

# **Revista de Geología Aplicada a la Ingeniería y al Ambiente**



**ASAGAI**  
ASOCIACIÓN ARGENTINA  
DE GEOLOGÍA APLICADA  
A LA INGENIERÍA

Córdoba - Argentina



## Nota Técnica

# Estabilización de las subrasantes loésicas utilizando el descarte de piedras ornamentales

## Stabilization of loess subgrades using scraps from ornamental stones of a sawmill

Cruz, María P. ✉ - Martin Schmädke, Italo F.<sup>1</sup> - Arnaudo, Carlos E.<sup>1</sup> - Higa, José J.<sup>1</sup>

Recibido: 24 de octubre de 2014 • Aceptado: 26 de febrero de 2015

### Resumen

*El trabajo consiste en determinar el porcentaje óptimo de la dosificación del descarte proveniente de los telares de los aserraderos de rocas metamórficas e ígneas ornamentales cordobesas, mezclado con, los sedimentos inorgánicos de la planicie loésica erodable de la región mediterránea de la Argentina. Dicha dosificación, a punta a estabilizar química y mecánicamente, las subrasantes no pavimentadas en caminos terciarios con insuficiente bombeo transversal o drenaje lateral de cunetas. Generalmente, son vías de uso estacionales con un tránsito netamente agropecuario y, por ende presentan un escaso a nulo mantenimiento de la superficie de rodamiento; manifestandose, como consecuencia, una disminución paulatina de la resistencia al corte no drenada ( $S_u$ ) como, de la presión soporte ( $CBR_{2,5mm}$ ) en cada intercalación anual de precipitaciones y sequías. Por ende, la estabilización del loess erodable con el porcentaje óptimo del descarte a determinar, logra garantizar un incremento de los valores de  $S_u$  y  $CBR_{2,5mm}$  en las subrasantes no pavimentadas estudiadas; siendo así optimizado el manteamiento de la superficie de rodamiento en al menos un periodo de precipitaciones y sequías.*

*En general los ensayos geotécnicos realizados en el laboratorio de suelos y materiales de Universidad Católica de Córdoba (UCC) que garantizan dichos objetivos, son: contenido de humedad, lavado tamiz N° 200, ensayos granulométricos, límites de Atterberg, doble hidrómetro, superficie específica, proctor estándar, compresión simple y California Bearing Ratio.*

**Palabras Clave:** loess, subrasante, estabilización, descarte de rocas.

### Abstract

*The work consists to determine the optimum dosage rate of the mix composed by the discarding from the looms of metamorphic and igneous ornamental rocks of the Córdoba mountains and the inorganic erodable loess sediments of this mediterranean region of Argentina. Such dosage stabilizes chemically and mechanically the natural subgrade of tertiary road with insufficient lateral transverse pumping. Generally, these roads are stationary use with agricultural traffic and therefore presenting low maintenance of the bearing surface at each annual rainfall period as droughts gradual; manifesting as a result, reduction in shear strength. undrained ( $S_u$ ) as pressure*

<sup>1</sup>. Facultad de Ingeniería, Universidad Católica de Córdoba.

✉ mpcruz@ucc.edu.ar

support (CBR  $_{2,5mm}$ ). The stabilization of erodible loess with the optimal percentage of discarding of scrap stone from ornamental rock ensures an increase in the values of Su and CBR  $_{2,5mm}$  of the natural subgrade of tertiary road.

In general the geotechnical tests performed in the laboratory of materials and soil Catholic University of Córdoba (UCC) are: moisture content, washed sieve N° 200, grain size determination, Atterberg limits, double hydrometer, specific surface area, standard proctor, simple compression and California Bearing Ratio.

**Keywords: chemical - mechanic stabilization, loess, scrap of ornamental stone, subgrade.**

## INTRODUCCIÓN

La red vial de caminos de tierra según Dirección Provincial de Vialidad (DPV), es de 55.900 km en la provincia de Córdoba (Argentina) a septiembre del 2014; constituyendo el 3% de la red vial primaria, el 18% de la red secundaria y el 79% de la red terciaria. Dichos caminos sin pavimentar implican que las capas de rodamiento vehicular la conforman directamente los suelos naturales de la región sin el sustrato orgánico, o sea la subrasante en un paquete estructural vial.

Las subrasantes sin pavimentar del centro-este de la provincia de Córdoba, yacen sobre una planicie de sedimentos finos del tipo loésicos - A4 o A6 según American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO.); manifestando, un variado comportamiento tenso-deformacional ante aumentos del contenido de humedad natural, grado de saturación, tensión de corte, tensión normal media y presión de poros (Zur y Wiseman, 1973). En esta región cuyo clima, tiene características de templado a semiárido y, el ciclo de precipitaciones importantes se manifiesta en la época de primavera-verano; se produce una gran acumulación del agua superficial sobre la misma subrasante y por ende, aparición de baches hasta carcavamientos (o sea subsidencias longitudinales) debido al insuficiente bombeo transversal como al drenaje lateral. Los caminos no pavimentados de subrasantes semisaturadas, quedan casi intransitables para el paso de vehículos pesados con o sin carga, y en muchos casos incluso los livianos. Justamente en esta época del año, es cuando existe un alto flujo vehicular con fines agropecuarios que demanda de un óptimo ciclo productivo de siembra y cosecha; siendo esto inviable en algunos consorcios camineros de la provincia Cordobesa. En contraposición, en la etapa de otoño-invierno (sequía), cuando se deben hacer los mantenimientos mínimos requeridos o sea escarificado con perfilado de cunetas, eliminación de huellas/baches o perfilado de bombeo transversal, no existe el tiempo operativo suficiente para dar respuesta satisfactoria a las demandas de cada consorcio. Por tal motivo, la sequedad ambiental en estos sustratos semisaturados (humedad natural ronda entre 12% y 15%), genera una alta presencia de polvo ambiental al rodar cualquier tipo de vehículo; siendo técnicamente, aminorado su peso unitario seco (1,1 tn/m<sup>3</sup> a 1,2 tn/m<sup>3</sup>) y agotada la resistencia al corte no drenado de estos sedimentos loésicos, o sea aquellos cuyo diámetro de partículas ronda entre 0,060 mm hasta 0,002 mm, de acuerdo con Rinaldi et al. (2011). Cabe recordar que los suelos de la planicie loésica Cordobesa que es objeto de estudio, está ligada a una formación geológica de sedimentos netamente eólicos; siendo muy sensible a subsidencias intergranular ante la presencia de cambio del contenido de humedad (incluso a bajos gradientes hidráulicos).

Por otro lado, el polvo del descarte de piedras ornamentales es un subproducto generado luego de labrar mecánicamente en aserraderos mesadas y pisos (principalmente) desde bloques de rocas cuyo Rock Mass Rating (RMR) varía de 81 a 100 (o sea muy buena calidad) según la escala de Bieniawski del año 1989. Las dimensiones comerciales del bloque en bruto, son de 2 metros por 2 metros (aproximadamente). Dicho polvo responde a un predominio de granos finos con una alta presencia de minerales propios de las rocas ígneas como de metamórficas de las sierras Cordobesas (o sea cuarzo, mica y feldspatos). En general, todos los aserraderos locales tienen casi el mismo proceso de manufacturación de bloque en bruto o sea: aserrar el bloque en telares generando planchuelas delgadas; fraccionar la misma según la geometría de venta final, y por último, pulir/lustrar las caras vistas; siendo generado todos el polvo de descarte sin reutilización en la línea manufacturación hasta el momento.

## METODOLOGÍA Y ANALISIS

La caracterización geotécnicamente de los sedimentos naturales erodables (loess) a estabilizar con el polvo del descarte de rocas ornamentales, implicó la planificación de dos etapas de ensayos en el laboratorio de suelos y materiales de la UCC.

En la primera etapa, se ejecutaron mayoritariamente los ensayos de identificación del loess erodables a estabilizar y luego, minoritariamente en el polvo del descarte de rocas ornamentales; siendo los ensayos realizados: contenido de humedad, lavado tamiz N° 200, ensayos granulométricos por tamices como por sedimentación, límites de Atterberg, doble hidrómetro, superficie específica, proctor estándar y California Bearing Ratio con medición de hinchamiento

En la segunda etapa, se realizó el estudio de la dosificación de mezclas con una baja relación agua/descarte para determinar esta relación óptima; siendo, los porcentajes del descarte estudiados del 10%, 20% y 50% (porcentajes en peso). Complementariamente a esta última etapa, se comparó y analizó para cada dosificación, los resultados de los ensayos de los límites de Atterberg (índice de plasticidad, IP), doble hidrómetro (es ó no es erodable), CBR (presión CBR  $_{2,5mm}$ ) y compresión simple (Su) obtenidos desde probetas remoldeadas compactadas a la humedad óptima ( $\omega_{opt}$ ) como densidad seca máxima ( $\gamma_{ssmax}$ ) de cada ensayo proctor estándar realizado previamente.

En la Tabla 1, se resumen las principales características geotécnicas de los sedimentos naturales erodables (loess) estudiados en la zona del gran Córdoba, del polvo de descarte de rocas ornamentales y por ende, los resultados de las respectivas mezclas al 10%, 20% como 50% (porcentajes en peso) del polvo del descarte con el loess.

Tabla 1. Principales características del suelo, descarte y mezclas analizadas.

Nombre del ensayo	PARÁMETRO RESULTANTE (unidades)	Estabilización química-mecánica vial de:		Mezcla Suelo natural + "x"% descarte (porcentajes en peso); siendo x:		
		Suelo natural	Descarte de piedras ornamentales	10%	20%	50%
	AASHTO :	A4 a A6	-			
Límites de Atterberg	$\omega_{LL}$ (%)	34,6	24,2	24,6	26,4	21,8
	$\omega_{LP}$ (%)	22,4	21,3	21,7	23,2	15,4
	IP (%)	12,2	2,9	2,9	3,2	6,4
Doble hidrómetro	Erodable	Si	No	No	No	No
Gravedad específica	Gs	2,86	2,70	NE	NE	NE
Proctor estándar	$\omega$ óptima (%)	16,3	NE	17,5	17	20
	$\gamma_{ss}$ máx (kg/m <sup>3</sup> )	1700	NE	1680	1680	1570
California Bearing Ratio	CBR <sub>2,5mm</sub> (MPa)	1,00	NE	1,22	0,33**	0,77
Compresión simple*	$S_u$ (MPa)	0,023	NE	0,118	0,116	0,115
	$E_{rotura}$ (MPa)	8,3	NE	9,0	7,4	3,5

Nota

NE: No Ensayado.

\*: Ensayo de compresión simple en probetas saturadas curadas 28 días desde su elaboración.

\*\*: Ensayo inconsistente y descartado.

## CONCLUSIONES

- El porcentaje óptimo del descarte proveniente de los telares de los aserraderos de rocas metamórficas e ígneas ornamentales cordobesas, mezclado con, los sedimentos inorgánicos de la planicie loésicas erodable, es de un 10% (porcentaje en peso).
- La mezcla óptima del loess erodable con el polvo del descarte de los telares de aserraderos de rocas ornamentales, garantiza un aumento de la resistencia al corte no

drenado del 500% como de la presión CBR<sub>2,5mm</sub> ante hinchamientos probables del 22%. Se comprobó que se elimina todo potencial de erodabilidad.

- Por ende, las principales consecuencias viales de utilizar dicha mezcla en subrasantes no pavimentadas erodables son: "eliminar" la vulnerabilidad a la erodabilidad, "eliminar" la cantidad de polvo ambiental como baches/acarcavamientos en la zona de ancho de camino y, "reducir" los costos de mantenimiento/rehabilitación anual.

## TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

INGLES, O. G. Y METCALF, J. B., 1972.

Soil stabilization: principles and practice,  
Vol. VII, pp. 374. Butterworths, Sydney.

RINALDI, V. A.; CRUZ, M. P.; CAPDEVILA, J. A. Y CLARIA J. J., 2011.

Origen y caracterización de la estructuración de un loess pampeano.

Revista Internacional de Desastres Naturales, Accidentes e Infraestructura Civil. ISSN 1936-1483 (on line).

Disponible en <<http://academic.uprm.edu/laccei/index.php/RIDNAIC/article/viewFile/336/347>>, último acceso 21 de octubre de 2014.

ZUR, A. Y WISEMAN, G., 1973.

A Study of Collapse Phenomena of an Undisturbed Loess.

8° International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Vol. 2.2, Session 4/43, pp.265-268. Moscú, URSS.



**ASAGAI**  
ASOCIACIÓN ARGENTINA  
DE GEOLOGÍA APLICADA  
A LA INGENIERÍA

Metodología para la delimitación de las áreas de riesgo hídrico en la Provincia de Santa Fe

*Mastaglia, María Inés - Pusineri, Graciela - Arbué, Alejandra - Pilatti, Miguel Ángel*

Modelo de redes funcionales orientado a pronóstico de crecidas en cursos de llanura del Gran Rosario, Santa Fe, Argentina

*Scuderi, Carlos M. - Riccardi, Gerardo A. - Zimmermann, Erik D. .*

Nota Técnica. Estabilización de las subrasantes loésicas utilizando el descarte de piedras ornamentales

*Cruz, María P. - Martín Schmädke, Italo F. - Arnaudo, Carlos E. - Higa, José J.*

Construcción de vínculos interdisciplinarios e intersectoriales desde las ciencias sociales para el abordaje del riesgo hídrico. Ciudad de Santa Fe

*Córdoba, Anabella - Chialvo, Patricia - Morresi, María del Valle*

Estimación de la lluvia de diseño mediante información multi-satélite de libre disponibilidad

*Catalini, Carlos G. - García, Carlos M. - García, Cesar - Jovanovic, Nebo Z. - Bagan, Richard DH*

Modelo de flujo de agua subterránea en el sector industrial planificado (Tornquist, provincia de Buenos Aires)

*Albouy, René - Lafont, Daniela - Lexow, Claudio - Carrica, Jorge*

Cartografía de susceptibilidad hídrica en el delta del río Paraná

*Sepulcri, M.G. - Flamenco, E.A. - Pizarro, M.J. - Herrera, M.G. - Borus, J. - Giordano L.*

Procesos modeladores en los acantilados de Las Grutas, provincia de Río Negro

*Fucks, Enrique Eduardo - Schnack, Enrique Jorge - Scalise, Armando - Ahrendt, Kai - Vafeidis, Nossos - Sterr, Horst*

Visión crítica por introducción de obras en márgenes y cauce del río Dulce entre las ciudades de Santiago del Estero y La Banda

*Castellano, Juan - Ávila, Edgardo - Zerda, Hugo*

Portada: Vista de las características geomorfológicas del valle en el que se localiza Junín de los Andes, en segundo plano volcán Lanín.

Fotografía: F.X. Pereyra

**Revista de Geología  
Aplicada a la Ingeniería  
y al Ambiente**

