

MINIHORMIGONES CON CASCARILLA DE ARROZ NATURAL Y TRATADA COMO AGREGADO GRANULAR⁽¹⁾

Autores: Ing. Bizzotto, Marcela Beatriz *
 Ing. Natalini, Mario Bruno **
 Sr. Gómez, Gaspar Máximo

Universidad Nacional del Nordeste - Facultad de Ingeniería -
Av. Las Heras 727 - CP (3500) - Resistencia - Chaco - República Argentina
Tel.: (0722) 20076 / Telefax: (0722) 28106
E-mail: mbizzotto@ing.unne.edu.ar

RESUMEN

En este trabajo se consideran específicamente los materiales conglomerados (morteros y minihormigones) de cemento Portland con cascarilla de arroz en estado natural o con tratamiento previo como agregado granular compuesto con partículas silíceas. Se han diseñado distintas dosificaciones y determinado las propiedades reológicas en estado fresco y mecánicas en estado endurecido, de las mezclas resultantes. El empleo de cascarilla de arroz (material de desecho común en la zona) como componente granular, y una tecnología que no requiere mano de obra especializada o equipos sofisticados de compactación y colocación, permitirá acercar esta propuesta a los usuarios de menores recursos, y la utilización de estos materiales en la construcción de viviendas de bajo costo.

* Docente Investigador de la Secretaria General de Ciencia y Técnica -UNNE

** Docente Investigador de la Facultad de Ingeniería -Director de Investigación -
Director del Departamento de Estabilidad de la Facultad de Ingeniería -UNNE

⁽¹⁾ Trabajo presentado en el **Primer Congreso Internacional de Tecnología del Hormigón** - Buenos Aires, junio de 1998

Introducción

La producción de desechos industriales está ampliamente extendida en todo el país y se distribuye de acuerdo a la localización de las industrias de base.

La acumulación y no empleo de estos desperdicios orgánicos e inorgánicos redundan en detrimento de la economía y altera el ecosistema zonal.

Algunos de estos materiales, mínimamente tratados, pueden ser aptos para la Industria de la Construcción. Tal es el caso de la cascarilla de arroz, que abunda en las provincias del Nordeste, como desecho del procesamiento del grano.

En este trabajo se desarrollan minihormigones de cemento Portland con cascarilla de arroz como agregado granular, con el fin de obtener materiales conglomerados livianos, de buena trabajabilidad, y resistencia mecánica variable en función de la composición del esqueleto granular.

En una primer etapa, se utiliza cascarilla de arroz en estado natural. Este agregado de origen orgánico se complementa con partículas redondeadas de arena silícea de modo de obtener microesqueletos granulares compactos y de mínima área superficial, que conforman la fase dispersa o carga del material conglomerado.

Esta se complementa con una subfase formada por un sistema de burbujas de aire intencionalmente incorporado que actúa como un agregado fino adicional facilitando la movilidad de las partículas granulares en su matriz o fase externa.

La fase externa está constituida por la pasta conglomerante de cemento Portland y agua. Existe además otra subfase representada por una formulación compuesta de aditivos químicos de acción múltiple: fluidificante, incorporadora de aire intergranular, reguladora del proceso de fragüe y mineralizadora de las partículas orgánicas

En una segunda etapa se utiliza cascarilla de arroz tratada previamente con agua de cal.

A partir de un mortero standard de cemento Portland con arena silícea natural como agregado granular, se desarrollan distintos minihormigones sustituyendo porcentajes crecientes de arena por cascarilla de arroz tratada, manteniendo invariable la proporción de pasta conglomerante.

Experiencias:

Materiales: Como agregados granulares se usaron arena silícea natural procedente del Río Paraná y cascarilla de arroz proveniente de la Provincia de Corrientes.

El tratamiento previo de la cascarilla consiste en sumergirla durante veinticuatro horas en una solución de cal al 5% en agua. Luego se escurre y se seca al aire hasta su condición de saturada y superficie seca, para ser incorporada a las mezclas.

El conglomerante es cemento Portland normal.

Mediante ensayos de laboratorio ajustados a Normas IRAM se determinaron las propiedades físicas de estos materiales, que se detallan en la Tabla 1.

La formulación compuesta de aditivos químicos que se disuelve en el agua de amasado, previo al mezclado de los componentes, consta de un mineralizador (A) y dos fluidificantes e incorporadoras de aire (B) y (C).

Tabla 1: Propiedades físicas de los materiales utilizados

MATERIAL PROP.FISICAS	ARENA SILICEA NATURAL DEL RIO PARANA	CASCARILLA DE ARROZ		CEMENTO PORTLAND NORMAL
		NATURAL	TRATADA	
DIAMETRO MAXIMO (D. máx) - (mm)	1,07	2,30		-----
MODULO DE FINURA (Mf)	1,79	3,74		-----
PESO ESPECIFICO SECO (Pes) - (Kg/m ³)	2650	980	1290	3150
PESO UNITARIO SUELTO (Pus) - (Kg/m ³)	1574	102	125	1250
PESO UNITARIO COMPACTADO (Puc) - (Kg/m ³)	1700	142	220	1435
SUPERFICIE ESPECIFICA (Se) - (cm ² /gr)	-----	-----		2390

Dosificación y elaboración de las mezclas: En la Tabla 2 se muestra la cantidad de materiales necesarios para obtener 1,0 m³. de hormigón fresco compactado con cascarilla de arroz natural y aditivos químicos, que se designan N1, N2, N3, N4, N5, N6 y N7.

Tabla 2: Dosificación de minihormigones con cascarilla de arroz natural y arena silíceas como agregado granular compuesto y aditivos químicos.

DOSAJE	ARENA SILÍCEA	CASCARILLA DE ARROZ NATURAL	CEMENTO PORTLAND NORMAL	AGUA	ADITIVOS QUÍMICOS		
					A	B	C
	[Kg]	[Kg]	[Kg]	[Kg]	[cm ³]	[cm ³]	[cm ³]
N1	672	62	378	167	3402	731	0
N2	685	63	302	185	2718	584	0
N3	680	63	375	167	3375	726	750
N4	732	67	242	152	2178	468	484
N5	388	88	330	200	800	650	0
N6	388	88	400	200	800	650	0
N7	388	88	450	245	800	650	0

Para la dosificación de los minihormigones con cascarilla de arroz tratada se tomó como base un mortero standard con relación a/c = 0,72, que se refiere como TO. Luego se redujo sistemáticamente el volumen de arena a 80, 60, 40 y 20% del inicial, reemplazando el 57,4% de la quita por volúmenes crecientes de cascarilla de arroz tratada, manteniendo constante el volumen de pasta conglomerante y su relación a/c. Estos dosajes se denominan T1, T2, T3 y T4 respectivamente y las proporciones de sus componentes se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3: Dosificación del mortero de base y los minihormigones afines por sustitución de la arena por porcentajes crecientes de cascarilla de arroz tratada.

DOSAJE	ARENA SILÍCEA			CASCARILLA DE ARROZ TRATADA		CEMENTO PORTLAND NORMAL		AGUA	VOLUMEN DE MATERIALES SUELTOS
	[Kg]	[dm ³]	[%]	[Kg]	[dm ³]	[Kg]	[dm ³]	[dm ³]	[dm ³]
T0	1685	1636	100	0	0	351	111	253	1000
T1	1348	509	80	94	73	351	111	253	946
T2	1011	382	60	189	146	351	111	253	892
T3	674	254	40	283	219	351	111	253	838
T4	337	127	20	377	292	351	111	253	783

La Tabla 4 muestra las relaciones en peso de los componentes respecto al de cemento para estas dosificaciones.

Tabla 4: Proporción en peso de los componentes con relación al de cemento (minihormigón con cascarilla de arroz tratada y mortero de base).

DOSAJE	CEMENTO PORTLAND NORMAL	ARENA SILICEA NATURAL	CASCARILLA DE ARROZ TRATADA	AGUA
T0	1	4,80	0	0,72
T1	1	3,84	0,27	0,72
T2	1	2,88	0,54	0,72
T3	1	1,92	0,81	0,72
T4	1	0,96	1,07	0,72

Para determinar las propiedades reológicas y rendimiento de la pasta fresca se midieron: Asentamiento del Tronco de cono según Norma IRAM N° 1536, Extendido Medio en la mesa de Graf de acuerdo a la Norma IRAM N° 1690 y Rendimiento del Mortero Fresco compactado por apisonado manual tal como indica la Norma IRAM N° 1562.

Luego se moldearon probetas cilíndricas de 15 cm. de diámetro y 30 cm. de altura de acuerdo a lo establecido en la Norma IRAM N° 1534. Las muestras fueron curadas al aire en atmósfera natural hasta su ensayo de rotura por compresión simple a los 28 días, en un todo de acuerdo a la Norma IRAM N° 1546.

Análisis de resultados

Un valor importante para conocer el Contenido del Aire de la mezcla fresca es el Peso de la Unidad de Volumen del conjunto de materiales sueltos que la componen: Put (Kg./dm³). La relación porcentual entre este peso unitario de materiales sueltos y el rendimiento o Peso Unitario de la mezcla fresca Pui (Kg.dm³) da como resultado el Contenido de Aire: a (%).

El Asentamiento del Tronco de Cono: As (cm) y el Extendido Medio en la mesa de Graf: Em (cm), como medidas de la deformabilidad o reología de la mezcla fresca, definen su consistencia.

En la Tabla 5 se indican los valores obtenidos por ensayos de estas propiedades de los minihormigones en estado fresco.

Tabla 5: Propiedades en estado fresco de los minihormigones con cascarilla de arroz natural (N1 a N7) y tratada (T1 a T4) y mortero de base (T0).

DOSAJE	PROPIEDADES EN ESTADO FRESCO				
	ASENTAMIENTO	EXTENDIDO MEDIO	RENDIMIENTO	PESO UNIT MAT.SUELTOS	CONTENIDO DE AIRE
	As - [cm]	En [cm]	Pui [Kg/dm ³]	Put [Kg/dm ³]	A [%]
N1	5,0	38,0	1,628	2,095	2,3
N2	19,0	51,5	1,245	2,024	38,5
N3	18,5	52,0	1,245	2,081	40,2
N4	17,0	46,5	1,181	2,059	42,6
N5	11,1	38,3	1,170	1,835	36,2
N6	14,5	45,3	1,367	1,883	27,4
N7	18,0	53,0	1,149	1,850	37,9
T0	2,0	38,5	2,053	2,266	9,4
T1	9,5	51,0	1,894	2,122	10,7
T2	6,7	36,0	1,798	2,045	12,1
T3	7,0	50,0	1,649	1,864	11,5
T4	3,0	41,0	0,697	1,683	58,6

Tabla 6: Propiedades en estado endurecido de los minihormigones con cascarilla de arroz natural (N1 a N7) y tratada (T1 a T4) y mortero de base (T0).

DOSAJE	PROPIEDADES EN ESTADO ENDURECIDO (Edad: 28 días)	
	PESO ESPECIFICO	RESISTENCIA A COMPRESION SIMPLE
	Pesp. [Kg/dm ³]	σ'_{bm} [MPa]
N1	1,575	3,74
N2	1,317	2,39
N3	1,406	2,62
N4	1,352	1,72
N5	1,311	2,23
N6	1,371	2,39
N7	1,265	2,59
T0	1,992	13,4
T1	1,800	8,36
T2	1,688	6,81
T3	1,532	4,58
T4	0,698	0,43

La **Tabla 6** muestra el Peso Específico del material conglomerado endurecido y la Tensión de Rotura a compresión simple a la edad de 28 días.

En la Figura 1 se representa la relación entre el Contenido de Cemento por m^3 de mezcla fresca y la Resistencia a Compresión Simple de los minihormigones estudiados. En los de cascarilla de arroz natural se observa que las resistencias son menores debido al alto contenido de aire. En los de cascarilla de arroz tratada, se evidencia una pérdida de resistencia en mezclas sucesivas, aún que el contenido de cemento aumente, debido a que el porcentaje de cascarilla también aumenta.

La Figura 2 muestra la relación entre el Contenido de Cemento por m^3 de mezcla fresca y el Peso Específico del material conglomerado endurecido para los distintos minihormigones. Se observa que los de cascarilla natural tienen peso específico menor, acotado entre 1,2 y 1,6 Kg/dm^3 . En los minihormigones con cascarilla de arroz tratada se observa una reducción del peso específico para contenidos crecientes de cemento y de cascarilla.

La Figura 3 muestra la influencia del reemplazo de arena por cascarilla de arroz tratada en la resistencia a compresión simple de los minihormigones estudiados.

Discusión y conclusiones:

Este trabajo ha demostrado la posibilidad de obtener Materiales Conglomerados de Cemento Portland haciendo uso de un elemento de desecho común en la zona (cascarilla de arroz) como agregado granular de base, compuesto con arena silíceo natural.

La cascarilla de arroz, por ser un elemento orgánico, al conformar la mezcla interfiere el proceso químico de endurecimiento del cemento, impidiendo su aglomeración como componente granular, Esto se controla incorporando al agua de amasado una formulación compuesta de aditivos químicos de acción múltiple que mineraliza las partículas granulares de origen orgánico.

Otra forma de contrarrestar el efecto negativo de los ácidos orgánicos en combinación con el cemento es aplicar a la cascarilla de arroz un proceso previo que consiste en sumergirla en solución de cal en agua al 5% durante veinticuatro horas y luego secarla hasta su condición de saturada con superficie seca para usarla como un agregado granular normal.

Los materiales conglomerados (Morteros o Minihormigones) que aquí se han desarrollado no tienen elevada resistencia mecánica, pero el uso de cascarilla de arroz como agregado granular los hace livianos y económicos.

Los Minihormigones con cascarilla de arroz natural tienen un porcentaje de aire intergranular en la mezcla fresca entre 20 y 45%, lo que mejora su trabajabilidad con gran fluidez y sin segregación de los componentes. Eso permite su aplicación en elementos constructivos de secciones esbeltas y/o densamente armadas, con compactación simple y manual.

Tratar la cascarilla de arroz con agua de cal, previo a su utilización en los minihormigones, permite prescindir del uso de aditivos químicos que pueden resultar inaccesibles por su alto costo a los usuarios de menores recursos para quienes están especialmente destinados estos materiales.

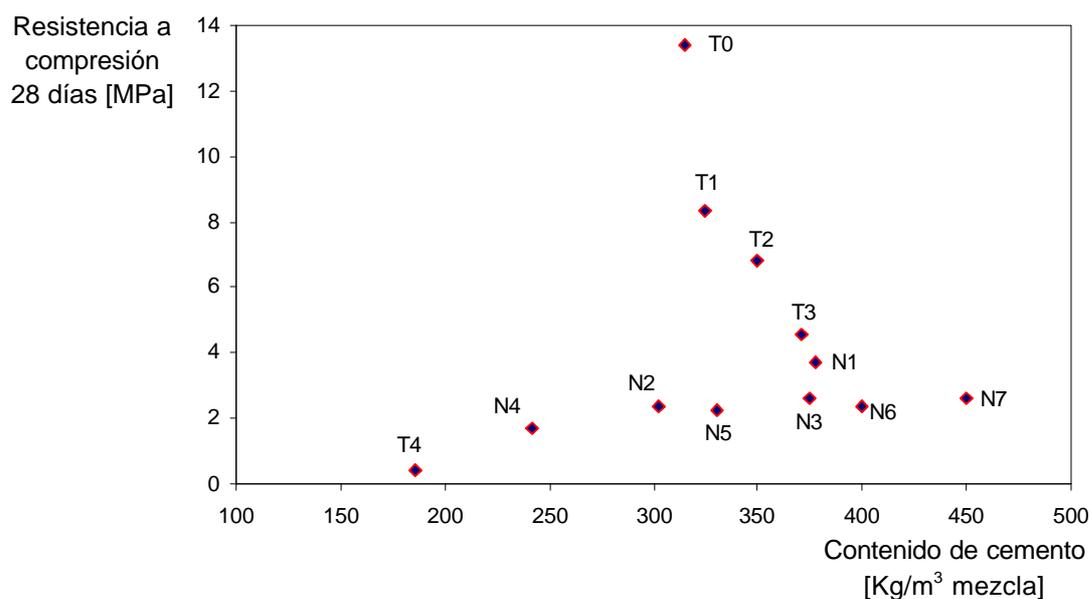


Figura 1: Relación entre el contenido de cemento por m³ de mezcla fresca y la resistencia a compresión a 28 días. Minihormigones con cascarilla de arroz natural (N1 a N7 y tratada (T1 a T4) y mortero de base (T0).

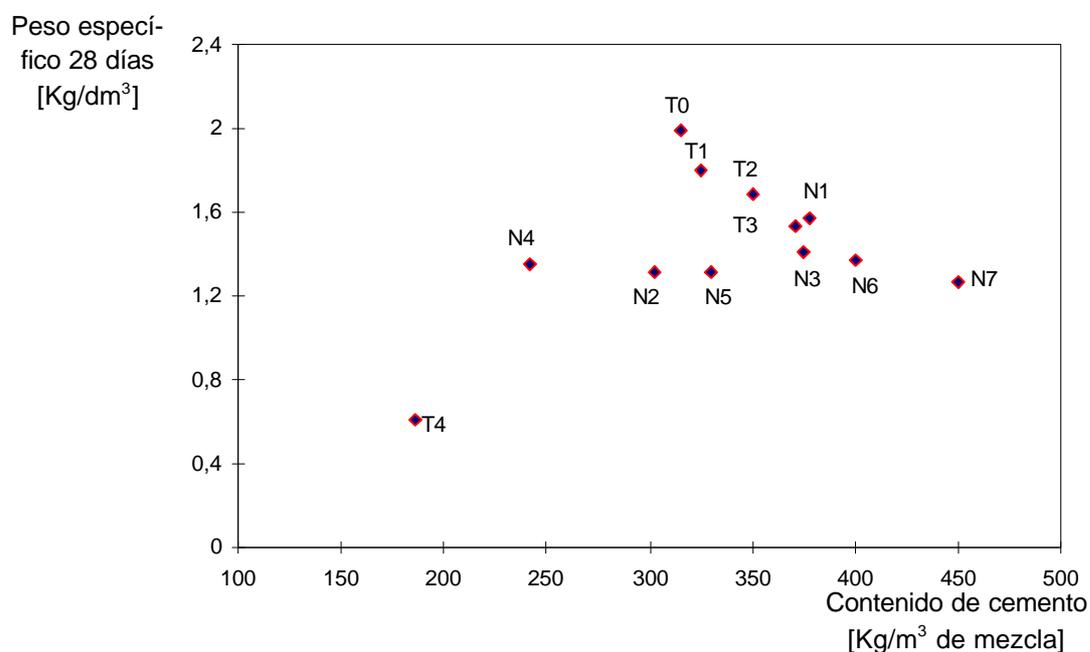


Figura 2: Relación entre el contenido de cemento por m³ de mezcla fresca y el peso específico a 28 días. Minihormigones con cascarilla de arroz natural (N1 a N7) y tratada (T1 a T4) y mortero de base (T0).

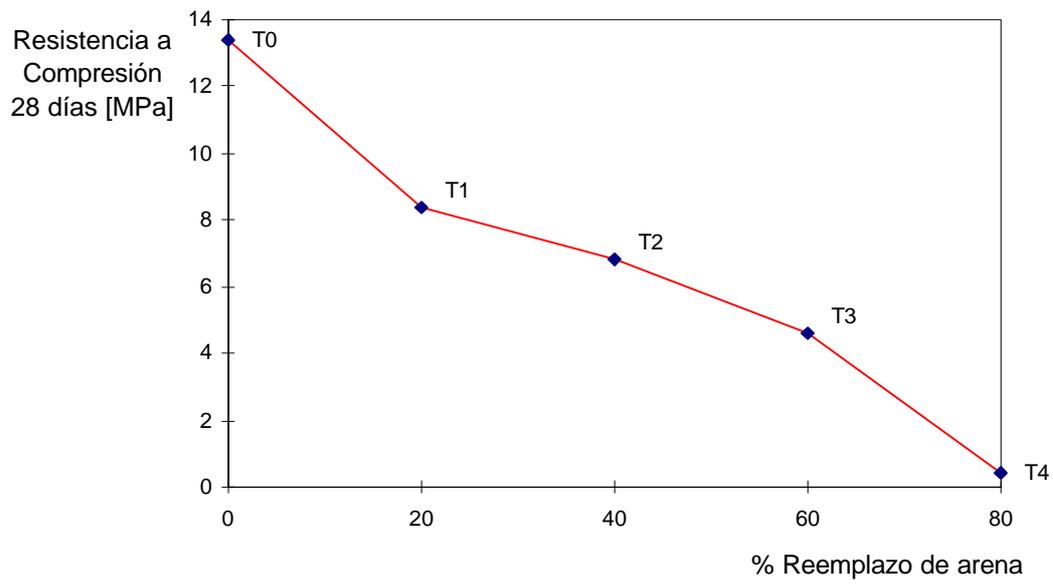


Figura 3: Influencia del reemplazo de arena por cascarilla de arroz tratada en la resistencia a compresión a 28 días.

Bibliografía:

- (1) Sabesinsky Felperín, M., "Proyecto de hormigones de cemento Portland con agregados normales", Ed. Nigar, S.R.L., 1973.
- (2) García Balado, J.F. , "Método para la dosificación de hormigones". Instituto del Cemento Portland Argentino, N° 42, Serie E.
- (3) Gauto, O.I. , Gomez, G.M. , Natalini, M.B. , Sabesinsky Felperín, M. , " Diseño de un mortero celular superfluido con agregados granulares orgánicos y inorgánicos para uso en viviendas" , First Symposium on Housing Technology Production and Transfer, San Pablo, Brasil, 1987.
- (4) Natalini, M.B., Sabesinsky Felperín, M. , Gauto, O.I., "Tecnología de los cuerpos compuestos celulares superplásticos de cemento Portland y cascarilla de arroz tratada como agregado granular simple o compuesto".
- (5) Natalini, M.B. , Sabesinsky Felperín, M., Gauto, O.I. , Mayer, R.A., Gomez, G.M., "Mortero celular superplástico con partículas granulares de origen orgánico, como agregado de base (cascarilla de arroz) con y sin silíceas intergranulares", Jornadas sobre Viviendas, Tucumán, Argentina, 1980.
- (6) Natalini, M.B. , Sabesinsky Felperín, M., Gauto, O.I. , Mayer, R.A., Gomez, G.M., "Mini-hormigón celular de cascarilla de arroz, aserrín de madera y partículas superfinas silíceas, para moldeo por colado superfluido".
- (7) Klees, D., Hess, A. , Natalini, M.B. , Gómez, G. M., "Uso de la cascarilla de arroz como agregado granular en el mortero celular de colado superfluido para la ejecución de viviendas" , First Symposium on Housing Technology Production and Transfer, San Pablo, Brasil, 1987.
- (8) Natalini, M.B. , Sabesinsky Felperín, M., Gauto, O.I. , Mayer, R.A., Gomez, G.M., "Cuerpos compuestos celulares superplásticos de cemento Portland y agregado granular de base cascarilla de arroz con y sin silíceas intergranulares", Reunión Técnica del Grupo Latinoamericano de la RILEM, Rio de Janeiro, Brasil, 1981.
- (9) Salas, J. , Alvarez, M., Veraz, J., "Concretos aislantes de bajo peso con cáscara de arroz", Instituto Torroja, Madrid, España.