

Granulares para la construcción en Montevideo, Uruguay: ensayos de caracterización expedita y clasificación en función de la fracción fina

M. Musso⁽¹⁾, P.B. Oyhançabal⁽²⁾ y E.M. Goso Aguilar⁽³⁾

(1) Facultad de Ingeniería, Universidad de la República, Montevideo, Uruguay. CP 11300

E-mail: musso@fing.edu.uy

(2) Facultad de Ciencias, Universidad de la República, Iguá 4225 Montevideo, Uruguay. CP 11400

E-mail: oyhantca@fcien.edu.uy

(3) E-mail: hgoso@adinet.com.uy

RESUMEN

Este trabajo presenta la caracterización en función de la fracción fina presente en los materiales granulares (arenas y balastos) usados para obras civiles en Montevideo. La clasificación se realizó usando los sistemas tradicionales SUCS y AASHTO, así como la caracterización mediante los valores de equivalente de arena y de absorción de azul de metileno. Se encontraron diferencias entre los resultados de las caracterizaciones realizadas con los diferentes ensayos. El criterio de Campanac (1981) para la aceptación de las arenas estudiadas es más estricto que las normas americanas. Para los granulares la propuesta francesa tiene dificultades para clasificar los materiales cuando el valor de VB > 1.

Palabras clave: arenas, balasto, caracterización, clasificación, Montevideo

Granulates for construction in Montevideo, Uruguay: handy characterization tests and classification as a function of the fine fraction

ABSTRACT

This work sets out the characterization in function of the fine fraction present in granular materials (sand and ballast) used for civil works in Montevideo. Classification was carried out using the traditional systems SUCS and AASHTO, as also characterization via equivalent values of sand and of blue metiline absorption. Differences were found among the results of characterizations carried out with different tests. The Campanac (1981) criterion –for the acceptance of sands studied— is stricter than American norms. For granules, the French method has difficulties in classifying the materials when the VB value > 1.

Key words: ballast, characterization, classification, Montevideo, sands

Introducción

Los materiales granulares naturales (arenas y áridos) son ampliamente usados en la construcción civil en Uruguay, aunque muchas veces no existen controles y caracterizaciones sistemáticas de las propiedades de la fracción fina presente en esos materiales, fracción que condiciona y limita su uso. La fracción fina de los materiales granulares (limo y arcilla) especialmente la fracción arcilla, es la principal responsable del comportamiento desfavorable desde el punto de vista de la aplicación en la construcción de obras civiles. Son las causantes de roturas en obras de pequeño porte ante la presencia de suelos expansivos y colapsables, así como del aumento de costos y dismi-

nución de resistencia en hormigones hidráulicos y disminución del poder soporte de los materiales usados en bases y terraplenes de caminos.

La caracterización de estos materiales finos es un antiguo problema en geotecnia, donde la solución para identificarlos puede ser más o menos sofisticada y/o empírica. Las técnicas sofisticadas requieren el uso de instrumental costoso, no siempre disponible en los laboratorios geotécnicos, por ejemplo para realizar análisis de Difracción de Rayos X (DRX), Análisis Térmicos Diferenciales (ATD), Microscopio Electrónico de Barrido (MEB), entre otros. Requiere además, personal altamente calificado para realizar e interpretar estos ensayos. Los métodos empíricos usan los límites de Atterberg, los valores de la granu-

lometría y el ensayo de equivalente de arena y son los que se aplican con mayor frecuencia en la clasificación rutinaria de materiales granulares.

A fines de la década del 70' comenzó a utilizarse el método propuesto por Tran Ngoc Lan (1977) basado en la absorción de la molécula de azul de metileno, para medir de forma simple la superficie de las arcillas. Trabajos desarrollados por Tran Ngoc Lan (1981) y Schaeffner (1989) en el Laboratorio Central de Pontes et Choussées en Francia permitió extender este método para clasificar granulares y materiales para terraplenes. Según estos autores este ensayo es rápido de ejecutar, confiable, repetible y no requiere de equipos sofisticados, siendo fácilmente realizable en cualquier laboratorio geotécnico.

Antecedentes

Arenas

En el Uruguay los principales yacimientos de arenas se encuentran en la faja costera del río de La Plata, del Océano Atlántico y asociados a los cursos de agua más importantes (Fig. 1). Se tratan de depósitos de



Fig. 1. Mapa de localización del área de los materiales estudiados
Fig. 1. Locating map of the area of the studied materials

barras litorales, fluviales, y cordones de dunas, de edades Plioceno medio hasta Holoceno.

Los principales yacimientos en explotación se ubican en las cercanías de los centros de consumo: Montevideo y Maldonado destinada al consumo interno, Colonia y Soriano destinada a la exportación hacia Argentina. Se estima que las reservas de arenas son abundantes. No obstante, los problemas ocasionados por la creciente urbanización y por las restricciones de protección ambiental de la faja costera, limitan significativamente el volumen de reservas, teniendo en cuenta que en este recurso influye de manera fundamental el costo del transporte.

El destino principal de este bien mineral es la Industria de la Construcción, siendo utilizado como material granular fino en la mezcla de morteros y hormigones. La evolución del consumo en los últimos años se presenta en la Figura 2.

Marco geológico de los yacimientos

Los recursos de arenas para la construcción en los alrededores de Montevideo se asocian fundamentalmente a los sedimentos de la formación Chuy y en menor medida a depósitos holocenos de la formación Villa Soriano y a Dunas recientes.

La formación Chuy, definida por Goso (1970), está vinculada a episodios transgresivos ocurridos durante el Pleistoceno. Coronel *et al.* (1989) cartografiaron esta formación en el área de Rincón de la Bolsa, (Fig.

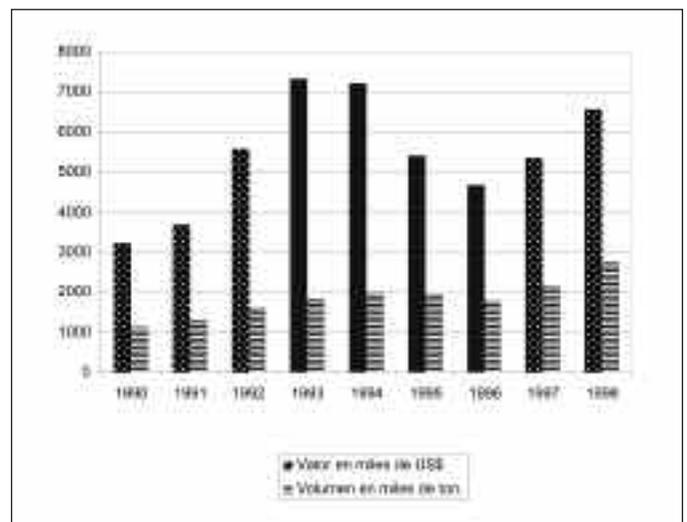


Fig. 2. Producción de arena. Período 1990-1998 (Oyhantçabal *et al.*, 2000)

Fig. 2. Production of sand. 1990-1998 period (Oyhantçabal *et al.*, 2000)

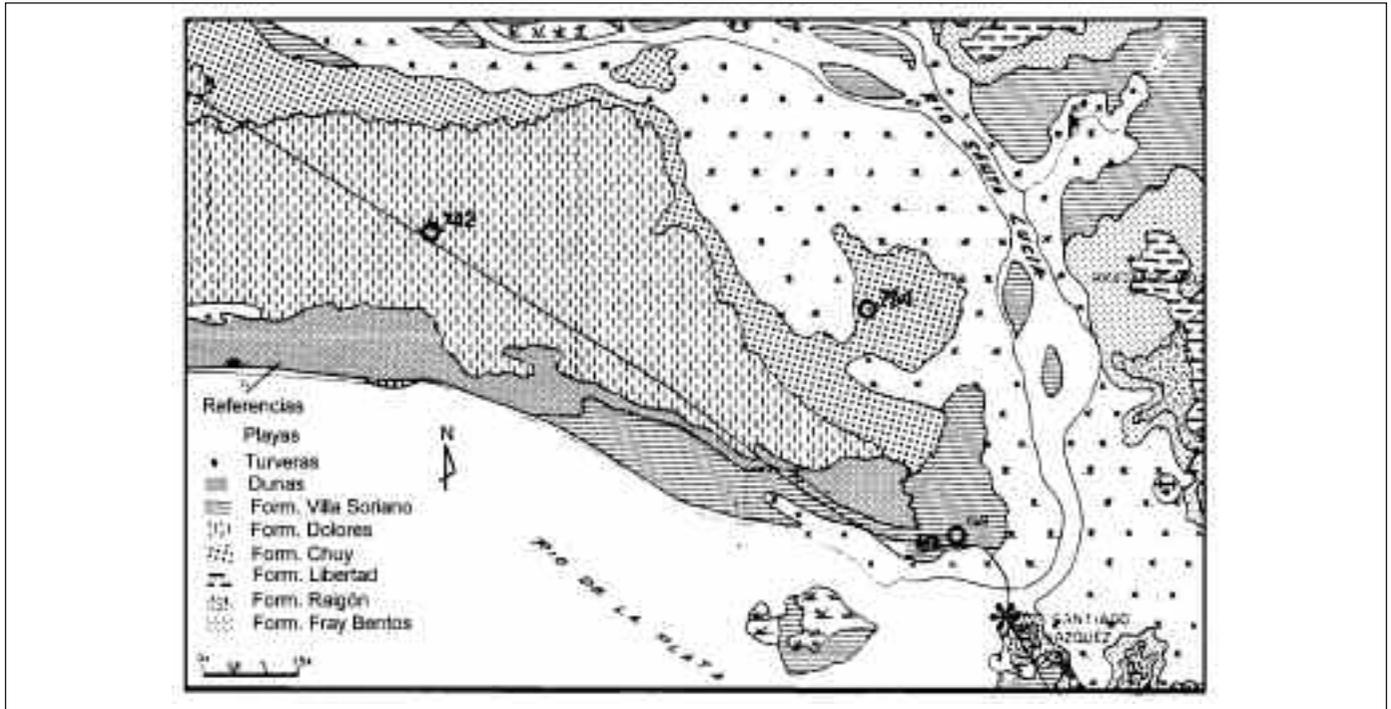


Fig. 3. Localización de las areneras en el mapa carta de Coronel *et al.* (1989)
 Fig. 3. Locating of the sand carriers in the map of Coronel *et al.* (1989)

3), donde se ubican la mayor parte de las areneras que abastecen al Departamento de Montevideo. La formación está representada por sedimentos arenosos que afloran en una terraza en la margen derecha del río Santa Lucía. Estos sedimentos subyacen a la Formación Dolores y se extienden hasta cerca del entalle que ha sufrido la Formación Libertad.

De acuerdo a los estudios de Spoturno y Carrión (1999) la secuencia sedimentaria de esta formación presenta espesores que varían desde 32 m. en el oeste sudoeste a 14 m en el sudeste. La base se apoya en discordancia erosiva sobre la Formación Camacho (Mioceno) en el sudoeste y sobre Formación Fray Bentos (Oligoceno) en el sudeste. El techo está cubierto por sedimentos de la Formación Dolores (Cuaternario).

La estratigrafía encontrada en 3 perforaciones de base a techo es la siguiente:

- 4 a 10 m de arenas blanquecinas a amarillentas, cuarzosas en sucesión grano decreciente, desde gravillas y arenas gruesas hasta arenas finas con matriz arcillosa gris verdosa.
- 6 a 12 m de arcillas y limos-arcillosos de coloración gris verdosa con intercalaciones arenosas finas con matriz arcillosa gris verdosa.
- 6 a 10 m de arenas finas cuarzosas en sucesión grano creciente hasta arenas medias y gruesas

cuarzosas y cuarzo feldespáticas blanco amarillentas.

Esta sucesión estaría indicando un episodio marino transgresivo, cuya máxima profundidad está indicada por la facies pelítica reductora y un episodio regresivo señalado por el episodio arenoso superior. Las explotaciones de arena están emplazadas en el nivel arenoso superior, estando el piso de las canteras constituido por las arcillas y limos arcillosos del nivel medio

La Formación Dolores (Goso, 1970) ocupa terrazas pos-Libertad – Chuy y es erosionada por los sedimentos más jóvenes (Villa Soriano y Recientes). Se trata de depósitos continentales, arcillas y limos arcillo-arenosos cuya potencia no supera los 15 m y constituyen la capa de cobertura (estéril) de los yacimientos de arena.

La Formación Villa Soriano (Goso, 1970), conformada por sedimentos fluviales y litorales, se desarrolla en ambas márgenes del río Santa Lucía, en una terraza inundable de cota +5 m. Pueden reconocerse en ella distintos depósitos:

- arcillas negras y limos arcillosos orgánicos, fosilíferos, con espesores que alcanzan 15 m.
- en las paleocostas, aparecen bancos de arena y grava, de hasta 5 m. de potencia, recubriendo al nivel anterior y arenas medias gruesas y gravi-

llosas. Estos niveles presentan yacimientos con reservas menores a las asociadas a la Formación Chuy. La abundancia de conchillas determina una limitante para su explotación.

A los depósitos recientes y actuales se asocian reservas de arena vinculadas a dunas costeras, aluviones y playas.

La metodología de extracción dominante en las areneras es subacuática, dragándose y bombeándose la arena de un lago conformado por la propia actividad extractiva. El material extraído se pasa por una zaranda, separando los terrones de arcilla y formando acopios de diferentes calidades y granulometrías. En menor medida se extrae arena mediante pala cargadora frontal y retroexcavadora en extracciones subaéreas.

Balasto

En Uruguay se caracteriza como Balasto, a un material granular y natural, que por sus características tecnológicas es apto para su utilización como subbase, base y/o capa de rodadura natural, en la construcción de caminos. La evolución del consumo en los últimos años se recoge en la Figura 4.

Desde el punto de vista geológico, se trata de materiales pétreos que poseen meteorización parcial y que provienen esencialmente de rocas del Basamento Cristalino, de basaltos, y de rocas sedimentarias. Dentro de este conjunto, los balastos de

mayor calidad son aquellos derivados de la alteración parcial de rocas graníticas de composición y textura homogénea. Presentan amplia distribución geográfica en el sur y este del país, son en general de fácil localización, siendo las limitantes principales la calidad y la distancia de transporte.

Las reservas pueden considerarse ilimitadas, salvo en el caso de las áreas cercanas a la capital del país y centros poblados importantes, donde la apertura de este tipo de yacimientos compite con otros usos del suelo (urbanización y producción agrícola intensiva) y determina problemas ambientales.

Marco geológico de los yacimientos

Los balastos y pedregullos lavados que se consumen en la construcción en Montevideo provienen mayoritariamente del Granito de La Paz.

El Granito de la Paz aflora en los alrededores de las ciudades de La Paz y Las Piedras (Fig. 5) desarrollán-

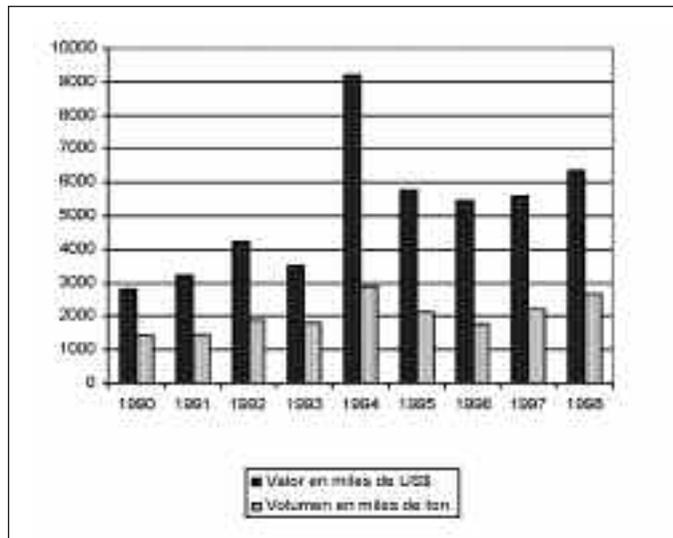


Fig. 4. Producción de balasto. Período 1990-1998 (Oyhantçabal *et al.*, 2000)

Fig. 4. Production of ballast. 1990-1998 period (Oyhantçabal *et al.*, 2000)

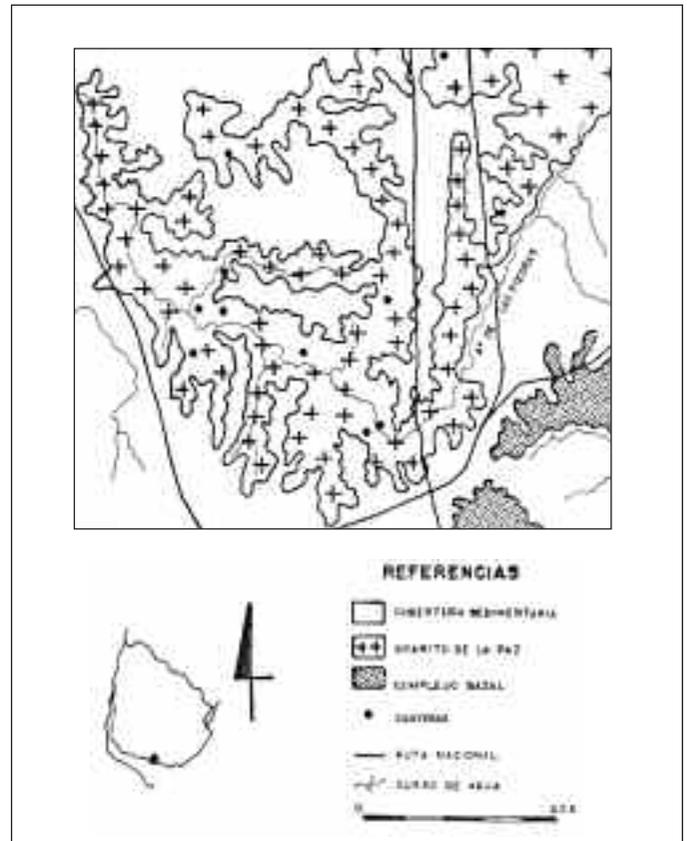


Fig. 5. Mapa de localización de las canteras en el granito de La Paz (Oyhantçabal *et al.*, 1990)

Fig. 5. Locating map of the quarries in the granite of La Paz (Oyhantçabal *et al.*, 1990)

dose en él una importante actividad de cantería para balasto y en forma subordinada para bloques de granito ornamental.

En el sur, el granito es intrusivo en rocas del Complejo Basal (fundamentalmente neises graníticos) y al norte el granito está cubierto por sedimentos.

Mineralógicamente presenta: microclina, plagioclasa, cuarzo, ortosa y los ferromagnesianos son biotita (algo cloritizada) y en menor medida anfíbol. Presenta enclaves máficos biotíticos, de dimensiones centimétricas, y enclaves de pórfido microgranítico, cuyas dimensiones llegan al orden de 1.5-2m. El cuerpo granítico se encuentra recortado por diques aplíticos y pegmatíticos y por diques de microdioritas cuarzosas, diabasas y traquitas. Las características petrográficas, geoquímicas y estructurales permiten caracterizarlo como un granito alcalino, post o sintectónico emplazado a poca profundidad, características que coinciden con las señaladas para el tipo A (Oyhantçabal *et al.* 1990).

La metodología de extracción dominante en las canteras de balasto es mediante pala cargadora frontal y retroexcavadora. El material extraído se comercializa directamente como balasto o se procesa mediante lavado y tamizado para separar diferentes fracciones obteniéndose los productos conocidos como "pedregullo" y "pedregullin". Estos últimos materiales constituyen un sustituto de la piedra triturada de ese tamaño en la mezcla de morteros de menor calidad.

Materiales y métodos

Los materiales estudiados son utilizados principalmente en la industria de la construcción en el área metropolitana de la ciudad de Montevideo. Las arenas analizadas proviene de 3 canteras localizadas en la región de Rincón de la Bolsa y que explotan la Fm. Chuy. Los áridos gruesos (balasto) fueron muestreados en 3 canteras localizadas en el granito de La Paz. Los métodos utilizados para caracterizar y clasificar los materiales fueron las normas ASTM para determinar límites de Atterberg, granulometría de áridos gruesos, ensayo de equivalente de arena (E. A.), sistema unificado de clasificación de suelos y el sistema de clasificación AASHTO. Además se realizó la clasificación usando la técnica de azul de metileno (método de la mancha) usando las recomendaciones de Tourenq y Tran Gnoc Lan (1989) y la clasificación para uso en terraplenes según Schaeffner (1989) y en concretos asfálticos según la recomendación de Campanac (1981).

La técnica de azul de metileno consiste en realizar una titulación, con una concentración conocida de solución, sobre el material de estudio, el cual es seco y pesado previamente. Se adiciona solución y se agita manteniendo en suspensión con auxilio de un agitador magnético. Luego de unos minutos se extrae una gota y se coloca sobre papel de filtro Whatman 42 o similar. Si la mancha no presenta aureola se adiciona solución y se repite el proceso hasta que aparezca una aureola. Se espera unos minutos, se extrae una gota y se coloca de nuevo en el papel de filtro. Si la mancha presenta aureola el ensayo ha culminado anotándose el gasto de solución, si la aureola desapareció se adiciona la mitad de solución que en el paso anterior. Se repite este proceso hasta que la aureola se mantenga en dos extracciones de gota. El valor VB se calcula usando la fórmula

$$VB = \frac{V \times Cs}{10M}$$

V (ml)- volumen gastado de solución, Cs (g/l) concentración de la solución, M masa seca del material (g)

Resultados y análisis

Los resultados obtenidos para cada tipo de material son presentados en las Tablas 1 y 2 para las arenas y los balastos respectivamente

En el caso de las arenas (Fig. 7) se observa que el proceso de lavado asociado a la extracción, produce en la granulometría una disminución del porcentaje de la fracción menor a 74 micras, alcanzando, después de éste proceso, valores máximos de 4 %. Esto se refleja en los valores bajos de VB, menores a 0.5, y además estos materiales se clasifican como no plásticos mediante los límites de Atterberg

Las muestras con porcentaje > 25 % en la fracción que pasa el tamiz 150 micras presentan valores de equivalente de arena menor a 6 %. En esas muestras además se obtuvieron valores de plasticidad bajos, en tanto el resto son no plásticos. Las muestras con valores de E. A. > 75 % presentan valores de VB < 0,5, en tanto las muestras con valores de 75 % < E. A. > 42 % los valores de VB varían de 0,5 a 2,52

Las muestras son clasificadas en el sistema AASHTO como A-3 (arena fina), A-1-b (grava y arena) y A-2-6 (grava y arena limo-arcillosa) siendo todos los materiales excelentes a buenos como subbase, en tanto en el sistema unificado son SP arenas mal graduadas y SC arenas arcillosas

Usando la propuesta de Schaeffner (1989) para la clasificación de materiales para uso en terraplenes,

las muestras corresponden mayoritariamente a B-2 (arenas con finos activos), B-1 (gravas y arenas con finos poco activos), B-5 (gravas y arenas limosas) y B-6 (gravas y arenas arcillosas).

Según la propuesta de Campanac (1981) para uso en concretos asfálticos, dos muestras son rechazadas en función del valor de E. A. < 60 % y del valor de VB > 1, en tanto las otras cumplen las recomendaciones de uso. Según la especificación de la norma AASHTO M 29-95, cinco de las nueve muestras cumplen las especificaciones para ser usadas en mezclas asfálticas, en tanto 2 son rechazadas por no ajustarse a ningún huso granulométrico y dos por tener índice de plasticidad mayor a 4. En dos casos (muestras 4 y 7) el criterio de AASHTO rechaza el material en tanto que la clasificación de Campanac (1981), los acepta.

Se interpreta que esta discrepancia está originada en el caso de la muestra 4 en la mala graduación granulométrica, no tenida en cuenta por el ensayo de E. A.; mientras que en el caso de la muestra 7 se atribuye a la presencia de 13,6% de finos plásticos (IP = 16%) asociados a arcillas poco activas o a un bajo contenido de arcillas activas (VB = 0,52).

Las arenas de las muestras 4, 6 y 10, después del proceso de extracción-lavado, cumplen con las especificaciones de uso para morteros hidráulicos, AASHTO M-45-96. En tanto los materiales correspondientes a las muestras 2, 3, 8 y 9, que no cumplen con las especificaciones granulométricas, sólo podrían usarse si verifican las exigencias de resistencia.

Los balastos (Fig. 8) presentan variaciones en la fracción menor a 74 micras, con valores de 3 a 20 % y

		Cantera 1				Cantera 2		Cantera 3		
		lavada	sucia	lavada	sucia	lavada	sucia	sucia	sucia	lavada
		Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	Muestra 6	Muestra 7	Muestra 8	Muestra 9	Muestra 10
Granulometría										
Abertura (mm)	% Pasa	% Pasa	% Pasa	% Pasa	% Pasa	% Pasa	% Pasa	% Pasa	% Pasa	% Pasa
12,5	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
9,5	100	100	100	100	100	100	99,53	100	100	100
4,75	100	100	99,78	100	99,47	97,04	100	100	100	99,79
2	99,37	98,48	89,5	97,19	92,55	81,67	100	100	100	94,56
0,475	81,54	74,01	5,39	16,45	31,13	26,57	99,64	23,67	48,94	48,94
0,15	9,6	12,34	0,57	14,84	2,2	13,6	30,11	0,18	9,66	9,66
0,075	1,23	4,55	0,28	13,42	0,92	12,84	1,6	0,14	1,94	1,94
Ensayos para caracterizar la fracción fina										
VB	0,35	0,34	0,23	2,52	0,12	0,52	1,04	0,55	0,29	0,29
E. A. (%)	80	78	92	42	89	53	57	65	75	75
Límite Líquido	-	22	-	34	-	34	-	-	-	-
Límite Plástico	nP	nP	nP	19	nP	18	nP	nP	nP	nP
Índice Plástico	nP	nP	nP	15	nP	16	nP	nP	nP	nP
CLASIFICACIÓN										
AASHTO	A-3	A-3	A-1-b	A-2-6	A-1-b	A-2-6	A-3	A-1-b	A-1-b	A-1-b
SUCS	SP	SP	SP	SC	SP	SC	SP	SP	SP	SP
Schaeffner (1989)	B2	B2	B2	B6	B1	B5	B2	B2	B2	B2
Campanac (1981)	Aceptado	Aceptado	Aceptado	Rechazado	Aceptado	Aceptado	Rechazado	Aceptado	Aceptado	Aceptado
AASHTO M 29-95	huso granulométrico	Huso 3	Huso 3	XX	Huso 1	Huso 1, 2, 4	Huso 1	XX	Huso 1, 2, 4	Huso 1, 4
	IP <4	si	si	si	no	si	no	si	Si	si
	Clasificación	Aceptado	Aceptado	Rechazado	Rechazado	Aceptado	Rechazado	Rechazado	Aceptado	Aceptado

XX- muestras no contenidas en ningún huso granulométrico

Tabla 1. Ensayos de caracterización y clasificación de las arenas
Table 1. Sand characterization and classification tests

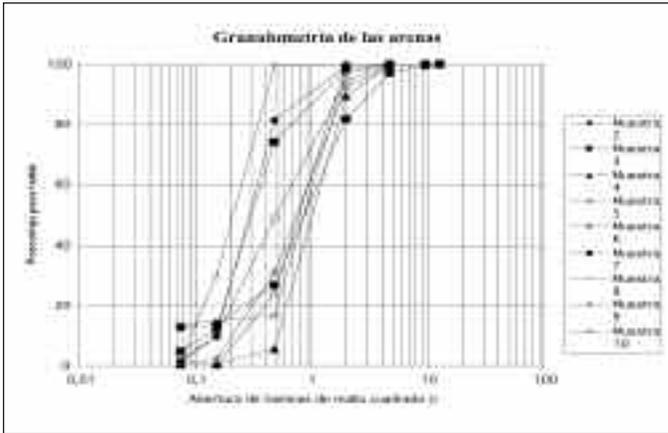


Fig. 6. Curvas granulométricas de las arenas
Fig. 6. Granulometric curves of the sands

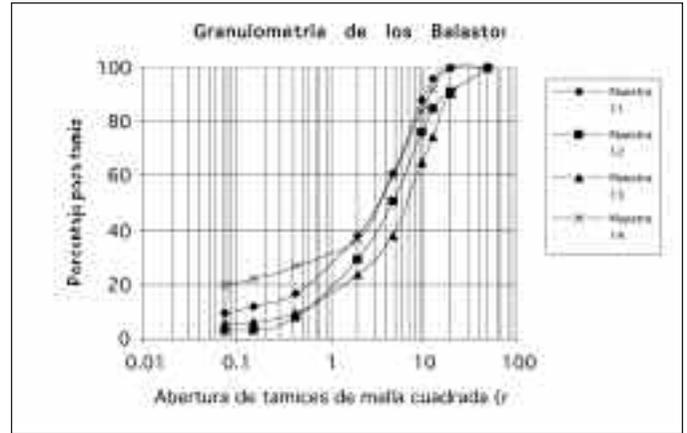


Fig. 7. Curvas granulométricas de los balastos
Fig. 7. Granulometric curves of the ballasts

valores de VB de 1 a 2.7, mostrando tendencia a crecer el valor de VB con el aumento de la fracción fina, aunque el número de muestras no es suficiente como

para generalizar esta observación. Las muestras que presentan valores próximos o mayores a 10 % de fracción fina, mediante los límites de Atterberg son

	Cantera 4	Cantera 5	Cantera 6	
	Muestra 11	Muestra 12	Muestra 13	Muestra 14
Granulometría				
Abertura (mm)	% Pasa	% Pasa	% Pasa	% Pasa
50	100	100	100	100
19	100	91,44	90,82	100
12,5	95,81	85,12	74,72	91,85
9,5	88	76,25	64,74	83,87
4,75	61,38	50,78	38,15	59,97
2	37,77	29,03	23,48	36,27
0,425	16,38	8,31	9,84	26,72
0,15	11,67	3,51	6,49	22,29
0,075	9,77	2,97	5,51	20,11
Ensayos para caracterizar fracción fina				
VB	1,03	1,25	1,74	2,68
E. A. (%)	72	65	50	64
Límite Líquido	33	20	21	37
Límite Plástico	18	nP	nP	20
Índice Plástico	15	nP	nP	17
CLASIFICACIÓN				
AASHTO	A-2-6	A-1-a	A-1-a	A-2-6
SUCS	SP-SC	GP	GW-GM	GC
Schaeffner (1989)	B4	B4	B4	B6
Campanac (1981)	Aceptado*	Aceptado*	Rechazado	Aceptado *

* ver explicación en el texto

Tabla 2. Ensayos de caracterización y clasificación de los balastos
Table 2. Ballast characterization and classification tests

clasificadas como materiales de plasticidad baja, en tanto las otras muestras dieron materiales no plásticos.

Los valores obtenidos en el ensayo de equivalente de arena no muestran relación clara con el porcentaje de la fracción fina ni con los límites de Atterberg. En tanto con el valor de VB cuando éste aumenta existe una tendencia a disminuir el valor de equivalente de arena, pero el número de muestras es insuficiente para generalizar esta observación

Las muestras son clasificadas en el sistema AASHTO como A-1-a, bloques gravas y arenas, y A-2-6, grava y arenas limo-arcillosas; ambos grupos presentan características excelentes a buenas para uso en sub-base. En tanto en el sistema unificado son SP, GP, GW-GM, GC arenas mal graduadas con arcillas y gravas bien a pobremente seleccionadas, limosas y arcillosas.

Según la propuesta de Campanac (1981) para uso en concretos asfálticos, una de las muestras es rechazada en función del valor de equivalente de arena < 60 % y del valor de VB > 1, en tanto las otras serían aceptadas por tener equivalente de arena mayor a 60 %, pero existe la duda de si éstos materiales debieran ser sometidos a otros ensayos dado que los valores de VB son superiores a 1.

Usando la propuesta de Schaeffner (1989) para la clasificación de materiales para uso en terraplenes, las muestras son B-4 gravas arcillosas y B-6 gravas areno arcillosas.

Probablemente esta heterogeneidad en los resultados ocurra porque las canteras están explotando niveles heterogéneos del granito tanto en su composición mineralógica como su granulométrica.

Para uso como agregado en concretos hidráulicos y mezclas asfálticas, desde el punto de vista de la granulometría, no verifican las exigencias como agregados finos ni como agregados gruesos, por presentar granulometrías mayores o menores que exceden las especificaciones respectivas. Por lo tanto para ser usados en concretos o mezclas asfálticas es necesario un proceso que mejore sus características granulométricas.

Conclusiones

El proceso de lavado durante la extracción de las arenas permite disminuir el porcentaje de finos, determinando en la mayoría de los casos materiales aptos para uso como agregados finos en mezclas asfálticas y hormigones hidráulicos.

Las variaciones en los porcentajes de la fracción fina en los balastos generan heterogeneidad en los

valores obtenidos en los otros ensayos de caracterización. Su uso en mezclas asfálticas y hormigones hidráulicos está limitado por los porcentajes altos de finos, los cuales pueden ser eliminados por proceso de lavado.

Los valores obtenidos en el ensayo de equivalente de arena y de absorción de azul de metileno tienen correlaciones diferentes para las arenas y los balastos.

Los resultados de los ensayos de las arenas presentan valores coincidentes, siendo clasificadas de forma semejantes en todos los sistemas. Los balastos cuando clasificados en el SUCS presentan mayores variaciones respecto de las otras clasificaciones.

La mayoría de las arenas son aptas para su utilización en mezclas asfálticas en las dos especificaciones consideradas. Para el caso de los balastos ninguna de las muestras cumple las recomendaciones granulométricas de la AASHTO, en tanto según la propuesta de Campanac (1981) una muestra es rechazada y las otras tres aceptadas. Las discrepancias encontradas pueden deberse a que Campanac (1981) hace mayor énfasis en la actividad de la fracción fina, en tanto AASHTO considera con mayor detalle la graduación granulométrica.

Investigar las características de la fracción fina de los suelos con diferentes métodos permitirá prever y mejorar el conocimiento del comportamiento de los granulares, por lo tanto deben continuarse las investigaciones para establecer los rangos de coincidencias y discordancias entre los diferentes sistemas de clasificación.

Agradecimientos

Al Ingeniero D. Aníbal Buadas del laboratorio de la Dirección Nacional de Vialidad Ministerio de Transporte y Obras Públicas por facilitar las instalaciones y las normas para realizar algunos de los ensayos de éste trabajo, así como por sus valiosas aportaciones.

Referencias

- Coronel, N. Goso, C., y Veroslavsky, G. 1989. Carta Geológica Cerrillos-La Barra. *DINAMIGE-Facultad de Ciencias-Facultad de Agronomía*.
- Campanac, R. 1981. La nocivité des fines argileuses au regard des performances d'un enrobé à chaud. *Bull. Liaison Laboratoires de Pontes et Choussées*, 111, 5-16.
- Goso, H. 1970. El Cuaternario. *Programa de Estudio y Levantamiento de Suelos. MGAP*. Montevideo.
- Oyhantçabal, P., Derregibus, M. y Muzio, R. 1990.

- Contribución al conocimiento petrográfico, geoquímico y estructural del Granito de La Paz. I Congreso Uruguayo de geología, 1, 81-87. Montevideo, Uruguay.
- Oyhantçabal, P., Spoturno, J. y Heimann, A. 2000. Minerales no metálicos rocas industriales y piedras semipreciosas del Uruguay: En: Calvo, B., Maya, M. y Gajardo, A. (eds.), *Rocas y minerales Industriales de Iberoamérica*.
- Schaeffner, M. 1989. Introduction de la valeur de blue de méthylène d'un sol dans la classification des sols de la Recommandation pour les terrassements routier. *Bull. Liaison Laboratoires de Pontes et Choussées*, 160, 9-16.
- Spoturno, J. y Carrión, R. 1999. Geología e importancia geoeconómica de la Formación Chuy (Pleistoceno) en la región sur oriental del Departamento de San José. *Actas de las Primeras Jornadas del Cenozoico en Uruguay. Facultad de Ciencias*. Montevideo.
- Tourenq and Tran Gnoc Lan 1989. Mise en évidence des argiles par l'essai au blue de méthylène: application aux sols, roches et granulants. *Bull. Liaison Laboratoires de Pontes et Choussées* 159, 79-92.
- Tran Ngoc Lan 1977. Un nouvel essai d'identification des sol. L'essai au blue de méthylène. *Bull. Liaison Laboratoires de Pontes et Choussées*, 80, 11-14.
- Tran Ngoc Lan 1981. Utilisation de l'essai au blue de méthylène en terrassement routier. *Bull. Liaison Laboratoires de Pontes et Choussées*, 111, 5-16.

Recibido: Septiembre 2005
Aceptado: Septiembre 2006