

CLASIFICACIÓN Y ESTUDIO EXPERIMENTAL DEL COMPORTAMIENTO DE SUELOS MENDOCINOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE QUINCHAS.

Guadalupe Cuitiño¹; Rodolfo Rotondaro² Alfredo Esteves³; Graciela Maldonado⁴

¹⁻³ Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda (LAHV), (INCIHUSA) CCT – Conicet - Mendoza Tel: 54-261-5244309/4310 Fax: 54-261-5244001. E-mail: gcuitino@mendoza-conicet.gov.ar, aesteves@mendoza-conicet.edu.ar

² Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo – UBA. Teléfono: (+54-11) 4789-6270. E-mail: rotondarq@telecentro.com.ar

⁴⁴ Centro Regional de Desarrollos Tecnológicos para la Construcción, Sismología e Ingeniería Sísmica. (CEREDETEC) Teléfono 0261-4239119 – int. 151-152 E-mail: ngm@frm.utn.edu.ar

RESUMEN: Uno de los materiales con mayor disponibilidad para la construcción es la tierra, sin embargo no existe mucho conocimiento tecnológico sobre el empleo de este material en la construcción con quinchas. Mendoza dispone de una amplia variedad de suelos arcillosos - limosos que los hace aptos para ser empleados en el rubro de la construcción natural con tierra. Para poder utilizar estos suelos se requieren varios ensayos para determinar la textura apropiada de los suelos. Se tomaron cuatro muestras de suelos y se los clasificó según la carta de plasticidad de Casagrande. Luego se ensayaron los suelos a flexión simple y compresión simple y finalmente se los ensayó con distintas proporciones de agregados gruesos para verificar su comportamiento. Concluyéndose que es factible trabajar con un agregado del 5% o del 10% de arena en los primeros casos y en los dos últimos conviene trabajar con un agregado del 5% de arena, además el aumento del agregado de arena a los suelos hace que disminuya la retracción lineal y por ende las fisuras Sin embargo aún falta la etapa final de ensayo que consiste en realizar el agregado de la fibra vegetal y obtener los resultados comparativos de los ensayos.

PALABRAS CLAVES: Muestras de suelo, clasificación de suelos, ensayos de compresión, retracción lineal.

INTRODUCCIÓN

Uno de los materiales con mayor disponibilidad para la construcción es la tierra, sin embargo no existe mucho conocimiento tecnológico sobre el empleo de este material en la construcción con quinchas.

La quincha en el vocabulario quechua, está vinculada al uso de la caña en procedimientos constructivos donde se emplea entrelazada para conformar el esqueleto de los paneles de los muros, los cuales luego serán revocados con una mezcla de barro y fibra vegetal, quedando de esta forma conformado los cerramientos de las viviendas. La quincha es una tecnología antigua de construcción que hoy se puede volver a emplear y sistematizar de modo de lograr una construcción segura y salubre, con acabados equivalentes al revoque con mezcla cementicia y con muy buenas propiedades higrotérmicas (Cuitiño et al; 2009).

En Mendoza se pueden apreciar una gran diversidad de suelos salinos, eólicos arenosos, aluviales y misceláneos. Los suelos con mayor aptitud para la construcción son los que contengan un porcentaje de arcilla, para que trabaje como aglomerante. A partir de esta hipótesis se puede decir que los suelos eólicos y los aluviales son aceptables, debido a que en el primer caso el viento puede acumular materiales de textura gruesa (arenas) o finas (limos y arcillas). En los suelos aluviales el agua de los ríos, arroyos, cauces temporarios, etc. tienen mayor capacidad de transporte que el viento, por lo tanto pueden acumular materiales muy gruesos (gravas y gravillas) y mas finos (arenas, limos y arcillas), éstos constituyen las grandes unidades geomorfológicas de piedemonte de los cordones montañosos y las llanuras o abanicos aluviales de los grandes ríos de Mendoza. En base a estos estudios de textura de los suelos mendocinos, es que podemos concluir que en muchos sectores de la provincia se cuenta con suelos aptos para ser empleados en la construcción con tierra, ayudando en muchos casos a dar una solución habitacional a aquellos que no dispongan de otra opción.

Los suelos para construcciones de quincha deben presentar determinadas características en cuanto a su textura. La presencia de arcillas en las mezclas de barro proporciona cohesión para unificar todos los componentes y evitar que se desmorone la mezcla cuando se produce el secado. La arena cumple la función de darle estructura a la mezcla, si no posee suficiente arena, se producen fisuras por retracción de la arcilla, y la fibra vegetal limita las variaciones de volumen que se producen en la mezcla durante la retracción que ocurre en la etapa de secado, es decir que evita que la superficie del muro se fisure en exceso.

¹ Ingeniera Civil – Becaria CONICET

² Magister Arquitecto – Investigador Independiente CONICET

³ Ingeniero Industrial – Investigador Independiente CONICET

⁴ Doctora en Ingeniera – Directora del CEREDETEC

Clasificación de los suelos:

Es necesario conocer como es cada suelo para poder identificarlos. Los suelos se clasifican de acuerdo a la Norma IRAM 10.509:

- a. **Suelos Granulares:** aquellos en los que el 50% o más de su masa queda retenida en el tamiz IRAM 75 μm .
- b. **Suelos finos:** aquellos en los que el 50% o mas de su masa pasa por el tamiz IRAM 75 μm .

Dentro de los suelos granulares se encuentran las arenas:

a.1. Arena. Son partículas minerales sólidas de tamaño comprendido entre 2mm y 0.02 mm. La arena es la fracción más grande del suelo, compuesta principalmente por granos de cuarzo más o menos meteorizados. La arena no tiene capacidad de agregación, de modo que sus partículas no se unen entre sí y aparecen de manera individualizada. Debido a que una gran proporción de arena en el suelo origina poros numerosos y relativamente grandes. Los principales minerales que constituyen la arena son el cuarzo, los feldspatos, las micas, etc. Son visibles y se pueden observar individualmente. Su principal función es la composición de la matriz del suelo.

Dentro de los suelos finos se hallan los limos y las arcillas:

b.1. Limo son partículas minerales de tamaño comprendido entre 0.02 y 0.002 mm. El limo está constituido por partículas de tamaño mediofino, como el talco. Su composición química es semejante a la de la arena. Al igual que esta, el limo no tiene capacidad de agregación, es decir que no posee cohesión. Sus partículas no forman estructura. No sufren expansión ni contracción.

b.2. Arcilla es la fracción más pequeña. Mientras que la arena y el limo provienen del fraccionamiento físico de la roca, la arcilla proviene de la alteración química del material original. Por lo tanto, se diferencia mineralógicamente de las anteriores fracciones por estar compuesta por minerales originados por la meteorización, que no se encuentran en las rocas sin meteorizar. Las partículas de arcilla tienen capacidad de cohesión y no se comportan como granos individuales en el suelo. Su tamaño es inferior a 2 μm y poseen unas propiedades físicas y químicas especiales.

ANÁLISIS DE LABORATORIO DE LAS MUESTRAS:

Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS, Casagrande):

En el laboratorio de suelos de la Universidad Tecnológica Nacional Regional Mendoza, se determinaron por medio de ensayos normalizados los valores del limite liquido (LL), limite plástico (LP) e índice de plasticidad ($IP = LL - LP$), con estos datos se entró en la carta de plasticidad, Figura N°3, y se clasificaron los suelos. En la Tabla N°1 se pueden observar los valores obtenidos para cada tipo de suelo.

Designación	Limite Líquido	Limite Plástico	Indice de Plasticidad	Descripción
S1	37,52 %	25,48 %	12,04 %	Es un suelo arcilloso de baja plasticidad. CL
S2	31,50 %	20,75 %	10,75 %	Es un suelo arcilloso de baja plasticidad. CL
S3	71,60 %	45,17 %	26,43 %	Es un suelo limoso de alta plasticidad. MH
S4	87,99 %	51,16 %	36,83 %	Es un suelo limoso de alta plasticidad. MH

Tabla N°1: Valores de limite liquido, limite plástico e índice de plasticidad de cada muestra de suelo

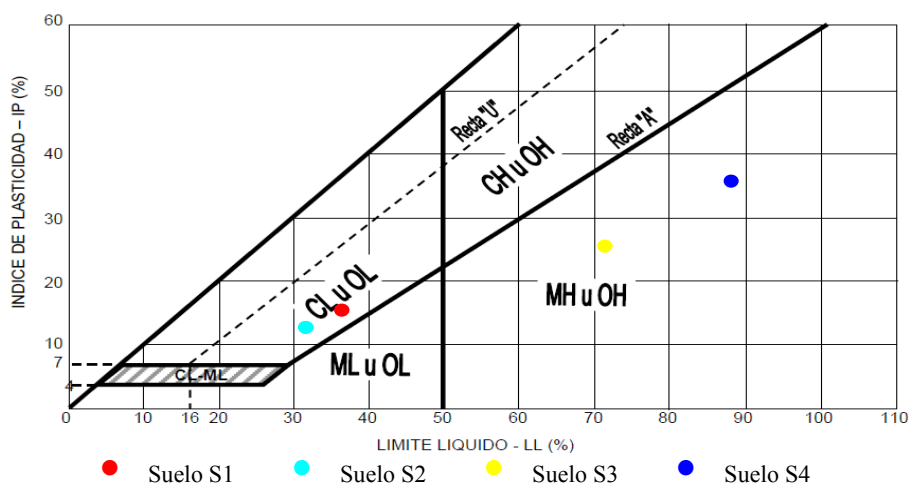


Figura N°3: Carta de plasticidad de suelos de Casagrande

- Los suelos MH son Limos inorgánicos, suelos limosos o arenosos finos micáceos o diatomáceos (ambiente marino, naturaleza orgánica silíceo), suelos elásticos.

- Los suelos CL se agrupan las arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas gravosas, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas magras

Análisis de textura:

A partir de estos datos se pudo determinar que los suelos eran aptos para el fin que proponemos. El siguiente paso fue determinar la textura del suelo, para ello se realizó un ensayo de sedimentación, que consiste en moler un poco de tierra para luego ser colocada en una probeta graduada agregándole un cuarto de la probeta con suelo y el resto de agua, se deja que sedimente y luego se saca las proporciones de cada componente. Durante este proceso primero sedimentarán las arenas que son las que poseen granos más gruesos, luego los limos y las arcillas, en caso de que el suelo posea materia orgánica esta se depositará en la parte superior o quedará en suspensión en el agua. En la Tabla N°2 y Figura N°4, se observan las proporciones de arena, limo y arcilla correspondiente a cada muestra de suelo.

Designación	Volumen Sedimentado	Arcilla	Limo	Arena fina	Textura
S1	100 %	25 %	15 %	60 %	Franco arcillo - arenoso
S2	92 %	10 %	5 %	85 %	Franco arenoso
S3	100 %	25 %	10 %	65 %	Franco arcillo - arenoso
S4	100 %	20 %	10 %	70 %	Franco arcillo - arenoso

Tabla N°2: Valores del ensayo de sedimentación para cada muestra de suelo.

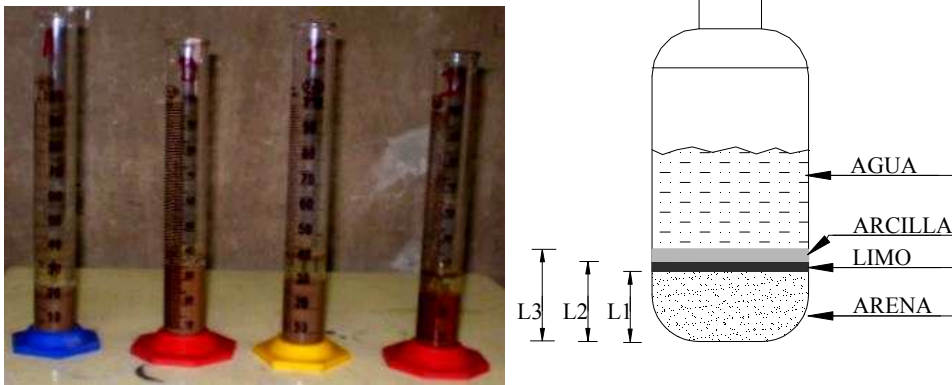


Figura N°4: Ensayo de sedimentación de las muestras de suelo.

RESISTENCIAS A COMPRESION Y FLEXION

Finalizada la etapa de descripción del suelo, se procederá a determinar las mejores proporciones de suelos para trabajar en la quincha y sus resistencias a la flexión y compresión simple.

Para estos ensayos se procedió a armar tres probetas por cada muestra de suelo, en principio se empleó el suelo en su estado natural y luego se fue variando el porcentaje de arena de la mezcla. Para el armado de las probetas se emplea una máquina que puede realizar movimientos verticales para golpear la base del molde y que asiente bien la mezcla, la misma posee un molde de acero que permite fabricar tres probetas simultáneamente de 4cm de ancho, 4cm de alto y 16 cm de largo, Figura N° 6. El armado de las probetas se realizó en dos etapas, primero se llenó, con la mano, el molde hasta la mitad, luego se le dan diez golpes, para simular la presión que una persona haría al colocar el barro en el panel de caña, y luego se llena hasta arriba se le dan diez golpes mas y se deja reposar la probeta para que se seque durante aproximadamente un mes. Una vez seca la probeta se mide la retracción lineal que sufrió durante el secado y se ensayan las probetas en la máquina universal de ensayos a la flexión y a la compresión simple, también se midió el porcentaje de humedad de las probetas al momento de realizar los ensayos. Primero se realizó el ensayo a flexión en las probetas y luego con las mitades de las mismas se las ensayó a compresión. En la Tabla N°3 – 4 - 5 - 6 se aprecian los resultados de estos ensayos, y en la Figura N°5 se puede apreciar que el comportamiento de las probetas de un mismo suelo es muy similar, esto indica que los valores obtenidos a partir de tres probetas representa en forma realista la respuesta de dicho suelo.

Fecha de inicio: 13-11-09 Fecha de finalización: 14-12-09		Suelo S1		
Probeta	Porcentaje de Retracción	Ensayos		Porcentaje de Humedad
		Flexión	Compresión	
1	11,25 %	70 Kg	825 Kg	4,23 %
			875 Kg	
2	11,25 %	55 Kg	950 Kg	4,59 %
			715 Kg	
3	10,63 %	50 Kg	725 Kg	4,13 %
			725 Kg	

Tabla N°3: Resultados del ensayo de la muestra de suelo extraída en Malargüe

Fecha de inicio: 25-11-09 Fecha de finalización: 23-12-09		Suelo S2		
Probeta	Porcentaje de Retracción	Ensayos		Porcentaje de Humedad
		Flexión	Compresión	
1	6,56 %	60 Kg	435 Kg	2,41 %
			410 Kg	
2	6,69 %	70 Kg	465 Kg	2,45 %
			445 Kg	
3	6,75 %	50 Kg	480 Kg	2,41 %
			645 Kg	

Tabla N°4: Resultados del ensayo de la muestra de suelo extraída en Lavelle

Fecha de inicio: 25-11-09 Fecha de finalización: 23-12-09		Suelo S3		
Probeta	Porcentaje de Retracción	Ensayos		Porcentaje de Humedad
		Flexión	Compresión	
1	12,5 %	75 Kg	980 Kg	6,23%
			1130 Kg	
2	12,5 %	80 Kg	680 Kg	6,23%
			915 Kg	
3	12,5 %	90 Kg	945 Kg	6,00%
			680 Kg	

Tabla N°5: Resultados del ensayo de la muestra de suelo extraída en Salto de las Rosas

Fecha de inicio: 29-12-09 Fecha de finalización: 01-01-10		Suelo S4		
Probeta	Porcentaje de Retracción	Ensayos		Porcentaje de Humedad
		Flexión	Compresión	
1	17,18 %	45 Kg	1080 Kg	9,23 %
			910 Kg	
2	17,18 %	55 Kg	785 Kg	9,48 %
			930 Kg	
3	17,18 %	55 Kg	805 Kg	9,33 %
			795 Kg	

Tabla N°6: Resultados del ensayo de la muestra de suelo extraída en Villa 25 de Mayo

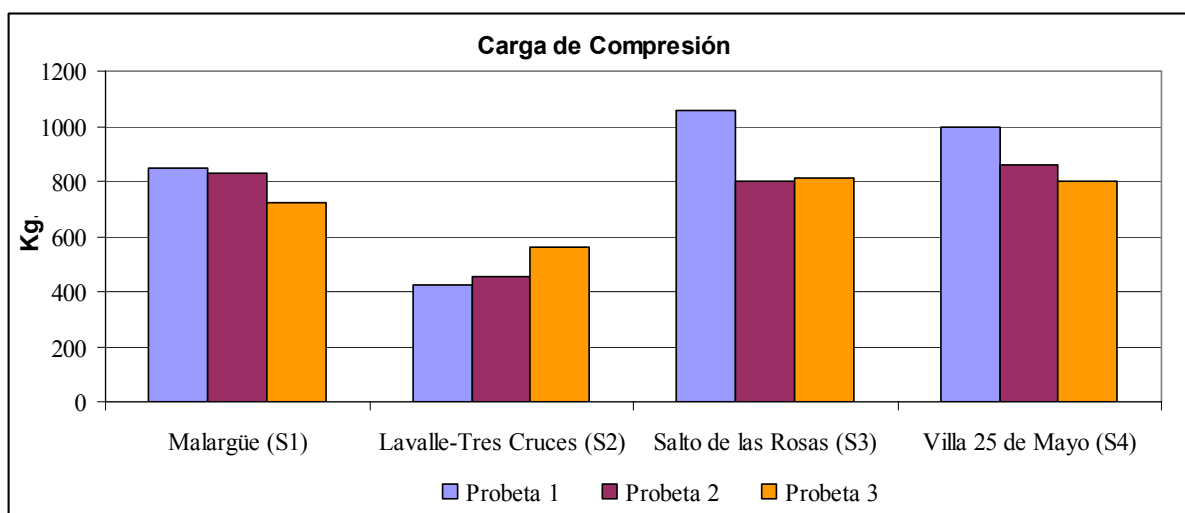


Figura N°5: Comportamiento de las probetas de suelos a la compresión.

En las siguientes fotos se puede observar algunos de los ensayos realizados en el Laboratorio de Suelos y en el Laboratorio de ensayo de Materiales de la UTN – Facultad Regional Mendoza.

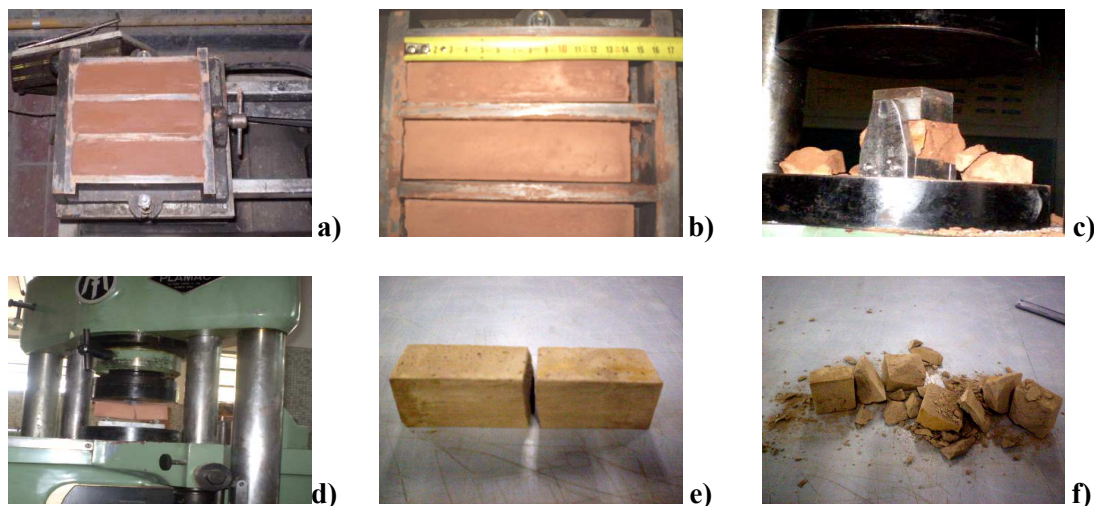


Figura N°6: a) Armado de probetas, b) Medición de la retracción de las probetas, c) Ensayo de compresión, d) Maquina de ensayo a compresión de las probetas, e) Probeta del suelo S2 ensayada a la flexión, f) Estado de la probeta luego del ensayo a compresión.

A partir de los datos obtenidos en el ensayo de sedimentación se procedió a aumentar el porcentaje de arena en la mezcla de los suelos, primero un 5% y luego un 10%. Después de armar las probetas con la misma metodología anterior se procedió a ensayarlas a la flexión y a la compresión, los datos obtenidos se muestran en las Tablas N° 7 – 8, respectivamente.

Para el agregado de la arena se empleó la siguiente ecuación donde se deben cumplir ambas condiciones (Saroza et al, 2008):

$$P_0 * \frac{X}{100} + Y = R_0$$

$$X + Y = 100$$

Donde:

P_0 = Porcentaje de arena del suelo original en la mezcla, dato que obtuvimos en el ensayo de sedimentación.

X = Porcentaje de suelo original en la nueva mezcla.

Y = Porcentaje de arena añadida en la nueva mezcla.

R_0 = Porcentaje de arena en la nueva mezcla, dato que deseamos saber.

Una vez que se definen las nuevas proporciones de cada suelo y de arena agregada, se procede a armar las nuevas probetas y luego de dejarlas secar aproximadamente un mes se las ensaya.

ENSAYO DE FLEXIÓN + 5% de arena agregada					
Designación	Probeta	Malargüe (S1)	Lavalle-Tres Cruces (S2)	Salto de las Rosas (S3)	Villa 25 de Mayo (S4)
Carga [Kg]	1	50	35	70	65
	2	40	40	65	70
	3	40	50	80	65
Tensión de rotura [Kg/cm ²]	1	14,81	8,85	24,49	22,74
	2	11,85	10,11	22,74	24,49
	3	11,85	12,64	27,99	22,74
ENSAYO DE COMPRESIÓN + 5% de arena agregada					
Designación	Probeta	Malargüe (S1)	Lavalle-Tres Cruces (S2)	Salto de las Rosas (S3)	Villa 25 de Mayo (S4)
Carga [Kg]	1	657,5	445	1080	1135
	2	582,5	437,5	1142,5	1075
	3	625	442,5	1135	1025
Tensión de carga [Kg/cm ²]	1	48,03	29,25	88,16	92,65
	2	42,55	28,76	93,26	87,75
	3	45,65	29,09	92,65	83,67

Tabla N°7: Datos obtenidos del ensayo a flexión y a compresión de cada muestra de suelo con el agregado de un 5% más de arena.

ENSAYO DE FLEXIÓN + 10% de arena agregada					
Designación	Probeta	Malargüe (S1)	Lavalle-Tres Cruces (S2)	Salto de las Rosas (S3)	Villa 25 de Mayo (S4)
Carga [Kg]	1	35	35	80	65
	2	55	20	20	50
	3	0	35	10	75
Tensión de carga [Kg/cm ²]	1	10,36	9,57	27,99	22,74
	2	16,29	5,47	7,00	17,49
	3	0	9,57	3,50	26,24
ENSAYO DE COMPRESIÓN + 10% de arena agregada					
Designación	Probeta	Malargüe (S1)	Lavalle-Tres Cruces (S2)	Salto de las Rosas (S3)	Villa 25 de Mayo (S4)
Carga [Kg]	1	680	340	862,5	895
	2	527,5	350	880	955
	3	555	320	690	935
Tensión de carga [Kg/cm ²]	1	49,67	23,54	70,41	73,06
	2	38,53	23,24	71,83	77,96
	3	40,54	22,16	56,32	76,32

Tabla N°7: Datos obtenidos del ensayo a flexión y a compresión de cada muestra de suelo con el agregado de un 10% más de arena.

En la Figura N°7, se puede apreciar el comportamiento comparativo de los suelos de acuerdo a las diferentes texturas, observándose que en los suelos S1 y S2 van disminuyendo su capacidad de carga a medida que aumenta el porcentaje de arena y en el caso de los suelos S3 y S4 tienen mejor comportamiento a la compresión cuando tienen un 5% de agregado de arena.

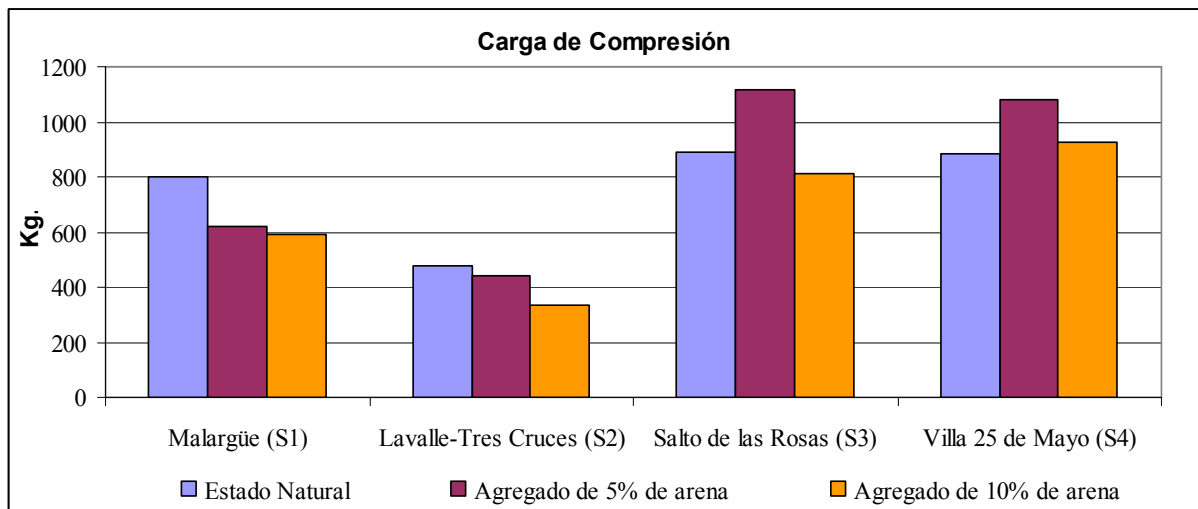


Figura N°7: Comportamiento comparativo de los suelos respecto de las diferentes texturas.

RETRACCIÓN LINEAL

En todos los ensayos realizados se ha medido en las probetas, pasado el periodo de secado, cuál fue la retracción lineal sufrida, la misma se puede apreciar en la Tabla N° 8 y Figura N°8, donde se observa que a medida que aumenta el agregado de arena la retracción lineal disminuye, esto significa que a menor retracción lineal se producirán menos fisuras en el panel de caña, lo cual es algo deseable, porque estos paneles son los que servirán de cerramiento de la vivienda.

	% de Retracción -			
	Malargüe	Lavalle-Tres Cruces	Salto de las Rosas	Villa 25 de Mayo
Estado Natural del suelo	11.04%	6.67%	12.50%	17.18%
Agregado del 5% de arena	9.37%	3.75%	8.81%	13.75%
Agregado del 10% de arena	7.81%	3.75%	7.50%	11.87%

Tabla N°8: Datos de porcentajes de retracción lineal de las probetas de suelo.

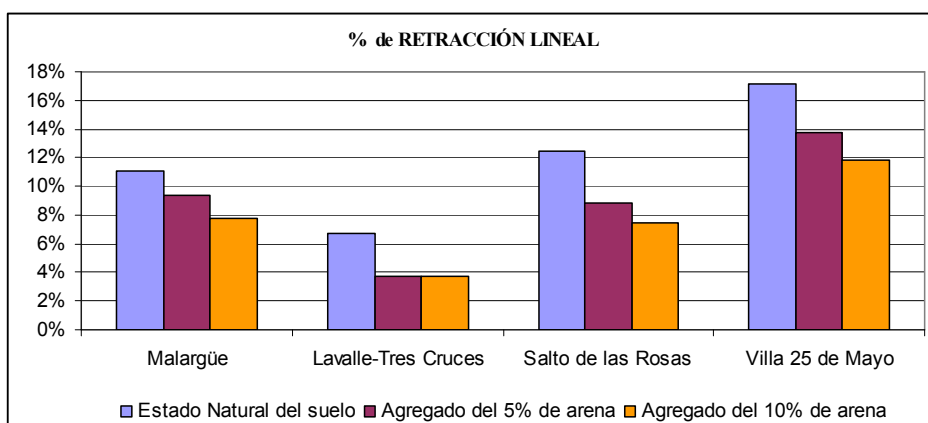


Figura N°8: Retracción lineal para las diferentes texturas de suelos.

CONCLUSIONES Y ENSAYOS FUTUROS

Los suelos de Mendoza presentan una textura aceptable para ser utilizados en las construcciones de quincha, debido a que el porcentaje de arcillas presentes es suficiente para poder cohesionar toda la mezcla de barro. Sin embargo el suelo en su estado natural no sirve para ser empleado directamente en la construcción, por ello se le debe agregar un cierto porcentaje de arena.

En base a los ensayos realizados concluimos que cada suelo es diferente y requiere de distintos agregados, respecto de la resistencia a la compresión en los primeros dos casos se puede trabajar con los suelos con un agregado del 5% o del 10% de arena y en los dos últimos conviene trabajar con un agregado del 5% de arena. Sin embargo como se dijo en un principio la arena sirve para dar estructura a la mezcla y evitar que se fisure durante el proceso de secado. Si analizamos el comportamiento respecto de la retracción lineal se puede concluir que a medida que aumenta el porcentaje de agregado de arena la retracción lineal disminuye y por ende también disminuyen las fisuras al momento de trabajar el barro en los paneles de los cerramientos de la vivienda. Por lo tanto se puede decir que en esta etapa del trabajo es mejor trabajar con un mayor porcentaje de arena para evitar las fisuras, sin embargo es necesario completar la etapa de ensayos con el agregado de fibras vegetales para observar como es el comportamiento y poder sacar conclusiones finales.

Finalmente se concluiría el trabajo analizando el comportamiento de un panel con el revoque de mezcla de suelo que haya dado la mejor respuesta en los ensayos de flexión y compresión.

AGRADECIMIENTOS:

Quiero agradecer la colaboración y predisposición durante toda esta etapa de ensayos del Ing. Adrián Fantinel, Ing. Ignacio Maldonado, Lic. Rubén Galucci, Ing. Marcos Oropel, Ing. Sergio Acosta, Ing. Jonathan Cueto y Tec. Fernando Buenanueva.

REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

- Atlas de suelos de la Republica Argentina. Secretaria de Agricultura, ganadería y pesca. Proyecto PNUD ARG. 85/019. Tomo II. Pag. 71 – 106.
- Cuitiño G; Esteves A; Rotondaro R; Maldonado G. 2009-b. Análisis económico comparativo de soluciones habitacionales alternativas con quincha respecto de las construcciones tradicionales. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente (Vol. 13. Argentina. ISSN 0329-5184).
- Proterra. 2003. Técnicas mixtas de construcción con tierra. PROYECTO XIV. Tecnologías de Construcción con Tierra HABYTED Subprograma XIV. Tecnología para Viviendas de Interés Social.
- Minke, G. 2005. Manual de construcción para viviendas antisísmicas de tierra. Forschungslabor für Experimentelles Bauen Universidad de Kassel, Alemania.
- Saroza B., Rodríguez M. A., Menéndez J. M., Barroso I. J. 2008. Estudio de la resistencia a compresión simple del adobe elaborado con suelos procedentes de Crescencio Valdés, Villa Clara, Cuba. Informes de la Construcción. Vol. 60, 511,41-47, ISSN: 0020-0883 e ISSN: 1988-3234.
- Subsecretaría de Medio Ambiente de Mendoza, Argentina. www.doadu.mendoza.gov.ar/.../mapas/m_suelos.htm

SUMMARY: One of the materials with greater availability for the construction is earth, nevertheless doesn't exist much knowhow on the use of this material in the construction with quinchas. Mendoza has an wide variety of clayey and silty soils that makes apt to be used in natural construction with earth. In order to be able to use these grounds several tests are required to determine the appropriate texture of grounds. Four samples of soils were taken and it classified them according to the letter of plasticity of Casagrande. Soon the soils were practiced to simple flexion and simple compression and finally practiced them with different proportions from heavy aggregates to verify its behavior. Concluding that is feasible to work with an aggregate of 5% or of 10% of sand in the first cases and both last agrees to work with an aggregate of 5% of sand, in addition the increase of the aggregate to sand in grounds causes that it diminishes the linear retraction and therefore the fissures Nevertheless still lacking the final stage of test that consists of realising the aggregate of the vegetal fiber and obtaining the comparative results of the tests.

KEY WORDS: Earth samples, earth classification, tests of compression, linear retraction.