

Avances

Centro de Información y Gestión Tecnológica

**Las areniscas del Yacimiento Castellano como material de construcción.
Beneficio ambiental**

***The sandstones of the Castellano Mineral deposit as construction material.
Environmental benefit***

Julio Cuni Calzada¹, Yoel Contrera Hernández², y José Francisco Lastra Rivero³

¹Ingeniero Geólogo, profesor Auxiliar. Empresa Geominera de Pinar del Río, km 1 ½ Carretera Santa Lucía, Minas de Matahambre, Pinar del Río, Cuba, julio.cuni@emincar.cu ; ID: <https://orcid.org/0000-0002-2840-2779>

² Ingeniero Metalúrgico. Empresa Geominera de Pinar del Río, km 1 ½ Carretera Santa Lucía, Minas de Matahambre, Pinar del Río, Cuba, cimo@pri.minem.cu ; ID: <https://orcid.org/0000-0002-3249-6560>

³ Doctor en Ciencias Geológicas, profesor Titular. Universidad de Pinar del Río Hermanos Saíz Montes de Oca. Martí 270 final, Pinar del Río, Cuba, jlastra@geo.upr.edu.cu ; ID: <https://orcid.org/0000-0002-1783-0946>

Para citar este artículo / to reference this article / para citar este artigo

Cuni, J., Contrera, Y & Lastra, J. F. (2019). Las areniscas del Yacimiento Castellano como material de construcción. Beneficio ambiental. *Avances*, 21(2), 139-150. Recuperado de <http://www.ciget.pinar.cu/ojs/index.php/publicaciones/article/view/429/1417>

Recibido: diciembre 2018

Aceptado: marzo 2019

RESUMEN

Ubicado en Santa Lucía, Minas de Matahambre, Pinar del Río, las areniscas cuarzosas y cuarzo-feldespáticas, pertenecientes a la Formación San Cayetano (J_1 - J_5^2) constituirán contaminantes sólidos durante la explotación del yacimiento, prevista para los próximos años. El presente trabajo muestra los resultados de la evaluación de estas areniscas, con el objetivo de caracterizarlas como árido. Los trabajos fueron ejecutados en el período 2011-2012. Se utilizaron métodos empíricos y teóricos como: mediciones cualitativas y cuantitativas de las propiedades físicas-mecánicas y químicas de la roca, experimentos de laboratorio, técnicas estadísticas, el análisis y la síntesis. Las técnicas empleadas consistieron en: muestreo de rocas, tamizaje, determinación de las impurezas orgánicas, análisis químico y diseño de mezclas. Se comprobó que estas rocas tienen bajos contenidos de azufre (0.28 % de SO_3) y de materia orgánica (Placa # 1), produce arena, granito (13-5 mm), gravilla (19-10 mm) y se logra obtener morteros para todos los usos. Las pruebas de hormigón revelaron valores de resistencia a la compresión entre 3.7-24.1 MPa, lo cual avala su uso para muro portante y no portante de bloques, ladrillo para piso y distintos tipos de resanos; permitiendo el uso de

estas areniscas a partir de un enfoque eco-integrador.

Palabras clave: yacimiento, material de construcción, beneficio ambiental.

ABSTRACT

Located in Santa Lucía, Mines of Matahambre, Pinar del Río, the quartz-feldspathic sandstones belonging to the San Cayetano Formation (J_1 - J_5^2) They will constitute solid pollutants during the exploitation of the deposit, foreseen for next years. The present work shows the results of the evaluation of these sandstones, with the objective of characterizing them as arid. The works were executed in the period 2011-2012. Empiric and theoretical methods were used such as: qualitative and quantitative measurements of the physical-mechanical and chemical properties of the rock, laboratory experiments, statistical technical, the analysis and the synthesis. The techniques employees consisted on: sampling of rocks, sieved, determination of the organic impurity, chemical analysis and mixtures design. It's was proven that these rocks have lower contained of sulphur (0.28% of SO_3) and of organic matter (Plate #1), they are produce sand, granite (13-5 mm), gravel (19-10 mm) and obtain mortars for all the uses. The tests of

hydraulic concrete revealed compressive strength values to among 3.7-24. 1 MPa, that which endorses their use for wall amble and not amble of blocks, brick for floor and different restore types, allowing their use of these sandstones from an echo-integrative focus.

Keyword: deposit, construction material, environmental benefit.

INTRODUCCIÓN

La demanda mundial de materiales de construcción se amplía cada vez más. Diversas rocas y materiales alternativos son empleados como áridos; clasificándose como áridos naturales, artificiales, ligeros y áridos reciclados.

Las rocas carbonatadas, principalmente las calizas y calizas dolomíticas, son ampliamente utilizadas en el mundo para esos fines. Sin embargo, en regiones donde estas rocas no son abundantes o no existen, es muy frecuente el uso de otros tipos de rocas, dentro de las que se encuentran las rocas silíceas, tanto de origen ígneo, metamórfico como sedimentario. En países como España, por ejemplo, "el árido silicio redondeado (graveras), en la comunidad de Madrid (y otras comunidades) se ha considerado el mejor árido para hormigón..." (Gigante

et al., 2006).

En Cuba y fundamentalmente, en las provincias occidentales, son utilizados áridos naturales, como las arenas de los yacimientos Batey Sánchez, ESBU 19 y Km 13 Viñales, con resultados positivos en la aplicación de morteros de albañilería según León y González (2011), con parámetros de resistencia a la compresión (3.7-12.8 MPa) similares a los obtenidos para las rocas estudiadas. También son utilizadas rocas de diversos orígenes para áridos artificiales, y las calizas ocupan un lugar preponderante; son empleadas las tobas seolitizadas, y areniscas calcáreas, entre otras rocas. La demanda de materiales de construcción para garantizar el desarrollo económico y social sostenible en las localidades y el país, constituye un reto del momento y el futuro. En los próximos años se prevé la explotación de las menas de Pb-Zn y Cu del Yacimiento Castellanos, ubicado en la parte noroccidental de la Provincia de Pinar del Río, en las inmediaciones del pueblo de Santa Lucía, Municipio Minas de Matahambre. Las areniscas estudiadas en este trabajo pertenecen a la Formación San Cayetano (J_1 - J_5^2), Miembro Indiferenciado (J_{1-2}), Astajov et al. (1985), están comprendidas dentro de los límites de la zona de intemperismo, tienen una estructura estratificada, y textura de granos finos

a medios, con intercalaciones de capas finas y medias de limonitas (aleurolitas). Mineralógicamente su composición es cuarzo y cuarzo-feldespática, en ocasiones cuarcitizadas ligeramente caolinizada. La limolita, fundamentalmente, está muy caolinizada. Se presentan vetillas entrecruzadas de limonita y hematita. Estructuralmente estas rocas yacen con rumbo NE-SW (60°) y con un ángulo de inclinación promedio de 65° hacia el noroeste; aunque, a veces, alcanza los 80°-90°. El área estudiada tiene una superficie de 13703 m². El volumen de areniscas es de 195043 m³. La potencia promedio en el área es de unos 15.0 m. Como parte del paquete que conforma las rocas del yacente de la mineralización sulfurosa, vendrán a constituir escombros del proceso minero y, por ende, un contaminante sólido del medio ambiente circundante de la futura mina. El propósito del presente trabajo consiste en mostrar los resultados de las investigaciones realizadas a estas rocas para su empleo como árido, lo cual crea las bases para la evaluación de su uso a partir de un enfoque eointegrador.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se emplearon en la investigación métodos empíricos y teóricos (Aróstegui et al., 1978). Los métodos empíricos se

expresaron en las mediciones cualitativas y cuantitativas de las propiedades físicas-mecánicas y químicas de la roca, en experimentos consistentes en ensayos físicos y mecánicos de laboratorio y las técnicas de estadística descriptiva (sumatoria y la media aritmética). De los métodos teóricos fueron empleados fundamentalmente, el análisis y la síntesis, la deducción e inducción, durante la interpretación de los datos. Las técnicas empleadas consistieron en Itinerarios geológicos, apoyados por trazados de líneas topográficas espaciadas a 50.0 m entre ellas, con estacas colocadas a 20.00 m a lo largo de los perfiles. Se midieron todos los elementos de yacencia de las rocas en los afloramientos sobre la línea de los perfiles y entre perfiles, prestando especial atención a los afloramientos en los taludes y las cañadas. Se realizó la actualización topográfica del área y el amarre de labores (surcos), utilizando un teodolito WILD-T2, DISTOMAT, DI 1600, marca WILT, con precisión ± 1 segundo; para lo cual se tuvo en cuenta el método de selección de los puntos de detalle, basado en las estaciones topográficas de GeoCuba y la Empresa Geominera de Pinar del Río. Estos trabajos se realizaron a escala 1: 500. Para el muestreo de rocas en el campo se utilizó el método de surco y el volumétrico, se tomaron 17 muestras

de surco sobre los perfiles con una dimensión de 10 cm de ancho, 5 cm de profundidad y 3 m de longitud. El tamizaje de las muestras se realizó por tamices de agujeros cuadrados, incluyendo la determinación de la fracción fina, por debajo del tamiz 0.074 mm (200 μ); se determinaron las impurezas orgánicas, el análisis químico de los óxidos principales, la pérdida por ignición (PPI) y el diseño de mezclas de morteros de albañilería mediante dosificaciones con cemento P-350.

Los ensayos granulométricos a escala de laboratorio y planta piloto se realizaron por un esquema sencillo, consistente en una clasificación inicial, trituración con un molino de quijada y clasificación final. El volumen de la muestra tomada para la realización del ensayo granulométrico a nivel de planta piloto fue de 3 m³ y se utilizó el muestreo de puntos superficiales con la ayuda de paletas. Para la clasificación inicial se utilizó una zaranda de barrotes con abertura de 80.00 mm, para separar la fracción no asimilable por el molino, el material pasado por 80.00 mm fue triturado y cribado por el tamiz 4.76 mm; el retenido en el tamiz 4.76 mm, fue remolido; finalmente, se tomó una muestra de la fracción pasada por 4.76 mm y otra de la retenida sobre ese mismo tamiz, clasificándose cada muestras por los tamices de aberturas

(en milímetros) 9.52, 4.56, 2.38, 1.19, 0.59, 0.297 y 0.149 (*tabla 1*). Estos trabajos se realizaron siguiendo las normas cubanas NC-251, NC-175 y NC, 178. Se realizó el análisis químico completo a todas las muestras de surco tomadas y fueron determinados los óxidos siguientes: SiO₂; Al₂O₃; Fe₂O₃; MnO; CaO; MgO; Na₂O; K₂O; TiO₂; ZrO₂; FeO; P₂O₅; SO₃ y P.P.I, además se determinaron las impurezas orgánicas (NC-185); los métodos de análisis utilizados fueron el gravimétrico (SiO₂, PPI), Fotometría de Llama (Na₂O; K₂O) y la absorción atómica para el resto de los óxidos. Las pruebas de hormigón se realizaron a dosificaciones de mortero formadas por arenisca triturada y cernida por tamices de 4.76 mm, 2.38 mm y 1.19 mm, cemento P-350 y agua, también se realizaron mezclas de las areniscas con otros aditivos como: recibos y cenizas de tostación de la pirita; se hicieron mezclas de prueba y curado, utilizándose el método por rendimiento para el cálculo de las dosificaciones. Se elaboraron 9 probetas cilíndricas para cada prueba y se ensayaron, a la edad de 9 y 28 días de curado, los parámetros siguientes: resistencia a la compresión, resistencia a la flexotracción, la densidad, la porosidad y absorción capilar (*tabla 2*). Para estos trabajos fueron utilizadas las normas cubanas NC-175, NC- 120 y

NC-224. El volumen de recursos del material (areniscas) en el yacimiento se calculó utilizando los datos del levantamiento topográfico con el empleo del Golden Software Sulfer 9.0 que permitió determinar el volumen entre las superficies topográficas y el plano generado por la cota +70 m.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados, en por ciento, de los análisis químicos realizados, son los siguientes: SiO₂: 80.09, Al₂O₃: 8.87, Fe₂O₃: 5.40, MnO: 0.02, CaO: <0.017, MgO: 0.38, TiO₂: 0.48, ZrO₂: 0.016, Na₂O: 0.05, K₂O: 0.73, SO₃: 0.28 y PPI: 2.29.

Las características naturales de la materia prima reflejan su potencial industrial. En los resultados de la composición química se puede apreciar que el contenido de la sílice (SiO₂): 80.09 %, es relativamente alto, lo que le añade dureza al árido, el azufre (0.28%) está muy por debajo de la tolerancia de la norma vigente, que admite hasta 1% (NC-251: 2005). El azufre total determinado en las areniscas, puede compararse con el valor promedio de 0.63%, determinado en escorias de SiMn (Frias, Sánchez & Rodríguez, 2006).

En su comportamiento granulométrico durante la trituración de la misma (*tabla 1*) se muestra el incremento en el por ciento de la

fracción fina, debido a la presencia de la caolinita, mientras que la cuarcificación y cuarcitización incide en el incremento de las fracciones gruesas. Se conoce que el material fino en algunos áridos alternativos (áridos reciclados), bastante usado en el mundo hoy en día, no se utiliza, porque se tiene en cuenta que el contenido de finos o polvo no se refiere al contenido de arena fina ni a la cantidad de piedras de tamaño menor, sino a la suciedad que presentan los áridos, tamaños inferiores a 0,065 mm (Burriel, 2006); otros áridos no logran el por ciento de fino que se requiere como material de construcción (Artiles, 2006). La Norma Cubana (CN-251:2005) admite un rango del módulo de finura en el árido fino de 2.2 - 3.58 y su promedio admite una desviación (mayor o menor) en el orden de un 0,20 (20%). Pero, independientemente de los resultados granulométricos indicados en la *tabla 2*, las areniscas puedan ser utilizadas como árido, mediante unas clasificaciones adecuadas, obteniéndose una materia prima con una composición granulométrica ajustada a las normas cubanas. Porque, a diferencia de otros materiales, el fino obtenido de la trituración de las areniscas puede ser utilizado como aditivo (recebo), por su contenido de caolín. Otros resultados, como el de las impurezas orgánicas,

revelaron que las rocas presentan Placa Cubana (NC-185: 2002).
No.1, conforme con las Normativas

Tabla 1. Resultados de los ensayos granulométricos realizados en el laboratorio a la muestra corrida en la Planta Piloto.

Tamiz		Muerta PP-1-1				Muestra PP-1-2			
		Replica 1, Peso inicial: 500 g		Replica 2 Peso inicial: 401 g		Replica 1, Peso inicial: 491.2 g		Replica 2 Peso inicial: 490 g	
Pulg.	mm	% Retenido Acumul	% Pasado	% Retenido Acumul	% Pasado	% Retenido Acumul	% Pasado	% Retenido Acumul	% Pasado
3/8	9.52	0	100	100	100	0	100	0	100
4	4.76	3.98	96	4.59	95	29.6	70	23.8	76
8	2.38	20.36	80	19.13	81	46.8	53	39.8	60
16	1.19	38.62	61	37.16	63	60.3	40	34.0	46
30	0.59	53.46	47	51.37	49	69.5	31	64.2	36
50	0.297	71.62	28	68.35	32	79.8	20	74.9	25
100	0.149	84.72	15	82.12	18	88.1	20	84.9	15
		Módulo de finura: 2.67 (Clasificación Conforme CALIDAD 1)				Módulo de finura: 3.58 (Clasificación no conforme)			
		Tamiz 200: 21.51% No clasifica (6.51% de más)				Tamiz 200: 11.27 (Conforme)			
						Desechos retenido 3/8 (9.52): 5.03 % Clasificación conforme			

Los ensayos de uso (tabla 2) también revelaron, durante las dosificaciones de mortero en el laboratorio, valores de resistencia a la compresión entre 26.4 y 3.7 MPa, con un promedio de 10.26 MPa, lo cual cumple con los requisitos exigidos por la Norma Cubana (NC-175: 2002). La absorción media de las fracciones gruesas disminuye cuando se emplean

áridos silíceos (Burriel, 2006). En la tabla 2 se presentan las dosificaciones para muros portantes de bloques y ladrillos, para muros no portantes de bloques y ladrillo, para piso, para resano grueso en exteriores, para resano grueso en interiores, para resano fino en exteriores y para resano fino en interiores.

Tabla 2. Dosificaciones de morteros de albañilería para las areniscas del Yacimiento Castellano.

No. Mortero	Materiales	Proporciones Volumétricas		Consumo kg/m ³			Densidad kg/m ³	Rc MPa	Requisitos del Mortero
		Cemento	Arena	Cemento	Arena	Agua			
1	P350+Arenisca	1	3	445	1334	355	2134	24,1	Fluidez-95-100 mm Arena cernida p/ tamiz 4.76 mm
2	P350+Arenisca	1	4	356	1423	351	2129	17,6	
3	P350+Arenisca	1	5	291	1455	354	2100	12,8	
4	P350+Arenisca	1	6	244	1464	366	2074	7,5	
5	P350+Arenisca	1	7	212	1483	360	2055	6,3	
6	P350+Arenisca	1	8	191	1525	353	2068	5,1	
7	P350+Arenisca	1	3	423	1270	384	2077	19,7	
8	P350+Arenisca	1	4	337	1346	382	2065	13,5	
9	P350+Arenisca	1	5	278	1390	380	2048	9,9	
10	P350+Arenisca	1	6	239	1435	378	2052	7,3	
11	P350+Arenisca	1	7	202	1417	390	2009	4,6	
12	P350+Arenisca	1	8	185	1480	361	2026	4,1	
13	P350+Arenisca	1	3	411	1234	396	2041	16,1	Fluidez-95-100 mm Arena cernida p/ tamiz 1.19 mm
14	P350+Arenisca	1	4	329	1316	407	2052	11,7	
15	P350+Arenisca	1	5	275	1375	389	2039	9,2	
16	P350+Arenisca	1	6	230	1377	399	2006	7,0	
17	P350+Arenisca	1	7	198	1384	405	1987	4,5	
18	P350+Arenisca	1	8	177	1414	406	1997	3,7	

Todos los morteros que se puede apreciar en la *tabla 2* fueron analizados por la Norma Cubana (NC 175: 2002) y las dosificaciones óptimas para las aplicaciones ensayadas se observan a continuación, a saber:

Morteros óptimos para muros portantes de bloques y ladrillos (5)

Morteros óptimos para muros no portantes de bloques y ladrillos (6)

Morteros óptimos para Pisos (3)

Morteros óptimos para resano grueso en exteriores (10)

Morteros óptimos para resano grueso en interiores (12)

Morteros óptimos para resano fino en exteriores (16)

Morteros óptimos para resano fino en interiores (18)

La superficie cubierta por las areniscas estudiadas en el área del

Yacimiento Castellano es mucho mayor a la presentada en el presente trabajo. El volumen vinculado con ésta área se estimó en más de 5000000 m³, lo cual da la medida de la cantidad de escombros que ello representará durante el minado del yacimiento y la importancia de su uso con fines económicos.

El uso de las areniscas como materiales de construcción es una práctica mundial y, particularmente, en Cuba; aunque las areniscas más utilizadas en nuestro país tienen una composición carbonatada (areniscas calcáreas). De esta forma, se conocen varios yacimientos explorados y explotados, fundamentalmente, en la región occidental, provincia de La Habana (González, Correa, & Mesa, 2013). Sin embargo, no se habían caracterizado, para su uso, las

areniscas cuarzosas cuarcitizadas y cuarzo-feldespáticas presentes en la región noroccidental de la provincia de Pinar del Río. La literatura consultada sobre la roca arenisca cuarzosas no tiene similitud con las estudiadas, por cuanto la composición silíceas de la mayoría de las areniscas le aportan propiedades físico-mecánicas, como la resistencia a la compresión, de cuyos valores llegan a oscilar entre 87.87-110.82 MPa, como las propias areniscas que yacen por debajo del límite de oxidación de la roca objeto de estudio (Bologdín et al., 1977). No obstante sirve de comparación los resultados de los ensayos de prueba de hormigón que le realizaron a las arenas de los yacimientos Batey Sánchez, ESBU 19 y Km 13 Viñales, conocidos en la provincia de Pinar del Río, los cuales dieron resultados positivos en la aplicación de morteros de albañilería, León y González (2011) con parámetros de resistencia a la compresión (3.7-24.1 MPa), similares a los obtenidos para las rocas estudiadas.

Possible beneficio ambiental

Los elementos que justifican las acciones dirigidas a evaluar desde una perspectiva productiva, el beneficio ambiental de las areniscas estudiadas en este trabajo constan en la leyes cubanas No. 76 "Ley de Minas" y la No. 81 "Del Medio Ambiente, las cuales son

los instrumentos jurídicos que exigen la protección del medio ambiente y la consecución del desarrollo económico sostenible.

Martín, Ventura y Prieto (2006) escribe que la Ley 16/2002, que traslada a la legislación española la Directiva 96/61/CE del Consejo Europeo, tiene por objeto evitar, reducir y controlar la contaminación de la atmósfera, el agua y del suelo, mediante el establecimiento de un sistema de prevención y control integrados de la contaminación, con el fin de alcanzar una elevada protección del medio ambiente en su conjunto. Esta legalidad foránea vino a contribuir, confrontar y enriquecer nuestra experiencia en temas de derecho ambiental.

Es obvio que la aplicación consecuente de las leyes y el manejo racional de la materia prima estudiada (las areniscas meteorizadas del Yacimiento Castellanos) permitirán una combinación armónica entre desarrollo económico-social y la reducción al impacto ambiental que se prevé provocará el Proyecto Minero Castellano. Esto se pone de manifiesto con las posibilidades siguientes:

- Disponer de una nueva materia prima alternativa para resolver los problemas constructivos de la economía y de la población local.

- Contribución a la disminución a la reducción de la inversión del proyecto minero, al posibilitar una parte de la materia prima para las construcciones de las obras mineras.
- Disminución del impacto ambiental como resultado de la reducción de las áreas previstas para los escombros de la mina, con el manejo oportuno y racional esos materiales.

CONCLUSIONES

Durante el estudio realizado a las areniscas meteorizadas del Yacimiento Castellano, se revela que estas rocas pueden ser utilizadas en la industria de la construcción, ya que presentan una composición química fundamental conforme a las normas establecidas en el país y permiten, con una clasificación granulométrica adecuada, obtener una materia prima básica para la elaboración de morteros y hormigones hidráulicos y, de esta manera, contribuir al beneficio ambiental durante la explotación de las menas polimetálicas de este importante yacimiento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Astajov. K., Soknin, V. (1985). Informe acerca de las investigaciones geológicas a escala 1: 50 000 en el noreste de la provincia de Pinar del Río (Hojas 3484-III, 3483-IV y 3483-III).
- Artiles, J. A. (2006). Aplicación de las tobas zeolitizadas cubanas en la fabricación de hormigón premezclado del Cayo Santa María. Prestación Evento Zeolita.
- Aróstegui, J. M., Bustamante, A. S., Cherniak, V. G., Guerasimov, I. G., Mateo, J. S., Montagne, G., Nikíforov, A. L., Oguitsov, A. L., Rodríguez, S. M., Ruzavin, G. I., Sadovsky, V. & Shviriev, V. S. (1978). Metodología del Conocimiento Científico. Academia de Ciencias de Cuba, Academia de Ciencias de la URSS. Editorial de Ciencias Sociales, Ciudad de la Habana.
- Burriel, A. (2006). Áridos reciclados para hormigón. 1er Congreso Nacional de Áridos Zaragoza, España.
- Castillo, V., Fragoso, A. B. & Vilaú, L. (2011). Dosificaciones de mortero de albañilería de las areniscas Yacimiento Castellano. Unidad de Investigación para la Construcción. Pinar del Río (informe de archivo).

- Comisión de Materiales de ACHE. (2002). Especificaciones del árido reciclado del borrador de normativa española sobre la utilización del árido reciclado en hormigón estructural. Grupo "Hormigón Reciclado". Comisión Permanente del Hormigón.
- Frías, M., Sánchez de Rojas, M. I. & Rodríguez, R. C. (2006). Características de la escoria de SiMn y su viabilidad como árido de reciclado. En hormigones. 1er Congreso Nacional de Áridos Zaragoza. (Artículo, Soporte magnético), C1048AAN, Buenos Aires, Argentina. pp. 113, 175.
- González, B., Correa, C. & Mesa, R. (2013). Recursos minerales y el desarrollo local. Caso de estudio, Municipio Guanabacoa, La Habana. Resúmenes 5ta Convención Cubana de Ciencias de la Tierra. Sociedad Cubana de Geología, Palacio de Convenciones. La Habana, Cuba. Abril 1-5.
- León, A. & González, R. (2011). Modelos de ensayos mortero de albañilería. Unidad de Investigación para la Construcción. Pinar del Río (Informe de archivo). Comité Técnico de Normalización.
- Martín, J. L., Ventura, C. & Prieto, J. (2006). Adecuación de una actividad extractiva a la normativa relativa a la prevención y control integrado de la contaminación (IPPCV). 1 er Congreso Nacional de Áridos, Zaragoza, España.
- NC/CTN 23 "Áridos". Oficina Nacional de Normalización.
- NC-178: 2002 Áridos. Análisis Granulométrico. Edición Abril Oficina Nacional de Normalización Ciudad de la Habana. Cuba.
- NC-182: 2002 Áridos. Determinación del material más fino que el tamiz de 0.074 Mm (No. 200). Método de ensayo. Edición Abril 2002. Oficina Nacional de Normalización. Ciudad de la Habana. Cuba.
- NC-54-264: 1984 Materiales y Productos de Construcción. Polvo de Piedra. CEN.
- NC-175: 2002: Mortero de albañilería. Especificaciones. 1. Edición Marzo. Oficina Nacional de Normalización. Ciudad de La Habana.
- NC-251: 2005 Áridos para Hormigón Hidráulico. Requisitos. Oficina Nacional de Normalización. Ciudad de La Habana.
- NC-185: 2002. Arena. Determinación de impurezas orgánicas. Método de ensayo 1. Oficina Nacional de Normalización (NC) Ciudad de La Habana.

Vologdín, N. F, García, L., Riftin, V. M.,
Scobalev, Y. M., Illán, O. N. &
Kataev, A. M. (1977). Yacimiento
Castellano. (Informe sobre los
resultados de los Trabajos
exploración detallada del
yacimiento en el período
1975-1977 con cálculo de
reservas, según el estado
1-01-77). 116-120, 136 p.

Avances journal assumes the Creative Commons 4.0 international license