

SUELOS DE ALTERACIÓN DE GRANITOS Y CAMINERÍA RURALES OPORTUNIDADES Y DESAFÍOS GEOTÉCNICOS

Marcos Musso ¹; Analía Olivera ²;

Resumo – El uso de suelos producto de la alteración de granitos en camino de bajo volúmen de tránsito (CBVT o caminería rural) es una práctica rutinaria en los municipios del Uruguay. El granito más usado en estas aplicaciones es el Granito La Paz, localizado en el Municipio de Canelones, próximo a la capital del Uruguay. En el Municipio de San José existe un complejo granítico que abarca cerca del diez por ciento del departamento, donde se localizan muchas canteras de materiales para CVBT. Dadas estas condiciones geológicas, la oportunidad de usarlo de forma adecuada se debe basar en el conocimiento de sus propiedades mecánicas, lo que permite tener una fortaleza a la hora de realizar los diseños de proyectos de caminos. Esto permite disminuir las amenazas de falla o deterioro anticipado usando un plan de ensayos rutinario de los suelos. El desafío como geólogos geotécnicos es promover el estudio sistemático de los materiales extraídos de las canteras, de forma de garantizar las propiedades adecuadas para la ejecución de las obras.

Abstract – Weathered granitic soils are used in low-volume road (LVR) is very common practice in Uruguay. La Paz Granite is most used as raw material to this roads and it is in Canelones Municipality, near Montevideo. Other granite used to LVR is Jesus Maria Complex Granite with near of ten percent area in the San José Municipality where a lot of quarry of raw material are located. Geological conditioning factors give the opportunity to know geotechnical properties of raw materials to improve performance of LVR. The strength of knowledge is because if we know how is the properties and we decrease the weakness of our road project. Also the threat of fail will be reduce if a thorough test routine will be execute over the soils. Our challenges as geotechnical geologist is promote in the quarries the systematic test of the raw material to guarantee the adequate properties to build roads.

Palavras-Chave – Granito, propiedades geotécnicas, camino de bajo volumen de tránsito.

¹ Geol, Dr. en Geotecnica, Fac. De Ingenieria, Universidad de la República, Uruguay, I, ,mmusso@fing.edu.uy

² Geól., Fac. De Ingenieria, Universidad de la República, Uruguay

1. INTRODUCCIÓN

En Uruguay la caminería rural o CBVT es mayor al 80% de la red vial del país, en muchos territorios la densidad de caminos es muy alta y son construidos con suelos de alteración provenientes de canteras de diferentes unidades geológicas. Generalmente se eligen zonas graníticas en las regiones donde existen ésta clase de rocas, sino se usan otros suelos con desempeños variables. La geología del Uruguay presenta grandes áreas granito-gneissicas en la región Sur (edad entorno de 2000 m.a.) y en la región Este vinculado al evento panafricano o cintuón Dom Feliciano que compartimos con la región sur de Brasil (Figura 1). En la región sur existe un red vial de CBVT vinculada principalmente a la localización de pequeñas ciudades, la producción lechera y hortifrutícola, que necesita de transporte de estos productos del campo a los centros de consumo e industrialización. Esta clase de red vial secundaria se las denomina caminos de balasto (Figuras 2 y 3).

Las Intendencias (nombre del gobierno en Uruguay similar a los Estados en Brasil) son las responsables del mantenimiento de la red vial secundaria, recibiendo muchas veces aportes del Gobierno Nacional según criterios definidos en el Congreso de Intendentes (órgano que nuclea al ejecutivo de cada Intendencia). En el caso de la Intendencia de San José, ésta debe mantener una red de caminos de 1700 km (Figura 3), con recursos económicos que son insuficientes y con el incremento del tránsito, con mas cargas y con los inconvenientes generados por eventos climáticos extremos que deterioran los CBVT. Parte del desafío es conocer las propiedades de los suelos a utilizar en las obras de forma de garantizar la ejecución según los requisitos del proyecto, para lo cual se debe caracterizar con mayor detalle dado que los suelos residuales de granitos podrían tener variabilidad composicional y de respuesta mecánica.

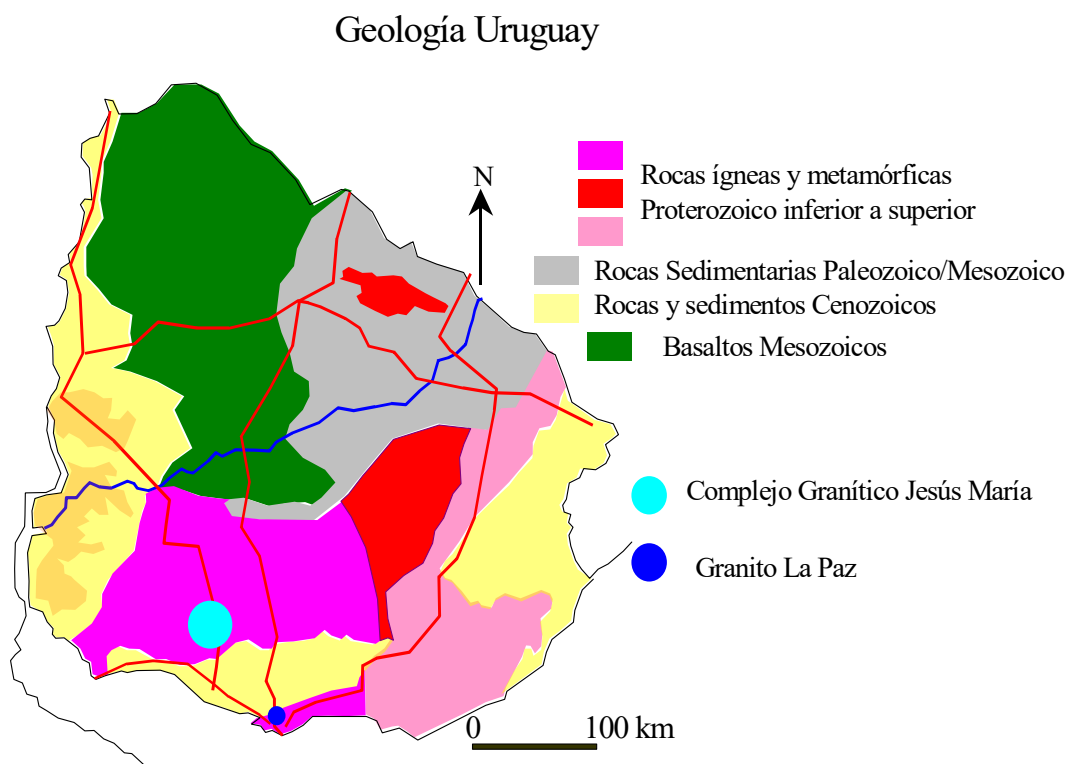


Figura 1. Mapa Geológico del Uruguay simplificado.

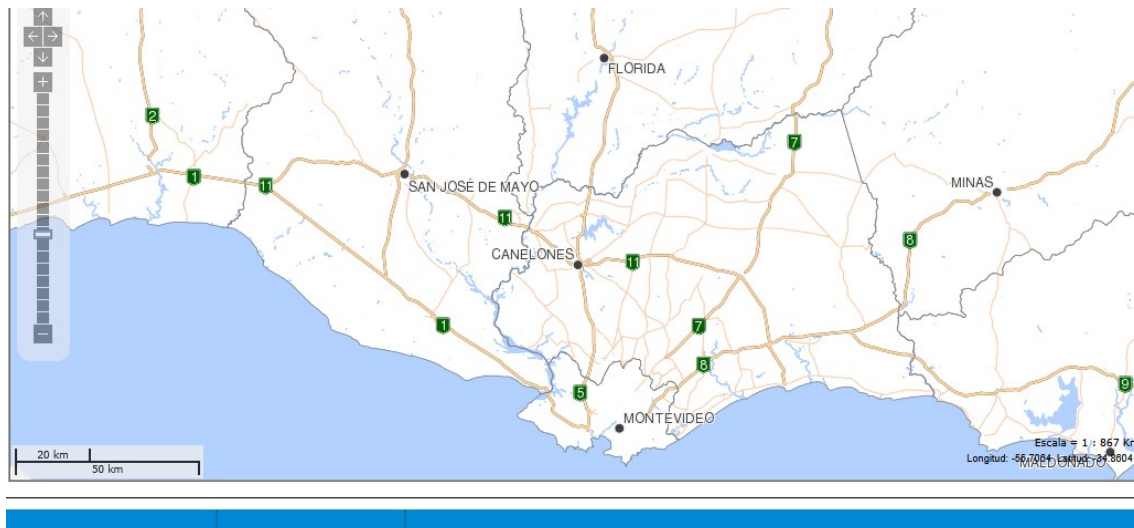


Figura 2. Red vial primaria de la región sur del Uruguay – (<https://visualizador.imcanelones.gub.uy/>..acceso 10-3-2025)

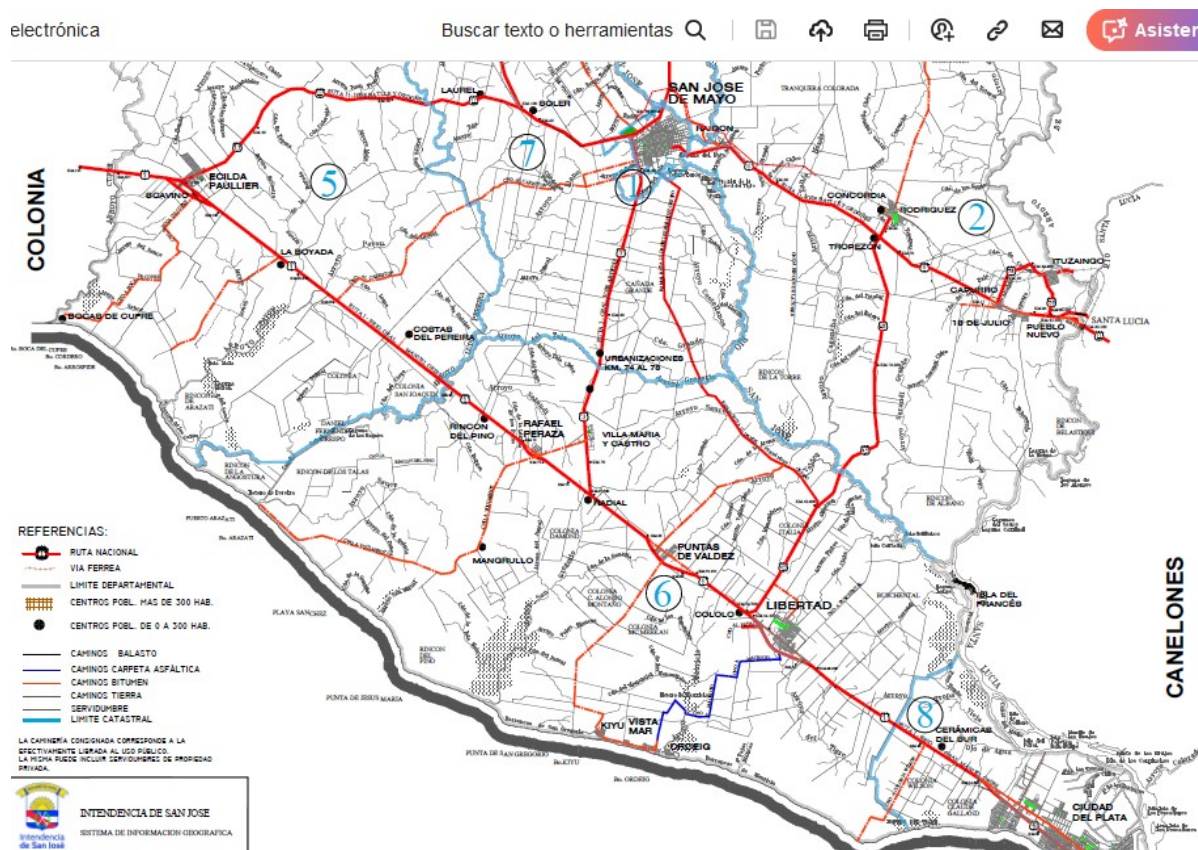


Figura 3. Red vial del sur del Departamento de San José (1700 km aproximadamente, 80 % CBVT de balasto). (<https://sanjose.gub.uy/departamento/ubicacion-geografica/> acceso 4-3-2025)

2. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA ESTUDIADA

2.1. Caracterización y Propiedades de materiales para CBVT

Los suelos estudiados son generados por la alteración de granitos de las zonas de San José y Canelones (Figura 1) usados ampliamente en CBVT. La mayoría de los pliegos de obra

establecen exigencias de bajo contenido de finos (limos y arcillas), índice de plasticidad bajo y valores de CBR > 60% para el 97 % de compactación del Peso Unitario Seco Máximo (PUSM).

2.2. Caracterização geológica

En este artículo se muestran algunas características de dos granitos cuyos suelos residuales son usados como materiales en CBVT. Uno es el Granito La Paz (GLP) localizado en las cercanías de Montevideo y el otro el Complejo Granítico Jesús María (CGJM) en los alrededores de San José de Mayo (Figura 1).

El granito La Paz es un granito alcalino estudiado por Oyhantçabal et al (1990). Tiene dos facies, una porfiroide de megacristales de microclina de 3 a 4 cm con zonación, pertitización y albitización, cuarzo con dos generaciones y biotita como ferromagnesiano principal. Otra facie equigranular esta constituida por ortosa pertítica en cristales de 8 a 10 mm, cuarzo en dos generaciones y biotita como ferromagnesiano principal. En ambos casos la albita es la plagioclasa principal.

El complejo Granítico Jesús María está compuesto por dos facies, con feldespatos alcalinos y biotita como ferromagnesiano. La facie porfiroide son feldespatos de 2 a 2,5 cm. La otra facie es equigranular con tamaños de 0,5 a 1,0 cm (Spoturno et al 2004). En las figuras 4 y 5 se observan frentes de canteras en actividad, donde se obtienen algunos de los suelos estudiados.



Figura 4, 5. Vista de las canteras de Granito La Paz (GLP) y del Complejo Granítico Jesús María (CGJM).

2.3. Caracterización geotécnica

En el granito La Paz, Musso et al (2006) reconocen mayoritariamente suelos con bajo porcentaje de finos (menores a 12 %), dominando los suelos gravillosos variando de bien graduada a mal graduada, gravas areno arcillosas y arenas mal graduadas arcillosas (GP, GC, GW-GM, SP-SC). Musso (2022) analizando otras canteras identifica relaciones similares entre las fracciones grava y arena, con valores medios de 45 % y 50 % respectivamente. Los finos (limo y arcilla) tienen baja plasticidad y mayoritariamente los suelos son gravas bien graduadas o arenas bien graduadas (SW, GW).

Frentes de explotación en ambos granitos fueron analizados identificando y caracterizando los suelos residuales mediante identificación táctil visual siguiendo las recomendaciones de GSEGWPR (1995). Los niveles identificados fueron analizados en laboratorio. Las muestras fueron clasificadas según ASTM D2487, los parámetros de compactación Peso Unitario Seco Máximo (PUSM) y humedad óptima de compactación ($w_{opt.}$) fueron determinados usando ASTM D1557 (energía modificada), y el CBR se realizó usando la norma ASTM D1883.

3. COMPORTAMIENTO GEOTÉCNICO

La granulometría de los suelos de GLP son similares en composición de arena gruesa y grava, con distintos porcentajes de arena media y finos. En cambio los suelos de CGJM son variables en arena y grava, con finos variando ente 5% a 15 % (Figuras 6 y 7). No obstante las clasificaciones en el sistema SUCS son similares, dominando las arenas (Tabla 1). Valores similares se obtienen en PUSM, siendo mayores en GLP y las ω_{opt} son superiores en el CGJM.

Tabla 1 Índices físicos, clasificación, parámetros de compactación y CBR

Suelo	G-Can1	G-Can2	G-Can3	G-SJ15	G-SJ16	G-SJ17
LL	43	38	26			
IP	30	11	NP		NP	NP
SUCS	SM arena limosa	GM grava limosa	SW-SM arena limosa bien graduada	SM arena limosa	SW-SM arena limosa bien graduada	GP-GW grava mal graduada, grava limosa
AASHTO	A-2-7 (0)	A-2-6 (0)	A-1-a (0)	A-2-4 (0)	A-3 (0)	A-1-a (0)
PUSM (KN/m3)	20,9	20,9	21,4	20,3	19,0	20,7
ω_{opt} (%)	7,3	6,0	7,3	9,3	10,0	8,0
CBR (97% PUSM)	55	55	10	32	10	28

LL límite líquido, Límite de plasticidad, SUCS, AASHTO, PUSM Peso Unitario Seco Máximo, ω_{opt} humedad óptima, CBR California Bearing Ratio.

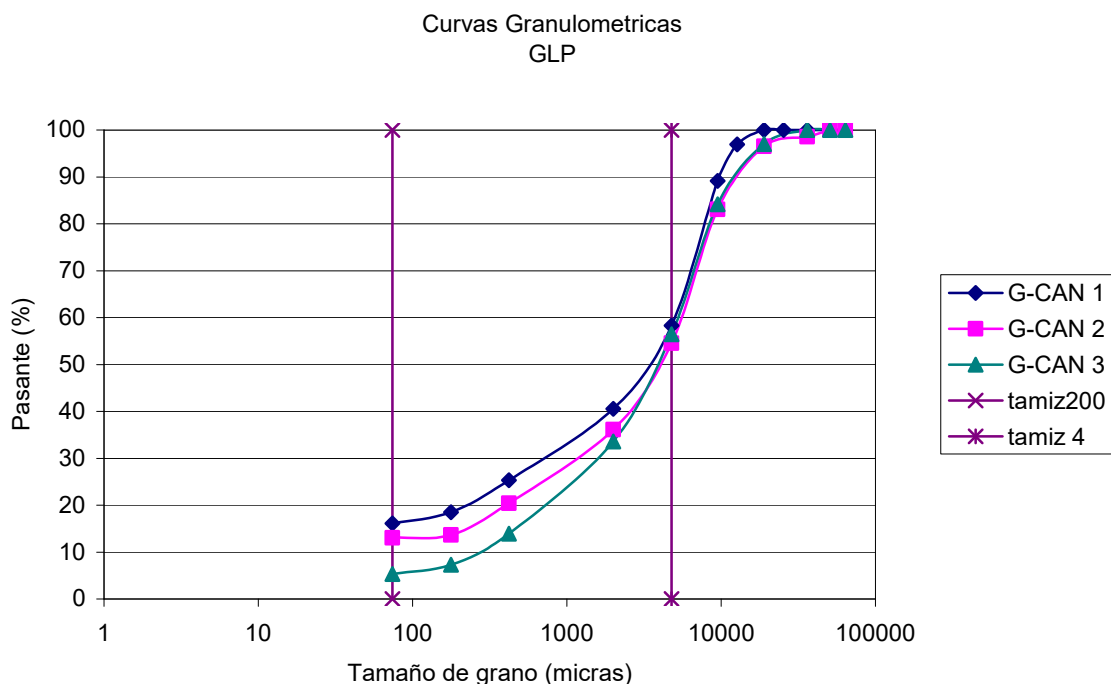


Figura 6. Granulometrías GLP

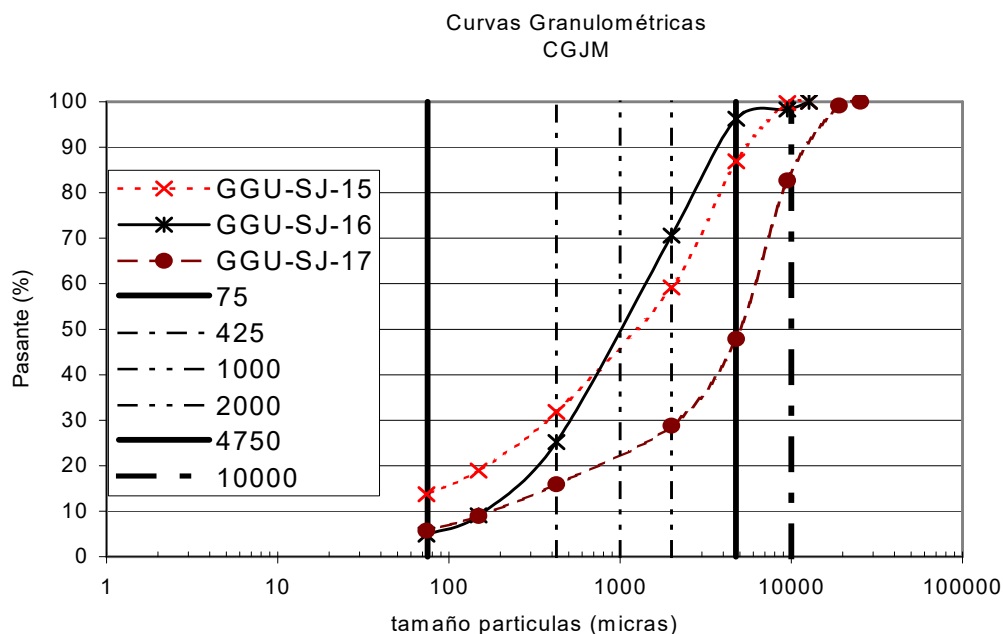


Figura 7. Granulometrías CGJM

En las figuras 8 y 9 se observan los valores de CBR. En el caso del GLP las muestras alcanzan valores de CBR = 55 con el 70 % de grado de compactación, en cambio en el CGJM no superan el valor de CBR = 30.

En el caso de GLP en la misma cantera se pueden observar suelos con diferentes valores de CBR, con valores de CBR=10. Si se aumenta el grado de compactación algunos suelos pueden alcanzar los valores exigidos en obra. Sin embargo los suelos analizados del CGJM no cumplen con los requisitos de valores de CBR exigidos. Ambas situaciones marcan por un lado la variabilidad de las propiedades de los suelos de alteración de los granitos, la necesidad de adaptar los diseños a las propiedades de los materiales analizados así como intensificar los controles de los parámetros utilizados en el diseño cuando se realizan las obras en los caminos de bajo volumen de tránsito.

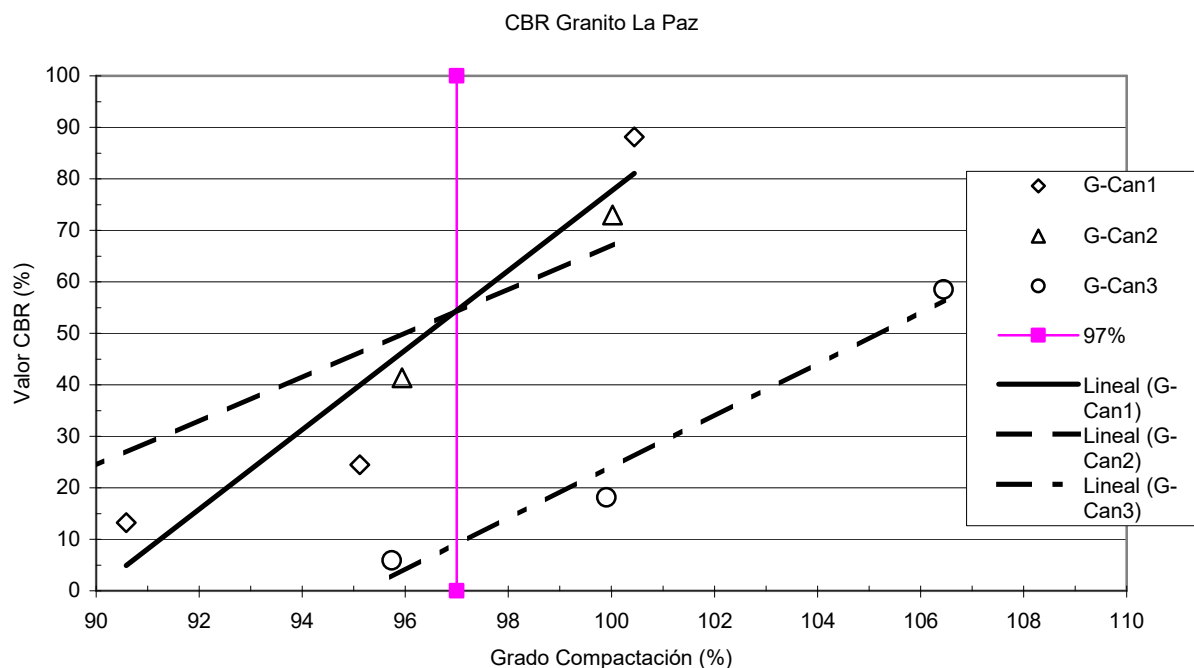


Figura 8. Curvas de CBR, Granito La Paz

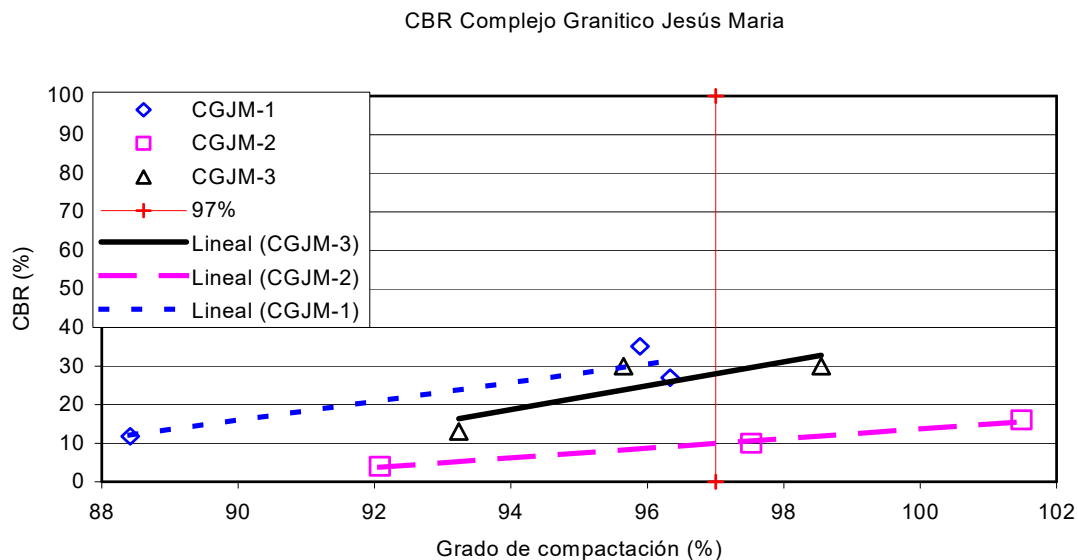


Figura 8 curvas de CBR, Complejo Granítico Jesús María

4. CONCLUSIONES

Los suelos de alteración de granitos son ampliamente utilizados en caminos de bajo volumen de tránsito en Uruguay, en particular los estudiados en éste trabajo están compuestos por porcentajes variables de arena y grava, y porcentaje de finos menores a 15%. Los suelos del GLP son similares granulométricamente, sin embargo los suelos del CGJM presentan diferencias composicionales.

Los parámetros de compactación son similares, aunque mayor humedad óptima y menor PUSM se obtiene en CGJM. Los valores de CBR son variables, bajos en el caso del CGJM no superando CBR 30 al 97 % de compactación y variables en el GLP con valores de CBR de 10 a 55 al 97 % de compactación. En ningún caso se alcanza los valores de los pliegos de obra ($CBR > 60$), sin embargo con mayor grado de compactación los suelos del GLP alcanzarían el requisito exigido.

Es necesario adaptar los diseños a las propiedades de los materiales existentes en los alrededores de los caminos de bajo volumen de tránsito, así como intensificar los controles de los parámetros utilizados en el diseño cuando se realizan las obras.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a los responsables de las canteras por permitir el acceso y el muestreo.

REFERENCIAS

- ASTM 2487 Clasificación SUCS
- ASTM D3282 Clasificación AASHTO
- ASTM D1557 Compactación energía modificada (proctor modificado)
- ASTM D1883 Ensayo California Bearing Ratio (CBR)
- Intendencia de Canelones (<https://visualizador.imcanelones.gub.uy/..acceso> 10 de marzo 2025).
- Intendencia de San José (<https://sanjose.gub.uy/departamento/ubicacion-geografica/> acceso 4 de marzo de 2025).

Geological Society Engineering Group Working Party Report GSEGWPR (1995) The description and classification of weathered rocks for engineering purposes. *Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology* 1995; 28 (3): 207–242. doi: <https://doi.org/10.1144/GSL.QJEGH.1995.028.P3.02>

Musso et al (2006) Granulares para la construcción en Montevideo, Uruguay: ensayos de caracterización expedita y clasificación en función de la fracción fina. *Boletín Geológico y Minero*, 117 (4): 737-746 ISSN: 0366-017

Musso (2022) X Congreso Uruguayo de Geología Montevideo, 2022. ISSN: 2815-6978

Oyhantçabal, P., Derregibus, M. y Muzio, R. (1990) *Contribución al conocimiento petrográfico, geoquímica y estructural del Granito de La Paz*. I CONGRESO URUGUAYO DE GEOLOGÍA, 1, 81-87. Montevideo, Uruguay

Spoturno, J. Oyhantçabal, P. Aubet, N., Cazaux, S. (2004) *Mapa Geológico Departamento de San José a escala 1:100.000*. Dirección Nacional de Minería y Geología-MIEM-Montevideo, Uruguay.