

ÁRIDOS DE LAS CANTERAS CERRO CALERA BARIAY Y 200 MIL PARA ELABORAR HORMIGONES HIDRÁULICOS

AGGREGATES OF THE CERRO CALERA BARIAY QUARRIES AND 200 THOUSAND TO PREPARE HYDRAULIC CONCRETE

Francisco Días Tamayo¹, Alexander Fernández Pérez², Ángel Francisco Campdesuñer Herrera³

Empresa Productora de Materiales de Construcción de Holguín (MEDANO). Cuba, materialeslocales@medano.co.cu¹. Universidad de Holguín, Departamento de Construcciones, afernandez@uho.edu.cu². Empresa de Ingeniería y Diseño VERTICE afernandez@uho.edu.cu³

RESUMEN.

La Empresa de Materiales de la Construcción de Holguín (MEDANO) tiene entre sus funciones principales la producción y comercialización de materiales de construcción entre los que se encuentran los áridos. Actividad que logra a través de cuatro molinos en igual cantidad de canteras a cielo abierto de rocas calizas fundamentalmente. A pesar de ello el déficit de árido existente en la provincia debido a los altos volúmenes que se requieren, ha conllevado a la apertura de nuevas canteras. Es por ello que surge la necesidad de explotar nuevos yacimientos, y se inaugura la cantera Cerro Calera Bariay ubicada en el municipio de Rafael Freyre con una planta de trituración en seco. Para ello se plantea como objetivo general el de proponer dosificaciones de hormigones hidráulicos, a través de combinaciones de este árido con otras canteras como la cantera Doscientos mil ubicada en el municipio de Gibara y obtener dosificaciones para hormigones con resistencias de 20, 25 y 30 MPa a la compresión a los 28 días. Los métodos fundamentales utilizados fueron: el método del nomograma para la combinación de los áridos, el método O'Reilly para la dosificación del hormigón y las validaciones de las dosificaciones mediante ensayos de laboratorio. La finalidad de la propuesta ha sido disminuir el déficit de árido, a la vez, de lograr una mejora en la calidad del hormigón así como una disminución de su costo de producción, hasta alcanzar las resistencias deseadas.

Palabras claves: Materiales de construcción; áridos; dosificaciones, hormigón hidráulico, canteras.

ABSTRACT

The Construction Materials Company of Holguín ((MEDANO) has among its main functions the production and commercialization of construction materials, among which are the aggregates. Activity achieved through four mills in the same amount of open-pit quarries of limestone rocks. In spite of this, the existing deficit of aggregate in the province due to the high volumes required, has led to the opening of new quarries. That is why the need to exploit new deposits arises, and the Cerro Calera Bariay quarry located in the municipality of Rafael Freyre is inaugurated with a dry crushing plant. For this purpose, it is proposed as a general objective to propose dosages of hydraulic concretes, through combinations of this aggregate with other quarries such as the quarry Two hundred thousand located in the municipality of Gibara and obtain dosages for concrete with resistances of 20, 25 and 30 MPa to compression at 28 days. The fundamental methods used were the monogram method for the combination of the aggregates, the O'Reilly method for the dosage of the concrete and the validations of the dosages by means of laboratory tests. The purpose of the proposal has been to reduce the aggregate deficit, at the same time, to achieve an improvement in the quality of the concrete as well as a decrease in its cost of production, until reaching the desired resistances.

Keywords: Construction materials; arid; dosages, hydraulic concrete, quarries

1. INTRODUCCIÓN.

Los áridos constituyen una parte importante en el hormigón, no sólo en el orden cuantitativo, constituyendo generalmente más del 75% del volumen del mismo, sino también en el comportamiento cualitativo. En ocasiones se le suele dar a los áridos dentro del hormigón hidráulico una función puramente económica, presentándose simplemente como un material de relleno, sin embargo, los mismos tienen también una importante función técnica, repercutiendo en las propiedades finales del hormigón, tanto en su estado fresco como endurecido (Pino et al, 2018). La disminución de la fisuración y de las variaciones volumétricas en general, así como las propias resistencias mecánicas que se logran, se debe en gran medida a la presencia de los áridos en el aglomerado. Por último, inciden además en la durabilidad y resistencia química que caracterizan al hormigón.

Las propiedades más apreciadas en los áridos se relacionan con su aspecto físico-mecánico y con su comportamiento químico, que en conjunto tienen una marcada influencia en la durabilidad del producto que se elabore y en el logro de los parámetros técnicos deseados (Pino et al, 2018). En general se requiere entonces de un material pétreo que sea químicamente inerte, resistente a los esfuerzos mecánicos, con partículas que exhiban un adecuado coeficiente de forma, acorde con su procedencia, de buena adherencia y que su distribución granulométrica satisfaga las exigencias establecidas para el conjunto. Desde luego, que en todo caso los aspectos económicos deben ser tenidos en consideración a la hora de efectuar la selección de un agregado determinado (Pino et al, 2018).

El tipo de árido, su granulometría y otras características, por ejemplo su resistencia a la abrasión, contenido de finos, etc., cumplirá con los requerimientos establecidos en la NC 251:2018 y será seleccionado teniendo en cuenta la forma de ejecución de los trabajos, la utilización final del hormigón, las condiciones ambientales a las cuales estará expuesto el hormigón y cualquier otro requerimiento exigido.

En la provincia de Holguín la Empresa de Materiales de la construcción (MEDANO) es la encargada de la producción y comercialización de materiales de construcción para la Industria de la Construcción, dentro de los que se encuentran los áridos. Actividad que realiza a través de cuatro molinos en igual cantidad de canteras a cielo abierto de áridos triturados. A pesar de ello los volúmenes de áridos producidos no satisfacen la demanda actual, ante esta problemática es necesario la apertura de nuevas canteras. Es por ello que se realiza la apertura de una cantera en el yacimiento Cerro Calera Bariay perteneciente al municipio Rafael Freyre Torres, ubicada al norte de la provincia de dicha provincia.

Con el emplazamiento del nuevo molino es necesario conocer las características y comportamiento de este árido dentro del hormigón, su rendimiento, sobre bases científicas, siendo posible su combinación con áridos de otras canteras como la propuesta en esta investigación, el árido proveniente de la cantera El 20000, ubicada en el municipio de Gibara, lo que conlleva al objetivo de proponer dosificaciones de hormigón, combinando los áridos de las canteras Cerro Calera Bariay y 200 mil, para obtener resistencias de 20, 25 y 30 MPa.

2. METODOLOGÍA

Para lograr el objetivo de la investigación se partió de adoptar un marco teórico referencial, donde se tuvieron en cuenta los aportes de variados autores y entidades especializadas. La aceptabilidad de los áridos, estuvo condicionada por series de ensayos experimentales recogidos en las normativas nacionales. Para la combinación de los áridos se empleó el método del nomograma, el método O'Reilly para la dosificación del hormigón y las validaciones de las dosificaciones mediante ensayos de laboratorio. Además de métodos estadísticos para el análisis de las muestras obtenidas.

Caracterización del yacimiento Cerro Calera Bariay

El yacimiento Cerro Calera Bariay se encuentra en la zona norte de la provincia de Holguín, en el municipio de Rafael Freyre. Las rocas calizas de la región de Bariay se investigaron a partir del año 2014 cuando la Empresa de Materiales de la Construcción de Holguín (MEDANO) y la Empresa Geólogo Minera Oriente de la provincia Santiago de Cuba, buscan una fuente que garantice una estabilidad de materias primas para el montaje de un molino que sea capaz de producir áridos para paliar el déficit de este en la provincia.

En la cantera se ubicó un molino de tecnología italiana (Figura 1), según sus fabricantes es capaz de suministrar 12 000 metros cúbicos cada mes, con capacidad de 60 metros cúbicos por hora, produce piedra de tres cuartos y tres octavos, así como polvo de piedra por vía seca. La planta en su conjunto está diseñada bajo el principio de lograr eficiencia máxima durante el procesamiento de la materia prima, moliendo toda la piedra que recibe y eliminando la tierra que le acompaña. Además la planta cuenta con aditamentos, entre ellos toldos, tapas y tubos, cuya función es disminuir las emanaciones de polvo al medio ambiente.

Toma de muestras de los áridos

Las muestras de áridos fueron tomadas directamente de las pilas de áridos ubicada en la cantera según lo descrito en la NC: 671:2008. Se escogieron puntos aleatorios, se realiza el muestreo recogiendo en sacos multicapas de Nylon grueso y con palas de punta cuadrada. Se toman seis muestras con peso equivalente a 150 kg se trasladan a los laboratorios de la Empresa Nacional de Investigaciones Aplicadas (ENIA) de Holguín, además de los áridos de la cantera 200mil.



Figura 1. Molino de la cantera Cerro Calera Bariay

Fuente: Elaborada por los autores

Ensayos a realizar a los áridos

Para caracterizar los áridos es necesario realizarles ensayos de laboratorio dentro de los cuales se encuentran:

- Composición granulométrica.
- Módulo de finura
- Tamaño máximo

Peso específico corriente, saturado sin humedad superficial y aparente.
Absorción de agua
Porcentaje de huecos.
Peso volumétrico unitario
Material más fino que el tamiz # 200 (0.074 mm o de 75 μ)
Determinación de partículas planas y alargadas
Determinación del contenido de partículas de arcilla
Índice de triturbabilidad

Resistencias mecánicas a la compresión y la flexión

La Norma Cubana NC 991:2013 refiere: “es la propiedad que posee un material de no ser destruido bajo la acción de una carga...” (p. 7). Es conveniente que el material empleado en la fabricación de áridos presente un mínimo de resistencia a compresión, debido a que sirve de índice de otras propiedades físicas y mecánicas. Cata, et al. (1985) en su libro Materiales de Construcción expone “... la resistencia, a compresión de la roca que se va a utilizar en la fabricación de áridos debe ser 1,5 a 2 veces mayor que la resistencia a compresión del hormigón fabricado con ellos” (p. 37).

Métodos para combinar áridos

Los áridos tienen un amplio campo de aplicación en la construcción, pero sin lugar a dudas su uso principal es en la fabricación de hormigones, los cuales deben satisfacer determinados requerimientos técnicos, dados principalmente por las condiciones de explotación, fabricación y puesta en obra.

En función de los objetivos que se persigan y de los medios y condiciones generales con que se cuente en una situación dada, se pueden utilizar distintos métodos o procedimientos para determinar la proporción en la que resultaría más conveniente mezclar dos o más áridos o fracciones granulométricas. Se han estudiado y aplicado métodos de carácter experimental, métodos analíticos basados en determinados parámetros de los agregados involucrados en análisis y varios métodos gráficos que se basan en la composición granulométrica de los áridos (Cata, et al. 1985).

Entre los métodos gráficos que se utilizan para la determinación de la proporción más conveniente en la cual se deben combinar varios áridos, logrando una cierta granulometría se encuentra el Método del Nomograma o del Rectángulo. El cual consiste en definir la proporción en que deben de mezclarse dos áridos, que de manera independiente no posean la granulometría deseada y que mezclándose pudiera acercarse a la granulometría deseada.

Método para dosificar hormigones

Uno de los métodos experimentales empleados para el diseño de mezclas del hormigón es el método del profesor Dr. Sc. Ing. Viterbo A. O'Reilly Díaz (2012). En dicho método, para la determinación de las proporciones en que deben mezclar los áridos a utilizar en un hormigón dado, se toma como criterio que el porcentaje de vacío y la superficie específica mínimos de una mezcla de áridos es la que señala la composición óptima, la cual requerirá una cantidad mínima de cemento.

El método establece que para determinar el porcentaje de vacío mínimo, hay que ensayar las mezclas de los áridos con las proporciones en peso de arena y gravilla siguientes: (35:65, 60:40, 45:55 50:50 y 55:45). Tomando como base el peso específico corriente y el peso unitario compactado de cada una de las mezclas, se determina entonces el porcentaje de vacío de cada una de ellas. Se elige como combinación óptima la que tenga menor porcentaje de vacío.

Resultados de los ensayos al árido fino proveniente de la cantera Cerro Calera Bariay

Los resultados de los ensayos a los áridos Cerro Calera Bariay y 200 mil se muestran en las tablas de la 1 hasta la 6

Tabla 1. Resultados ensayos granulométricos al árido fino.

Tamiz (mm)	% pasado Cerro calera Bariay	% pasado 200 mil	Rango Normativo. Según NC 251:2018
9.5	100	100	100-100
4.75	99	97	90-100
2.36	90	66	70-100
1.18	65	37	45-80
0.60	41	20	25-60
0.300	21	9	10-30
0.150	9	4	2-10

Fuente: Elaborado por los autores.

Tabla 2. Resultados del módulo de finura de los áridos.

Cantera	Módulo De finura
Cerro Calera Bariay	2,77
200 Mil	3.68

Fuente: Elaborado por los autores.

Tabla 3. Resultados de peso específico corriente, saturado, aparente y absorción de agua.

Áridos	Corriente	Saturado	Aparente	Absorción
Cerro Calera Bariay	2,53 g/ cm ³	2,59 g/ cm ³	2,68 g/ cm ³	2,20 %
200 Mil	2,56 g/cm ³	2,61 g/ cm ³	2,70 g/ cm ³	2,30 %

Fuente: Elaborado por los autores.

Tabla 4. Resultados de los pesos volumétricos unitarios.

Áridos	Suelto	Compactado
Cerro Calera Bariay	1580 kg/ cm ³	1766 Kg/m ³
200 Mil	1551 kg/cm ³	1720 Kg/m ³

Fuente: Elaborado por los autores

Tabla 5. Resultados de por ciento de huecos

Áridos	% de huecos
Cerro Calera Bariay	30,43
200 Mil	32,80

Fuente: Elaborado por los autores

Tabla 6. Resultados material más fino que el tamiz (No. 200).

Áridos	%
Cerro Calera Bariay	5,54
200 Mil	1,19

Fuente: Elaborado por los autores

Una vez analizados los resultados de las muestras de los áridos fino de Cerro Calera Bariay y 200 mil, realizados por las diferentes especificaciones de las normas de ensayo a los áridos y con la experiencia de los especialistas de los laboratorios de materiales de la construcción de la ENIA, los granulométricos en el caso de 200 mil donde se observa que no cumple en los tamices 2.36, 1.18, 0.60 y 0.300 mm, es preciso exponer que a pesar de no cumplir en algunos tamices, es factible su utilización siempre y cuando se tenga en cuenta el porcentaje de vacío en las mezclas por la poca presencia de material fino en árido extraído de esa cantera. Se debe tener en cuenta también que la cantidad de material más fino que el tamiz (No.200) no excede los límites normados. Los áridos se encuentran libres de partículas de arcillas y esquistos. El módulo de finura de la cantera Cerro Calera Bariay arroja como resultado una arena media y el 200 mil una arenas gruesas. Tomando en consideración lo planteado anteriormente, se pueden tomar estos resultados como válidos para su empleo como un material para la construcción y con alta calidad.

Resultados de los ensayos al árido grueso de Cerro Calera Bariay.

Los resultados de los ensayos al árido grueso de la cantera Cerro Calera Bariay se muestran en tablas desde la 7 hasta la 11.

Tabla 7. Resultados ensayos granulométricos al árido grueso.

Tamiz (mm)	% Pasado	Rango Según NC 251:2018
25.0	100	100-100
19.0	100	90-100
9.52	26,7	20-55
4.75	1,9	0-10
2.36	1,3	0-5

Fuente: Elaborado por los autores

Tabla 8. Resultados de peso específico corriente, saturado, aparente y absorción de agua.

Áridos	Corriente	Saturado	Aparente	Absorción
Cerro Calera Bariay	2,61 g/ cm ³	2,64 g/ cm ³	2,70 g/ cm ³	1,2 %

Fuente: Elaborado por los autores

Tabla 9. Resultados de pesos volumétricos unitarios según NC 181:2002

Áridos	Suelto	Compactado
Cerro Calera Bariay	1287 kg/m ³	1460 kg/m ³

Fuente: Elaborado por los autores

Tabla 10. Resultados de por ciento de huecos según NC 177:2002

Áridos	%
Cerro Calera Bariay	44,06

Fuente: Elaborado por los autores

Tabla 11. Resultados material más fino que el tamiz (No. 200), según NC 251:2018

Áridos	%
Cerro Calera Bariay	0.72%

Fuente: Elaborado por los autores

El árido grueso de la cantera Cerro Calera Bariay es un árido conforme con una granulometría continua, el tamaño máximo es de 25,00 mm. El porcentaje de partículas planas y alargadas arrojado fue de 7,8 %, resultando conforme con la NC 251:2018, no presentó partículas de arcillas. El resultado del desgaste en la máquina de Los Ángeles fue de 30.2%, por lo que resulta conforme para hormigones convencionales, por último el índice de triturbabilidad obtenido fue de 12.75%. Una vez analizados los resultados de la muestra de árido se puede deducir que, de forma general los resultados de este material son conforme en su totalidad. Constituyendo un árido de alta calidad.

Resultados de los ensayos al cemento P-35 de la fábrica de Cienfuegos

Tabla 12. Características técnicas del cemento utilizado

Propiedades	Valores
Clase	P-35
Características Físicas y Mecánicas	
Peso específico (g/cm^3)	3,11
Fraguado (h:m)	01:45
Fraguado final ((h:m)	02:45
Resistencias a la compresión (MPa)	
7 días	29,9
28 días	35,8

Fuente: Elaborado por los autores

Se obtienen para el cemento las propiedades físicas más relevantes relacionadas con las cantidades de agua necesarias para ser amasada. Los tiempos de fraguado inicial y final cumplen con las especificaciones de la NC-95:2001 que establece un tiempo de fraguado inicial mínimo de 45 min y un tiempo de fraguado final máximo de 10h. Los resultados de resistencia a compresión a 7 y 28 días cumplen con lo establecido según norma cubana anterior. Por lo que se concluye que el cemento se encuentra conforme.

Combinación de áridos por el método del rectángulo

Para determinar las combinaciones de áridos se empleó el método del rectángulo o del nomograma, con el objetivo de obtener una combinación de áridos con un comportamiento granulométrico lo más cercano a lo especificado en la NC 251: 2018. Del cual se obtuvieron tres combinaciones, las que se representan en la tabla 13.

Tabla 13. Resultados de la combinación de áridos por el método del rectángulo

Tamices normados	Arena Cerro Calera Bariay 50%-50% 200 mil	Arena Cerro Calera Bariay 30%-70% 200 mil	Arena Cerro Calera Bariay 40%-60% 200 mil	Rango Normativo. Según NC 251:2018
9.5	100	100	100	100
4.75	98	98	98	90-100
2.36	78	73	76	70-100
1.18	51	45	48	45-80
0.60	31	26	28	25-60
0.300	15	13	14	10-30
0.150	7	6	6	2-10

Fuente: Elaborado por los autores

Para diseñar las dosificaciones de los distintos materiales utilizados en la mezcla de hormigón se empleó el Método O'Reilly, el cual se basa en determinar la combinación de áridos que tenga menor porcentaje de vacío. Con las relaciones de áridos finos y gruesos definidos, la cantidad de agua se definió por criterios de experiencia para un asentamiento aproximado de 9 cm.

Se empleó un aditivo denominado Dynamon SRC-20, el cual es de base acrílica modificada, específico para hormigones premezclados. Posee un aspecto líquido, tiene un pH entre 5,5 y 7,5 con un color característico ámbar, con una densidad de (kg/L) de un $1,14 \pm 0,02$ a 20°C y un porcentaje de extra seco de $43\% \pm 2$. Por su clasificación de superfluidificante retardador y reductor de agua de alta eficiencia, su acción principal es el aumento de trabajabilidad y/o reducción del agua de amasado y altas resistencia a edades tempranas. El fabricante recomienda que en su consumo se utilice del 0,5%-1,5% por peso de cemento en hormigones tradicionales. Con la dosificación empleada por el método anterior con una adición del aditivo de un 1% por el peso de cemento a utilizar en cada combinación.

Tabla 14. Propuesta de dosificaciones gravimétricas

Materiales		Cemento P-350	Arena	Piedra
Procedencia		Cienfuegos	Cerro Calera Bariay (30%) 200 mil(70%)	Cerro Calera Bariay
Resistencia(MPa)		20	25	30
Volumen (m³)			1	
Porción de áridos	Arena (%)	50	50	50
	Piedra (%)	50	50	50
Cemento (Kg)		330	350	370
Arena (Kg)	Cerro Calera Bariay	209	273	268
	200 mil	653	640	895
Piedra (Kg)		963	942	924
Agua (l)		169	187	178
Aditivo Dynamon SRC-20 (l)		2,9	3,1	3,2
Asentamiento (cm)		13	12	11
Relación a/c (efectiva)		0.44	0,44	0,44

Fuente: Elaborado por los autores

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para la confección de las mezclas se empleó una hormigonera de 80 l de capacidad aproximadamente. Se calcula la cantidad de material necesario para 40 dm³ en cada dosificación, que equivalen a seis probetas. Para este ensayo se analizaron tres probetas de cada tipo a la edad de 7 y 28 días, para ello se siguió lo especificado en la NC-221:2002. Se utilizaron moldes metálicos de forma cilíndrica con un diámetro de 15 cm y altura de 30 cm. Previamente al llenado, los moldes fueron limpiados e impregnados con desmoldante. El lugar del moldeo fue a la sombra, en una superficie plana y horizontal. La tabla 15 muestra el resultado de las resistencias a compresión a los 7 y 28 días de confeccionadas las probetas. Es posible apreciar que se cumplieron los objetivos planteados

Tabla 15. Resultado del ensayo de compresión axial a las muestras de hormigón.

Dosificación por Kg de cemento	Resistencia a compresión en MPa							
	7 días				28 días			
No. De muestras y promedio	1	2	3	R _{bk'}	1	2	3	R _{bk'}
330	29,9	29,7	29,7	29,8	34	34,2	34,6	34,3
350	30,0	29,7	30,0	29,9	36,7	37,3	37,0	37,0
370	35,3	35,6	35,3	35,2	37,6	37,9	37,9	37,8

Fuente: Elaborado por los autores

4. CONCLUSIONES

1. Los estudios realizados al árido fino procedente de Cerro Calera Bariay combinados con los de 200 mil, indican que estos presentan características conformes según las normas para ser usados como áridos finos en hormigones de 20, 25 y 30 MPa.
2. Se logró demostrar con resultados efectivos que las tres dosificaciones de mezclas de hormigón analizadas presentan adecuada resistencia ante los esfuerzos a compresión, alcanzando valores de 29, 30, y 35 MPa a los 7 días y 34, 37 y 38MPa a los 28 días respectivamente.
3. La aplicación de combinaciones de áridos para la mejora de estos, aumenta la capacidad de producciones de hormigón de alta calidad y el aumento de materia prima laborable.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Catá Acevedo, J.; Martínez Lobeck E.; Rodríguez Díaz E.; Balbosa Amat E (1985): *Materiales de Construcción*. Departamento de Geotecnia y Materiales de Construcción. ISPAJE

Oficina Nacional de Normalización NC-177: 2002. *Áridos. Determinación del por ciento de huecos*

Oficina Nacional de Normalización NC-181:2002 *Áridos. Determinación del peso Volumétrico. Método de ensayo.*

Oficina Nacional de Normalización NC-221:2002. *Hormigón. Elaboración de probetas para ensayos*

Oficina Nacional de Normalización NC-251:2013. *Áridos para hormigones hidráulicos. Requisitos.*

Oficina Nacional de Normalización NC-671: 2008. *Áridos. Toma de muestras.*

Oficina Nacional de Normalización NC-95:2001. *Cemento Portland. Especificaciones*

Oficina Nacional de Normalización NC-991:2013. *Áridos. Términos y Definiciones.*

Pino Tarragó, J.C., Fienco Sánchez, B.E., Álvarez Álvarez, M. J., Parrales Cantos, G. N., Macías Loor, A. O., Ponce Reyes., F.S. 2018. *Materiales de La construcción*. Editorial 3 Ciencias. DOI:<http://dx.doi.org/10.17993/IngyTec.2018.24>. ISBN: 978-84-948074-6-6

Viterbo A. O'Reilly Díaz (2012). *Métodos para dosificar hormigones de elevado desempeño*. Editorial Ciencia y Técnica. La Habana. Cuba

SOBRE LOS AUTORES

Francisco Días Tamayo. Ingeniero Civil. Especialista en abastecimiento técnico material. Empresa Productora de Materiales de construcción de Holguín (MEDANO). Cuba. Email materialeslocales@medano.co.cu

Alexander Fernández Pérez. Master en gestión ambiental. Ingeniero Civil. Profesor Auxiliar del Departamento de Construcciones de la Universidad de Holguín. Miembro de la Sociedad de Ingeniería Civil de la Unión Nacional de Arquitectos e Ingenieros de la Construcción de Cuba. Email afernandez@uho.edu.cu

Ángel Francisco Campdesuñer Herrera. Ingeniero Civil. Empresa de Ingeniería y Diseño VERTICE. Cuba. Email: afernandez@uho.edu.cu