaciones.

Suelo 1:

a) Cribado Tamiz 40: Pasa 87% - Retenido 13%

b) Lavado tamiz 200: Pasa 49% - Retenido 51%

Límites de Atterberg: Líquido y Plástico. IRAM 10501 e IRAM 10502.

L.L.= 21 L.P.= 16 I.P.= 5,00

Clasificación: Al no retener ninguna fracción el tamiz N° 4 y al retener un 51% el Tamiz N° 200, se trata de un suelo Granular Fino. Del estudio de los Límites de Atterberg y la

ubicación en la carta de Plasticidad se deduce un suelo: SM-SC - ARENA LIMO ARCILLOSA

Suelo 2:

a) Cribado Tamiz 40: Pasa 88,5% - Retenido 11,5%

b) Lavado tamiz 200: Pasa 51,5% - Retenido 48,5%

Límites de Atterberg: Líquido y Plástico. IRAM 10501 e IRAM 10502.

L.L.= 22,6 L.P.= 17 I.P.= 5,60

Clasificación: Al no retener ninguna fracción el tamiz N° 4 y al retener un 48,5% el Tamiz N° 200, se trata de un suelo Fino. Del estudio de los Límites de Atterberg y la ubicación en la carta de Plasticidad se deduce un suelo: ML – CL - LIMO ARCILLOSO

Suelo 3:

a) Cribado Tamiz 40: Pasa 98,0% - Retenido 2%

b) Lavado tamiz 200: Pasa 91,3% - Retenido 8,7%

Límites de Atterberg: Líquido y Plástico. IRAM 10501 e IRAM 10502.

L.L.= 32 L.P.= 20,5 I.P.= 11,5

Clasificación: Al no retener ninguna fracción el tamiz N° 4 y al retener solo un 8,7% el Tamiz N° 200, se trata de un suelo Fino. Del estudio de los Límites de Atterberg y la ubicación en la carta de Plasticidad se deduce un suelo: CL - ARCILLA DE MEDIANA PLASTICIDAD

Ensayo de Compactación (PROCTOR)

Energía aplicada 2 Kg/cm²

Muestra	Peso Unitario Húmedo	Peso Unitario Seco	% de Humedad
SUELO 1	1,665	1,370	16
	1,721	1,401	18
	1,745	1,409	20
	1,728	1,386	22
	1,705	1,218	24
SUELO 3	1,577	1,300	16
	1,668	1,349	18
	1,703	1,367	20
	1,610	1,278	22
	1,500	1,171	24

Tabla 1

Energía aplicada 3 Kg/cm²

Muestra	Peso Unitario Húmedo	Peso Unitario Seco	% de Humedad
SUELO 1	1,706	1,450	16
	1,916	1,611	18
	1,937	1,627	20
	1,936	1,587	22
SUELO 3	1,789	1,464	16
	1,943	1,578	18
	1,990	1,585	20
	1,959	1,544	22

Tabla 2

Energía aplicada 5 kg/cm²

Muestra	Peso Unitario Húmedo	Peso Unitario Seco	% de Humedad
SUELO 3	1,879	1,559	16
	2,031	1,633	18
	2,025	1,614	20
	1,986	1,581	22
SUELO 1	1,811	1,559	14
	1,899	1,585	16
	1,983	1,628	18
	1,981	1,610	20

Tabla 3

Energía aplicada 5 Kg/cm²

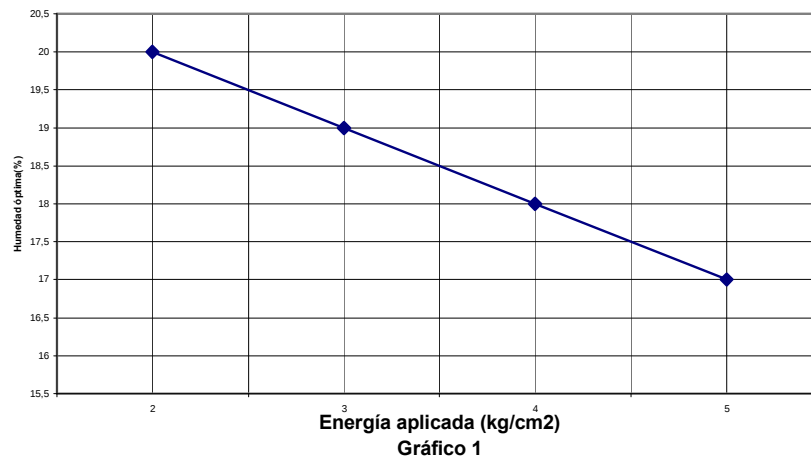
Muestra	Peso Unitario Húmedo	Peso Unitario Seco	% de Humedad
SUELO 1	1,954	1,626	14
	2,047	1,666	16
	2,052	1,669	18
	2,023	1,614	20
SUELO 3	1,882	1,550	14
	2,009	1,651	16
	2,058	1,658	18
	2,041	1,636	20

Tabla 4

TABLA ENERGÍA APLICADA - HUMEDAD ÓPTIMA		
Tipo de suelo	Energía kg/cm ²	%humedad óptima
SUELO 1	2	20
	3	19
	4	18
	5	17
SUELO3	2	20
	3	19
	4	18
	5	17

Tabla 5

Energía aplicada - Humedad óptima - Suelo tipo 1 y 2



Ensayos a la Compresión

Suelos tipos 1 y 2 - 10% Cemento						
Nº pastón	Tipo de Suelo	Compresión de moldeo kg/cm2	Probeta	Peso unitario g/cm3	Resistencia a la Compresión kg/cm2	Resistencia media Compresión kg/cm2
9	1	2	1	1,78	46,02	52,95
			2	1,67	40,27	
			3	1,77	72,57	
10	3	2	1	1,64	40,26	38,20
			2	1,66	49,50	
			3	1,61	24,83	

Tabla 6

Suelo tipo 1 (arenoso) - 5% cemento						
Nº pastón	Tipo de Suelo	Compresión de moldeo kg/cm2	Probeta	Peso unitario g/cm3	Resistencia a la Compresión kg/cm2	Resistencia media Compresión kg/cm2
11	1	3	1	1,58	30,56	31,83
			2	1,60	34,38	
			3	1,59	30,56	
13	1	4	1	1,58	30,56	34,38
			2	1,64	34,38	
			3	1,63	38,20	
15	1	5	1	1,65	37,82	37,43
			2	1,68	38,96	
			3	1,64	35,52	

Tabla 7

Suelo tipo 2 (arcilla) - 5% cemento						
Nº pastón	Tipo de Suelo	Compresión de moldeado kg/cm2	Probeta	Peso unitario g/cm3	Resistencia a la Compresión kg/cm2	Resistencia media Compresión kg/cm2
12	3	3	1	1,55	22,92	27,88
			2	1,60	30,56	
			3	1,57	30,18	
14	3	4	1	1,72	40,11	33,74
			2	1,62	26,74	
			3	1,68	34,38	
16	3	5	1	1,73	42,02	37,56
			2	1,73	34,38	
			3	1,74	36,29	

Tabla 8

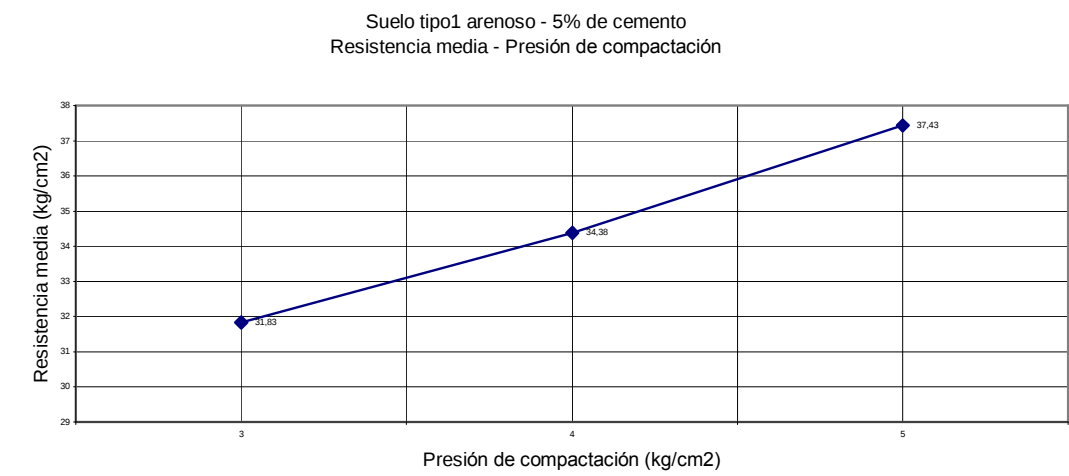


Gráfico 2

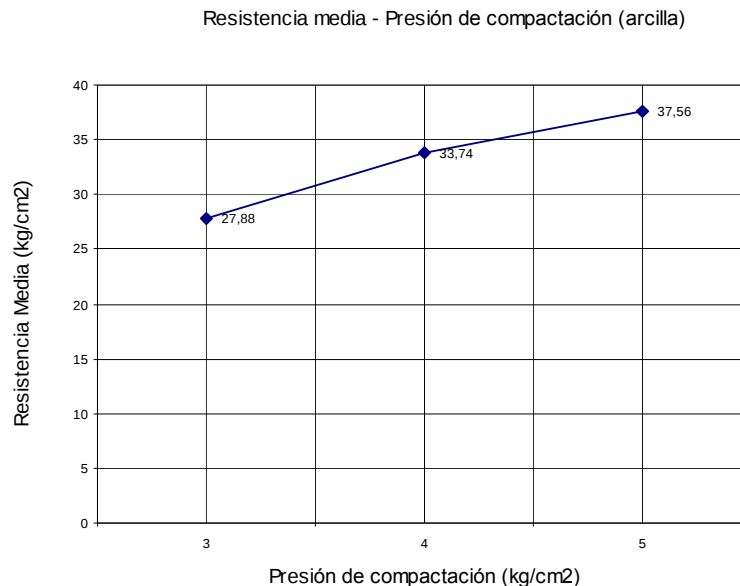


Gráfico 3

TRATAMIENTO Y ANÁLISIS DE LOS DATOS

Del cuadro de variables propuesto en el Proyecto y dentro de las definidas como variables independientes se tomaron dos tipos de suelos y la Presión al Compactar cuatro valores, a saber, 2, 3, 4 y 5 kg/cm². En cuanto a las variables dependientes, sólo se toma en cuenta la Resistencia a la compresión simple. En una segunda etapa se podrá investigar sobre las otras propiedades planteadas en el Proyecto, Absorción de agua y Abrasión hídrica.

Los datos obtenidos de la clasificación de las muestras de Suelo (pag. 5), nos indujeron a elegir los suelos Tipo 1(Arena Limo arcillosa) y Tipo 3 (Arcilla de mediana plasticidad), como los más representativos para llevar a cabo la investigación, ya que ambos se acercan a los extremos que deseamos comparar para probar la hipótesis.

Dentro del marco teórico se destaca la importancia de la teoría de Proctor, para garantizar que el aumento de presión tiene su correspondiente aumento de peso unitario seco, lo que indicaría una mayor aproximación entre las partículas de los componentes. Respecto a estos ensayos tipo Proctor (ver tabla 1 a 4), para la determinación del máximo Peso Unitario Seco, en función de la humedad, los resultados nos indican que para ambos tipos de suelos el valor de la humedad óptima, para el máximo P.U.S., es similar, decreciendo en forma casi lineal con el aumento de la presión (ver tabla 5 y Gráfico 1). Esto es importante ya que implica que, el especificar la cantidad de agua necesaria para hacer un pastón en obra no será tan complejo. Es importante destacar que si bien esta teoría (proctor) nos permite asegurar la máxima compactación para la presión aplicada, también se debe tener en cuenta que la reducción del porcentaje de humedad puede implicar problemas en la hidratación del cemento.

En la serie de 24 ensayos a la compresión de las probetas cilíndricas (ver tabla 3), se observa claramente que en los dos tipos de suelo, aumenta la resistencia de las probetas, manteniendo constante la cantidad de cemento y aumentando la presión de compactación.



Fig. 1: Comprimiendo probetas cilíndricas

El comportamiento comparado según el tipo de suelo fue el siguiente (ver tabla 6 a 8 y graf. 2 y 3):

- En el suelo Tipo 1 (arenoso) la disminución del porcentaje de cemento en la mezcla bajó el valor de la resistencia en un 40 %, a pesar del aumento de la presión a 3 Kg/cm², en el suelo Tipo 2 (arcilla) el 27%.
- La pendiente promedio de la curva resistencia en función de la presión (ver graf. 2) en el suelo Tipo 1 (arenoso) es $m=2,77$, en el suelo Tipo 2 (arcilla) es $m=4,84$.
- En los ensayos con las probetas dosificadas al 5% de cemento y una presión de molde de 5 kg/cm², para el suelo Tipo 1 (arenoso) la resistencia media fue del orden del 71 % de la resistencia de referencia (10% de cemento y 2 kg/cm² de presión al compactar) y para el suelo Tipo 2 del 98%.
- El suelo Tipo 2 (arcilla) respondió con los tres parámetros analizados de mejor manera que el suelo Tipo 1, perdió proporcionalmente menos resistencia al disminuir la cantidad de cemento, aumentó más rápidamente su resistencia al aumentar la presión de compactación y logró llegar a la resistencia de referencia a los 5 Kg/cm² de presión de compactación.

DESARROLLO DEL PROTOTIPO DE PRENSA

Planteada la hipótesis sobre el aumento de presión para obtener mejores cualidades en BTC de suelos tipo arcillosos, surgió el problema de la forma de obtener esas presiones con las máquinas manuales cuyo uso está generalizado. A pesar de realizar una búsqueda de una máquina manual que pudiera tener esta condición, no se pudo encontrar. Esto motivó la necesidad de desarrollar un prototipo con el que pudiera fabricar, de manera ecológica, los bloques supercomprimidos de tierras arcillosas.

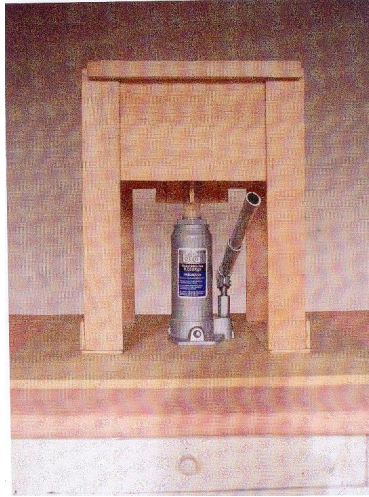


Fig. 2: Maqueta del Prototipo

En principio la diferencia cualitativa con la ya conocida SINVA-RAM, radica en el mecanismo para generar la fuerza que comprime. Mientras que en la SIMVA-RAM se genera mediante un sistema de palanca en el prototipo se lo hace a través de uno hidráulico.

El molde es similar al de la SIVA-RAM, realizando un bloque por vez, pero como la fuerza que genera la presión es independiente de la tapa, se desarrolló un sistema de traba de la misma, ya que al igual que en la SIVA-RAM la fuerza se aplica en la base.

Con esta máquina se podrán obtener, para moldes de 15cmx30cm presiones de hasta 11 kg/cm² y para moldes de 20cmx30cm presiones de hasta 8 kg/m²

CONCLUSIONES

Esta investigación pretendió rescatar a las tierras arcillosas para la fabricación del BTC aún con proporciones de cemento menores a la que habitualmente se usan. Para ello se debía demostrar la recuperación de las cualidades del BTC al disminuir el cemento, aumentando la presión. En esta primera etapa se logró establecer que en referencia a la Resistencia a la Compresión se verifica la hipótesis planteada.

Quedan por trabajar varias cuestiones, unas relacionadas con en esta primera etapa y otras con las variables de absorción de agua y resistencia a la abrasión hídrica, que quedarían para una segunda etapa.

Las cuestiones a trabajar de esta primer etapa serían:

- Ensayar con arcillas de mayor plasticidad a la seleccionada en esta investigación.
- Ensayar con mampuestos realizados con el prototipo de máquina.

Bibliografía

- *ALDERETE, Carlos; MELLACE Rafael. Ensayos Físicos de Suelos y Componentes constructivos de tierra cruda. Publicaciones LEME. Tucumán 1996
- *CONSERJERÍA DE POLÍTICA TERRITORIAL. Manual de Edificación con Tierra Armada. Madrid, 1993
- *DE LA FUENTE LAVALLE, Eduardo. Suelo – Cemento. Sus usos propiedades y aplicaciones. Instituto Mexicano del cemento y del Concreto. 1995
- *ENTEICHE, Augusto. Suelo – Cemento. Su aplicación en la edificación. Centro Interamericano de vivienda y planeamiento. Bogotá 1963
- *INPRES. Reglamento Inpres – Cirsoc 103. Tomo III
- *MCHENRY JR, Paul Graham (1996). Adobe, como construir fácilmente. México: Trillas. 1996
- *MELLACE Rafael; ROTONDARO, Rodolfo. Ensayos de Suelos. Proyecto de componentes constructivos de tierra cruda. Publicaciones LEME. Tucumán 1996
- *MINKE, Gernot. Manual de Construcción para Viviendas Antisísmicas de Tierra. Forschungslabor für Experimentelles Bauen. Universidad de Kassel, Alemania. 2001.
- *TORRENTE; SAGÜES. Estabilización de Suelos. Suelo – Cemento. Editores Técnicos Asociados. Barcelona
- *VARIOS. La Tierra Cruda en la Construcción del hábitat – Memoria seminario 2002 – Facultad de Arquitectura y Urbanismo – Universidad Nacional de Tucumán. Tucumán, 2002
- *VARIOS. Memorias del III Seminario Iberoamericano de Construcción con Tierra. “La tierra cruda en la construcción del habitat”. Universidad Nacional de Tucumán. 2004