



Mejoramiento y búsqueda de nuevas aplicaciones en Materiales Regionales

Muñoz, Luis ¹ - Torrán, Eduardo - Treppo, Oscar ² - Schalamuk, Isidoro ³

Resumen

En el marco del grupo de investigación de materiales regionales (GIMAR), se realizaron ensayos sobre muestras de canteras de la zona centro-este de la provincia de Entre Ríos entre los paralelos de 31 y 33 grados sur, en una franja costera del Río Uruguay, de aproximadamente 30 km de ancho. El estudio comprende gravas (canto rodado), arenas, suelo calcáreo, arcillas y sus mezclas, como así también rocas. Este trabajo presenta los resultados conseguidos hasta el momento en grava-cemento, suelos calcáreos y rocas. Se describen procedimientos empleados y objetivos propuestos en cuanto a aplicaciones posibles.

1. INTRODUCCIÓN

El enfoque propuesto en los trabajos que se desarrollan es el de obtener materiales de bajo costo de procesamiento y con procedimientos sencillos de aplicar a escala de obra. Esto limita un poco las alternativas, pero parece ser realista al momento de aplicar los logros en cuanto a propiedades obtenidas. Además, se buscan nuevos destinos o nuevas aplicaciones para los materiales ya conocidos

En la actualidad, la explotación de estos recursos minerales es limitada, por lo que un aprovechamiento integral puede constituir una solución en la reducción de costos. Ciertas fracciones, como por ejemplo la arena del lavado de canto rodado se descarta, aún teniendo en cuenta que algunas canteras se explotan con rendimientos del 30% de gravas. El movimiento, procesamiento y acopio de este estéril encarece al agregado grueso. Por lo tanto, tomando este caso como ejemplo, se buscan aplicaciones y aprovechamiento de la arena, mezclas u otros componentes minerales recuperables (magnetita u otros).

2. RESULTADOS OBTENIDOS EN ROCAS CALCÁREAS

Las rocas ensayadas corresponden a limolitas calcáreas.

A fin de caracterizarlas se realizaron ensayos de resistencia a la carga puntual (Point Load Test). Este ensayo es muy versátil y práctico para muestras de mano, ya que no es necesaria la forma de probeta o testigo. Se adaptaron las punteras esféricas en los conos (con dimensiones IRAM), a una máquina de ensayos universal.

Los resultados permiten resumir las siguientes características:

2.1. Presentan una resistencia variable entre 52.8 y 204, con promedio de 123 kg/cm² sobre un total de 17 de los que se consideraron 11, principalmente en razón de la exclusión de los considerados atípicos por tamaño o alguna imperfección de la muestra. Se observó por ejemplo que para esta roca los Diámetros menores o iguales a 3 cm resultaban con valores atípicamente altos, luego del ajuste por diámetro y la conversión a compresión simple y usando 16 como factor de conversión desde carga puntual a resistencia a la compresión simple. Se decidió conservar el factor 16, y descartar los ensayos desviados de la media.

Con el propósito de conocer la durabilidad se efectuó un ensayo de abrasión Los Ángeles, El resultado fue de 28% de pérdida para 500 vueltas, en un material tipo B.

2.2. El contenido en carbonato de calcio varía entre valores de 21 a 35%.

Entregado: 06 de Setiembre de 2002 ■ Aceptado: 29 de Agosto de 2003

1. muniozl@frcu.utn.edu.ar

2. Universidad Tecnológica Nacional -
Facultad Regional Concepción del Uruguay
Ing. Pereyra 676- C.P. 3260- Concepción del Uruguay. Entre Ríos.

3. INREMI-CONICET

Se debe tener en cuenta, sin embargo que dada la dureza de la calcita (3) el aumento del contenido en CO₃ Ca, mas allá del suficiente para ocupar los vacíos resta trabazón o fricción a la matrix.

2.3. En general tienen una variación importante en cuanto a consistencia, aún en el mismo yacimiento, es decir presentan heterogeneidad, con variación tanto vertical como horizontal. Esto, unido a su resistencia, limita bastante sus aplicaciones, en lo referente a su utilización en hormigones estructurales.

2.4. Se investiga la posibilidad de desarrollar parámetros de clasificación basadas en el contenido en carbonato de calcio, lo que se describe más adelante al tratar suelos calcáreos, con el propósito de complementar otros ensayos o realizar determinaciones expeditivas.

Las determinaciones realizadas permiten concluir en una clasificación preliminar (aún no cuantificada fehacientemente), donde la resistencia aumenta proporcionalmente con el contenido en CO₃ Ca, hasta cierto valor para luego disminuir. Dado que el carbonato de calcio es el cemento de la roca la explicación es la siguiente:

La dureza del carbonato de calcio es 3 (calcita en la escala de Mohs), por lo que es de resistencia relativamente baja. La presencia de arena y limo aporta la trabazón y fricción interna. El aumento en el contenido en carbonato de calcio muy por encima del porcentaje necesario para ocupar los vacíos, lleva a una relación textural donde los clastos o agregados están dispersos y aislados y la resistencia cae, pasando a corresponder a la del CO₃ Ca, aunque el porcentaje del mismo aumente.

3. GRAVAS

En estos materiales conocidos como canto rodado (ripió, según la denominación vulgar local), presentan algunas variaciones granulométricas según su localización, aunque las diferencias mas gravitantes se refieren al contenido en fracción arena o limo-arcilla.

En gravas arenosas se realizaron ensayos de grava -cemento, principalmente en las que presentan un contenido en finos menor al 5%. Las gravas arcillosas o limoarcillosas son aptas para mejorados de caminos. En este caso, se realizaron ensayos de agregado o "restitución" de arcilla, con la finalidad de dar cohesión a las de bajo contenido de arcilla o restituirla en el caso de caminos "gastados" donde la falta de cohesión produce la erosión y transporte del material.

El procedimiento utilizado para la incorporación se adaptó a soluciones aplicables a escala de obra, y de bajo costo.

Se utilizaron dos metodologías:

1. Mezclado directo (como el que podrían realizar equipos en obra). Este procedimiento tiene la dificultad de que la mezcla en obra se puede complicar por la dificultad en la disgregación de los agregados de arcilla, para lograr un a mezcla homogénea y efectiva.
2. Aplicación mediante la disolución de arcilla en agua. Esta metodología se considera factible ya que podría ser incorporada en forma de riego y permite una distribución y mezcla homogéneas.

FIGURA 1. GRANULOMETRÍA DE AGREGADOS

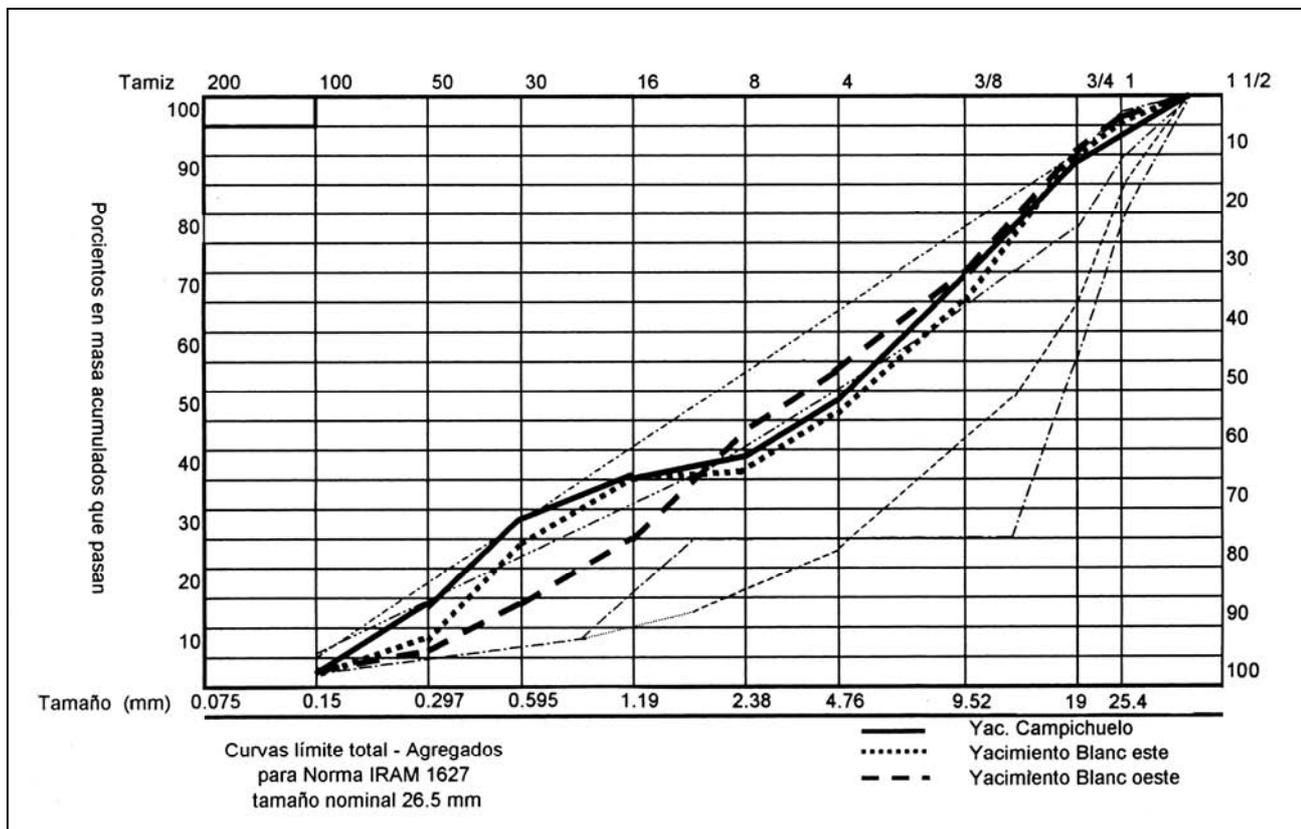


FIGURA 2. ENSAYOS DE COMPRESIÓN SIMPLE

PLANILLA DE REGISTRO DE ENSAYOS EN PROBETAS DE ARENA Y GRAVA/CEMENTO								
(ident.)	% cemento	relación	ANTIG.	Fuerza rot	Tensión rot		Observaciones	
	(peso)	a/c	(días)	(Kn)	kg/cm ²	(N/mm ²)	Desc. Muestra	Desp. rotura
1 - a	9	0.40	>28	29.75	35.00	3.79	grava arenosa	
1 - b	9	0.40	>28	24.70	29.40	3.14	grava arenosa	
1 - c	9	0.40	>28	29.30	34.40	3.73	grava arenosa	
1 - d	9	0.40	>28	27.95	32.90	3.56	grava arenosa	
2 - a	9	0.50	>28	99.50	117.00	12.67	grava arenosa	
2 - b	9	0.50	>28	120.00	141.00	15.28	grava arenosa	
2 - c	9	0.50	>28	116.30	136.80	14.81	grava arenosa	
2 - d	9	0.50	>28	109.70	129.00	13.97	grava arenosa	
3 - a	6	0.60	>28	52.35	61.60	6.67	grava arenosa	
3 - b	6	0.60	>28	47.15	55.40	6.00	grava arenosa	
3 - c	6	0.60	>28	68.70	80.80	8.75	grava arenosa	
4 - a	5	0.60	>28	43.75	51.50	5.57	grava arenosa	
4 - b	5	0.60	>28	46.40	54.60	5.91	grava arenosa	
4 - c	5	0.60	>28	47.85	56.30	6.09	grava arenosa	
5 - a	9.6	0.50	>28	123.10	144.80	15.67	Arena de Lavadero	
5 - b	9.6	0.50	>28	149.10	175.40	18.98	Arena de Lavadero	
5 - c	9.6	0.50	>28	153.80	180.90	19.58	Arena de Lavadero	
5' - a	9	0.4	>28	33.90	39.80	4.32	grava arenosa	
5' - b	9	0.4	>28	34.30	40.30	4.35	grava arenosa	
6 - a	9.0	0.5	>28	41.80	49.17	5.31	grava arenosa	
6 - b	9.0	0.5	>28	38.25	45.00	4.86	grava arenosa	
6 - c	9	0.5	>28	34.07	40.08	4.33	grava arenosa	
7 - a	9.6	0.5	>28	137.70	162.00	17.50	Arena de Rio	
7 - b	9.6	0.5	>28	125.80	148.00	16.00	Arena de Rio	
7 - c	9.6	0.5	>28	128.80	151.50	16.30	Arena de Rio	
7 - d	9.6	0.5	>28	128.50	151.20	16.30	Arena de Rio	

3.1. Grava-cemento

En las curvas granulométricas de la fig. 1 se puede observar que las mismas están dentro del campo delimitado por las envolventes (curvas límite). Esto explica los altos valores de resistencia obtenidos en los ensayos de probetas que se muestran en la planilla correspondiente.

Las curvas límite corresponden a las IRAM de agregados totales (tamaño nominal 25 mm), lo que demuestra que en canteras de gravas arenosas debería experimentarse el lavado solamente de la fracción fina, proceso que arrastraría además la eventual presencia de sales disueltas. Este proceso se comenzó a experimentar en este laboratorio. Con el objeto de determinar la influencia del contenido de finos (pasante T#200, menos del

3%, para las curvas granulométricas verificadas), así como de vestigios salinos, se procedió al lavado del material, de manera que los mismos fueran virtualmente eliminados.

Ensayos con bajo contenido en cemento:

Con un contenido del 9% en cemento se obtuvo una resistencia de 90 kg/cm² a 14 días (aproximadamente 100 kg/cm² a 28 días). El material fue compactado.

Para tener una referencia sobre costos y posibles aplicaciones, se realizó una comparación con una dosificación de hormigón realizada por el método de García Balado, adoptando los siguientes valores para un hormigón de 220 kg/cm calculados en base a valores tabulados en dicho método, para materiales equivalentes (agregado grueso y fino silíceos-canto rodado):

P.e. saturado y superficie seca:
 Piedra: 2.58
 Arena: 2.64
 Módulo de finza de la arena: 3.1 (adoptado).
 Peso (tn/m³) seco del agregado grueso: 1.8
 Absorción %: 1
 Relación agua/cemento: 0.5
 Tamaño máximo del agregado grueso: 25 mm (26.5)
 Cantidad de cemento requerida: 334 kg (6.7 bolsas)

Grava-cemento: Para obtener igual resistencia se empleó proporcionalmente similar cantidad de cemento, aunque las probetas fueron compactadas y la relación agua-cemento fue de 0.4, de lo que se deduce que la grava arenosa empleada en el ensayo se comporta como el agregado total de la dosificación anterior.

Resumen comparativo Grava-cemento compactada, de bajo contenido en cemento (9%) versus hormigón pobre:

Con los parámetros de los agregados utilizados para la primera comparación pero para una resistencia de 100 kg/cm² a 28 días:

Según el método de García Balado se requieren 181 kg. de cemento.

Para una resistencia obtenida de 90 kg/cm² a 14 días (aproximadamente 100 kg/cm² a 28 días), se emplearon en el caso de la grava-cemento el equivalente a 171 kg.

Como puede verse, la relación de costos del material extraído de cantera de canto rodado arenoso (grava arenosa, con

contenido de finos menor al 5 %), es interesante tanto para bajos como para altos contenidos en cemento.

Es probable que resulten una alternativa de nuevos usos en aplicaciones no estructurales, sino en destinos no comprometidos, de bajo riesgo, donde una eventual falla puntual por una heterogeneidad local del frente de cantera o una falencia en el procedimiento de explotación trasladada a la resistencia, no resulte grave y sea fácilmente subsanable. Por ejemplo en pavimentos rígidos, playas de estacionamiento, rodaje etc.

Con respecto al tema de las sales, es preciso señalar que en los casos estudiados no se identificaron sulfato de calcio o cloruro de sodio (perjudiciales), sino que la que está presente es carbonato de calcio, lo que es registrado en análisis que se efectúan como "sales totales", pero que no presentan los problemas de las anteriores. Por lo tanto es preciso si se teme la presencia de sales en agregados, discriminar en los análisis, la naturaleza de la misma.

En las muestras de canteras de gravas arenosas la dosificación se efectuó con la finalidad de disminuir al máximo la cantidad de cemento para determinadas resistencias, manteniendo la relación agua/cemento por debajo de 0.5

En una segunda etapa de ensayos se introdujo el concepto de compactación. Como es sabido se pueden obtener elevadas resistencias en hormigones compactados (a rodillo, por ejemplo), por lo que se experimentó con gravas-cemento compactadas con Proctor modificado.

Resultados de estos ensayos pueden observarse en las figs. 2 y 3 .

FIGURA 3. PROBETAS CON ALTO CONTENIDO EN CEMENTO

PLANILLA REGISTRO DE ENSAYOS DE PROBETAS DE GRA VA/CEMENTO						
ENSAYO DE COMPRESION SIMPLE						
PROBETA Nº	DOSAJE		ANT	RESIST	DESCRIPCION DEL MATERIAL	OBSERVACIONES
	C	A/C		(kg/cm ²)		
1	12	0.7	14	34	Grava arenolimsa con agregados fer ruginosos	prueba sin encabezar
2	16	0.7	28	107	Id.	
3	16	0.7	28	63	Id.	
4	16	0.7	28	110	Id.	
5	16	0.7	28	53	Id.	
6	16	0.7	28	85	Id.	
7	16	0.7	28	102	Id.	
8	17	0.4	14	183	Grava arenosa limpia (<5% F)	estimado resistencia final 220 kg/cm ²
9	17	0.4	14	183	Id.	
10	15.5	0.4	25	231	Id.	
11	15.5	0.4	25	224	Id.	
12	15	0.5			Grava arenosa limpia	Relavado en laboratorio
13	15	0.5			Id.	

Al disminuir progresivamente la cantidad de cemento con relaciones de agua/cemento bajas, se tropieza con la dificultad de que por debajo de cierto valor (alrededor del 6% de cemento) la muestra no se puede compactar.

Por observaciones realizadas durante la investigación se llegó a la conclusión de que con muy bajos contenidos de agua, al aplicar el agua mediante rociador, la mayor parte de la misma se consume humectando el cemento más ávido de agua que los agregados silíceos y la superficie de estos últimos no se humedece. Se asumió la hipótesis de que este proceso perjudica la adherencia entre los mismos y por lo tanto la resistencia final.

Para contrarrestar este efecto inferido, se utilizó el 50% de agua para humedecer los agregados mediante rociador y el restante 50% luego de homogeneizar la mezcla, para preparar el pastón.

Para la preparación de probetas se utilizaron moldes desmontables cilíndricos de 11cm de diámetro por 21 cm de alto. Para cada dosaje se prepararon 3 probetas. Fueron curadas de en pileta normalizada.

Los ensayos de resistencia a la compresión simple se realizaron en una máquina de ensayos universal.

Actualmente, como se señaló mas arriba, se están realizando nuevos ensayos de grava arenosa lavada (separándole solamente limo y arcilla), como proceso de obtención de agregado total directamente en lavaderos. Las curvas granulométricas resultantes son adecuadas (bien graduadas), y se espera que las sales eventualmente presentes sean removidas por un lavado más enérgico o prolongado que el actual.

3.2. Conclusiones

Si bien los estudios continúan, pueden resumirse las siguientes:

En el caso de las gravas arenosas ensayadas, las curvas granulométricas del material proveniente en bruto de cantera, resultaron bien graduadas, con curvas cercanas a la óptima (IRAM), lo que determinó una resistencia comparable al del hormigón con un contenido similar en cemento.

La variabilidad granulométrica en la composición del material, para una misma cantera, así como el contenido en finos, determina que no sea aconsejable su utilización en estructuras, ya que la resistencia no resultará homogénea. La separación de únicamente limo y arcilla por lavado, procedimiento que como se explicó se está desarrollando en laboratorio, podría mejorar o acotar esta limitación. En este caso una alternativa de los lavaderos sería que el cilindro rotatorio adaptara una zaranda (tamiz, criba) que eliminara solo limo y arcilla y de ser necesario tamaños máximos excesivos.

La resistencia, a igual dosaje, es inversamente proporcional al contenido en finos, especialmente de arcillas. Estas, sumadas a óxidos de hierro, forman una pátina sobre la superficie de los agregados impidiendo la normal adherencia del cemento. La pátina especialmente la de los agregados tamaño arena, no se elimina totalmente en el lavado usual de los lavaderos de canto rodado, ya que un lavado enérgico con agitador mecánico de laboratorio sobre arenas provenientes de los mismos las limpia.

El dosaje con bajo contenido en cemento (menos del 9%) baja relación agua cemento, con compactación, resulta un

material muy interesante por la resistencia obtenida (ver figs. 2 y 3).

Con respecto a la abundancia de estos materiales la distribución de los mismos en la región ha sido mapeada (*Muñoz y Blanc, 1988*).

4. ARENAS

Si bien no es uno de los objetivos principales, se estudian depósitos aluviales y de médano, sin obtener resultados de mayor interés salvo los usuales. Sin embargo en el marco del aprovechamiento integral buscado y nuevas aplicaciones se detectaron concentraciones significativas de magnetita en las arenas de lavado de canto rodado acumulada en acopios.

Los minerales pesados de las arenas de depósitos antiguos y sedimentos actuales del Río Uruguay son conocidos. Sin embargo porcentajes del 0.8 % parecen ser resultado de una segregación involuntaria (separación y selección durante el lavado), por diferencia de peso específico con respecto al cuarzo, ópalo y calcedonia de gravas, arenas y rodados de areniscas cuarcílicas.

El análisis granulométrico permite comprobar que pasa el tamiz N(100 un concentrado de aproximadamente el 50% de magnetita. Es decir que previo a la separación magnética puede conseguirse esta nueva separación. Inclusive desarrollar un procedimiento que contemple la separación simultánea de estos minerales. Debe tenerse en cuenta que los lavaderos de canto rodado utilizan el proceso de zaranda cilíndrica rotatoria (y agua) para separar la grava de la arena y los finos, por lo que adicionar una nueva malla podría experimentarse. Si bien puede no resultar rentable como mena, el aprovechamiento integral durante el lavado, unido a la recuperación de la existente en los viejos acopios, puede ser de interés.

Como se puede ver esto debe compatibilizarse con los procedimientos señalados anteriormente de separar solo limo y arcilla para obtener directamente un agregado total para hormigones, en principio no estructurales.

5. SUELOS CALCÁREOS

Sobre este material, denominado también broza (localmente) o tosca (aunque este último término debería reservarse para el agregado consolidado), se programaron ensayos tendientes a lograr una clasificación complementaria a los ensayos consolidación o CBR, para determinar la calidad, como material de base o de mejoramiento en caminos. Es un material suelto, con variable porcentaje de agregados desde menores a un cm, decímetros (bochones), hasta bloques, de distinta consistencia. Como se verá mas adelante de estas características dependerán sus aplicaciones.

Como es conocido, estos materiales se originan por la precipitación de carbonato de calcio (bicarbonatos) disuelto en el agua subterránea. La oscilación periódica del nivel freático produce en cada descenso una nueva descarga de carbonatos. También el ascenso capilar de aguas con carbonatos desde niveles calcáreos infrayacentes. De esta forma el contenido de carbonato de calcio será variable. Dado que la granulometría de los suelos también es variable, resultan por lo tanto diferentes tipos y calidades de suelo calcáreo.

El ensayo proctor esta pensado para suelos cohesivos (*Juárez Badillo y Rico Rodríguez, 1980*). Dada la falta de plasticidad de los suelos calcáreos, un dato adicional en cuanto a su caracterización en calidad consideramos que puede ser de utilidad.

Otro factor importante es que dada la presencia de carbonato de calcio hay una cementación de partículas, en mayor o menor grado, por lo que al compactar durante los ensayos o durante el acondicionamiento en obra (bases, mejoramiento de caminos, etc.), hay una progresiva disgregación de los agregados. La superficie específica aumenta, por lo que el contenido en agua también, y por lo tanto la humedad óptima predeterminada no sería tan confiable como en suelos donde no hay pseudocementación o cementación de agregados.

Además la humectación de los agregados no será homogénea, ya que habrá una tendencia a disminuir hacia el núcleo.

Una característica adicional que presentan estos suelos es que los agregados tamaño limo cementados en distinto grado con carbonato de calcio, representan una granulometría variable que depende de la intensidad de los procedimientos de los ensayos.

Las observaciones al microscopio, muestran que las partículas retenidas en determinados tamices, son en realidad en gran parte, agregados, por lo que las curvas granulométricas no son del todo reales, y además variarán al ser retrabajadas en obra o destino de uso.

La granulometría será por lo tanto aparente, para los procesos que se emplean a escala de obra.

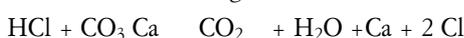
Para esta determinación se utilizó un calcímetro Dietrich Fruliing gasometer.

Los resultados son variables. Dado el origen y la yacencia de estos materiales, el mínimo carece de relevancia ya que el pasaje lateral es generalmente gradual. Los máximos son del orden del 30%, aunque menores a este valor para los promedios, en muestras de 1Kg y granulometría aparente (agregados), menor a 20 mm. En este caso hay que recordar que muy aisladamente pueden encontrarse agregados pulverulentos, algunos hasta de 1 cm, de carbonato de calcio puro. Sin embargo no son significativos en los porcentajes promedio, aunque como se señala en la metodología empleada, deben atenderse durante los ensayos (representatividad y preparación de la muestra). La calibración del aparato, de acuerdo a reactivos y procedimientos empleados permite asignar para los ensayos realizados en estas condiciones un factor de corrección del 2%, en los rangos en los que se trabaja con estos materiales, que debe adicionarse a los valores que se expresan en todos los resultados. En el presente trabajo se presentan todos los valores en texto y tablas, sin esta corrección.

El porcentaje promedio obtenido para una cantera en explotación, con importantes volúmenes extraídos y varios años de explotación resultó del 7%, mientras que otra cantera arrojó 19%, lo que ejemplifica la variabilidad en yacimientos en explotación.

Con este aparato (calcímetro) se determina el contenido en CO₃ Ca mediante el agregado de HCl. La determinación se realiza midiendo el volumen de CO₂ liberado en la reacción.

La reacción es como sigue:



El CO₂ determina una presión sobre una columna de agua y un desplazamiento en un tubo graduado en ml, mediante la aplicación de la siguiente fórmula:

$$V = \frac{[V (B-W)] 273}{760 (273+t^0)}$$

B= Presión barométrica en mm Hg

W= Tensión de vapor del agua a la temperatura t⁰ expresada en mm de Hg.

V= Lectura en ml en el aparato.

Los contenidos en carbonato de calcio son variables en diferentes yacimientos y la calidad del suelo calcáreo es directamente proporcional al porcentaje del mismo.

Las variables elegidas son además la granulometría primaria o real (limo-arena arcilla) en general en ese orden de participación granulométrica porcentual, y la granulometría "secundaria o aparente" representada por los agregados cementados.

Un diseño de clasificación debe considerar:

- Contenido en CO₃ Ca.
- Granulometría de fracciones limo-arena
- Granulometría de los agregados
- Resistencia de los agregados
- Pérdida de CO₃ Ca por disolución (lavado por escorrentía)

La calidad resultante deberá evaluarse según el destino.

Durante los muestreos se observó que las muestras de acopio presentaban un porcentaje significativamente mayor a de algunos frentes por lo que se dedujo que el lavado (directo y por disolución del agua de lluvia) podía ser importante.

Esto impulsó un estudio de los efectos potenciales del lavado en materiales expuestos en caminos y utilizados como bases, o que en general están expuestos en distinto grado al flujo de agua.

Se programaron ensayos de lavado en tamices con caudal constante con distintas duraciones, como también ensayos de inmersión, reposo y cambio de agua periódico (diario), a fin de imitar cualitativamente las condiciones reales de campo.

El primer procedimiento se empleó a fin de verificar la pérdida por lavado y/o disolución.

En el segundo el objetivo fue cuantificar de manera sistemática la pérdida según un procedimiento repetible.

Para ello se procedió de la siguiente manera:

Cuarteo de la muestra y separación de 200 gramos

Agregado de agua (por ej. aprox. 1 litro), en un recipiente

Agitación mecánica (aprox. 30 segundos)

La muestra permanece un día en reposo y luego se toma una muestra para secado y determinación de porcentaje de carbonato, con el procedimiento que se indica a continuación.

Agitación con el agitador mecánico (1 minuto a velocidad media), luego de 10 minutos de reposo, se extrae el agua y extrae la muestra de forma que resulte representativa (finos, agregados etc.).

Una vez secada la muestra en estufa, se la disgrega en mortero antes de realizar la determinación.

Se cambia el agua a la muestra.

Se repiten los pasos 3 y 4 durante una semana.

Se repite todo el ciclo de ensayos reprogramando los procedimientos en caso que sea necesario.

Evaluación de resultados: La metodología empleada permite obtener resultados de tipo cuantitativo, aunque debe desarrollarse una equivalencia entre intemperización (disolución y lixiviación natural de carbonatos) y los ensayos realizados. Esta comparación debe incluir intensidad (cantidad o caudal de agua que atraviesa el material y tiempo de exposición al agente).

Los resultados revelan por lo tanto una pérdida significativa que será necesario evaluar con mayor detenimiento a fin de cuantificar ad del material expuesto a las mencionadas condiciones de campo. Los porcentajes obtenidos en estos ensayos preliminares pueden resumirse en el siguiente ejemplo:

Contenido de CO ₃ Ca Inicial:	15.02 %
Contenido luego del 1 ^{er} Lavado:	11.2 %
“ 2 ^o Lavado:	8.8 %
“ 3 ^{er} Lavado:	6.5 %

Observaciones: Los errores detectados (inversión del orden lógico de pérdida en casos aislados), se deben a la heterogeneidad que introducen los agregados a veces con % atípicamente elevado de CO₃ Ca, lo que influye significativamente dada la pequeña cantidad de muestra que se utiliza en este método (aproximadamente 0.6 g). Para contrarrestar este problema se programaron ensayos con disgregación de la muestra, antes de comenzar el proceso. Esto introduce agregados o bloques grandes cuando los hubiere, siendo el volumen (ponderado) a disgregar una alteración, pero no se considera relevante en cuanto a la finalidad de la experiencia. El volumen de la muestra a disgregar deberá incorporar fragmentos de ya cuarteado.

6. SÍNTESIS DE LAS APLICACIONES POSIBLES

Rocas calcáreas

- Escollerados
- Protecciones de taludes
- Defensas costeras

Suelos calcáreos

No se visualizaron nuevas aplicaciones a las ya conocidas (mejorado de caminos, bases, contrapisos), pero se aportó al conocimiento de la influencia del contenido en CO₃ Ca en sus propiedades.

Gravas arcillosas

Caminos. Como mejorado (superficie de rodamiento).

Tanto en éstas como en las arenosas es posible seleccionar ágatas (piedra semipreciosa) en las canteras, playas y acopios de

lavaderos, lo que es conocido y trabajado, artesanalmente hasta el momento.

Gravas arenosas:

Grava-cemento:

Dadas las resistencias obtenidas es factible su utilización en defensas costeras como protección, especialmente en relleno de *paneles de revestimiento flexibles de confinamiento celular* (protecciones de taludes, estabilización de barrancas, protección a la erosión, etc). También como equivalentes de hormigones pobres, contrapisos, y ensayar a escala de obra su uso en pavimentos para tránsito liviano.

Agregados totales:

Luego de un lavado para eliminar finos (pasante tamiz 200) y eventualmente sales y parte de arena (en los casos que lo requieren) se obtiene un *agregado total, equivalente al compuesto por agregado grueso + agregado fino* provisto parara la construcción en el caso de los cantos rodados del litoral, provenientes de lavaderos y arena del río respectivamente (el agregado grueso extraído del río está prácticamente agotado).

Este material ha sido ensayado y no difiere de los agregados para hormigones utilizados hasta el momento en las zona. Además al incluir la arena de cantera, se inscribe dentro del aprovechamiento integral de los recursos naturales.

Actualmente ha sido seleccionado entre todos los estudiados y aquí descriptos para desarrollar procesos de producción a escala de obra, tipificar procedimientos y normalizar su uso, trabajos que se desarrollan en el laboratorio de Ing. Civil de la UTN.

El marco Ambiental:

Finalmente es importante señalar que se desarrollan paralelamente evaluaciones de impacto ambiental y estudios encaminados hacia el ordenamiento de las explotaciones en el propósito de la compatibilización con la estabilidad ambiental, que no se tratan aquí por no pertenecer a la temática específica del presente trabajo.

7. AGRADECIMIENTOS

Para la realización del presente trabajo colaboraron el Ingeniero Pablo Blanc y en distintas etapas los becarios de la carrera de Ing. Civil, Read, S., Cernex, H., Granau, M. y Borjas, F.

8. TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

JUÁREZ BADILLO Y RODRÍGUEZ, 2000.

Mecánica de Suelos.
Ed. Limusa. México

MUÑOZ, L. Y BLANC, P., 1988.

Mapa Geológico Ambiental del Departamento Uruguay, Entre Ríos, Argentina.
Revista de Geología Aplicada a la Ingeniería y al Ambiente. No. 12: 113 - 122.

NORMAS IRAM. (INSTITUTO ARGENTINO DE RACIONALIZACIÓN DE MATERIALES), 1627 :

Agregados. Granulometría de los Agregados para Hormigones, (1980) . 10608: Método de determinación del índice de resistencia a la carga puntual, (1985). 10502: Método de determinación del límite plástico e índice de plasticidad, (1968). 1613: Determinación de carbonatos. Método gasométrico (1978).

La siguiente bibliografía ha sido consultada como referencia conceptual, aunque no se cita en el texto:

ACTAS DE LA ASOCIACIÓN ARGENTINA APLICADA A LA INGENIERÍA. ASAGAI.
N^{os} I al XII (1981-1987).

BULLETIN OF ENGINEERING GEOLOGY AND ENVIRONMENT. IAEG-AIGI. 1997-2002.
París

BULLETIN OF ENGINEERING GEOLOGY. IAEG AIGI -. 1982-1997.
París.

GARCÍA BALADO
Método para Dosificación de Hormigones.

INTERNATIONAL SYMPOSIUM OF AGREGATES. IAEG-AIGI. 1984.
París.

INSTITUTO DEL CEMENTO PORTLAND ARGENTINO
Método para la dosificación de Hormigones

MANUAL DE TIERRAS (EART MANUAL) BUREAU OF RECLAMATION. EEUU.
Departament of interior. Washington D. C. (1974).Ed.. Bellisco. Madrid, 1980.

REVISTA DE LA ASOCIACIÓN ARGENTINA DE GEOLOGÍA APLICADA A la Ingeniería y al Ambiente.
ASAGAI. 1998-2002-07-10.

SABESINSKI, FELPERÍN.
Proyecto de Hormigones de Cemento Portland, con agregados normales.