PROPUESTA DE APLICACIÓN DE SUELO ESTABILIZADO CON TANINO EN COMPONENTES DE VIVIENDAS

Viviana E Fabre, Marcela B. Bizzotto, Jirina C. Tirner

Instituto de Estabilidad – Facultad de Ingeniería – U.N.N.E.
Av. Las Heras Nº 727 – C.P. 3500 – Resistencia – Chaco – República Argentina
T.E. (03722) 425064 – 420076 vfabre@ing.unne.edu.ar

Palabras claves: suelo estabilizado, tanino, componentes de viviendas

RESUMEN

Ante resultados obtenidos a partir de investigaciones referentes a la estabilización de suelos con tanino con una aplicación vial, se pensó en ampliar el ámbito de transferencia en la búsqueda de una propuesta al problema de la vivienda en la zona del noreste argentino. Se ha desarrollado un tratamiento de estabilización de suelos con una resina compuesta por alguno de los productos derivados del proceso de industrialización del tanino de quebracho colorado al que se le adiciona un catalizador y agua. Se trabajó con suelos con y sin contenido de materia orgánica, apreciándose mejores resultados en los últimos. La concentración de tanino en las resinas utilizadas fue variable, como también el porcentaje de resina en referencia al peso seco del suelo empleado en las mezclas preparadas. Se ha verificado sobre especímenes de suelo natural y suelo tratado con distintas concentraciones de resina un notable aumento en la resistencia mecánica de los mismos por medio de ensayos de compresión simple y triaxial. Se comprobó una excelente reacción de baldosas de suelo estabilizado en contraste con las de suelo natural ensayadas al goteo. Se realizaron también ensayos de inmersión en probetas moldeadas por Método Harvard con resultados promisorios. Todas estas verificaciones han alentado al grupo de trabajo al desarrollo de distintos elementos de construcción con el fin de presentar una alternativa en la búsqueda de soluciones al tema que nos ocupa, en zonas poco pobladas o zonas periféricas de ciudades utilizando suelo del lugar, una resina de fácil preparación y proponiendo la participación de mano de obra local sin especialización.

1. ANTECEDENTES

Este trabajo se basa en la recopilación de experiencias de laboratorio y de campo realizadas por el equipo de investigación del Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Facultad de Ingeniería de la U.N.N.E. sita en la ciudad de Resistencia, capital de la provincia del Chaco, al noreste de la República Argentina.

La tarea de investigación iniciada en el año 1997 bajo la dirección del Ing. Héctor Roque Di Rado, tuvo su origen en la observación de una fuerte pendiente de terreno ubicada en el lugar de evacuación de residuos del proceso de industrialización del tanino de Quebracho Colorado Chaqueño, en la localidad de Puerto Tirol distante a 12 km de la ciudad de Resistencia. Esta pendiente abrupta permanecía perfectamente estable a pesar del tipo de terreno que la constituía y en evidente contraposición al terreno natural. Esta situación indujo a pensar que el suelo había variado sus parámetros de resistencia después de entrar en contacto con aquellos elementos.

A partir de esa evaluación, se han desarrollado tareas de laboratorio y de campo estudiando el fenómeno de estabilización con tanino de diversos tipos de suelos, orgánicos e inorgánicos, y variando algunos de los elementos componentes del complejo estabilizante que en todos los casos incluía un derivado del proceso de industrialización del quebracho colorado, conocido como tanino. En un principio, el propósito principal estuvo orientado al uso del suelo tratado con tanino para ser aplicado en proyectos viales materializando mejoras en el comportamiento mecánico e hidráulico y en su capacidad de respuesta ante los agentes atmosféricos. Todos los resultados a los que se arribó fueron altamente satisfactorios e indujeron a ampliar el ámbito de transferencia en la búsqueda de una

propuesta al problema de la vivienda en la zona del noreste argentino.

Debe aclararse que sobre finales del año 2006 el INPI (Instituto Nacional de la Propiedad Industrial) otorgó a nuestra Universidad, por primera vez en sus casi cincuenta años de historia, la titularidad de una Patente de Invención con el título “Procedimiento para la estabilización de suelos naturales y composición de aplicación en el mismo”, como corolario a los trámites iniciados por el equipo de investigación de este laboratorio varios años antes.

En esta etapa de las tareas de investigación el objetivo principal del proyecto es la utilización de suelos de la zona estabilizados con tanino como material constituyente de elementos de construcción. Podríamos citar, en estas instancias, ladrillos, bloques, baldosas, tejuelas y otros. Esto se plantea como respuesta a la necesidad de resolver problemas frecuentes en países en vías de desarrollo y que tienen relación con la vivienda, los emplazamientos poblacionales de bajos recursos agrupados en las inmediaciones de centros poblados y el uso de recursos locales, englobando en estos últimos tanto los recursos naturales como la mano de obra.

2. MATERIALES UTILIZADOS

2.1. Suelo natural

En el transcurso de las investigaciones llevadas a cabo, se estudiaron varios tipos de suelos. En una primera etapa se emplearon suelos inorgánicos; luego se hicieron verificaciones en suelos con alto contenido de materia orgánica con el objeto de apreciar la diferencia en la respuesta del suelo estabilizado, si la hubiera.

Suelos inorgánicos

En la tabla 1 pueden observarse las características de dos de las muestras de suelo inorgánico ensayadas denominadas Tipo I (Di Rado y otros, 1998) y Tipo II (Di Rado y otros, 2001).

Tabla 1 – Características de los suelos inorgánicos empleados en los ensayos

Material	Pasa # 200	LL	LP	IP	LC	Materia orgánica	Clasificación SUCS	Clasificación HRB
Tipo I	98%	94,4	26,6	67,8	14,6	-	CH	A-7-6 (78)
Tipo II	91%	42,6	18,8	23,4	-	-	CL	A-7-6 (22)

Suelos orgánicos

En este caso, para los primeros ensayos realizados, se empleó un suelo denominado Tipo III (Di Rado y otros, 1998) cuyas características se detallan en la tabla 2.

Para los ensayos más recientes, se empleó suelo extraído de la superficie de un solar ubicado en Villa Don Santiago de la Ciudad de Resistencia, denominado SON: Suelo Orgánico Natural. (Di Rado y otros, 2002) incluido en la tabla 2.

Para no afectar los resultados de los ensayos debido a la presencia de materia orgánica, se utilizó la estufa de secado a una temperatura de 60º C en todas las determinaciones, según el criterio explicado en el Manual of Soil Laboratory Testing (Head, 1986).

Tabla 2 – Características de los suelos orgánicos empleados en los ensayos

Material	Pasa # 200	LL	LP	IP	LC	Materia orgánica	Clasificación SUCS	Clasificación HRB
Tipo III	91%	47,7	34,0	13,7	-	15%	OL	A-7-5 (16)
SON	92%	61,8	34,5	27,3	30,3	7,5%	OH	A-7-5 (31)

2.2. Resina estabilizante

El complejo estabilizante se constituyó con un derivado del tanino, un aldehído y agua.

Tanino

Es oportuno aclarar que se han realizado pruebas con distintos productos (Di Rado y otros, 2002):

Extracto natural de quebracho colorado: obtenido por difusión en agua caliente del aserrín en la etapa final de producción; llega al Laboratorio desde la fábrica en forma de líquido viscoso. Es secado a 60ºC hasta que alcanza el estado sólido y luego se procede a molerlo y tamizarlo por el tamiz Nº 40. A las mezclas de suelo natural con estabilizante constituido por este derivado del tanino se las denomina SONPEN (Suelo Orgánico Natural + Polvo del Extracto Natural).

Tupafin: producto final de la fabricación del tanino. Es utilizado en el estado en que fue provisto por la fábrica, es decir, como polvo de granulometría muy fina logrado por un proceso de atomización. A estas mezclas se las denomina SONTUP.

QS: resina natural 100% tanino vegetal. Su presentación en grumos de gran tamaño hace necesario su paso por el molino de bolas. Estas mezclas se conocen como SONQS.

Aldehído

Se adoptó el formol analítico como reactivo. Es una solución acuosa de aldheído fórmico o formaldehído con las siguientes características (Conant y Blatt, 1989):

Formol 40 % Formaldehyde 40 w.p. Densidad 1,097 P.M. 30,03

Definición de las resinas

Una vez definidos los materiales constituyentes de la resina se experimentó utilizando distintas proporciones de tanino y formol en la constitución del estabilizante.

En la tabla 3 se observa la participación de cada componente en función de su peso molecular (mol), de su masa (N) y de su porcentaje interviniente (%). La secuencia definida en la primer columna sigue la disminución del contenido de tanino (R4 > R3 > R2 > R1 > R5 > R6 > R7).

Tabla 3 – Composición de las resinas

Resinas	Componentes		
	Tanino (T) Formol (F) (mol) (mol)	Tanino (T) Formol (F) (N) (N)	Tanino (T) Formol (F) (%) (%)
R4	4 T + 1 F	6,165 + 0,294	95,4 + 4,6
R3	3 T + 1 F	4,624 + 0,294	94,0 + 6,0
R2	2 T + 1 F	3,082 + 0,294	91,3 + 8,7
R1	1 T + 1 F	1,541 + 0,294	84,0 + 16,0
R5	1 T + 2 F	1,541 + 0,588	72,4 + 27,6
R6	1 T + 3 F	1,541 + 0,883	63,6 + 36,4
R7	1 T + 4 F	1,541 + 1,177	56,7 + 43,3

En un principio se incorporó al suelo natural la resina en diferentes proporciones respecto del peso de suelo seco de la muestra (5%, 10%, 15% y 20%), denominándose al estabilizante como **EiRj**, donde **i** indica el porcentaje variable de 5% a 20% de resina incorporada, y **j** señala el subíndice correspondiente a la resina según la concentración de tanino de la misma (1 a 7). De este modo se definieron 28 resinas estabilizantes, las que fueron probadas en distintos tipos de suelo. En todos los casos los resultados obtenidos fueron satisfactorios, al principio verificando modificaciones en la respuesta mecánica de los especímenes ensayados, luego el comportamiento hidráulico de los mismos. Luego de diversas evaluaciones, que incluyeron análisis mecánicos, hidráulicos, de trabajabilidad,

económicos, etc., se optó por seguir las experiencias con el complejo estabilizante E10R7 adicionado al suelo natural.

Preparación de las resinas

El proceso de preparación de las resinas y su posterior incorporación al suelo natural fue variando a lo largo del tiempo. Durante la primera etapa de la investigación se preparó la mezcla de tanino + formol + agua (esta última según necesidad) y se incorporó al suelo de acuerdo a la proporción elegida. Trabajar de esta manera significaba atender constantemente la variable tiempo, debido a que la resina comienza a reaccionar ni bien sus componentes entran en contacto con el suelo. Ello se puso de manifiesto en la primera experiencia de campo.

Naturalmente se ha optado por un proceso que permite lograr mejores condiciones de trabajabilidad y de esta manera, mezclas más homogéneas. Actualmente se procede incorporando al suelo los elementos en el siguiente orden:

1º: Tanino en condiciones correspondientes a la resina elegida (PEN, Tupafin, QS) procediendo a un exhaustivo mezclado hasta obtener coloración uniforme en la mezcla.

2º. Agua y formol alcanzando la humedad óptima referida al ensayo de compactación Proctor Standard, repitiendo el mezclado.

En este trabajo se presentarán solamente algunos de los resultados a los que se ha arribado luego de la aplicación en suelo natural de las resinas antes propuestas.

3. ESTUDIOS REALIZADOS EN LABORATORIO

Para la determinación de la resistencia mecánica del suelo natural y la mezcla con tanino, se realizaron ensayos de compresión simple y triaxiales, y para determinar la resistencia a la acción del agua, se efectuaron ensayos de goteo e inmersión.

3.1. Ensayos de compresión simple

Para los ensayos de compresión simple se emplearon suelos Tipo II (inorgánico) y SON (orgánico), de manera de comprobar el comportamiento de ambos tipos de suelos.

Las probetas se moldearon con el método de compactación Harvard (Jiménez Salas y otros, 1984), con una energía semejante a la del Proctor Standard. Luego se guardaron en cámaras cerradas para que cumplan su período de curado sin variar su humedad (figura 1). Una vez cumplido el período establecido de curado (7, 14, 21 o 28 DC, donde DC indica días de curado), las probetas fueron ensayadas a compresión simple.

Figura 1 – Curado de probetas

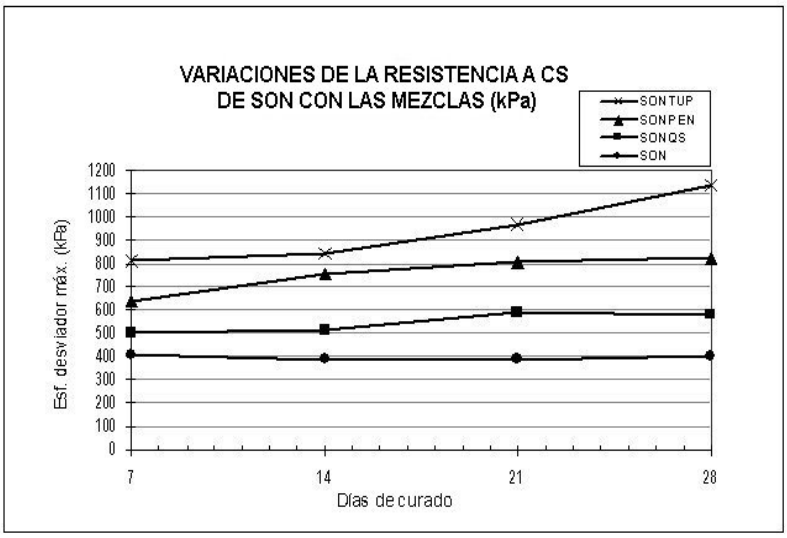


Figura 2 – Resistencia a la compresión simple en función de los días de curado

A manera de ejemplo, en la figura 2 se representa el esfuerzo desviador alcanzado en el suelo natural SON y en los preparados SONQS, SONPEN y SONTUP en función del tiempo de curado. El incremento se verifica en todas las mezclas. El orden mencionado indica el grado de respuesta favorable. Además, se observa que el aumento en el esfuerzo desviador está en relación directa al tiempo de curado, alcanzándose los mayores valores para 28 DC (tabla 4).

Tabla 4 – Resistencia a la compresión simple para 28 DC

Esfuerzo desviador máximo – 28 DC (kPa)			
SON	**SONQS**	**SONPEN**	**SONTUP**
404	500	810	1120

3.2. Ensayos triaxiales

Se prepararon las probetas para realizar el ensayo triaxial siguiendo el método de compactación Harvard, con la humedad óptima previamente hallada para esta energía aplicada (figura 3).

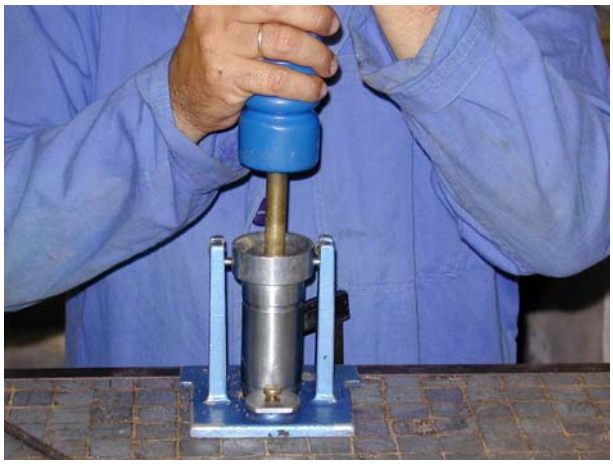


Figura 3 – Moldeo de probetas

Se efectuó el curado de cada testigo de acuerdo al período adoptado.

Se procedió a realizar los ensayos triaxiales rápidos utilizando tres probetas por cada presión de cámara σ_3 (50, 100, 200 kPa) (figura 4). El promedio de los resultados con cada presión de cámara permitió el trazado de los tres círculos de Mohr, usados para la definición de la correspondiente envolvente o línea de rotura (Figuras 5 a 8).

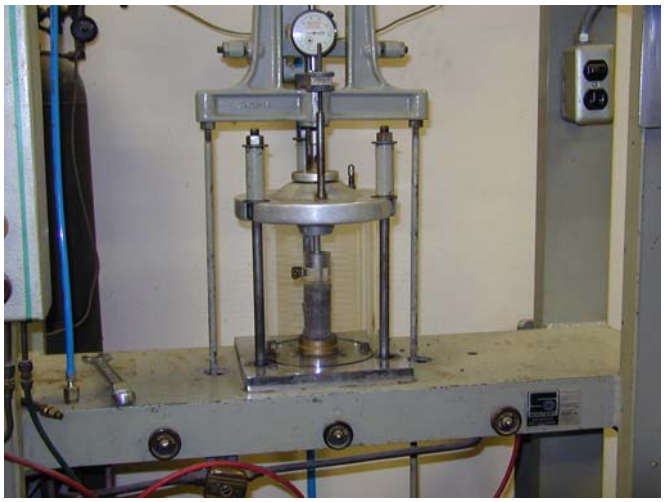
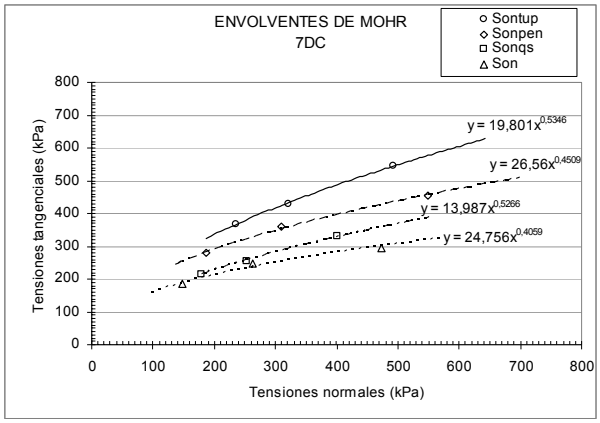
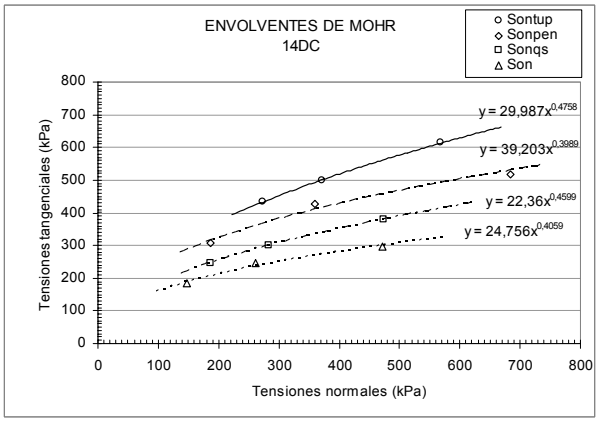
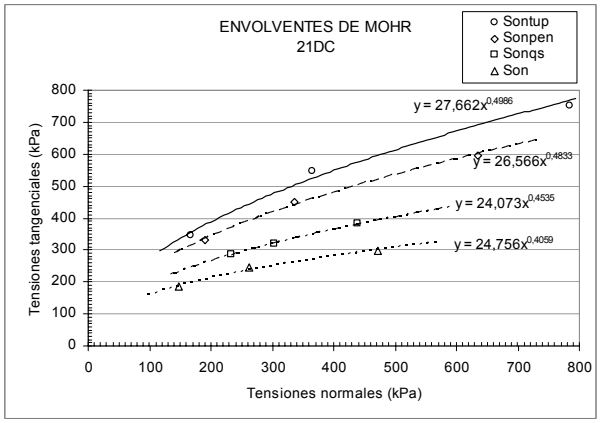


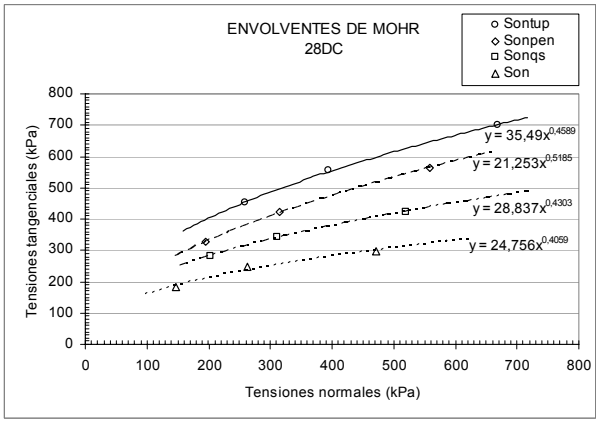
Figura 4 – Ensayo Triaxial





Figuras 5 y 6 – Envolventes de Mohr para las distintas mezclas con 7 y 14 días de curado.





Figuras 7 y 8 – Envolventes de Mohr para las distintas mezclas con 21 y 28 días de curado.

En todos los casos estudiados se puede observar la mejora mecánica del suelo natural a partir del agregado de cualquiera de las resinas utilizadas formadas con tanino y formol. El

estabilizado que mejor comportamiento ha mostrado es SONTUP. La menos eficiente ha sido SONQS. Entre ellas se ubica SONPEN, con valores cercanos a SONTUP. Los días de curado creciente permiten lograr mejores resultados en todos los casos, pero son más evidentes para SONPEN y SONTUP. Puede analizarse los resultados leyendo la tabla 5 para el caso de probetas sometidas a 28 DC.

Tabla 5 – Esfuerzo triaxial máximo para 28 DC

Presión de cámara (σ_3) (kPa)	**Tensiones de corte máx. ($\tau_{máx}$) para 28 DC (kPa)**			
	SON	**SONQS**	**SONPEN**	**SONTUP**
50	220	335	435	595
100	265	385	520	670
200	295	435	615	760

3.3. Ensayos de inmersión

Se realizaron pruebas de inmersión en agua, durante varios meses, en muestras de suelo natural SON, y otras tratadas con la resina SONPEN.

De estas últimas, tres se expusieron a siete días de curado y las tres restantes a catorce días de curado. Cumplido cada uno de los períodos de curado citados, las seis probetas fueron sometidas a inmersión en agua en un dispositivo construido ad hoc, consistente en vasos de acrílico con una base interior para sostener la probeta cuando estuviera sumergida en agua. Simultáneamente, las probetas SON también fueron sumergidas en sus correspondientes vasos (figura 9). Completa el equipo una bomba de vacío y un aspirador adecuado para extraer periódicamente el agua de inmersión y poder así registrar los diferentes aumentos de pesos de cada probeta.

Finalmente, para controlar la capacidad de resistencia de las probetas SONPEN luego del proceso de inmersión, se las ensayó a compresión inconfinada.

Las probetas SON se vieron notablemente afectadas por el agua: en las primeras dos horas se evidenciaron claros signos de alteración de sus formas. Dichas alteraciones, fisuras y desmoronamientos parciales, fueron en continuo aumento y al cumplirse el tercer día de inmersión, las probetas se desmoronaron completamente.

Figura 9 – Ensayo de Inmersión

Las probetas SONPEN no alteraron su configuración, lo que permitió estudiar la incidencia del tiempo en el fenómeno de absorción. Al comienzo se controlaron las variaciones de peso para cada día transcurrido. Luego se hicieron más espaciadamente hasta cumplir alrededor de 60 días de inmersión. Con los valores obtenidos se construyeron las gráficas Pesos vs

Días de inmersión de las probetas de la serie 7DC y de las de 14DC. Ambas series continuaron sumergidas durante un mes más y luego ensayadas a compresión simple.

La comparación del comportamiento de las probetas SON con las probetas SONPEN en el ensayo de inmersión, permite deducir con certeza la evidente mejoría que produce la estabilización. Los resultados de SON bajo agua están referidos a observaciones visuales. Dada la inestabilidad de las probetas, no pudieron hacerse mediciones. En cambio, para SONPEN, las gráficas obtenidas permiten razonar con fundamentos sobre la capacidad de absorción de agua en el transcurso del tiempo. El trazado de las curvas Peso vs Días de inmersión, permite apreciar una variación creciente de los pesos de cada probeta hasta cumplir alrededor de 30 días sumergida en agua, como se muestra en las Figuras 10 y 11 correspondientes a 7DC y 14DC, respectivamente. Analizando dichas gráficas, puede notarse un ligero mejor comportamiento bajo inmersión de las probetas con mayor grado de curado. De ellas se deduce que la absorción de agua para la serie 7 DC se prolonga hasta los 30 días y para la serie 14 DC se extiende hasta los 25 días, aproximadamente.

En las figuras 10 y 11, se advierte también que la cantidad de agua absorbida para cada serie es muy similar, con cierta tendencia a una menor absorción para la serie con mayor curado.

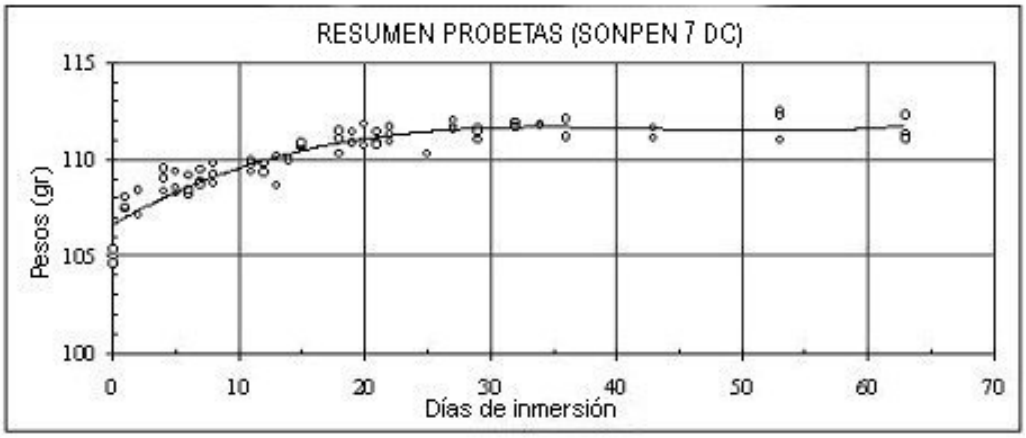


Figura 10 – Peso de las probetas en función de los días de inmersión (7 DC)

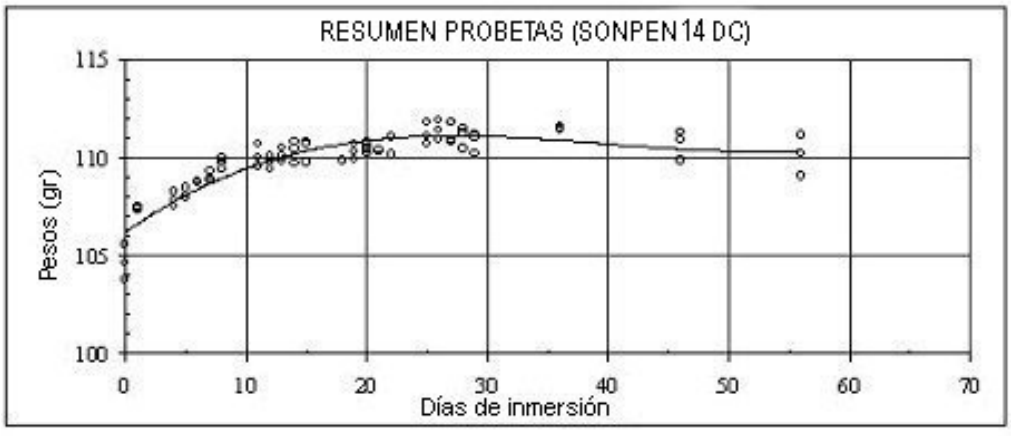


Figura 11 – Peso de las probetas en función de los días de inmersión (14 DC)

Considerando que para el suelo natural sin tratar los resultados promedios hallados han sido:

- Esf. desv.máx.= 404 kPa
- Def. en rotura = 7,10 %

Se puede apreciar una ligera ganancia en la resistencia para 7DC y una ganancia superior para 14DC, también una importante reducción en la deformación, en ambos casos, para el suelo tratado, tal como puede observarse en los gráficos representados en las figuras 12 y 13.

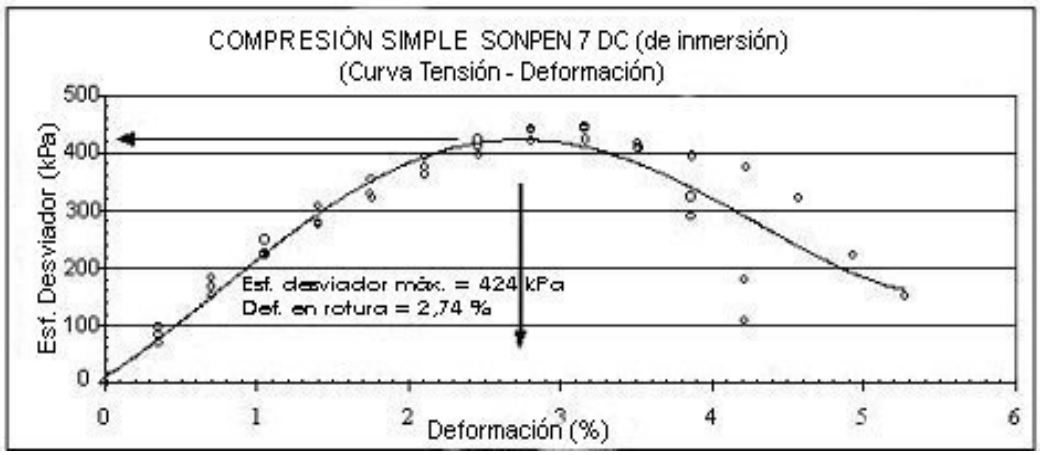


Figura 12 – Resistencia a la compresión simple de probetas sumergidas (7 DC)

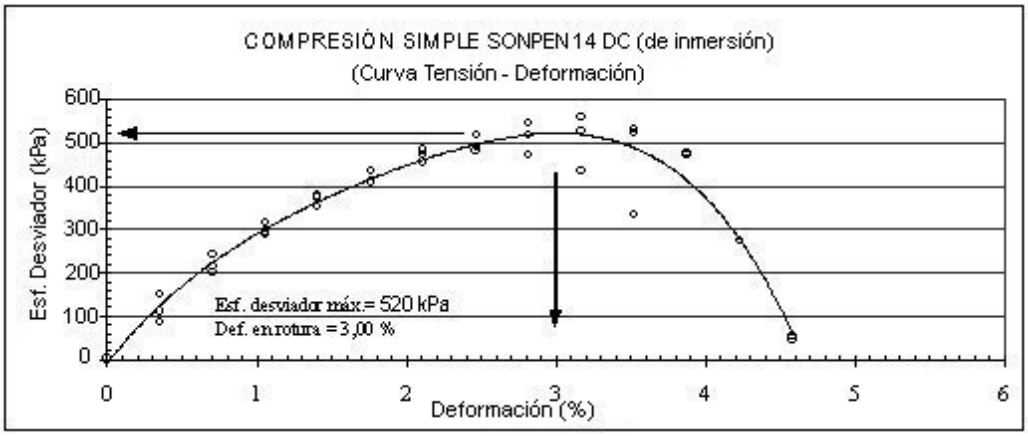


Figura 13 - Resistencia a la compresión simple de probetas sumergidas (14 DC)

3.4. Ensayos de goteo

Se han moldeado baldosas de suelo natural y de suelo tratado con el estabilizante a fin de realizar ensayos de goteo sobre cada una de ellas y evaluar su estabilidad frente a la acción del agua (Di Rado y otros, 2003).

Las mezclas de suelo con estabilizante fueron realizadas según lo establecido en Estabilización de Suelos con Tanino (Di Rado y otros, 2001) para la resina E10R7, en esta oportunidad utilizando el producto denominado PEN.

Las baldosas fueron moldeadas con la humedad óptima predeterminada para el ensayo Proctor Standard trabajando en el compactador mecánico con una capa de suelo que alcanzó una altura final de aproximadamente 20 mm y un diámetro aproximado de 100 mm. Las baldosas de suelo estabilizado fueron curadas 7, 14 y 21 días antes de ser sometidas a goteo.

En el laboratorio se dispuso un recipiente y conductos que dejaran caer desde una altura de 2 m en forma constante, gotas de agua a un ritmo de 50 – 60 por minuto como puede observarse en la figura 14. A partir del inicio del goteo se registraban cada 60 min durante las seis primeras horas y luego a intervalos de tiempo variables: aparición de la huella, diámetro y profundidad de la misma, tiempo de perforación, tiempo de rotura y alteración o no de los bordes de las baldosas.

En el texto Primeros Resultados del Trabajo de Investigación sobre la Tierra como Material de Construcción (Díaz Romeral et al, 1986) a fin de establecer *niveles de comportamiento bajo, medio y alto frente al goteo*, se fijan los siguientes criterios:

- *Rendimiento bajo:* la baldosa sufre una perforación total antes de las cuatro horas.
- *Rendimiento alto:* la perforación total de la baldosa no aparece en 24 horas de ensayo.
- *Rendimiento medio:* situaciones intermedias a los dos casos anteriores

Aceptando estos criterios como válidos y aplicables a nuestro estudio, puede afirmarse que todas las probetas de suelo tratado con 7, 14 y 21 días de curado, responden al ensayo de goteo con un alto rendimiento en contraposición a un rendimiento medio verificado en aquellas probetas conformadas con suelo natural.

Figura 14 – Ensayo de goteo: dispositivo montado en el laboratorio

Figura 15 – Baldosa de suelo natural (final del ensayo)

En todas las probetas de SON, la aparición de la huella se verificó entre la quinta y la octava hora de ensayo (figura 15). Los ensayos de especímenes de SONPEN, se prolongaron hasta seis días pues no se observó la aparición de la huella en ninguna de las baldosas que fueron fabricadas con suelo tratado y curadas antes de ser sometidas a ensayo.

En la publicación mencionada anteriormente, se citan ensayos de suelos naturales, mezclas de suelos y suelos estabilizados con cal o cemento, que tuvieron un tiempo máximo de duración de 24 horas.

4. CONCLUSIONES

- Los resultados alcanzados en los ensayos de Compresión Simple y Compresión Triaxial indicaron una notable mejora en la respuesta mecánica de los suelos estabilizados en relación con los mismos en estado natural.
  Deberá tenerse en cuenta que el producto estabilizador agregado al suelo natural, denominado PEN (Polvo de Extracto Natural), por provenir de la parte inicial del proceso de elaboración del producto final, llamado TUP, tiene la ventaja de un menor costo, ofreciendo un aumento en la resistencia, tanto al esfuerzo triaxial como a la compresión simple, de 100% en promedio considerando 28 DC. En comparación a lo expuesto, deberá recordarse que el producto TUP, utilizado como componente de la resina, resulta en una mejora en la resistencia de la muestra superior al 150%, a igual periodo de curado, pero con una mayor inversión económica.
- El ensayo de inmersión puso de manifiesto una fundamental mejoría en la impermeabilidad del suelo orgánico estabilizado denominado SONPEN, permaneciendo estable su configuración geométrica luego de la acción continua del agua durante un período de varios meses. Además se verificó un aumento de alrededor del 30% en la capacidad de resistencia ante la acción de cargas exteriores, aún en probetas sumergidas durante tres meses.
- Los ensayos de goteo realizados a baldosas conformadas con suelo tratado con estabilizante (SONPEN), permiten inferir que éstas resultan en un comportamiento notablemente estable. Por lo tanto, se decide continuar con éste y otros ensayos que permitan seguir evaluando, desde el punto de vista de la resistencia a la acción del agua y otros agentes atmosféricos, este tipo de elementos de construcción.

BIBLIOGRAFÍA

Conant, J. B. y Blatt, A. H. (1989). Química de los compuestos orgánicos. Editorial Aguilar S. A. de Ediciones. Madrid. España.

Di Rado, H. R.; Fabre, V.; Gustin, A. (2003). Elementos de construcción conformados con suelo – tanino. Su estabilidad frente a fenómenos atmosféricos. Actas de Reunión de Comunicaciones Científicas y Tecnológicas. Secretaría General de Ciencia y Técnica de la UNNE. Resistencia. Argentina.

Di Rado, H. R.; Fabre, V.; Gustin, A. (2003). Estabilización de suelos orgánicos con tanino. Su comportamiento hidráulico en función del tiempo. Actas de Reunión de Comunicaciones Científicas y Tecnológicas. Secretaría General de Ciencia y Técnica de la UNNE. Resistencia. Argentina.

Di Rado, H. R.; Fabre, V.; Gustin, A. (2002). Estabilización de suelos con tanino. Su comportamiento mecánico en función del tiempo. Actas de Reunión de Comunicaciones Científicas y Tecnológicas. Secretaría General de Ciencia y Técnica de la UNNE. Resistencia. Argentina.

Di Rado, H. R.; Fabre, V.; Miño, F. (2001). Estabilización de suelos con tanino. Revista Información Tecnológica (SIN 0716-8756). Vol 12, nº 2. Centro de Información Tecnológica. La Serena. Chile.

Di Rado, H. R.; Fabre, V.; Solari, R. (1998).Estabilización de suelos con tanino. Actas de Reunión de Comunicaciones Científicas y Tecnológicas. Secretaría General de Ciencia y Técnica de la UNNE. Resistencia. Argentina.

Díaz Romeral, J.; Guinea, M. J.; Rohmer, E.; Salas, J. (1986). Primeros resultados del trabajo de

investigación sobre la tierra como material de construcción. Informes de la Construcción. Vol. 37, nº 377. Instituto Eduardo Torroja. Madrid.

Head, K.H.; Manual of Soil Laboratory Testing. (1986) Vol. 1. p.p. 61-66. Pentech Press. Londres.

Jiménez Salas, J. A**.** y otros. (1984). Manual de Laboratorio del Curso de Mecánica del Suelo e Ingeniería de Cimentaciones. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos Canales y Puertos de la Universidad Politécnica de Madrid. Madrid. España.

AUTORAS

Viviana Elizabeth Fabre, Ingeniera Civil (UNNE), Jefa Laboratorio Suelos Facultad de Ingeniería - UNNE. Docente Investigadora Categoría III Programa de Incentivos de la SPU - MECyT. Directora Proyecto Investigación acreditado por Secretaría General de Ciencia y Técnica – UNNE.

Marcela Beatriz Bizzotto, Ingeniera Civil (UNR), Especialista en Ingeniería Estructural (UNNE). Especialista en Docencia Universitaria (UNNE). Docente Investigadora Categoría IV en el Programa de Incentivos de la SPU - MECyT.

Jirina Cecilia Tirner, Ingeniera en Construcciones (UNNE), Auxiliar Docente de la Cátedra Estudio y Ensayo de Materiales Facultad de Ingeniería – UNNE. Integrante equipo de investigación del Laboratorio de Suelos Facultad de Ingeniería – UNNE.