

UTILIZACION DE RESIDUOS DE ARENA LAVADA
EN LA PRODUCCION DE ELEMENTOS DE PISO Y
PARED PARA VIVIENDAS DE BAJO COSTO

Ing. José Toirac*

Resumen:

Los ensayos realizados en Cuba para utilizar los residuos de arena lavada en la preparación de elementos de construcción han sido exitosos. Debido a sus propiedades físico-químicas, por sustitución o adición, disminuyen los índices de consumo de importantes materias primas en los mosaicos, se aprovecha su carácter plastificante en la fabricación de blocks de hormigón, se usa como único material inerte en la fabricación de ladrillos prensables de buena calidad.

Palabras Claves:

Viviendas de bajo costo, arena lavada, mosaicos, blocks de hormigón, ladrillos prensados.

* Investigador agregado Academia de Ciencias de Cuba.

La vivienda, necesidad sentida de la población, representa el espacio físico donde se establece la familia, núcleo básico de toda organización social.

En la actualidad más de la cuarta parte de la población mundial (más de mil millones de personas) carece literalmente de un hogar o vive en condiciones miserables, problema al cual no escapan las naciones desarrolladas.

Tal situación constituye un reto a enfrentar, no sólo por los que definen o deciden esta política en cada país, sino también por todos los profesionales de la construcción al buscar soluciones que permitan disminuir los costos de la vivienda tradicional sin menoscabo de los parámetros a cumplir, pues su calidad y vida útil determina, en gran medida, la calidad de la vida en general. De ahí la importancia social que representa lograr el acceso de la población a una vivienda digna y económica.

Ahora bien, el concepto 'bajo costo' tiene un carácter relativo, pues está en relación directa con el poder adquisitivo de los futuros moradores, así como de las condiciones de entrega y los plazos a cumplir en sentido general. Sin embargo, existen comunes denominadores que sin dudas constituyen los factores determinantes en este propósito, y que son los siguientes:

- Precio de la tierra
- Diseño
- Técnicas de ejecución
- Precio de la mano de obra
- Materiales empleados

El trabajo que a continuación presentamos se refiere al último de estos factores y en el mismo se plantea como hipótesis, y se demuestra, que atendiendo a las propiedades físico-químicas de distintos residuos de arena lavada, se logra:

- por sustitución o adición, disminuir los índices de consumo de las

más importantes materias primas componentes de la cara del mosaico

– aprovechar su carácter plastificante manteniendo el block de hormigón desde el desmoldeo hasta su colocación en el lote almacén, permitiendo con ello una sensible reducción de cemento y arena sin que su resistencia descienda por debajo de lo permisible por las normas

– obtener un ladrillo prensable de magnífica calidad sin que intervenga otro material inerte

Todos estos trabajos se encuentran implementados e introducidos industrialmente en muchas fábricas productoras de Cuba, pudiendo generalizarse y penetrar en otros países del área según sus características y factibilidades.

Los residuos de arena lavada: características y propiedades

Tanto en Cuba, como en otros muchos países, la casi totalidad de las fábricas productoras de arena (0.15 – 5 mm) cuentan, dentro de su proceso productivo, con un sistema de beneficio por vía húmeda a través del cual es separada la fracción fina (0. – 0.15 mm).

Esta fracción o residuo de arena es eliminada junto con el agua al evacuarse por decantación posterior en el sinfín lavador, transportándose luego a lagunas artificiales o naturales donde cientos de metros cúbicos se incrementan en la medida en que se produce la arena.

Estos residuos, formados por fillers” o porción muy fina, arcilla y/o limo, en distintos porcentajes y con distintas composiciones mineralógicas, se encuentran en polvo o formando pequeños grumos presentando una humedad variable en correspondencia con el tiempo de extraído de la laguna de sedimentación.

Desde hace algún tiempo, al analizar las propiedades de estos residuos, y su posibilidad de ser empleados como materias primas en la producción de materiales de construcción, se realizaron ensayos y caracterizaciones físico-químicas de forma paralela a las pruebas semi-industriales. Ver tablas 1 y 2.

EMPLEO DE LOS RESIDUOS DE ARENA EN ELEMENTOS DE PARED

Bloques de Hormigón.

La cantidad de cemento a consumir para lograr la resistencia requerida en cualquier tipo de hormigón constituye uno de los aspectos más importantes a tener en cuenta en toda la dosificación.

El bloque de hormigón no es una excepción, y para su análisis se deberán relacionar con el cemento en dosis los valores de resistencia obtenidas y las pérdidas en el proceso.

Tradicionalmente en nuestra empresa, los valores de resistencia a compresión son elevados.

A manera de ilustración relacionamos la resistencia media anual de las principales bloqueras comparándolas con la norma vigente NC 54-209/1986, es de destacar que todas cuentan con procesos aptos al presentar desviaciones típicas por debajo de lo permisible.

Del resultado de la tabla No.3 pudiera inferirse que en las dosificaciones implantadas prevalece una sobre la dosis de cemento, y que ésta puede ser disminuida de acuerdo a los valores de resistencia obtenida. Esto fue evaluado en varias ocasiones, realizando numerosas pruebas aumentando la cantidad de áridos por unidad de cemento a utilizar.

En todos los casos se pudo observar que cuando la proporción supera la dosis empleada ocurren significativas pérdidas o rotura del bloque durante el proceso.

El bloque de hormigón en todas las formas de producción tecnológica (manual, mecanizada, semiautomática, etc..) presenta un desmoldeo instantáneo y una rápida manipulación, demandando que entre sus materiales componentes exista el elemento aglutinante necesario que mantenga el bloque conformado con un mínimo de resistencia sin desmoronarse.

Por otra parte, cuando comparamos las dosificaciones tradicionales empleadas con la norma de consumo empresarial (Ver tabla No.4) estas no sobrepasan los valores de consumo de cemento establecido según el tipo de bloque, obteniendo valores de resistencia significativamente superior a lo normado.

– Formulación de hipótesis.

Por lo hasta aquí expresado se plantea como hipótesis que al utilizar una pequeña cantidad de residuo de arena triturada en la dosis, este puede influir positivamente, incrementando la cohesión de los áridos, ayudando con ello a mantener el bloque conformado desde el desmoldeo hasta su colocación en el lote almacén, permitiendo con ello una reducción del cemento sin que descienda la resistencia por debajo de lo permisible, es decir, aprovechar del residuo su carácter plastificante.

– Combinaciones realizadas. Resultados obtenidos.

La anterior hipótesis ha sido probada y demostrada en todas las bloqueras de la empresa, tanto de dosificación volumétrica como gravimétrica. Los residuos utilizados en todos los casos son los correspondientes a la arena artificial de procedencia calcárea.

La tabla 4 muestra las dosificaciones implantadas, los resultados obtenidos y los principales indicadores económicos referidos al cemento, además de una comparación de los costos unitarios.

A manera de simplificar, se ha considerado para todos los casos la media por tipo de bloque.

El agua en la dosificación es disminuida ligeramente, debiendo obtener un asentamiento entre 0 y 1 cm. medido en el Cono de Abrams.

Desde el punto de vista económico, el logro mayor obtenido es la disminución del costo unitario total como consecuencia de la reducción de los gastos directos en el renglón de materias primas y materiales. El resto de los renglones permanece inalterable, pues la aplicación del

trabajo no requiere de ningún tipo de inversión, máquinas, dispositivos, energía adicional, etc..., tampoco demanda de aumentar la fuerza laboral.

Ladrillos Prensados.

Como respuesta a la necesidad de disminuir los costos de los elementos de pared surgió como solución las tradicionales prensas de mosaico a las cuales se les adapta el molde.

El proceso productivo es muy sencillo, relacionando sus pasos a continuación :

- Dosificación y mezclado de los materiales.
- Vertido en el molde.
- Colocación del tapón y prensado (150 kg/cm²)
- Desmoldeo y colocación en paquetes de madera.
- Traslado a zona techada 24 horas.
- Colocación en lote almacén.
- Curado 72 horas.

Las dimensiones establecidas para estos ladrillos son:

Largo = 250 ± 3 mm

Ancho = 120 ± 3 mm

Espesor = 65 ± 3 mm

Los materiales Adherentes utilizados son el cemento romano y/o el cemento industrial al 50 porciento cuando se combinan mientras que como material inerte se emplea el polvo de piedra.

Teniendo en cuenta las propiedades de los residuos de arena lavada ya antes explicada se procedió a sustituir totalmente el polvo de piedra por este material obteniendo magníficos resultados.

Las dosis utilizadas y los resultados obtenidos se exponen a continuación:

Se debe señalar que a diferencia de los bloques, para el caso de los ladrillos donde la mezcla de materiales es muy seca, el residuo debe cernirse cuando presente granos muy cohesivos debido a su dificultad de desintegración y homogenización.

Como variante adicional se han logrado los ladrillos prensados a cara vista, usando también el residuo de arena como material inerte.

La cara lisa se logra vertiendo en el fondo del molde, de 4 a 5 mm del material que compone la capa ornamental del mosaico, pudiendo obtenerse diferentes colores de acuerdo al pigmento.

La ventaja adicional de este ladrillo es el ahorro de repello y pintura.

Empleo de los residuos de arena en elementos de piso.

Como elemento de piso es el mosaico uno de los productos de más variada expresión.

Una de sus materias primas, la arena sílice, es utilizada en la capa decorativa con el fin de incluir positivamente en la resistencia al desgaste y la impermeabilidad, la misma procede de minas distantes a más de 1,000 kms., teniendo un alto precio debido a su elevado costo de transportación, existiendo además afectaciones en su suministro durante considerables períodos hasta el extremo de utilizarse el feldespató sódico en sustitución, el cual además de no tener la calidad ideal posee un precio superior al de la arena sílice.

Ante tal problemática y teniendo en cuenta las posibilidades de uso que para este fin presenta los residuos de las arenas de mina de acuerdo al elevado porcentaje de dióxido de silicio SiO_2 (Ver tabla No.2), se procedió a realizar diferentes pruebas a nivel industrial acompañadas por los distintos ensayos de laboratorios al producto obteniendo resultados satisfactorios (Ver tabla No.5). Estas pruebas fueron realizadas tanto por vía seca como por vía húmeda. La dosificación empleada fue la establecida para cada amasada, en todos los casos fue sustituida la arena sílice por su equivalente en peso.

- Cemento blanco : 100 kg
- Residuo de arena : 70 kg
- Carbonato de Calcio : 60 kg
- Pigmento

Tanto la pasta elaborada como la superficie de la losa no presentan ningún tipo de anomalías observables. Su desmoldeo resultó excelente.

Por otra parte, el haber obtenido un buen resultado por vía húmeda, permite la utilización del residuo sin someterlo a proceso artificial de secado. Esto fue perfectamente posible a escala industrial con la introducción de un mezclador de eje vertical lo cual permite además un aumento en la productividad evitando tener que "pastar" la capa ornamental de forma manual logrando una tonalidad de la pasta mas uniforme.

Conclusiones:

El presente trabajo ha puesto de manifiesto las posibilidades de uso de los residuos de arena lavada en atención a sus características y propiedades.

El obtener, mediante su empleo, elementos de piso y pared con buena calidad para ser usado en viviendas de bajo costo y en otras obras, constituye una respuesta a la creciente demanda de vivienda.

Las canteras y areneras de donde son extraídos estos residuos, así como las fábricas donde se producen los bloques, ladrillos prensados y mosaicos, pertenecen a la Empresa de Materiales de Construcción de la Provincia Holguín, Cuba.

Su generalización, a otros territorios del país, así como su estudio y valoración en otros países, donde abaratar el costo de la vivienda seguirá siendo siempre objetivo esencial, es perfectamente posible según sus características y factibilidad.

TABLA No. 1

ENSAYOS FISICOS

Denominación de los Ensayos	Procedencia de los Residuos					
	Candelaria % Pasado	Yaguajay % Pasado	Yabazon % Pasado	Pilon % Pasado	Buenaventur % Pasado	La Yeguita % Pasado
4.76	100	100	99	100	100	100
2.38	100	100	95	100	100	100
1.19	99	97	89	98	98	100
0.59	98	96	78	94	95	99
0.295	89	89	69	86	63	86
0.149	70	73	54	70	22	32
0.074	47	48	34	46	3	1.2
#270	9	9	6	9	1	x

Pesos Especificos (gr/cm ³)						
Corriente	2.52	2.50	2.56	2.58	2.48	2.60
Saturado	2.594	2.58	2.642	2.644	2.54	2.67

Pesos Unitarios (gr/cm ³)						
Suelto	1.174	1.172	1.311	2.564	2.225	2.43
Compactado	1.355	1.348	1.49	1.35	1.915	2.01
Absorción (%)	2.70	2.50	2.50	2.60	6.00	2.00

TABLA No. 2

ENSAYOS QUIMICOS

Denominación de los Ensayos	Procedencia de los Residuos					
	Candelaria	Yaguajay	Yabazon	Pilon	Buenaventur	La Yeguita
Oxido de Calcio	45.15	50.15	52.63	52.78	7.00	2.00
Dioxido de Silicio	3.12	1.01	2.06	1.30	56.35	80.32
Oxido de Magnesio	0.52	x	0.64	0.54	4.40	1.07
Oxido de Aluminio	3.18	1.09	0.57	0.44	16.67	10.40
Oxido Ferrico	1.89	0.62	0.77	0.85	8.10	1.40
Trioxido Azufre	0.25	0.02	xs	0.08	0.04	x
Carbonato Total	87.42	92.00	98.00	97.00	x	0.41
Materia Orgánica	0.40	0.38	0.33	0.03	x	0.08
Anhidrido Carbónico	38.46	35.70	32.60	37.80	x	x
Pérdida por Ignición	45.15	42.87	41.82	42.90	x	1.08
Humedad	0.56	0.42	0.46	0.38	0.95	x
Sodio	x	x	x	x	1.65	x
Potasio	x	x	x	x	1.17	x

Pesos Unitarios (gr/cm ³)						
Suelto	1.17	1.17	1.31	2.56	2.23	2.43
Compactado	1.36	1.35	1.49	1.35	1.92	2.01
Absorción (%)	2.70	2.50	2.50	2.60	6.00	2.00

TABLA No. 3

Resistencia a Compresión media anual
por bloqueras a 7 días (Mpa)

BLOQUERAS	TIPO DE BLOQUES		
	10 cm.	15 cm.	20 cm.
Yaguajay	6.04	6.75	-
Gibara	5.71	-	-
Nicaro	4.78	5.45	-
Aguas Claras	-	6.81	-
Cocal	-	6.00	-
Chavaleta	-	5.87	-
René Avila	-	-	7.70
Norma vigente para grado A	2.00	4.00	5.00

TABLA No. 4

Comparación entre la técnica tradicional y la nueva a partir de la introducción del residuo

Tipo de bloque téc. tradicional	DOSIFICACION				RESULTADOS			INDICADORES ECONOMICOS (CEMENTO)		
	c	a	p	r	R _b m 7 días (Mpa)	Pérdidas (%)	Boo/seco (t/MU)	Indice (%)	Ahorro (\$/MU)	Costo unit.
• 10 cm.	1	3	6	-	5.42	3	44	1.176	-	230.75
• 15 cm.	1	3	5	-	6.17	3	30	1.733	-	257.95
• 20 cm.	1	3	4	-	7.70	3	22	2.360	-	358.32
Téc. actual										
• 10 cm.	1/2	2 2/3	5 1/2	1/3	3.60	3.5	80	0.606	45	214.17
• 15 cm.	4/5	2 2/3	5	1/3	5.67	3	37	1.390	20	241.50
• 20 cm.	1	2 2/3	4 1/2	1/3	6.92	3	25	2.061	12	349.31

c : cemento
a : arena
p : piedra
r : residuo

TABLA No. 5

Combinación y Resultados Obtenidos

No.	DOSIFICACION			RESULTADOS		
	CI	CR	r	Rb/m 7 días (Mpa)	(%)	U/saco CI
1	1/2	1/2	12	8.0	2	360
2	1	-	12	9.0	1	180

CI : Cemento Industrial

CR : Cemento Romano

r : Residuo de Arena

TABLA No. 6

Ensayos Físicos Realizados al Proyecto Terminado (Mosaico)

Determinación de los Ensayos	Con Residuo Arena Buenaventura	Con Residuo Arena La Yeguita	Con Arena Silice	Especif.
Resistencia al Desgaste g/cm ³	0.19	0.12	0.10	0.22
Resistencia a la Flexión	3.30	4.00	4.00	3.00
Absorción	10.00	9.00	9.50	10.00

Nota: Los resultados de los ensayos responden a valores promedios de muestras representativas.